

علم  
وظائف الأعضاء  
PHYSIOLOGY



أ.د. صباح ناصر العلوجي

Prof. Dr. Sabah N. Alwachi

Professor of Physiology





فؤاد البعشري



علم  
وظائف الأعضاء  
PHYSIOLOGY

أ.د. صباح ناصر العلوجي  
علم وظائف الأعضاء

عمان - دار الفكر ناشرون وموزعون 2014

ر.ا. 2467/7/2002

**الوصفات: علم الاحياء / جسم الانسان**

\* أصدرت دائرة المكتبة الوطنية بيانات التهوية والتصنيف الأولية

\* يتسلل المؤلف كاملاً المسؤولية القانونية عن محتوى مصنفه ولا يعبر هذا المصنف عن رأي دائرة المكتبة الوطنية أو أي جهة حكومية أخرى.

الطبعة الثالثة، 2014 - 1435

حقوق الطبع محفوظة



[www.daralfikr.com](http://www.daralfikr.com)

المملكة الأردنية الهاشمية - عمان

ساحة الجامع الحسيني - سوق البتراء - عمارة الحجيري

هاتف: +962 6 4654761 فاكس: +962 6 4621938

ص.ب: 183520 عمان 11118 الأردن

بريد الكتروني: [info@daralfikr.com](mailto:info@daralfikr.com)

بريد المبيعات: [sales@daralfikr.com](mailto:sales@daralfikr.com)

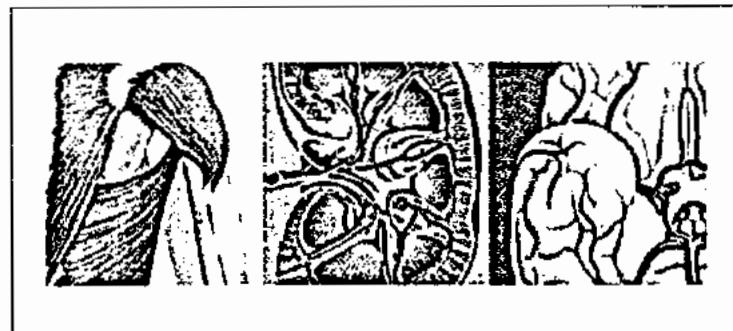
All rights reserved. No part of this book may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form or by any means without prior permission in writing of the publisher.

جميع الحقوق محفوظة. لا يسمح بإعادة إصدار هذا الكتاب أو أي جزء منه، أو تغزيله في نطاق استعادة المعلومات، أو نقله بأي شكل من الأشكال، دون إذن مسبق من الناشر.

ISBN: 978-9957-07-342-7

612  
A471

علم  
وظائف الأعضاء  
PHYSIOLOGY



أ.د. صباح ناصر العلوجي

Prof. Dr. Sabah N. Alwachi  
Professor of Physiology

الطبعة الثالثة  
1435-2014



ناشرون ومؤذعون





## المقدمة

من موقع المسؤولية والادراك العميق نتيجة الاحتكاك والتفاعل المباشر والانخراط في العمل الجامعي لما يقارب خمسة وعشرون سنة قضيتها في التدريس والبحث والاشراف على طلبة الدراسات العليا من ماجستير ودكتوراه وتأليف ما تجاوز عشرة كتب علمية. اصبح لزاماً علي أخذ المبادرة والاشتراك في الحركة العلمية لتوفير الكتب باللغة العربية في الم موضوع العلمية والتكنولوجية بصورة خاصة لرفد المكتبات العربية بمراجع ومصادر علمية رصينة تسد حاجة الطالب والباحث والمتابع للعلم والمعرفة.

ان هذا الكتاب بالإضافة الى مؤلفات اخرى في الم موضوع الحياتية، تردد الحركة العلمية وتتوفر كتب منهجية ومساعدة لطلاب كليات المجموعة الطبية واقسام البيولوجي والميكروبيولوجي في كليات العلوم وغيرها من المعاهد والكليات التي تضع علم وظائف الاعضاء، الفسيولوجي، في مقدمة مقرراتها ومناهجها وخاصة للمتخصصين في العلوم الطبية ومن ضمنها طلاب اقسام علوم الحياة في الكليات المختلفة.

لذلك فقد حرصت كل الحرص على وضع مفردات الكتاب بما يتلائم مع المفردات المقرره لهذا العلم في الدول العربية بصورة عامة وما يتناقض مع مفردات المناهج في كل من العراق والأردن وسوريا واليمن ودول الخليج العربي.

كما حاولت وضع جل اهتمامي في حل المشاكل التي تشغله بالباحثين والمختصين في حقل الفسيولوجيا، مع التأكيد على عدم الفصل بين العلوم والتواصل فيما بينها لابراز المبادئ العامة والخاصة والآليات المهمة لعمل اعضاء الجسم المختلفة.

كما حاولت تعميق الایمان والتوعي في مجال الفسيولوجيا العامة على اعتباره المبدأ الذي يركز على التواصل والموازنـه بين الاحياء المختلفة وطرائق عمل اعضائـها بصورة عامة وخاصة الوظائف الفسيولوجية العامة لاعضاء جسم الانسان على اعتبارها نموذجاً لعمل



اعضاء واجهزة الجسم للطبقة العليا من المملكة الحيوانية. مع الاخذ بنظر الاعتبار بعض الاختلافات الفسيولوجية بينه وبين بعض الحيوانات الاخرى في مجال الفسيولوجيا المقارن.

كما حاولت ايضاً ان اضع نصب عيني وأركز جل اهتمامي في هذا الكتاب على تعميق فهم الطالب والباحث لاساسيات الفسيولوجيا العامة ومقدار التداخل بينها وبين بقية العلوم البيولوجية بالإضافة الى علاقاتها الخاصة مع علم الكيمياء الحياتية والفيزياء والاحصاء الحيوي وغيرها.

ان الادراك الكامل من قبلي وجميع اخواني وزملائي العلماء والباحثين العرب في اهمية وضرورة رفد المكتبة العربية بصورة دائمة بكل ما يستجد من البحوث والاكتشافات العلمية دعنتي الى وضع هذا الكتاب وتعميق التجديد والفهم والتطوير لكتاب آخر في موضوع الفسيولوجيا سبق ان شاركت فيه مع زملاء وآخوه اعزاء لا ازال اكن لهم كل الاحترام والتقدير.

وختاماً ارجو من الله العلي القدير ان يمن على كل من شجعني وساعدني على ترسيخ فضول هذا الكتاب حقيقة بين الطلبة والناس بالرفعه والسداد. والله هو الموفق وهو المعين.

والسلام عليكم ورحمة الله وبركاته.

المؤلف



## الفهرس

5	المقدمة
15	الفصل الاول : الخلية وانتقال المواد عبر الاغشية
16	أ- علم وظائف الاعضاء
16	الفيسيولوجيا وفروعها
17	نظرة تاريخية
19	طريق دراسة الفسيولوجيا
20	الاجهزة التي تساعد في البحث
24	ب- الخلية الحية
25	مم تتكون الخلية النموذجية؟
26	النظرية الخلوية ومبادئها
27	البناء الخلوي
30	وظائف الخلية الرئيسية
34	تركيب الخلية
45	ج- انتقال المواد عبر الاغشية الخلوية
46	تركيب الغشاء
50	كيف يتفاعل الغشاء مع المحيط؟
53	الانتقال الاختياري للجزيئات
54	النقل الفعال
55	مضخة الصوديوم - البوتاسيوم
57	مضخة البروتونات
57	القناة المزدوجة
57	مرور المواد الكتلوية (الادخال والاخراج الخلوي)
59	أنواع الالتحامات ما بين الخلايا



61	الفصل الثاني: الاعصاب والجهاز العصبي
62	أ- فسيولوجيا الاعصاب
62	تولد الایعاز العصبي
63	العوامل التي تؤدي الى تكون جهد الفعل
65	خواص الایعاز العصبي
67	التآزر العصبي
68	انتقال السيالات العصبية
71	القوس الانعكاسي
75	ب- الجهاز العصبي
76	الجهاز العصبي المركزي
77	الجهاز العصبي الطرفي
77	النخاع الشوكي
79	وظائف النخاع الشوكي
79	الدماغ
81	المخ
84	النخاع المستطيل
85	الفصل الثالث: الاحساسات والحواس
86	الاحساسات
87	المستقبلات
89	حاسة اللمس والجلد
90	حاسة السمع والاذن
93	حاسة البصر والعين



102	حسنة الذوق واللسان
104	حسنة الشم والانف
106	<b>الفصل الرابع: فسيولوجيا العضلات</b>
108	فسيولوجيا العضلات
108	العضلات المتساء
108	العضلات القلبية
109	العضلات الهيكلية
109	الليف العضلي
110	الاندماج العضلي - العصبي
111	كيفية حدوث التقلص العضلي؟
112	ابعاث الحرارة اثناء التقلص
113	مصادر الطاقة للتقلص العضلي
115	الحركة
115	أنواع التقلص العضلي
116	آلية التقلص العضلي
119	المظاهر الآلية للتقلص العضلي
122	العلاقة بين المنبه والاستجابة
125	العجز الاوكسجيني
126	التعب العضلي
127	<b>الفصل الخامس: فسيولوجيا جهاز الدوران</b>
128	- الدورة الدموية

130 .....	- القلب:
134 .....	- الجهاز الناقل لنبض القلب.....
135 .....	- الحوادث الكهربائية المرافقة لنبض القلب.....
136 .....	- التسجيل القلبي الكهربائي ECG .....
139 .....	- تخطيط القلب ومعانٍ موجاته.....
140 .....	- كيفية اجراء التخطيط.....
144 .....	- الدورة القلبية.....
146 .....	- ضغط الدم.....
150 .....	- العوامل المؤثرة على ضغط الدم.....
152 .....	- السيطرة العصبية.....
153 .....	- تنظيم ضغط الدم .....
156 .....	- الدم.....
156 .....	- مكونات الدم.....
160 .....	- فصائل او مجاميع الدم ABO .....
162 .....	- عامل ريسس Rh .....
163 .....	- تجلط الدم .....
165 .....	- دورة الدم في الجنين.....
169 .....	- الجهاز المفاوي.....
171 .....	- العقد او الغدد المفاوية.....
173 .....	- التراكيب المفاوية:.....
173 .....	- اللوز والطحال والغدة الزلعترية.....



الفصل السادس: فسيولوجيا التنفس	
178	- المحيط الغازي
178	- الحياة في أعلى الجبال
179	- جهاز التنفس
181	- التهوية: الشهيق والزفير
186	- حجوم الهواء وسعة الرئتين
187	- التبادل الغازي في الرئتين والأنسجة
189	- نقل الغازات بواسطة الدم $\text{CO}_2$ و $\text{O}_2$
190	- تنظيم التنفس
196	- السيطرة العصبية
196	- السيطرة الكيميائية
199	- الانعكاسات الإضافية
200	- الاختناق
201	- بعض المصطلحات التنفسية
201	- طرق تسجيل الحركات والحجوم التنفسية.
202	الفصل السابع: فسيولوجيا الهضم
203	- الهضم
204	- الجهاز الهضمي ومكوناته
205	- أنواع الغدد اللعابية
208	- اللعاب
208	- البلع
211	



212 .....	- الهضم في المعدة
216 .....	- العصير المعدى
217 .....	- افراز حامض كلوريد الهيدروجين HCl
223 .....	- افرازات البنكرياس
224 .....	- السيطرة على افرازات البنكرياس
225 .....	- الكبد
226 .....	- الصفراء
227 .....	- انواع اليرقان(ابو صفار)
229 .....	- العصير المعوي
230 .....	- الامتصاص
237 .....	- الايض أو الاستقلاب
239 .....	- تنظيم درجة حرارة الجسم
241 .....	<b>الفصل الثامن: فسيولوجيا الجهاز البولي</b>
242 .....	- التوازن المائي- الملحي
244 .....	- التوازن المائي
248 .....	- السوائل الجسمية
251 .....	- المحيط الخارجي والمحيط الداخلي
252 .....	- التبادل بين السوائل الجسمية المختلفة
256 .....	- التوازن الحامضي- القاعدي
261 .....	- الكلية
264 .....	- تركيب الكلية
266 .....	- وظائف الكلية



267 .....	- وظائف تفروقات الكلية
271 .....	- العوامل التي تساعد الكلية على انجاز وظائفها
273 .....	- قياس معدل الترشيح الكبيبي
275 .....	- التبول
276 .....	الخواص العامة للبول
277 .....	<b>الفصل التاسع: فسيولوجيا الغدد الصم</b>
278 .....	- الغدد الصم
2798 .....	- الهرمونات
281 .....	- عمل الهرمونات
284 .....	- تنظيم تكوين وافراز الهرمونات
287 .....	- الاصناف الكيميائية للهرمونات
288 .....	- هرمونات تحت المهد المنظمة للغدة النخامية
289 .....	- الغدة النخامية
290 .....	- هرمونات الجزء الخلفي العصبي
292 .....	- هرمونات الجزء الامامي الغدي
296 .....	- الغدة الدرقية
300 .....	- الغدد جنيب الدرقية
302 .....	- الهرمونات المنظمة للكالسيوم
304 .....	- البنكرياس
306 .....	- الغدد الكظر أو فوق الكلية
308 .....	- قشرة الضرة الكظرية
310 .....	- لب الكظرية



312 .....	- الغدة الصنوبرية
313 .....	- الغدة الزلعترية او التوشة
314 .....	- الهرمونات الجنسية
319 .....	- البروستكلاندينات او الموثينات
327 .....	<b>الفصل العاشر: فسيولوجيا التناسل</b>
328 .....	- جهاز التناسل الانثوي
338 .....	- الدورة الشهرية او الطمث
342 .....	- عملية نشأة البويبضات
344 .....	- جهاز التناسل الذكري
351 .....	- النبيبات ناقلة المنى
352 .....	- عملية نشأة النطفة
354 .....	- السائل المنوي
359 .....	- الاخصاب
362 .....	- الحمل والوضع
371 .....	<b>المصادر</b>

# 1

## الفصل الأول

### الخلية وانتقال المواد عبر الاغشية

أ- علم وظائف الاعضاء، physiology

نظرة تاريخية



## أ - علم وظائف الأعضاء Physiology

### الفيسيولوجيا وفروعها:

- تبحث الفسيولوجيا أو علم وظائف الأعضاء في فعالities المادة الحية (على مستوى الكائن الحي بأكمله أو عضو منه أو مستوى الخلية أو جزء منها)
- تختلف الفسيولوجيا عن العلوم البيولوجية بأنها متعلقة بديناميكية المادة الحية وليس فقط باستاتيكية هذه المادة كما في علم التشريح أو الخلية وغيرها من العلوم.
- الفسيولوجيا تعني دراسة النظم الحية التي هي في تبدل وتغير مستمر من لحظة لأخرى وتعنى بذلك دراسة معنى الحياة.
- هناك مدرستان لتفسير الحياة ومظاهرها:
- 1- المدرسة الحيوية "Vitalism School" ودعاتها الحيويون "Vitalists": وتعتقد بوجود قوة أو طاقة حيوية تحكم بالمادة الحية وتكون هذه القوة كامنة خارج الجزيئات والذرات المكونة للمادة الحية.
  - 2- المدرسة الميكانيكية (Mechanism School) ودعاتها الميكانيكيون (Meehanists) أو المدرسة المادية (Materialism School) ودعاتها الماديون (Metaterialists). ولا تعتقد هذه المدرسة بوجود القوة الكامنة وإنما تحاول تفسير مظاهر الحياة على أساس مادية لا تتعدى حدود الذرات والجزيئات المكونة للمادة الحية. لذلك فإن هذه المدرسة تتجه إلى الوسائل الفيزيائية والكيميائية كمحاولة لفهم كمة الحياة.
- لقد أظهرت الدراسات الحديثة رجاحة اعتقاد المدرسة الميكانيكية أو المادية حيث ثبت بأن المادة الحية تتبع القوانين الفيزيائية والكيميائية في فعالitiesها، ففعالities المادة الحية عبارة عن فعالية الذرات والجزيئات المكونة لها.
- كما أن فلسفة المدرسة الميكانيكية أكثر واقعية من فلسفة المدرسة الحيوية وأكثر تحفيزاً للبحث والاستقصاء والكشف عما خفى من أسرار المادة الحية.



## **نظرة تاريخية:**

- \* يبدأ كل علم بداية بسيطة تعتمد على التجارب البسيطة واللاحظات الصغيرة
- \* بمرور الزمن يقود البحث البسيط إلى بحوث أكثر عمقاً وتعقيداً.
- \* يجري العلماء بعض التجارب كمحاولة للإجابة على بعض الأسئلة التي تدور في خلدهم أو تثيرها تجارب من سباقهم.
- \* لذلك ينمو أي علم من علوم المعرفة على مر السنين كما ينمو الكائن الحي ويكون غذاؤه هنا التجارب واللاحظات التي يجريها العلماء.
- \* نتيجة لترانيم النتائج لهذه البحوث يبرز ضرورة تجزئة العلم إلى فروع عديدة.
- إن أقدم فرعين من فروع الفسيولوجيا وذلك لعلاقتهما الوثيقة بعلم الطب وفن الشفاء هما:-

### **❖ الفسيولوجيا البشرية Human Physiology**

### **❖ فسيولوجيا الثدييات Hammalian Physiology**

لقد حضى هذان النوعان باهتمام العلماء في عهدى الإغريق والحضارة الإسلامية وذلك لاهتمام أطباء هذه العصورين بدراسة وظائف أعضاء الجسم في الإنسان والحيوان.  
ويستند الطب الحديث على دراسة الفسيولوجيا:-

\* وأول من أكد ضرورة الفسيولوجيا في الطب هو العالم والطبيب الفرنسي الشهير كلود برنارد Claude Bernard في كتابه الطب التجاري Experimental Medicine.

\* ويظهر نظرية التطور العضوي Organic Evolution للعالم الإنجليزي المعروف Charles Darwin بداية النصف الثاني من القرن التاسع عشر تبلورت فكرة العلاقة الطبيعية بين الكائنات الحية المختلفة. لذلك ظهر فرعان جديدان من فروع الفسيولوجيا هما:

### **❖ الفسيولوجيا المقارنة Comparative Physiology**

### **❖ الفسيولوجيا العامة General Physiology**



الأول (Comp.Physiol) : مع إيمانه بوحدةانية الحياة (Unity of Life) وهي الفكرة التي تؤمن بأن جوهر الحياة واحد وأن اختلفت مظاهره (وهي إحدى نتائج التطور العضوي). يبحث في الوسائل المتباينة التي تتبعها الحيوانات المختلفة في أداء وظيفة معينة كالحصول على الأوكسجين أو الغذاء أو طرح الفضلات وغيرها من الفعاليات الحيوية.

اما الثاني (General Physiol) : فيعترف باختلاف الوسائل التي بواسطتها تؤدي الكائنات الحية وظائفها المتعددة إلا أنه يؤكّد على وحدانية القوانين المتحكمة بالمادة الحية.

\* يدرس الأسس العامة التي يوجبها تؤدي المادة الحية وظائفها العامة كالتنفس مثلًا سواء في خلايا جسم الإنسان أو الحيوان أو البكتيريا أو النباتات الأخرى.

\* يعتبر هذا النوع من الفسيولوجيا تجسيداً لنظرية التطور العضوي.

\* عند دراسة ظاهرة التنفس في الخميرة وعلاقته بما يحدث أثناء تنفس نبات الحنطة مثلًا فإن ذلك يبين العلاقة التطورية بين الخميرة ونبات الحنطة.

\* ولقد أظهرت الابحاث صحة فلسفة علماء الفسيولوجيا العامة.

فمثلاً: التنفس الخلوي (أي تحرر الطاقة من المواد الغذائية وتحولها إلى  $\text{CO}_2$  وماء) يكون مشابهًا في جميع الكائنات الحية من الأمبيا إلى الإنسان.

لا شك أن هناك اختلاف في تفاصيل عملية التنفس ولكنها من الصناله بحيث لا تناقض وحدانية العملية. ونفس الشيء يقال عن انتقال الإيعاز العصبي (Nerve impulse)

\* طبيعة الإيعازات العصبية مشابهة إلى حد كبير بغض النظر عن المصدر الذي يكون الليف العصبي.

\* فلولا صحة النظرية الفسيولوجية العامة لما أمكن إثبات هذا التقدم في الطب لأن الاكثار التجارب تجري على الحيوانات ثم تطبق على الإنسان.

### ظهور النظرية الخلوية : Cell Theory

القاتلة : بأن جميع الكائنات الحية تتتألف من خلية أو مجموعة خلايا وهي وحدات بنائية



إضافة إلى كونها وحدات وظيفية ظهر علم فسيولوجيا الخلية Cell physiology. ويدرس الفعالities الأساسية للخلايا الحيوانية والنباتية، وفيه تعتبر الفعالities الحيوية للكائن الحي أو العضو أو النسج عبارة عن المجموعة الكلية لفعالities الخلايا المكونة له.

فمثلاً: تقلص العضلة هو تقلص الآف الألياف العضلية المكونة لها.

وتتنفس الحيوان : مجموعة الفعالities التنفسية للملايين من خلايا جسمه.

وهناك فروع أخرى لعلم الفسيولوجيا تهم ببعض الجاميع الحيوانية والنباتية مثل، Fish physiology، Insect physiology، وفسيولوجيا الأسماك، Plant physiology .

### طرائق دراسة الفسيولوجيا،

يعتبر علم الفسيولوجيا وعلم الكيمياء الحيوية Physiology & Biochemistry من العلوم التجريبية Experimental sciences أي أن نتائجها ومعطياتها Data يتم الحصول عليها من التجارب.

بينما تعتبر العلوم الحياتية الأخرى على الأكثر وصفية Descriptive sciences أي أنها تعتمد على الوصف Description والملاحظة Observation الدقيقة دون الحاجة إلى التجارب.

مثلاً: عندما يدرس عالم التشريح Anatomist عضلة معينة في الجسم فإنه يحدد موقعها في الجسم وعلاقتها بالعضلات الأخرى وكيفية استئادها على العظم والأعصاب المتعلقة بها والأوعية التي تغذيها. وربما أن يدرس ليق عضلي تحت المجهر ليقف على دقائق تركيب العضلة.

أما عالم الفسيولوجيا Physiologist فإنه لا يدرس العضلة بمجرد النظر إليها وإنما يعرض العضلة إلى ظروف مختلفة، كيف تتشكل، كيف تقوى، ومقدار ما تصرفه من المواد الغذائية والأوكسجين، والفضلات الناتجة عن التقلص وعلاقة التقلص بمقدار الحافز .. إلخ.

ومهمة عالم الفسيولوجيا معقدة وتحتاج إلى نظام معقد من التجارب المعقدة وتحتاج إلى مهارة خاصة للعمل وتفسير النتائج. لذلك فقد جندت كل العبرقيات لمساعدة علماء



الفيسيولوجيا لتصميم أجهزة دقيقة فاصبى مختبر الفسيولوجيا زاخر بكافة الأجهزة والمعدات الإلكترونية والميكانيكية.

ويمقدور عالم الفسيولوجيا الآن أن يضع حيوانا، كالجرذ مثلاً في جهاز خاص ليسجل ما يستهلكه من الأوكسجين وما يطرحه من  $\text{CO}_2$  بواسطة حركة المؤشرات بدون الحاجة إلى تحليل الهواء داخل أو خارج رئتيه.

#### **الأجهزة التي تساعد في البحث:**

1- المجاهر **Microscopes** : وهي عديدة ومختلفة في فعالياتها وتطورها ومقدار تكبيرها للأشياء وتشمل:

أ- المجهر المركب **Compound Microscope**

ب- المجهر ذو الأشعة فوق البنفسجية **Ultraviolet Microscope**

ج- المجهر المقطب **Polarizing Microscope**

د- المجهر ذو الحقل المظلم **Dark - field Microscope**

هـ- المجهر الإلكتروني **Electron Microscope**

2- الكيمياء النسيجية : **Histochemistry**

وهي دراسة التوزيع الطبيعي للأنزيمات والمواد الأخرى في المناطق المختلفة من الخلية عن طريق تفاعلات تحدث بين مادة الخلية ومواد تضاف إليها. مثلاً صبغ الخلية للاستفادة من حامضية وقاعدة الأجزاء الخلوية المختلفة. وتسمى الأجزاء التي تأخذ من الصبغات الحامضية **Acidophilic** والتي تأخذ القاعدية **Basophilic**.

3- دراسة الطيف الشمسي : **Spectroscopy**

وهي دراسة مقدار امتصاص المواد للأشعة المرئية عن طريق إمرار أشعة فوق بنفسجية ذات أطوال أمواج مختلفة خلال أجزاء الخلية وقياس مقدار الأشعة الممتصة في كل حالة.

مثلاً: أقصى امتصاص للأحماض النووي هو في طول موجة مقدارها 2600 A وأقصى امتصاص للبروتينات هو في طول موجة مقدارها 2800 A



#### 4- النظائر المشعة : Radioisotopes

وقد أحدث استعمالها في البحوث البايولوجية ثورة عارمة ويلاحظ في الفسيولوجيا والكيمياء الحيوية والوراثة.

#### 5- فصل الأجزاء الخلوية : Cell fractionation

يمكن فصل الأجزاء الخلوية عن بعضها البعض وتنقيتها ثم دراستها مثل الميتوكوندريا أو الريبوسومات. وتقام الطريقة عن طريق مجازتها Homogenization في محلول ثم فصلها بواسطة جهاز الطرد المركزي .Centrifuge



**بــ الخلية الحية**  
**The Living cell**

**التركيب والوظيفة**



## بـ- الخلية الحية The Living cell الخلية The cell

وهي الوحدة التركيبية Structural unit والوظيفة Functional في الكائنات الحية. وبالإضافة إلى ذلك فهي وحدة الإنقسام والوراثة وهي أصغر وحدة حيادية. وتكون جميع الكائنات الحية إما من :

1. خلية واحدة Unicellular وأمثالها بدائية النواة Prokaryotes.
2. عدة خلايا Muticellular وأمثالها حقيقية النواة Euocaryotes

### الكائنات بدائية النواة Prokaryotes

تحتوي على خلايا بسيطة ويشتق اسمها من أصل إغريقي وتشكل من جزأين من كلمة Pro وتعني بدائي أو قبل Before وكلمة Nucleus وتعني نواة. لذلك فإن جميع الكائنات بدائية النواة لا تحتوي على نواة ومن أمثلتها البكتيريا والطحالب الخضر - المزرقة Blue-green algae

والخلية بدائية النوى تحتوي على سايتوبلازم داخلي وغشاء بلازمي تحيط بهما طبقة خارجية تشكل جدار الخلية Cell wall. وقد ينعدم مثل هذا الجدار في بعض الخلايا مثل المايكوبلازم. وقد تتحرك هذه الكائنات بواسطة سوط Flagella (والذي إن وجد ) فهو يتكون من بروتين شبيه بالخيط Thread-like protein كما في البكتيريا. ويتكون الطحالب الخضر - المزرقة من طيات في في الغشاء البلازمي تحتوي على أنزيمات وصفيفات ضرورية لتفاعلاتها الضورنية وهناك أنواع منها تقوم بعملية البناء الضوئي.

### الكائنات الحية حقيقية النواة Euokaryotes

وتحتوي هذه الكائنات على خلايا أكثر تعقيداً من الأولى وتشكل من أقسام داخلية. وكل خلية حقيقة النواة تحتوي على نواة تضطلع بمهمة مركز السيطرة. ولا تحتوي هذه الخلايا جدار خلوي ولكنها تحتوي جسم حال Lysosome يحوي أنزيمات هضمية. كما أنها تحتوي على ميتوكوندريا Mitochondria تعمل كبيوت للطاقة Power house. وكذلك فإنها تنقسم



داخلياً بواسطة الشبكة الأندو بلازمية **Endoplasmic reticulum**. ويحرك هذه الخلايا سوط يعد أكثر تعقيداً مما هو عليه في البكتيريا.

**مم ت تكون الخلية النموذجية؟**

ت تكون الخلية النموذجية من:

1. غشاء الخلية **cell membrane** : ويحيط بها و يتميز بخصائص خاصة تجعله في اتصال مع بقية الخلايا المحيطة.
2. منطقة النواة **nuclear region**: و تعمل على توجيه نشاطات الخلية. ففي البكتيريا مثلاً تتضمن جميع المواد الجينية **genetic material** في الدنا **DNA** . أما في الخلايا حقيقية النواة ف هناك غشائين حيث يحيط الغلاف النووي **nuclear envelope** بالنواة الحاوية على الدنا **DNA**.
3. مادة خلالية **Matrix**: نصف سائلة تكون السايتوبلازم في خلايا البكتيريا. أما في الخلايا حقيقة النواة فأن السايتوبلازم يحتل المنطقة بين النواة والغشاء الخلوي. وتحتوي هذه الخلايا على شبكة اندو بلازمية ومايتوكوندريا . وكذلك تحتوي على جدار خلوي كما في النباتات والبكتيريا والفطريات **Fungi** . وتحتوي النباتات والطحالب أيضاً على بلاستيدات خضر.
4. إن معظم الخلايا تكون صافية جداً بحيث لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة. وتحتوي جسم الإنسان مثلاً على ما يقارب مائة تريليون (100 trillion) خلية تولف كل واحدة منها ما بين 5-20 ميكرومتر. ولو أتنا صفتنا هذه الخلايا مع بعضها البعض فإنها ستتولف صفاً يمتد إلى أكثر 500 مليون كيلو متر.

### **The cell theory**

ولأن الخلية تكون من الصغر بحيث لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة فإن إكتشافها لم يتم حتى أكتشف المجهر **Microscope** في أواسط القرن السابع الميلادي **Mid-seventeenth century**.



في عام 1665 وصف لأول مرة روبرت هوك Robert Hook الخلية عند فحصه لقطة فلين فوجدها تتكون من حجيرات فارغة تشبه خلايا النحل أطلق على كل حجيرة منها مصطلح خلية Cellulae مستعملاً الكلمة اللاتينية التي تعني غرفة صغيرة .Small room صغير animal.

ويعود سنتين قليلة أعلن انتوني فان ليونهوك Antonie van Leeuwenhook عالم الطبيعة الألماني عن اكتشافه لأول مرة خلية حيوانية سماها باللاتينية Animalicule وتعني حيوان صغير Little animal.

في عام 1838 أعلن الألماني مايكل شلايدن Matthias Schleiden بعد دراسته لأنسجة النبات مقولته الأولى في النظرية الخلوية Cell theory والتي مفادها : أن جميع النباتات تحتوي على خلايا .

أما في عام 1839 التالي فقد نشر ثيودور شفان Theodor Schwann تقريراً بين فيه أن جميع الحيوانات تحتوي على خلايا أيضاً .

لذلك فقد اعتبرت الأوساط العلمية كل من شلايدن وشفان Schleiden & Schwann مؤسساً للنظرية الخلوية حيث عرفت بعد ذلك بإسميهما وسميت نظرية شلايدن وشفان Schleiden & Schwann

#### مبادئ النظرية الخلوية Principles of cell theory

تنضم المنظريات الخلوية في شكلها الحديث أربعة مبادئ وهي:

1. إن جميع الكائنات تحتوي على خلية واحدة أو أكثر.

2. إن الخلية هي أصغر شيء حي.

3. إن الحياة على الأرض تمثل خط مستمر ومتناهٍ من الخلايا المبكرة .Early cells

4. تتكون الخلايا عن طريق إنقسام خلايا سبق أن تكونت Previously existing cells

**للم لا تكون الخلايا أكبر حجماً؟**

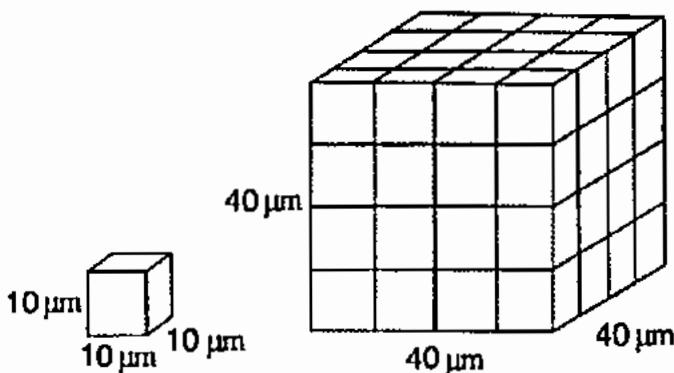
لقد أظهرت البحوث بأن للخلايا أحجام مختلفة. فإن حجم الخلية المفردة للطحالب البحرية Marine Alge المعروفة بالاستبيولارس Acetabularis مثلاً تكون كبيرة حيث تصل إلى ما



يقارب خمسة سنتيمترات في الطول. أما جسم الإنسان فيحتوي على خلايا تبلغ قطرها ما بين 5-20 ميكرومتر. كما أن جميع الكائنات الحية على الأرض تتكون من خلية واحدة أو مجموعة خلايا هي جمِيعاً إمتداد لخلايا سبق أن تكونت من خلايا أولية.  
لماذا تكون أجسامنا من هذا العدد الكبير من الخلايا الصغيرة؟

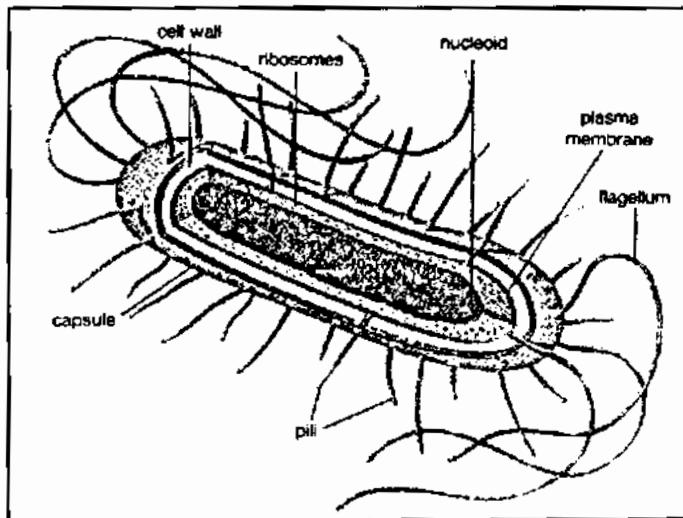
تعد السيطرة المركزية في جميع الخلايا ضرورية لإدامة الحياة. وتنقل المواد خلال عملية الإنتشار Diffusion. فإذا كانت الخلية كبيرة جداً فإنها لا يمكن أن تعمل بكفاءة عالية، لأن مرور المواد من النواة إلى جميع أجزاء الخلية بواسطة الإنتشار تستغرق وقتاً طويلاً لكي تصل إلى أطراف الخلية.

لذلك فإن فائدة صغر حجم الخلية تتجلى بما يصطلح عليه معدل نسبة السطح إلى الحجم Surface - to - volume ratio. ومفاد هذا المصطلح هو أن سعة الخلية تزداد بزيادة الحجم أكثر من المساحة السطحية. لذلك فإن وجود عدد كبير من الخلايا الصغيرة يكون أفضل من وجود عدد قليل من الخلايا الكبيرة لأن الخلايا الصغيرة ستعمل بكفاءة عالية وتكون لها فرصه أعظم لأن تحصل فيما بينها وكذلك مع المحيط (شكل رقم 1-1).



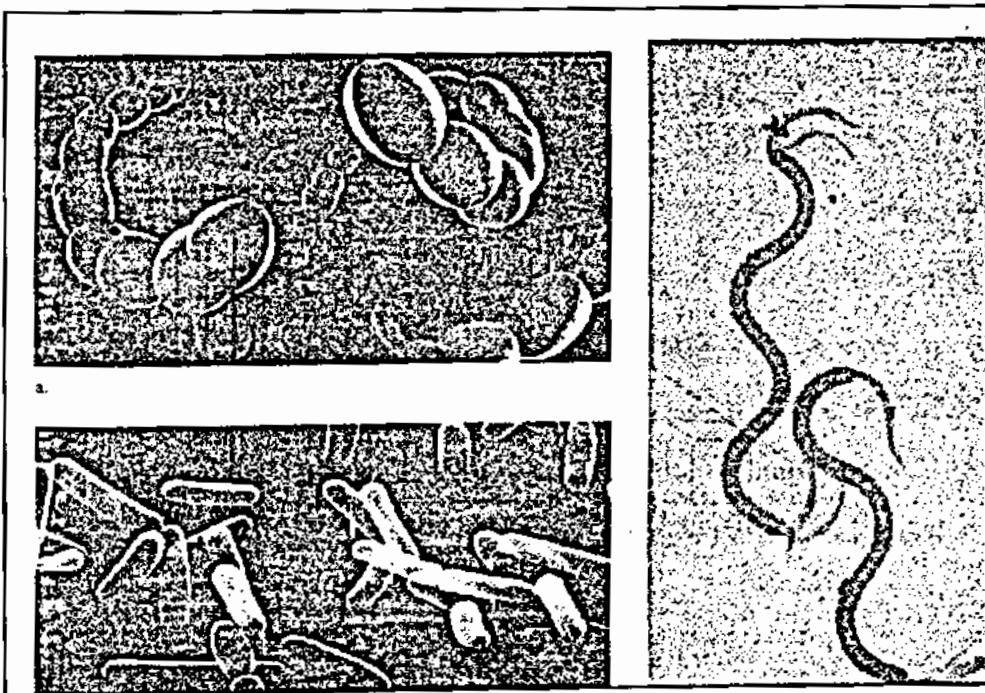
### البناء الخلوي للبكتيريا

تعد البكتيريا واحدة من الكائنات وحيدة الخلية. وهناك ما يقارب 2500 نوع من أنواع



شكل رقم (1-2-1)  
البناء الخلوي للبكتيريا

البكتيريا المعروفة. وتختلف أشكال البكتيريا ما بين العصوية Rod-shaped والبيضوية Spherical واللولبية Spiral. وتلتخص البكتيريا أحياناً مع بعضها البعض لتكون مسبحة أو تكون على شكل متكتل. وهي صفيرة الحجم وفتقر إلى التنظيم الداخلي وليس فيها نواة (شكل رقم 1-2-1 و ب).



شكل رقم (1-2- ب)

خلايا البكتيريا لها اشكال مختلفة كما ترى تحت المجهر



وكما هو الحال مع بقية الخلايا الحية فإن الخلية تحاط بغشاء بلازمي وتحفظ داخل جدار خلوي يتكون من مواد كريوهيدراتية تتخللها وحدات بيتدية قصيرة. وفي بعض أنواع بكتيريا البناء الضوئي photosynthetic يتكون الغشاء من طيات تقع صبغات البناء الضوئي فوقها. ولأن البكتيريا لا تحتوي على حجرات منفصلة عن بعضها فإن الانزيمات والحمامض النووي الريبي منقوص الاوكسجين (دنا DNA) يكون في تماس مع جميع أجزاء الخلية. كذلك يكون سايتوبلازم الخلايا البكتيرية وحدة واحدة في داخلها.

### **البناء الخلوي لحقيقة النواة : Structure of eukaryotes**

وتعد هذه الخلايا أكثر تعقيداً من الأولى حيث تحتوي على عضيات تشبه تلك الموجودة في البكتيريا في الحجم والمظهر تدعى الميتوكوندريا Mitochondria وهي معامل الطاقة- Energy factories في الخلية.

أما دوائل الخلايا حقيقة النواة فتشترك في بناء هندسي أساسى Basic architecture يحده غشاء بلازمي يحتوى على مادة خلالية Matrix تتكون من البروتينات تدعى الهيكل الخلوي Cytoskeleton ويحتوى على عدد من العضيات. وهناك نوعين من العضيات:

1. عضيات تشقق من الغشاء وهي عضيات المرتبة الأولى (Class1) وتتشكل:

1. الشبكة الأندرولازمية

2. النواة

3. أجسام كولي

4. الأجسام الحالة

5. الأجسام الدقيقة

ب. عضيات تحتوى على الحامض النووي الريبي منقوص الاوكسجين (دنا DNA) وهي عضيات المرتبة الثانية (Class2) وتشمل :

1. الميتوكوندريا

2. البلاستيدات الخضر

3. الجسيمات المركزية



**مقارنة بين الخلايا حقيقية النواة والخلايا بدائية النواة،**  
أثبتت الدراسات أن الخلايا حقيقة النواة تميز باحتواها على الاختلافات المعنوية التالية:

1. ينقسم داخلها إلى حجرات بواسطة أغشية محددة تعمل على زيادة قابليتها على إجراء النشاطات البيوكيميائية.

2. يحزم الحامض النووي الريبي منقوص الأوكسجين بشدة في الكروموسومات التي تحتوي أيضاً على البروتينات.

3. لا تحتوي الخلايا الحيوانية وبعض الطليعيات Protists على جدار خلوي.

4. تحتوي الخلية النباتية على فجوة عصرية Vacuole كبيرة وبذلك تختلف عن الخلايا الحيوانية التي لا تحتوي على فجوة وإن احتوت عليها فإنها تكون متعددة وصغريرة.

### وظائف الخلية الرئيسية :

يمكن إجمال الوظائف الرئيسية للخلية (شكل رقم 1-3) بما يأتي:

#### 1. الأيض : Metabolism

ويقصد به كافة العمليات التي تحدث للمواد الغذائية بعد إمتصاصها والمتمثلة في البناء Anabolism حيث تتحول إلى عناصر مماثلة للبروتوبلازم، والهدم Catabolism حيث يتم تحطيم هذه المواد لغرض الحصول على الطاقة.

#### 2. التنفس : Respiration

ويعني أكسدة المواد الغذائية داخل الخلية لإنتاج الطاقة بوجود الهواء. أما عند عدم وجود الهواء فتلğa الخلية لتوليد الطاقة عن طريق تخمير الكربوهيدرات حيث ينتج عنها حامض اللبنيك وحامض الكاربونيك والكحول.

#### 3. الإفراز : Secretion

وتفرز الخلايا العديد من المواد العضوية مثل الأنزيمات والهرمونات وغيرها.

#### 4. الإخراج : Excretion

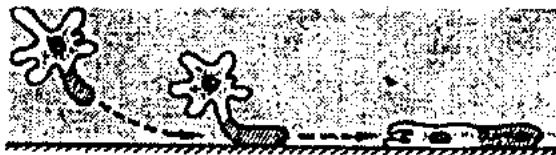
وهي عملية التخلص من الفضلات والمواد إلى خارج الجسم عن طريق البول والعرق وغيرها.



### 1- IRRITABILITY



### 2- CONTRACTILITY



### 3- NUTRITION



### 4- EXCRETION



### 5- RESPIRATION



### 6- REPRODUCTION

شكل (رقم 3-1)  
بعض وظائف الخلية الرئيسية

4 - الاصدار

5 - التنفس

6 - التكاثر

1- قابلية الاثارة

2- قابلية التقلص

3- التغذية او الامتصاص

**5. الامتصاص Reabsorption أو التغذية Nutrition :**

وهي قدرة الخلايا على إدخال العناصر الغذائية والمواد التي تحتاجها إلى داخل الخلية لغرض الاستفادة منها.

**6. التكاثر Reproduction :**

وهي قدرة الخلايا على التوالد وزيادة أعدادها للمحافظة على النوع.

**7. النمو Growth :**

ويقصد به قدرة الخلايا على زيادة حجمها ونموها المطرد.

**8. الحركة Movement :**

ويقصد بها أما حركة العضيات والمكونات الأخرى داخل الخلية وتعرف بالحركة الداخلية أو إنتقال الخلية من مكان إلى آخر وهي الحركة الخارجية مثل حركة النطف الذكرية أو البويضات الأنثوية.

**9. قابلية التقلص Contractility :**

وهي قدرة الخلية على تغيير شكلها وحجمها ويقصد به التصغر نتيجة استجابتها لنبه معين مثلاً.

**10. قابلية الإثارة Irritability or Excitability :**

وهي قدرة الخلية على الاستجابة بردود أفعال نتيجة تعرضها لنبه كيميائي أو فيزيائي، وقدرة الخلية على نقل هذا النبه من مكان حدوثه إلى مكان آخر في الخلية.

**فسيولوجيا الخلية Cell Physiology :**

وهو العلم الذي يتناول الطرائق والسبل التي تقوم بواسطتها الخلية بجميع عضياتها وأجزاءها المختلفة بأداء وظائفها الحيوية.

**علم الخلية Cytology :**

وهو العلم الذي يتناول دراسة الخلية من جميع نواحيها الفسيولوجية والتركيبية.



ويبدو أن علم الخلية وثيق الصلة بعلم الوراثة الذي يهتم بالجينات الوراثية الموجودة على الكروموسومات Chromosomes التي تكون نواة الخلية، لذا يشار إليهما باسم مشترك هو علم الوراثة الخلوية Cytogenetics.

كذلك يرتبط علم الخلية بطرائق التصنيف الحديث التي تعتمد على الفروقات بين أعداد الكروموسومات وأشكالها وأنواعها. كما يرتبط علم الخلية إرتباطاً وثيقاً بعلم الأجنة والفسيولوجي وعلم الأمراض والعلوم الطبية الأخرى بصورة عامة.

وتعزى بعض الأمراض إلى إضطرابات ونمو غير منضبط في بعض الخلايا وأكثر هذه الأمراض شهرة هو السرطان Cancer.

ولعل هذه الحقائق والإكتشافات هي التي دعت واحد من أكبر العلماء هو جودارد Goddard أن يعلن عام 1958 مقولته المشهورة وهي: إذا تيسر لنا أن نفهم الخلية فهماً حقيقياً فإننا سنفهم عندها كمة الحياة.

وقد توالى إكتشافات الخلية وأجزائها وعضياتها نظراً لما أولاه الباحثين من أهمية في دراساتهم.

ففي عام 1831 لاحظ روبرت براون Robert Brown وجود جسم كروي متميز داخل الخلية أسماه النواة Nucleus.

وفي عام 1839 وعام 1946 لاحظ كل من بركنجي Purkinji وفون موهل von Mohl على التوالي وجود مادة غروية داخل الخلية، الأول وجدتها في الخلايا النباتية والثاني وجدتها في الخلايا الحيوانية وقد أطلق إسم البروتوبلازم Protoplasm على هذه المادة والتي عرفت بالمادة الحية أو الأساسية للخلية.

وفي عام 1888 يكتشف العالم والدier Waldeyer كروموسومات الخلية.

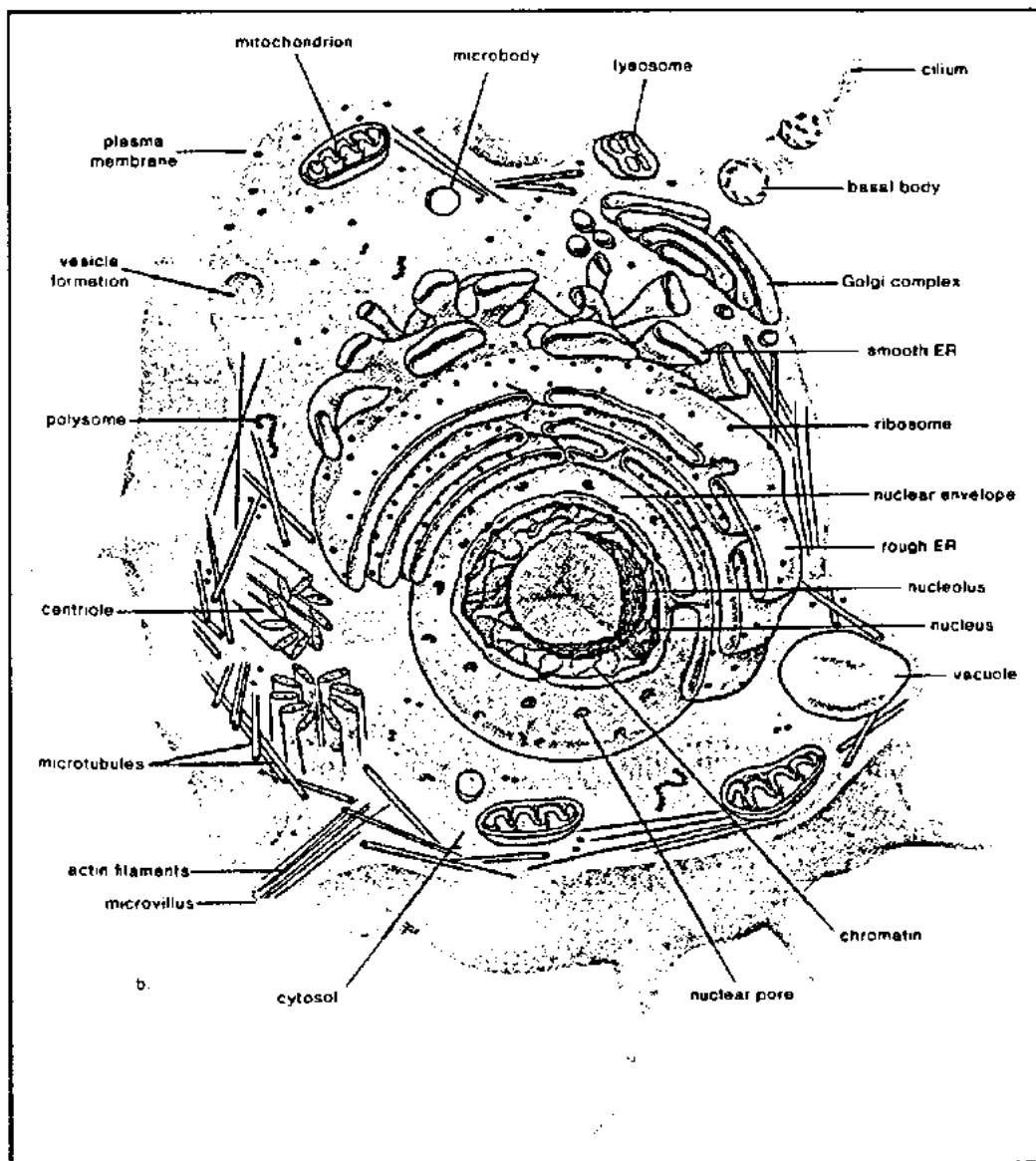
وفي عام 1890 وصف العالم التمان Altman أجساماً دقيقة في سايتوبلازم الخلية سميت بالمليتوكوندريا Mitochondria.

أما في عام 1898 فقد لاحظ العالم كولجي Golgi وجود تركيب خاص في سايتوبلازم الخلية سماه في البداية الشبكة الداخلية ثم عرف فيما بعد باسمه وهو جسم كولجي Golgi body.



## تركيب الخلية Structure of the cell

تحتوي الخلايا على تركيب وعضيات يمكن إجمالها بصورة عامة (شكل رقم 4-1) كما يأتي:



شكل رقم (4-1) مكونات الخلية الحية



## 1. البروتوبلازم : Protoplasm

وهي المادة الحية أو الأساسية التي تتكون منها جميع خلايا الكائنات الحية نباتية كانت أم حيوانية وتقع داخل الخلية ويحيط بها غشاء الخلية.

ويختلف البروتوبلازم من حيث التركيب والخواص الطبيعية والكيميائية والبيولوجية من خلية لأخرى، كما تختلف هذه الخصائص في الأجزاء المختلفة في الكائن الواحد، ولبروتوبلازم خواص عامة مميزة، حيث يوجد على شكل مادة هلامية نصف شفافة قريبة الشبه بالجلاتين السائل.

والبروتوبلازم مادة بالغة التعقيد من حيث التركيب الكيميائي ولا تعرف مكوناته بصورة دقيقة. إلا أنه يمكن القول أن البروتوبلازم تركيب كيميائي عام يشمل المواد التالية:

### أ. مواد لا عضوية وتشمل :

%90-85 الماء ونسبة

%1.5-1 العناصر المعدنية ونسبة

### ب. مواد عضوية وتشمل :

%10-7 بروتينات ونسبة

%1.5-1 كاربوهيدرات ونسبة

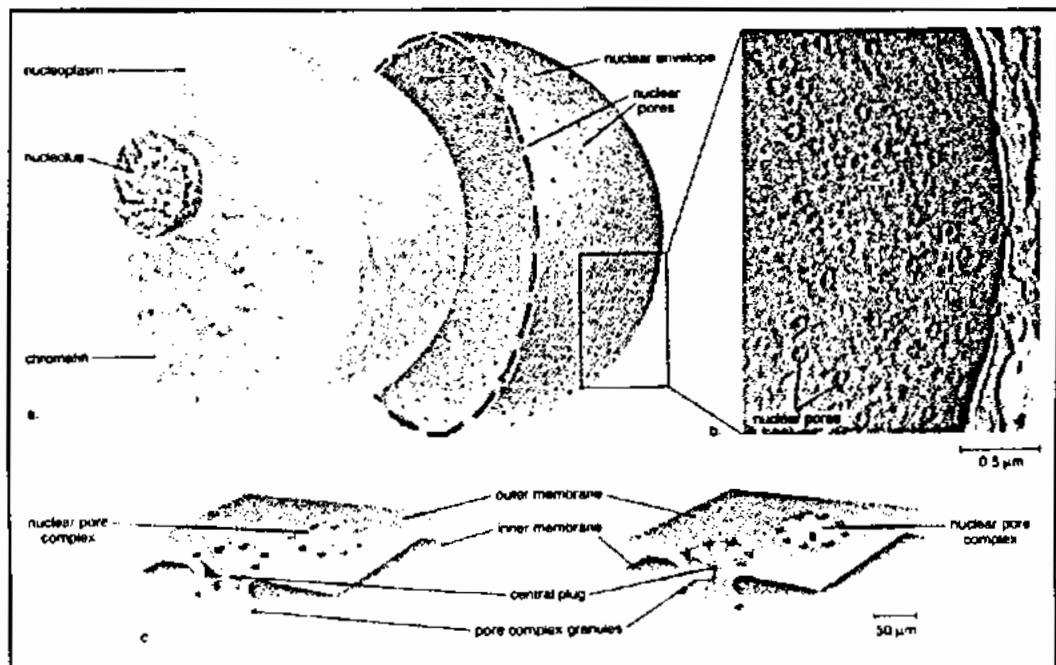
%2-1 دهون ونسبة

## 2. النواة : Nucleus

وهي أبرز مكونات الخلية وأكثرها وضوحاً، وتسسيطر على الأفعال الحيوية. فوجود النواة أساسى للحياة لأن الخلية تعتمد اعتماداً كبيراً في أدائها لوظائفها على تبادل المواد المختلفة بين النواة والسايتوپلازم. والخلايا التي تفقد أنواعتها تتحلل وتموت. فإذا جزئنا الأمينا إلى جزأين إحداهما تحتوي على نواة والأخر خالية منها، فإن الجزء الحاوي على النواة يستمر في النمو بينما يتحلل الجزء الآخر. وقد لوحظ أن بعض الكائنات البدائية يمكن أن لا تحتوي على نواة بالصورة المعروفة وإنما بعض حبيبات المادة النووية. ولا توجد نواة حقيقية في البكتيريا.



وتتركب النواة من الأجزاء التالية (شكل رقم 5-1):



شكل رقم (5-1)  
نواة الخلية وتراكيبها المختلفة

**a. الغشاء النووي:** Nuclear membrane

يحيط بالنواة ويتحكم بعملية الاتصال المباشر بين محتويات النواة والسيتوبلازم.

**b. السائل النووي:** Nucleoplasm

وهو مادة عديمة اللون يملأ النواة وتتنفس في جميع محتوياتها ويلعب دور في ت توفير المواد الغذائية والوسط المناسب لمكونات الخلية.

**ج. النوية:** Nucleolus

جسم صغير كروي تقريباً، له علاقة بتكوين البروتينات. وقد تحتوي النواة على نوية واحدة أو أكثر وتتكون من حامض (رنا RNA) وتلعب دوراً في إنتاج البروتينات وعناصر الوراثة وتعد ضابطة الإيقاع في الخلية.



#### د. الأجسام الكروماتينية (الクロموسومات) : Chromatin Masses

وهي عبارة عن خيوط رفيعة متشابكة (تبدو على شكل شبكة). وهي مسؤولة عن نقل الصفات الوراثية من الآباء إلى الأبناء وعدها ثابت في أفراد النوع الواحد. ولا تشاهد الكروموسومات في النواة إلا أثناء الإنقسام تبدو على شكل خيوط داكنة الصبغة.

#### هـ. جسم بار Barr Body :

وهو جسم كروماتيني صغير اكتشف من قبل العالمين بار وبرترام Barr & Bertram عام 1949 في أنوية الخلايا المختلفة لإناث الحيوانات. ويمكن بواسطة هذا الجسم التعرف على جنس الجنين عن طريقأخذ عينة من السائل الامنيوتي الذي يسبح فيه الجنين في بطون الأم الحامل في حالة مبكرة مابين 15-16 يوماً بعد بدء الحمل.

#### و. الأحماض النوويية Nucleic Acids :

تتركب النواة أساساً من مواد معقدة التركيب تتكون من وحدات بسيطة تسمى النيوكليوتيدات Nucleotides (يتكون كل منها من سكر خماسي يرتبط به حامض الفسفوريك من جانب وجذء من مادة نايتروجينية قاعدية من جانب آخر).

#### 3. السايتوبلازم Cytoplasm :

تمييز الكثلة البروتوبلازمية للخلية من جزأين رئيسين. جزء داخل النواة يسمى النيوكليوبلازم Nucleoplasm وجزء آخر يحيط بالنواة يسمى السايتوبلازم Cytoplasm أو هايلوبلازم Hyaleoplasm. والسايتوبلازم هو المادة الحية التي تشغل الحيز بين النواة والغشاء الخلوي البلازمي، ويحتوي على تركيب وعضيات الخلية. وتحاط الخلية بأكملها بغشاء بلازمي plasma membrane يعمل على حماية الأجزاء الداخلية للخلية بالإضافة إلى تنظيم تبادل المواد بين الخلية والمحيط الخارجي.

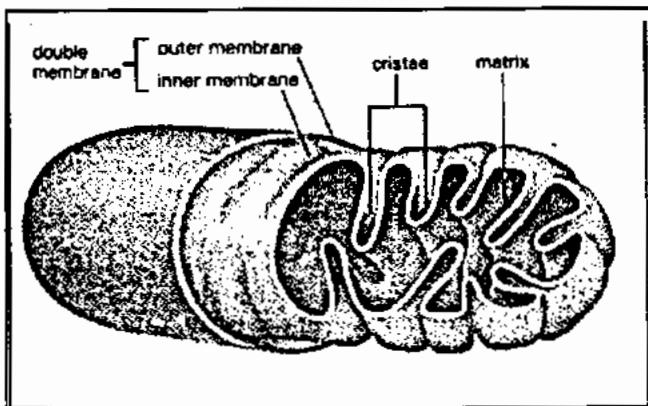
ويحتوي السايتوبلازم على عدة تراكيب تسمى العضيات السايتوبلازمية Cytoplasmic Organelles كما يحتوي على مواد غير حية تسمى الميتاپلازم Metaplasma.

ومن العضيات الحية: الميتوكوندريا والبلاستيدات والريبيوسومات واجسام كولجي وغيرها. ومن العضيات غير الحية: الغشاء والحببيات الدهنية والكلايكتوجين وبعض الصبغات وغيرها.



#### 4. الميتوكوندريا Mitochondria

أجسام سايتوبلازمية تعتبر مراكز لأنzymات التنفس وإنتاج الطاقة وتخزينها على شكل ATP لذلك يطلق عليها اسم بيوت الطاقة في الخلية. وتوجد في الخلايا على هيئة حبيبات أو عصي قصيرة أو خيوط وعددها ثابت حسب نوع الخلية. ولا يمكن مشاهتها بالمجهر العادي وإنما ترى بالمجهر الإلكتروني على هيئة أكياس يحيط بها غشاءان رقيقان الخارجي مستوى والداخلي متعرج. وتكثر أعداد الميتوكوندريا في خلايا الكبد والعضلات لكترة حاجتها للطاقة (شكل رقم 6-1).



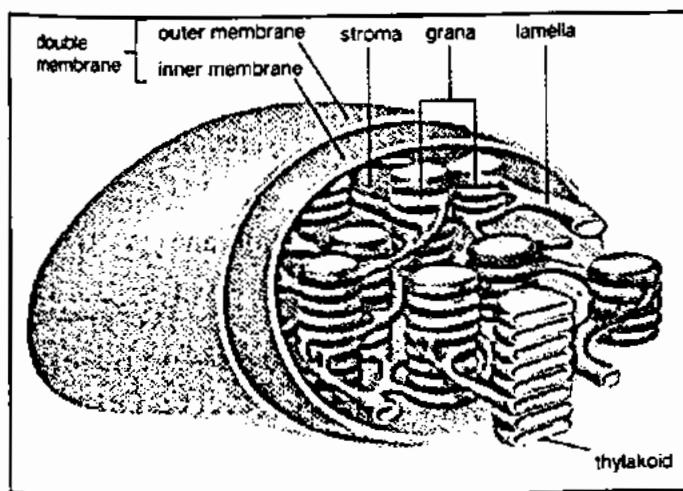
شكل رقم (6-1)

الميتوكوندريا او بيوت الطاقة في الخلية كان يعتقد بأن هذه العضيات شكل من أشكال البكتيريا فيما مضى

يمكن مشاهتها بالمجهر العادي وإنما ترى بالمجهر الإلكتروني على هيئة أكياس يحيط بها غشاءان رقيقان الخارجي مستوى والداخلي متعرج. وتكثر أعداد الميتوكوندريا في خلايا الكبد والعضلات لكترة حاجتها للطاقة (شكل رقم 1).

#### 5. البلاستيدات Plastides

عضيات كثيرة ما تحتوي على صبغات معينة لأداء وظائف كالبلاستيدات الخضر التي تحتوي على الكلوروفيل Chlorophyl النباتية للقيام بعملية التركيب الضوئي. وبعضاً منها تبدو بيضاء لافتقارها إلى الصبغات حيث تعمل على تخزين المواد النشوية أو الدهنية أو البروتينات (شكل رقم 7-1).



شكل رقم (7-1)

البلاستيدات الخضر كما ترى تحت المجهر



## 6. الشبكة الأندوبلازمية :Endoplasmic Reticulum

وهي شبكة من المرات والتجاويف المحاطة بأغشية، تمتد في كافة أرجاء السايتوبلازم وتتصل في بعض أجزاءها بالغشاء الخلوي من جهة وبالغشاء النووي من جهة أخرى، وهي نوعان:

أ. الشبكة الأندوبلازمية الخشنة Rough E. R. : تتميز بوجود عدد كبير من الحبيبات الدقيقة على سطوحها وهي الريبوسومات الغنية بحمض (دنا DNA). ووظيفتها الرئيسية هي النقل الداخلي حيث تعمل على تسهيل حركة المواد داخل الخلية وخاصة البروتينات والهرمونات والأنزيمات.

ب. الشبكة الأندوبلازمية الملساء Smooth E. R. : وسميت ملساء لعدم وجود الريبوسومات على سطوحها ووظيفتها صنع الدهون والهرمونات الستيرويدية. وتكون غير متصلة بالشبكة الخشنة وتكون من قنوات أنبوبية منبسطة على الأغلب.

## 7. الريبوسومات :Ribosomes

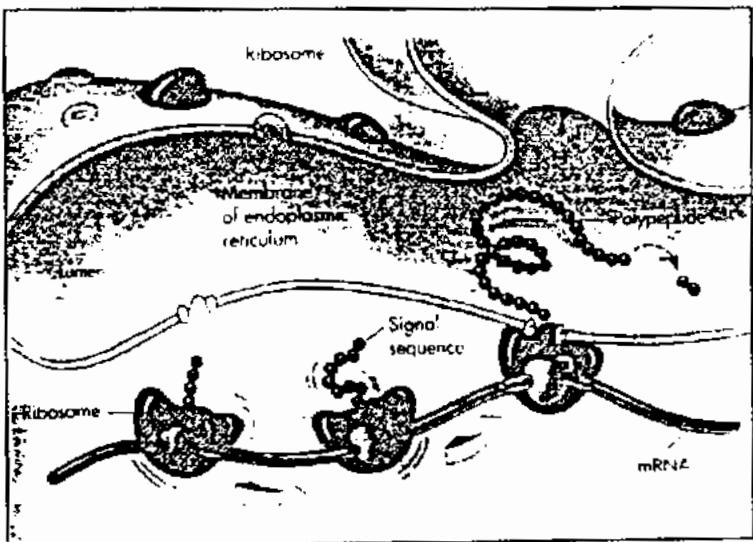
وهي حبيبات سايتوبلازمية صغيرة توجد على سطوحها الشبكة الأندوبلازمية أو موزعة بين أجزائها وتعطيها مظهراً خشنًا. وتمثل موقع تخلق البروتينات الخلية. لذلك فهي تتواجد في جميع الخلايا التي تتميز بنشاطها في بناء البروتين مثل خلايا الكبد والبنكرياس.

## 8. أجسام كولجي :Golgi Bodies

اكتشفها العالم كاميلو كولجي Camilo Golgi عام 1898 في الخلايا العصبية. ولهذه الأجسام موضع خاص في الخلايا المختلفة حيث تقوم بدور هام في تكوين المواد الإفرازية مثل المواد الخام التي تتكون منها الأنزيمات وإفراز الصفراء والمواد المخاطية، والهرمونات. وأجسام كولجي عبارة عن مجموعة من الفجوات المنبسطة تتصل بالشبكة الأندوبلازمية الناعمة بواسطة حويصلات تحتوي على حبيبات إفرازية. ووظيفتها الرئيسية إفراز وانتاج المواد داخل الخلية والتي تتكون من البروتينات السكرية Glycoproteins (شكل رقم 1-8).

## 9. الليسوسومات (الأجسام الحالة) :Lysosomes

اكتشف من قبل العالم ديدوف Deduve في خلايا كبد الثدييات عام 1955. وهي عبارة عن



(8-1) شكل رقم

اجسام كولجي يظهر في المختلط كيكلية دخول البروتينات الى داخل الاجسام

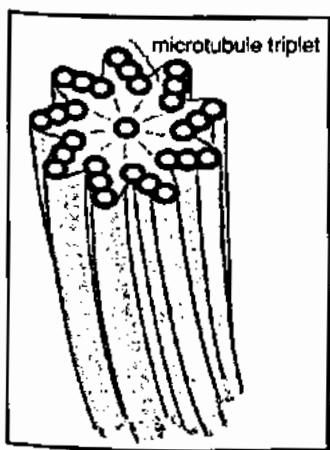
أكياس صغيرة تلعب دوراً مهماً في عملية الهضم داخل الخلية، وتحلل البروتينات والأحماض النوويّة وكذلك عمليات أيض الكربوهيدرات وغيرها مثل خلايا الكبد والكلى والأمعاء الدقيقة. كما تلعب دوراً في التخلص من محتويات الخلايا والأنسجة في ظروف ميّنة مثل ما يحدث أثناء تحول البرمانيات حيث يتم إتلاف وتحلل وإختفاء الذيل.

#### 10. الفجوات العصارية : Contractile Vacuoles

وهي فجوات صغيرة متعددة في سايتوبلازم الخلية الحيوانية، وفجوة واحدة كبيرة في الخلية النباتية تحتوي على عصير خلوي يتكون من أملاح وكربوهيدرات وأصباب يفصلها عن السايتوبلازم غشاء ذو خواص أوزوموزية.

#### 11. السنطريول : Centriol

ويتعلق بتجمّع وتنظيم النبيبات الدقيقة Microtubules في الخلايا الحيوانية بشكل عام، والنبيبات الدقيقة عبارة عن أوعية مجوفة تتكون من بروتين الوعاء Tubulin (شكل رقم 9-1).



شكل رقم (9-1)  
تركيب السنطريول

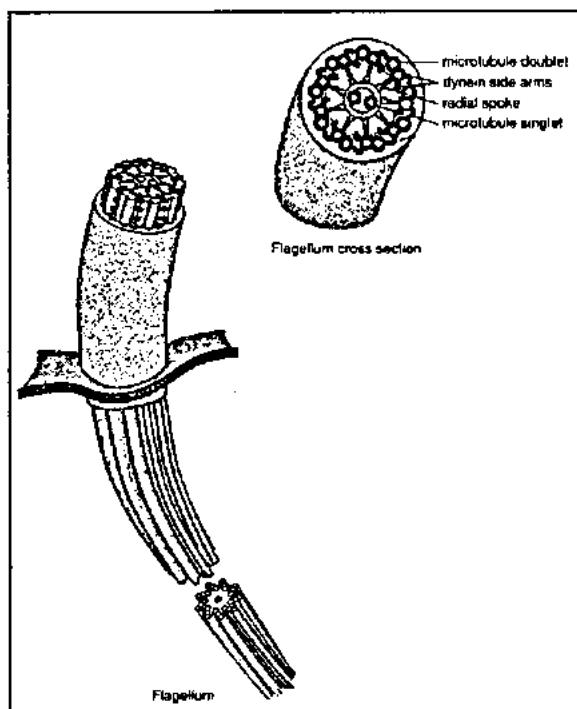


والستريولات تأثير على شكل الخلية، كما أنها تحرك الكروموسومات أثناء الإنقسام الخلوي، وتتوفر البناء الداخلي الفعال للأسواط والأهداب. وهناك في كل خلية زوج من السكريولات تقع اعتيادياً في المايتوبلازم قرب الغلاف النووي.

ولا تحتوي النباتات والفطريات على ستريول أو جسم مركزي. ويشبه الستريول بكتيريا سبايروكتيت Spirochaete مما جعل الباحث لون مارجلس Lynn Margulis يعتقد بأنها تطورت في الأصل من هذه البكتيريا. ولكن الباحث ديفيد لك David Luck أوضح عام 1989 بأن بعض الستريولات تحتوي على حامض دنا DNA الذي يدخل في إنتاج البروتينات.

## 12. الأسواط :Flagella

وهي عضيات طويلة ورفيعة تشبه الخيوط Thread-like تخرج من سطح الخلايا وتستعمل لغرض الحركة والتغذية (شكل رقم 10-1).



شكل رقم (10-1)

في حقيقة النواة يخرج السوط مباشرة من الجسم القاعدي ويكون من تسعه أزواج من الأنابيب الدافقة إضافة إلى زوج آخر من هذه الأنابيب يقع في الوسط

ففي البكتيريا مثلاً يكون السوط عبارة عن ليف بروتيني طويل يعمل على تحريك البكتيريا بمسافة تعادل قطره 20 خلية مجتمعة في الثانية الواحدة. وتكون الحركة الدورانية حول الجسم هي الشائعة في أنواع البكتيريا. وتحتوي خلايا الكائنات حقيقة النواة على أسواط تتكون من نبيبات دقيقة. ويخرج السوط من جسم مركزي Basal body يتكون من دائرة يحتوي على تركيب يسمى (2+9) حيث تحتوي على تسعه أزواج من النبيبات الدقيقة المحيطية Peripheral واثنين مركبة Central.

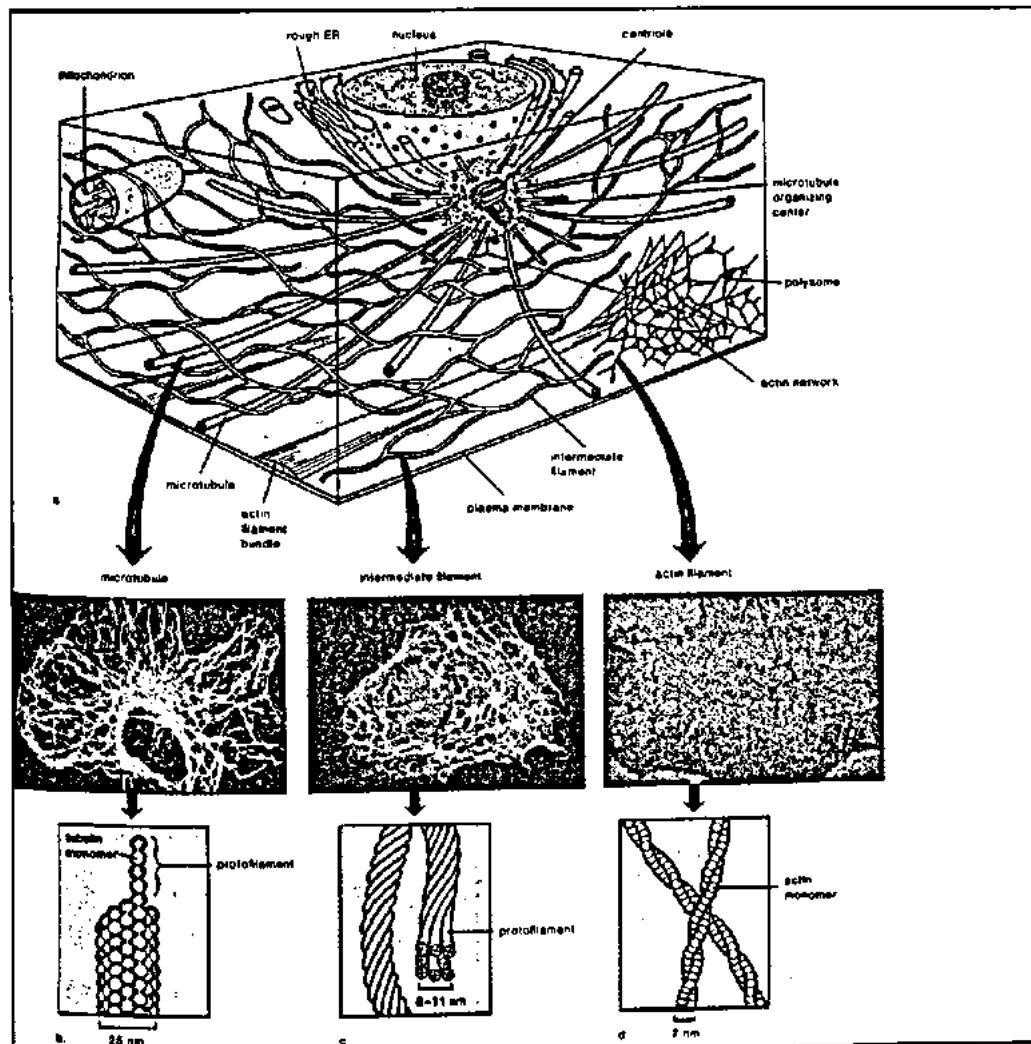
## 13. الأهداب Cilia

ولا تختلف عن الأسواط في التركيب ولكن عملها الأصلي هو تحريك الماء فوق سطوح الأنسجة. وفي أنسجة الإنسان



أنواع عديدة من الأهداب تصطف لتحريك الماء فوق السطوح النسيجية. كما أن الشعيرات الحسية Sensory hairs الموجودة في إذن الإنسان تحتوي على نفس التركيب المعروف في الأسواط (2+9) وتقوم بالإلتحاء حسب الضغوط المساعدة في نقل الإحساسات السمعية.

#### 14. الهيكل الساينتوبلازمي Cytoskeleton



شكل رقم (11-1) الهيكل الساينتوبلازمي

هذا الشكل التخطيطي يوضح مقطعاً عرضياً في خلية حقيقية النواة حيث تظهر الماكروكروندريا والريبيوسومات والشبكة الاندوبلازمية التي تدعها شبكة دقيقة من الشعيرات تمر من خلال ألياف دقيقة تربط الأجزاء المختلفة للخلية.



يتكون السايتوبلازم في جميع الخلايا من شبكة من الألياف المتشابكة مع بعضها البعض والتي تعمل على إسناد شكل الخلية وتثبيت عضياتها تعرف بالهيكل السايتوبلازمي أو الخلوي. وتشكل الألياف الهيكلي السايتوبلازمي جهاز حركي Dynamic system يتكون فيه كل ليف من بوليوميرات تتصل فيها الوحدات الجانبية للبروتينات كيميائياً مع بعضها البعض لتكون سلسل طولية (شكل رقم 11-1). وتحتوي الخلايا الحيوانية والنباتية على ثلاثة أنواع من الألياف هي:

1. الألياف بروتينية طولية تسمى خيوط الأكتين Actin filaments أو الخيوط الدقيقة.
  2. أوعية مجوفة Hollow tubes تسمى النبيبات الدقيقة Microtubules.
  3. حبال بروتينية تسمى الألياف الوسطية Intermediate fibers.
- وتعتبر خيوط الأكتين والألياف الوسطية مثل المرساة Anchored للبروتينات المطمورة في الغشاء البلازمي، كما أنها تجهز الخلية بإسناد ميكانيكي. وتعمل الألياف الوسطية عمل الروابط ما بين الخلوية حيث تمنع أي زيادة في الشد الخلوي. كما يوفر الهيكلي السايتوبلازمي أماكن لواقع الإنزيمات والجزيئات الكبيرة الأخرى في السايتوبلازم، ولخيوط الأكتين والنبيبات الدقيقة دور مهم في حركة الخلية. ومن الأمثلة على ذلك حركة رموش العين وطيران النسر والتقلص العضلي.
- 15. الغشاء البلازمي: Plasma membrane**

يتكون الغشاء البلازمي كما نعرفه الآن من طبقتين Bilayer من الليبيات الفوسفاتية Phospholipids وفيها بروتينات مطمورة Embedded proteins تعمل على تنظيم ما يدخل إلى الخلية وما يخرج منها.

وتطهر هذه الطبقات تحت المجهر الإلكتروني E.M. وكانتها تتكون من خيطين مظلمين Two dark lines يفصل بينهما منطقة مضيئة Light area يبلغ سمكها 7 نانومترات. ويبعد أن هذا المظهر ناتج عن التقاء ذيول Tails جزيئات الليبيات الفوسفاتية المصطفة في الطبقتين من الداخل. إن أربع عديدة من البروتينات المطمورة في الغشاء البلازمي والتي تسيطر على نفحة ومحيطها الخارجي. وتتميز ثلاثة أنواع رئيسية من هذه البروتينات هي:

١. القنوات **Channels** : وتعمل كأنبوب تتحكم بالسماح لبعض الجزيئات الخاصة من الدخول إلى الخلية مثل أيونات الصوديوم والسكر.
٢. المستلمات **Receptors** : وتعمل على نقل المعلومات **Information** مثل الهرمونات.
٣. المعلمات **Markers** : وتعمل على تشخيص وتعليم الخلايا، لأن على الخلايا أن تعرف بعضها البعض لتكوين النسيج والعمل بصورة صحيحة.

**ج. انتقال المواد عبر الأغشية الخلوية**

**Cell membranes**



## ج - الأغشية الخلوية Cell membranes

من المعروف أن جميع المواد الموجودة داخل الجسم من سوائل وعناصر معدنية تكون في حركة دائمة من وإلى داخل الخلايا. ويتم عبر الأغشية الخلوية Cell membranes التي يستوجب أن تكون ذو ثقانة معينة بحيث تسمح بمرور بعض المواد بينما تمنع مرور مواد أخرى حسب حاجة الخلية. ويلاحظ أن تركيز بعض الأيونات والشحنات داخل الخلية يختلف عما هو عليه خارج الخلية، وهذا يعني أن غشاء الخلية يعمل حاجزاً يمنع احتلال نفس هذه الأيونات أو المواد على جنبي الغشاء. وتهدف حركة الأيونات أو المواد المستمرة من وإلى داخل الخلايا إلى المحافظة على التركيب الداخلي للخلية، حيث توفر وسطاً معيناً يجعل الجهاز البيوكيمياني للجسم يصل بشكل سليم وبصورة منتظمة. كما أنه يعمل على المحافظة على ثبوتنية تركيز العناصر والأيونات والمواد التي يتم إستبلاكتها أو إفرازها.

كما يشكل الغشاء الخلوي مرتكزاً ترتبط فيه بعض الهرمونات والمواد الكيميائية الناقلة بالإضافة إلى أنه موضع للمستقبلات Receptors التي تعمل على ارتباط الخلايا ببعضها البعض وكذلك إرتباط المواد بغشاء الخلية.

### تركيب الغشاء Membrane structure

نحن نعرف الآن بأن التركيب الأساسي للغشاء، يتكون من طبقتين من الدهون Lipid bilayer. ولكن معرفتنا بهذه جاءت عن سلسلة من الدراسات التي قام بها باحثين أجلاء واستمرت سنين عديدة.

في عام 1925 استطاع إثنين من اختصاصيو الكيمياء الحيوية الألمان Dutch Bio- chemists Gorder وجرنيل Grendel من استخلاص الليبيات الفوسفاتية phyospholipids من أغشية كريات الدم الحمر في الإنسان. وعند وضعها في الماء وجدوا الباحثان أن هذه الليبيات الفوسفاتية كانت طبقة واحدة Monolayer فوق الطبقة العليا للماء. وعند دراستها بشكل معمق ظهر أن مجموعات الرأس القطبية Polar head groups لبعض الليبيات تواجه الماء، بينما تواجه النهايات الهيدروكاربونية للأحاطر الدهنية Hydrocarbon تالي fatty acid ends بعضها البعض.

وعند قياس المساحة السطحية للبيدات وجد أنها ضعف *Twice* المساحة السطحية لاغشية كريات الدم الحمر التي استخلصت منها.

ومن هذه الدراسة استنتج الباحثان جوردر وجرنيل Gorder & Grendel أن الأغشية البيولوجية عبارة عن طبقتين Bilayers من الدهون الفوسفاتية، تكون فيها مجموعات الرأس القطبية (الروفوس) مواجهة للماء (اليفة للماء Hydrophilic) وإذا حدث أن وضعت البيدات الفوسفاتية Phospholipids في الماء وانتشرت فيه فإنها تكون طبقتين (أو تكون شعاعية مذيلة Hydrophobic Effect Micelles). وتكون القوة الدافعة لها هنا مماثلة بالتأثير الكاره للماء.

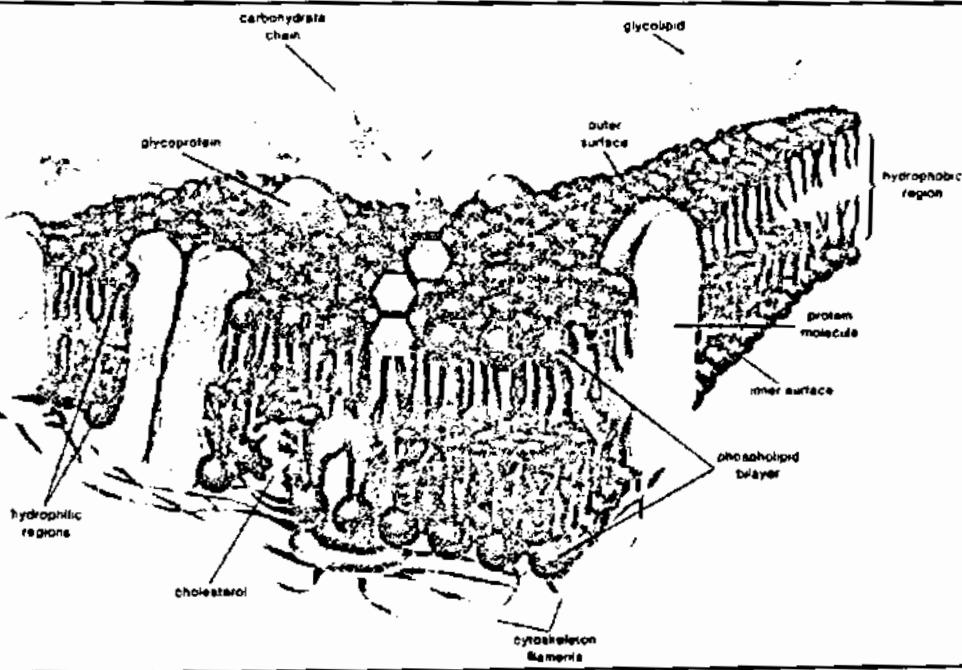
فلو أخذنا جزيئ الماء  $H_2O$  مثلاً نرى أنها قطبية Polar molecule تكون فيها ذرة الهيدروجين موجبة الشحنة والأكسجين سالبة الشحنة لذلك ويسبب هذه القطبية نرى أن الماء يكون عناقيد Clusters معلقة بواسطة الروابط الهيدروجينية Hydrogen-bonding التي تربط فيما بينها وتعرف هذه الروابط بالتأثير الكاره للماء.

لذلك يمكن اعتبار جزيئات البيدات الفوسفاتية Phospholipids على أنها ثنائية الألفة Amphipathic حيث أنها تتكون من :

- 1- مجموعات الرأس القطبية اليفة الماء Hydrophilic أو المحبة للماء Water loving.
  - 2- سلاسل النهايات الدهنية كارهة الماء Hydrophobic أو الخائفة من الماء Water fearing.
- أما في عام 1930 فقد استطاع الباحثان دانييلي Danielli ودافسون Davson من معرفة أن الغشاء يحتوي أيضاً على بروتينات.

وبحسب هذا الإعتقاد فقد ظهر نموذج جديد للغشاء يحتوي بالإهتسافة إلى النموذج السابق على جزيئات البروتينات وهي ملامسة فقط للإطراف الخارجية من الغشاء ومتصلة مع مجموعات الرأس القطبية.

وفي عام 1950 وبعد أن عرف أن هذه البروتينات لها أهمية في انتقال الجزيئات القطبية خلال الغشاء، قام دانييلي ودافسون بتعديل نموذجها بحيث جعلا البروتينات تغطي السطح وتترافق أحياناً لتأخذ طريقها خلال الغشاء لتكون المسامات Pores. أما في عام 1972 فقد وضع العالمان سنكر Singer ونكلسين Nicholson نموذجهما المقبول علمياً لحد الآن وهو النموذج الموارانكي السائل Fluid Mosaic Model (شكل رقم 112-1).



شكل رقم (112-1)

النموذج الموزانيكي السائل كما اقترحه سنكر وتكلسون للفضاء البلازمي

العامة لهذا الغشاء بأن البروتينات تكون كروية Globular حيث تكون مطمورة في الطبيعتين. لذلك فقد اعتقد العالم سنكر ونكلسون أن البروتينات تكون متحركة Mobile وتشبه على أنها تمثل الكتل التجوية التي تطفو على بحر دهن. كما يحتوي الغشاء على الكريوهيدرات والبروتينات المرتبطة به بالإضافة إلى الكوليسترون Cholesterol.

### الشكل العماري للفضاء البلازمي Architecture of plasma membrane

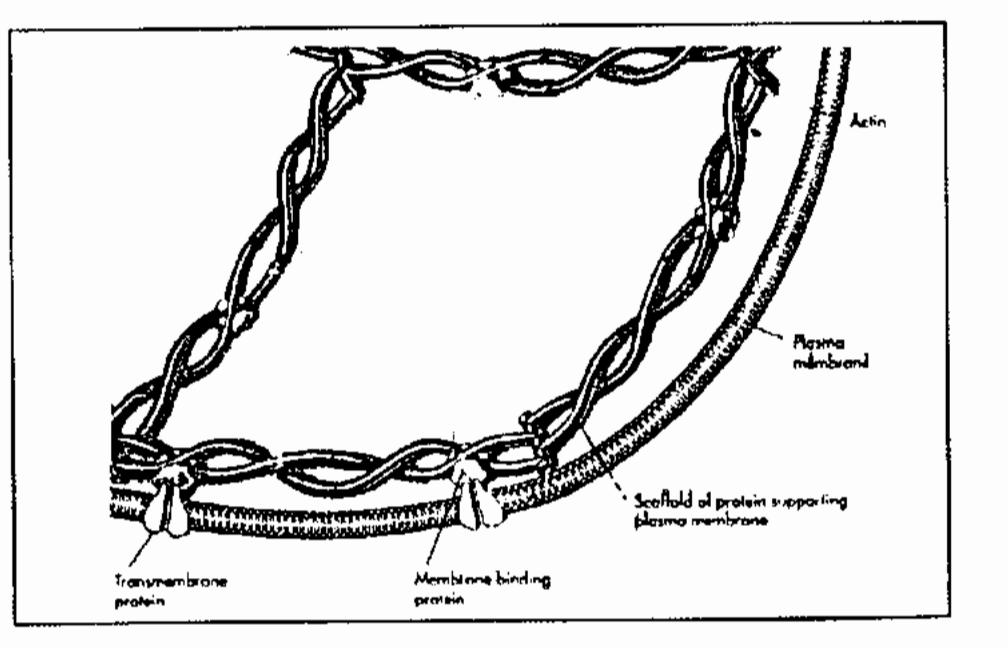
تحتوي الخلايا حقيقة النواة على عدة أنواع من الأغشية التي تتشابه جميعها في احتواها على طبقتين من الليبدات المفسفرة ولكنها تختلف بما تحتويه من الجزيئات المطمورة فيها.

ومع ذلك فإن جميع الأغشية تجتمع بكونها تحتوي على أربعة مكونات وهي:

1. طبقتين من الليبدات المفسفرة Phospholipid bilayer

2. بروتينات الغشاء المطموره والطاقيه ما بين الطبيعتين Membrane proteins

3. شبكة من الألياف الساندة (Supporting fibers) (شكل رقم 1-12ب)



شكل رقم (1-12ب)

الالياف والبروتينات الساندة للفشائط البلازمي

4. كاربوهيدرات دهنية خارجية Exterior glycolipids، والتي تشمل الكربوهيدرات والدهون المرتبطة بالغشاء.

لذلك يمكن وصف الغشاء البلازمي بكونه يحتوي على طبقتين من القيادات المفسفرة Peripherel or تعرّضها وتتّنطر فيها أحياناً بروتينات تعرف بالبروتينات المحيطة أو الخارجية extrinsic proteins تتصل أحياناً بسلسلة من الكاربوهيدرات مكونة بروتينات Glycoproteins كاربوهيدراتية.

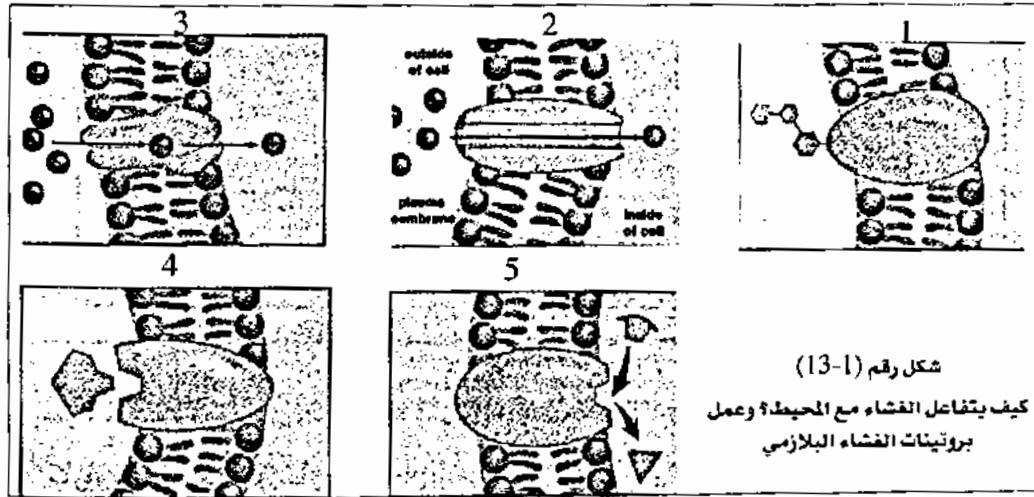
أما النوع الآخر من البروتينات فتخترق الغشاء وتعرف بالبروتينات المكملة أو الداخلية In-tegral or intrinsic proteins وتشكل حوالي 70% من بروتينات الغشاء. وتقترب أحياناً بالكاربوهيدرات لتكون بروتينات كاربوهيدراتية أو بالدهون لتكون بروتينات دهنية.



Lipoproteins. وتكون هذه البروتينات أما قنوات أو مستلمات أو علامات في الغشاء اللازمي. ويوجد بالإضافة إلى هذه المكونات مادة الكوليستيرول Cholesterol الذي يعمل على تقليل نفاذية الغشاء ومرomaticity. ويتمتع الغشاء اللازمي بنفاذية اختيارية Selective permeability حيث يسمح لبعض المواد بالمرور خلاله بينما يمنع مواد أخرى من المرور.

### كيف يتفاعل الغشاء مع المحيط؟

يتنظم الغشاء الخلوي مرور المواد خلاله ويتفاعل مع المحيط بطرق متعددة يمكن إجمالها بما يأتي (شكل رقم 1-13):



شكل رقم (1-13)

كيف يتتفاعل الغشاء مع المحيط؟ وعمل  
بروتينات الغشاء اللازمي

1. يكون الغشاء نافذاً Permeable للماء.
2. تمر المواد الكثوية Bulk إلى الخلية أما عن طريق البلع Engulf أو تزددر Gulp كسوائل.
3. يتمتع الغشاء بصفة النقل الاختياري Selective transport للجزيئات حيث يسمح بمرور بعضها ويمنع البعض الآخر.
4. يعمل الغشاء على استلام المعلومات Reception of information حيث يميز الرسائل الكيميائية Identify chemical messages.
5. يعبر الغشاء عن هوية الخلية Express cell identity حيث يحمل الجزيئات التي تعبر عن الإسم الذي يخبر الخلايا الأخرى بـ ماهية من يكون.

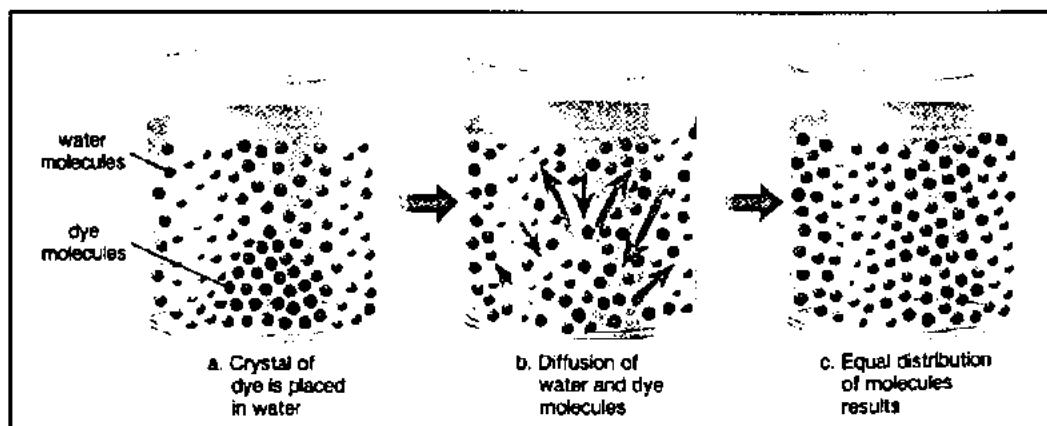
6. يتمتع الغشاء باتصالات فيزيائية Physical connections مع الخلايا الأخرى.

### مرور الماء عبر الغشاء Passage of Water

يمر الماء عبر غشاء الخلية بطريقتين:

#### 1. الانتشار Diffusion

وهي كلمة لاتينية الأصل Diffundere وتعني ينسكب إلى الخارج To pour out . وهي حركة جزيئية إلى منطقة التركيز الواطي، نتيجة الحركة المستمرة والتلقائية والعشوانية. يعمل الانتشار على توزيع الجزيئات بشكل منتظم (شكل رقم 14-1).



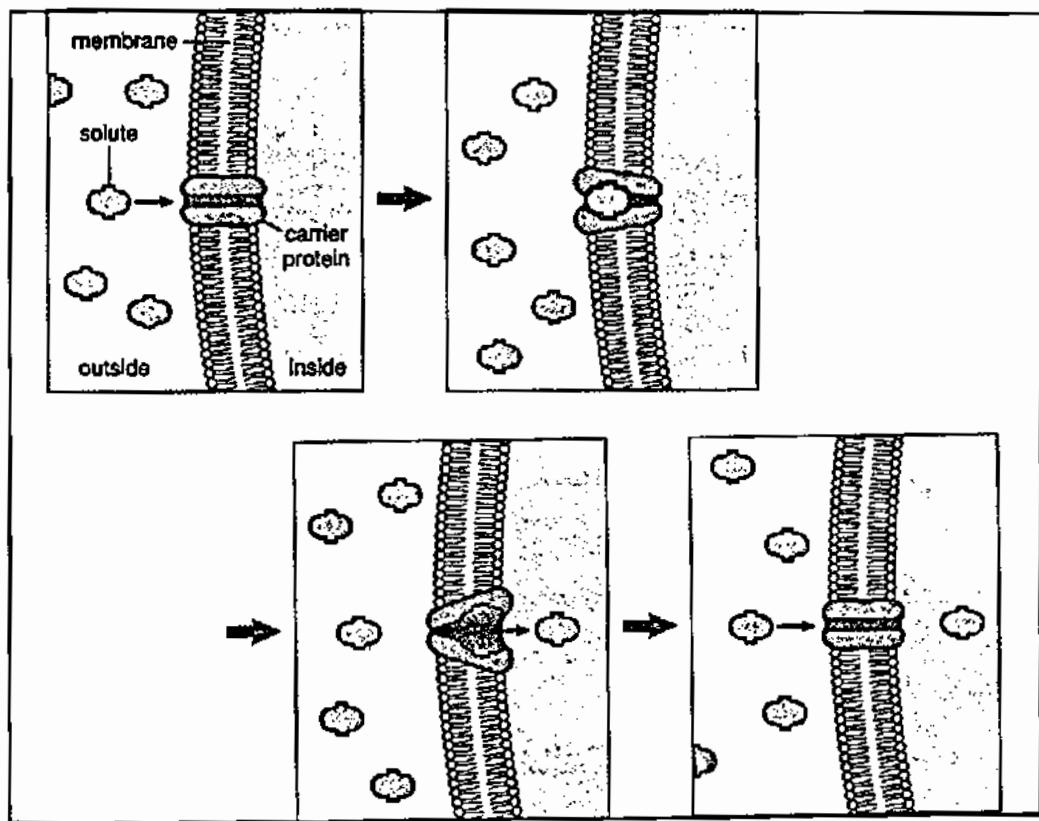
شكل رقم (14-1)

الانتشار Diffusion انتشار قطعة من السكر في الماء

ويسمى مزيج الجزيئات مع الماء بال محلول Solution بينما تسمى المواد التي تذوب في الماء بالمادة الذابة Solutes.

#### 2. التفافية Osmosis

وهي كلمة لاتينية الأصل Osmos وتعني العمل على الدفع Act of pushing . وهي إنتشار الماء الذي يسمح بالمرور الحر للماء ولكنه يمنع مرور نوع واحد أو أكثر من المواد الذابة Solutes.



شكل رقم (16-1)

الانتشار الميسر Facilitated diffusion نقل الجزيئات عبر الغشاء بواسطة حامل بروتيني Acarrier Protien

بـ. أنه سالب Negative

حيث إن إتجاه حركته الصافية Net movement يمكن أن تتحدد بالتركيز النسبي للمادة المراد نقلها إلى داخل أو خارج الغشاء .

### النقل الفعال Active transport

وهو انتقال المواد المذابة Solutes عبر الغشاء من المنطقة ذات التركيز العالي بواسطة صرف طاقة كيميائية Chemical energy. وتحتاج هذه العملية إلى إستعمال حامل بروتيني Protein carrier



ويستطيع النقل الفعال المحافظة على الجزيئات بتراكيز عالية داخل الخلية عما هو عليه خارجها بواسطة صرف طاقة بدخول جزيئات أكثر إلى الداخل عن تلك التي تخرج بواسطة الإنتشار مثل أيونات الصوديوم  $\text{Na}^+$ .

أو المحافظة على الجزيئات بتراكيز واطنة داخل الخلية عما هو عليه خارجها بواسطة صرف طاقة بإخراج الجزيئات بصورة فعالة مثل أيون البوتاسيوم  $\text{K}^+$ .

وبعد النقل الفعال واحد من أهم الأفعال الضرورية لأي خلية. فبواسطة النقل الفعال تستطيع الخلية تركيز بعض الجزيئات عند الحاجة. وبدون النقل الفعال لا تستطيع أجسامنا الحصول على الجلوكوز glucose (الذي يعد مصدر مهم للطاقة) من الدم.

وهنالك عدد من الجزيئات تستطيع الخلية الحصول عليها ضد فرق التركيز - Against concentration gradient مثل السكريات والأحماض الأمينية. وهناك أيضاً الأيونات مثل الصوديوم والبوتاسيوم التي لها دور محوري critical role في نقل السinalات العصبية nerve impulses. وهناك أيضاً النيوكليوتيدات nucleotides التي تستعملها الخلية في صنع حامض دنا DNA.

وجميع أنواع الجزيئات هذه تدخل الخلية وتخرج منها بإختلافات واسعة بواسطة أنواع عديدة من قنوات نقل إختيارية Selective transport channels. فبعض هذه القنوات تكون نافذة للسكر مثلا، بينما تكون الأخرى نافذة للأحماض الأمينية والأخرى لאיونات خاصة أو للنيوكليوتيدات.

وهنالك قناة رئيسية واحدة للنقل الفعال في الغشاء البلازمي التي تعمل على نقل أيونات الصوديوم والبوتاسيوم وتسمى مضخة الصوديوم - البوتاسيوم  $\text{Na}^+ - \text{K}^+$  Pump. وتعمل القنوات الأخرى على حصر نشاطاتها بهذه القناة.

أما القنوات المتميزة في الغشاء والتي تستعملها الخلية لتركيز الأيونات والمواد الأيضية فتسمى القناة المزدوجة Coupled channel.

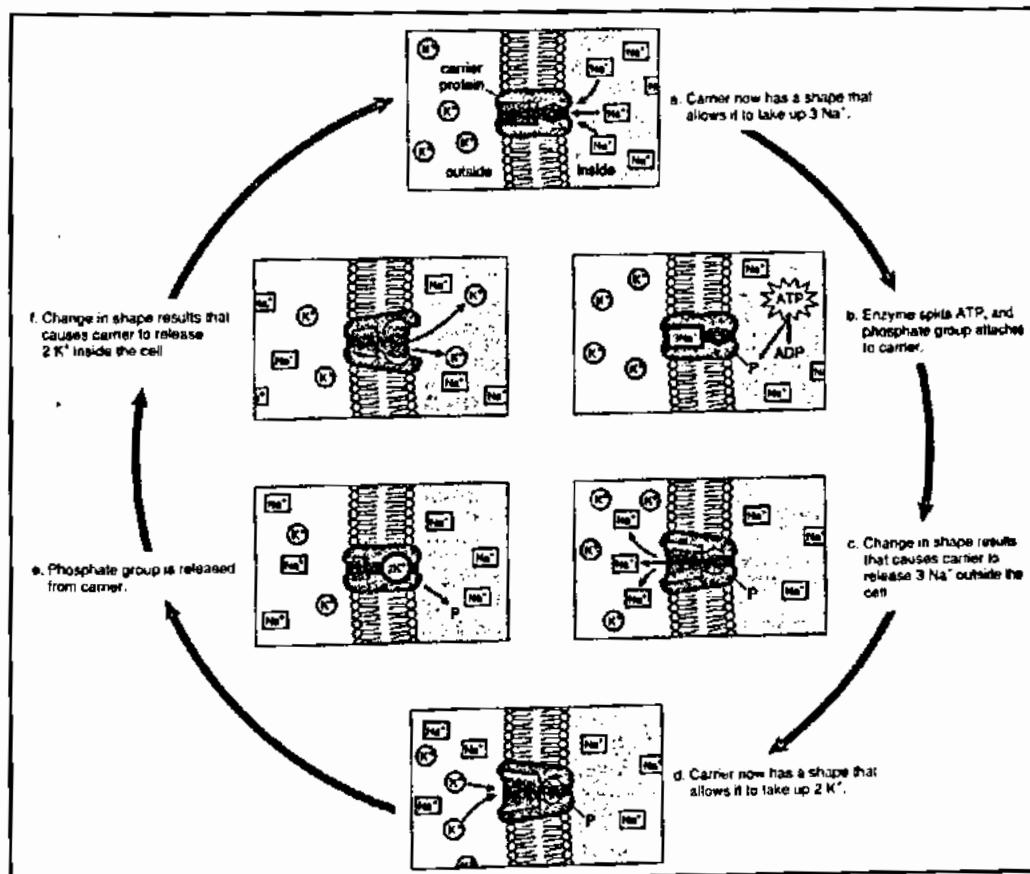
**مضخة الصوديوم - البوتاسيوم  $\text{Na}^+ - \text{K}^+$  Pump**

تشير الدراسات إلى أن أكثر من ثلث مجموع الطاقة تصرفها الخلية على نشاطات نقل



أيونات الصوديوم والبوتاسيوم خلال الغشاء اللازمي للخلية. وتسمى القناة Channel التي بواسطتها تنتقل هذه الأيونات بمضخة الصوديوم - البوتاسيوم وتحوي معظم الخلايا الحيوانية في داخلها على تركيز داخلي واطي، لأيون الصوديوم وتركيز داخلي عالي لأيون البوتاسيوم مقارنة بما هو عليه في المحيط الخارجي نسبياً.

ولغرض المحافظة على هذه التراكيز المختلفة تعمل الخلية على ضمّ أيون الصوديوم إلى خارج الخلية وأيون البوتاسيوم إلى داخل الخلية. ويتم هذا النقل بسرعة فانقة. ويتضمن مرور هذه الأيونات حدوث تغيرات في القناة التي يمر بها من خلال التغيير في شكل البروتين وبشكل سريع جداً (شكل رقم 17-1).



مضخة الصوديوم البوتاسيوم  $\text{Na}^+ - \text{K}^+$  Pump

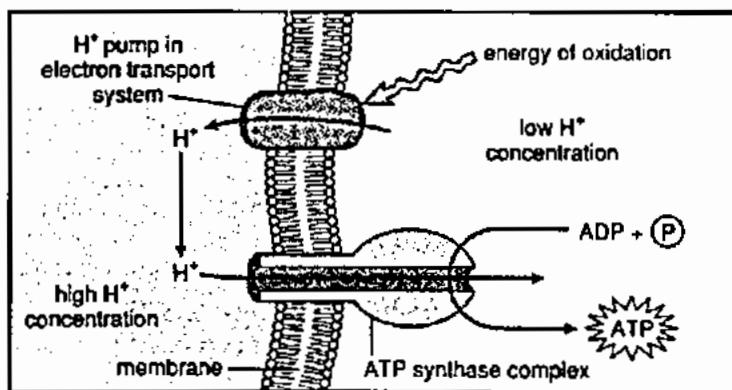
وتنتقل مضخة الصوديوم - البوتاسيوم الأيونات من المراكز واطنة التركيز إلى المراكز عالية التركيز. وهذا النقل هو عكس ما يحدث في الحالة الاعتيادية في حالة الإنتشار. لذلك فإنه يحتاج إلى حرق طاقة ثابتة يحصل عليها من جزيئه الأدينوسين ثلاثي الفوسفات ATP.

وتحتوي بعض الأغشية على عدد كبير من قنوات نقل الصوديوم-بوتاسيوم بينما لا تحتوي أغشية أخرى إلا على عدد قليل من هذه القنوات. وتستطيع كل قناة نقل حوالي 300 أيون صوديوم في الثانية الواحدة.

### مضخة البروتونات Proton Pump

ويقصد بالبروتونات هنا أيون الهيدروجين  $H^+$ . وتعتبر مضخة البروتونات القناة الثانية في

الأهمية بعد مضخة الصوديوم - البوتاسيوم في حياة الخلية. وفي هذه المضخة تنتقل البروتونات أيضاً ضد فرق التركيز كما أنها تحتاج إلى صرف طاقة (شكل رقم 18-1).



شكل رقم (18-1) مضخة البروتونات

### القناة المزدوجة Acoupled channel

كما علمنا فإن مضخة الصوديوم - البوتاسيوم تحافظ على تركيز أيونات الصوديوم بتركيز عالي خارج الخلية عما هو عليه في الداخل. لذا فهناك ميل قوي لايون الصوديوم للانتشار رجوعاً خلال القناة المزدوجة. ويحتاج رجوع الصوديوم بصورة مستمرة نقل جزيئات مقابلة من السكر sugar.

### مرور المواد الكتالyticية عبر الغشاء Endocytosis

يستطيع الغشاء الخلوي التكيف لغرض إبتلاع الجزيئات الغذائية. لذلك تعمل حافة الغشاء على الإلتقاء بجزيئات الغذاء. ولأن من خاصية الغشاء أنه يحمل صفة الطبيعة السائلية في



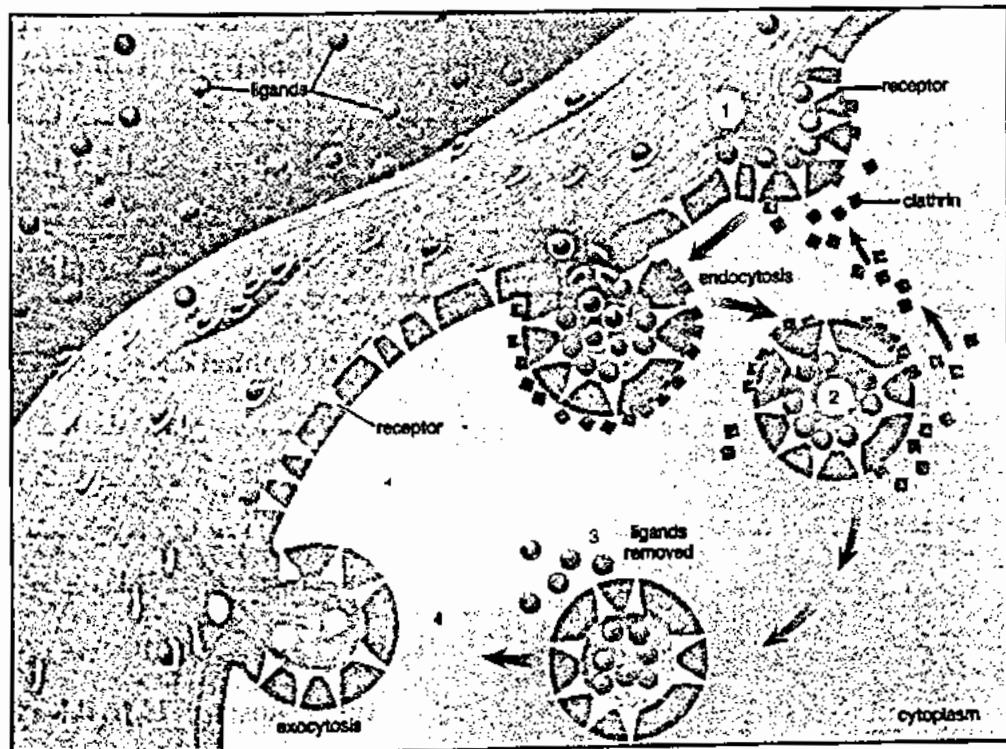
طبقاته الدهنية. لذلك فإن الغشاء يندمج مع بعضه مكوناً غرفة مغلقة حول مكونات الغذاء تسمى الحويصلة Vesicle. وتعرف هذه العملية بالإدخال الخلوي Endocytosis.

والإدخال الخلوي مقطع لاتيني الأصل يتكون من endon ويعني داخل cytos وتعني خلية cell. ويتضمن الإدخال الخلوي التعامل مع المواد المحيطة وإدخال بعضها إلى سايتوبلازم الخلية باقتناصها في غرفة مغلقة داخل حويصلة.

ويشمل الإدخال الخلوي ما يأتي:

### 1. الإلتهام الخلوي Phagocytosis

وفيه تكون المادة التي تلتهم من قبل الخلية صلبة كأن تكون كائن أو أجزاء منه أو جزيئات غذائية وغيرها. والإلتهام الخلوي مقطع لاتيني الأصل يتكون من phagoin ويعني يأكل to eat وتعني الخلية cell (شكل رقم 19-1).



شكل رقم (19-1) الإدخال والخروج الخلوي

## 2. الشرب الخلوي Pinocytosis

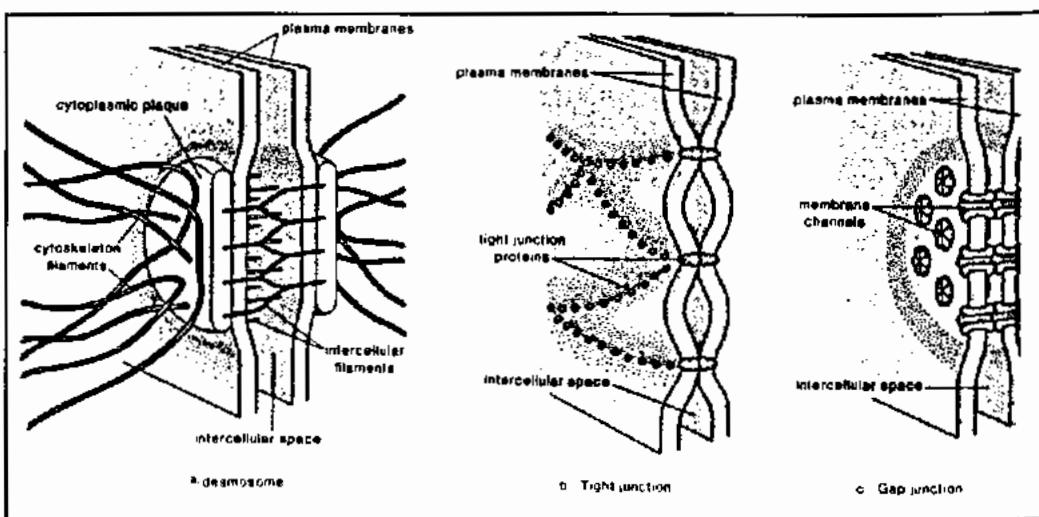
وفيه تكون المادة التي تلتهم من قبل الخلية سائلة وتحتوي على مواد ذاتية، والشرب الخلوي مقطع لاتيني الأصل يتكون من pinein ويعني يشرب cytos وتعني خلية cell . والشرب الخلوي شائع في خلايا الحيوانات متعددة الخلايا. فمثلاً نلاحظ أن إفراز البويضة البشرية من مبيض المرأة يتضمن إحاطتها بمادة غذائية تعمل على إحتضانها حتى تصل إلى مرحلة البلوغ عن طريق تزويدها بالغذاء بواسطة الشرب الخلوي (شكل رقم 1-19).

## الإخراج الخلوي Exocytosis

وهو عكس الإدخال الخلوي، وفيه تكون حويصلة تضم المواد الخارجية مثلاً داخل الخلية ثم تقترب من الغشاء لتندمج معه أبعاج يعرف بالحويصلة مفتوحة إلى الخارج حيث تلفظ المواد الخارجية من سطح الخلية (شكل رقم 1 - 19 -).

## أنواع الالتحامات ما بين الخلايا Types of intercellular connections

هناك ثلاثة أنواع من الالتحامات ما بين الخلايا وهي (شكل رقم 1-20):



شكل رقم (1-20) بعض أنواع الاتصالات الالتحامية ما بين الخلوية

a- الجسم الرابط b- الالتحام المحكم c- الالتحام الفجوي



## 1. وصلات الالتصاق Adhering junctions

وتسمى الجسم الرابط Desmosome أو نقطة الالتصاق Nocula adherens. وتعمل على ربط الخلايا مع بعضها البعض وكأنها ملتحمة بوصلة بروتينية. ويكون السايتوبلازم الواقع تحت الغشاءين في المنطقة ذو ليفات دقيقة عمودية تسمى خيوط التوتر Tonofilalments وتعمل على إسناد الخلية.

## 2. وصلات التنظيم Organizing junctions

وتعمل على ربط أجزاء الإتصال وتسمى الالتحام المحكم Tight junction أو نطيفة الالتحام المحكم Zonula occludens وهي عبارة عن حزام من البروتين يحيط بالخلية و يجعلها ملتحمة في عدة نقاط حيث تندم الفسحات بين الخلويات، وتعمل على شكل غطاء يمنع أي بروتين غشائي من الطوفان في الطبقة الدهنية للغشاء أو العبور من جهة إلى أخرى.

## 3. وصلة التوصيل Communicating junctions

وتسمى الالتحام الفجوي Gap junctions وتعمل على مرور جزيئات صغيرة من خلية حيوانه إلى أخرى. ويكون طريق المرور هذا من السعة بحيث يسمح مرور جزيئات صغيرة مثل السكر والأحماض الأمينية من خلية إلى أخرى. ولكنه من الصغر بحيث يمنع مرور الجزيئات الكبيرة مثل البروتينات.

وفي النباتات يتصل الغشاء البلازمي للخليتين المجاورتين خلال أزواج من الثقوب Pairs of holes في الجدار. وهذا الإتصال السايتوبلازمي الذي يمتد عبر الثقوب يسمى Plasmodesmata.

# **2**

**الفصل الثاني**

## **الاعصاب والجهاز العصبي**

**١- فسيولوجيا الاعصاب**

**Nerve Physiology**



## فسيولوجيا الأعصاب

### Nerve Physiology

- ١ تشكل الأعصاب والعضلات والهيكل العظمي الجهاز الحركي للإنسان والحيوان.
- ٢ تقع العضلات الهيكيلية **Skeletal muscle** تحت التأثير العصبي ولا تتقلص بدون الأعصاب.
- ٣ أما العضلات الملساء **Smooth muscle** فإنها ذاتية التقلص ومع ذلك فإن التأثير ضروري لتحوير مقدار التقلص حسب الحاجة.
- ٤ ويتألف العصب **Nerve** الواحد من:
  - ١ حزمة من الألياف العصبية **Nerve Fibers** تعد بالآلاف.
  - ٢ كل ليف عصبي هو محور **Axon** لخلية عصبية **Neuron** يقع جسم الخلية **cell body** داخل الجهاز العصبي المركزي **CNS** أو في إحدى العقد العصبية **(Ganglia)**.
  - ٣ اجتماع الأجسام مع بعضها البعض يكون المادة السنجدافية **Gray matter**.
  - ٤ تؤدي الألياف العصبية عملها في السيطرة على العضلات والغدد بواسطة الإيماءات أو السيالات العصبية **Nerve impulses**.
  - ٥ والإيماع أو السيالة العصبية موجة من التغيرات الكهربائية والفيزيائية والكميائية تسير بمحاذات غشاء الليف العصبي.
  - ٦ يمكن قياس التغيرات الكهربائية التي ترافق الإيماع العصبي بواسطة أجهزة الكترونية دقيقة مثل : المخطط النبضي **Oscilloscope** على الرغم من ضئالها.
  - ٧ أما التغيرات الفيزيائية التي تشمل تبدل نضوجية غشاء الليف العصبي والتغيرات الكيميائية التي تحرر الطاقة وإنبعاث الحرارة فإن قياسها صعباً إلى درجة ما.
  - ٨ **تولد الإيماع العصبي Production of Nerve impulses**
  - ٩ يتولد الإيماع العصبي نتيجة تغير درجة إستقطاب **Polarization** غشاء الليف العصبي أي



تغير فرق الجهد الكهربائي Electrical potential على جنبي الغشاء.

١ يحمل الغشاء البلازمي لجميع الخلايا الحية (بما فيها الخلايا العصبية) فرقاً في الجهد الكهربائي على جنبيه يسمى **جهد الراحة Resting Potential**.

٢ يتراوح مقدار فرق الجهد الكهربائي ما بين ٢٠-١٠٠ ملي فولت حيث أن السطح الداخلي للغشاء يعد سالب بالنسبة للسطح الخارجي الموجب.

#### **العوامل التي تؤدي إلى تكون جهد الراحة:**

١- الاختلاف في درجة نضوجية غشاء الخلية الحية لبعض الأيونات المهمة فهو شديد النضوجية لأيونات البوتاسيوم ( $K^+$ ) وقليل النضوجية لأيونات الصوديوم  $Na^+$  والكلور  $Cl^-$ .

٢- اختلاف تركيز أيونات البوتاسيوم في داخل الخلية وخارجها حيث أن تركيزها في الداخل أكثر من تركيزها في الخارج بحوالي عشرة أضعاف.

٣- وجود أيونات سالبة عضوية داخل الخلية ذات حجم كبير لا تستطيع المرور خلال غشاء الخلية مثل البروتينات المتأينة والأحماض العضوية وغيرها. تحت تأثير هذه العوامل تخرج كميات قليلة من أيونات البوتاسيوم من الخلية وتتراكم على السطح الخارجي للغشاء باستمرار بذلك تجعل الشحنة الكهربائية لهذا السطح موجبة بينما يصبح السطح الداخلي ذو شحنة سالبة.

٤ يسمى الحد الأدنى لقوة الحافز الضروري لإحداث إبعاز عصبي يسري في الليف بجهد العتبة Threshold potential.

٥ عند تحفيز الليف العصبي تتغير نضوجية غشائه لأسباب غير معروفة فيصبح شديد النضوجية لأيونات الصوديوم وقليل النضوجية لأيونات البوتاسيوم نتيجة ذلك:-

٦ تدخل أيونات الصوديوم الموجودة بتركيز أعلى من خارج الليف العصبي إلى داخله وهذا يؤدي إلى انخفاض فرق الجهد الكهربائي على جنبي الغشاء وتسمى هذه العملية زوال الاستقطاب Depolarization.



- ١ تستمر عملية زوال الاستقطاب إلى أن يتساوى الجهد الكهربائي على جانبي الغشاء ويصبح فرق الجهد صفرًا ولا تتوقف العملية عند هذا الحد بل تستمر حتى يصبح السطح الخارجي سالباً بالنسبة للسطح الداخلي الذي يصبح موجباً، أي ينقلب فرق الجهد الكهربائي.
- ٢ تدعى عملية إنقلاب فرق الجهد على جانبي غشاء الليف العصبي بجهد الفعل Action potential.
- ٣ لا يقتصر هذا التبدل على منطقة التحفيز وإنما يسري جهد الفعل من نقطة إلى أخرى من غشاء الليف العصبي كما تسرى النار في خيط مشبع بالبارود ويسمى هذا السريان في جهد الفعل بالإياعز العصبي Nerve impulse.
- ٤ الذي يتولد جهد الفعل ويسري في الليف العصبي يجب أن ينخفض جهد الراحة في منطقة التحفيز بمقدار الثلث على الأقل.
- ٥ إذا كان مقدار زوال الاستقطاب أقل من ذلك فإن التبدل الكهربائي يكون موضعياً ويضمر بسرعة في مكانه من غير أن يتحول إلى جهد الفعل الساري بمحاذات الغشاء.
- ٦ تسمى أقصى قدر تقلصية يمكن عملها لإحداث إياعز عصبي يسري في الليف بجهد النتوء Spike potential.
- ٧ إن التغير في نضوجية غشاء الليف العصبي الذي يسبق الإياعز العصبي لا يتجاوز في منطقة من الغشاء أكثر من بضع أجزاء من الثانية بعدها يعود الغشاء إلى خواصه النضوجية السابقة أي يصبح:-
- أ- أكثر نضوجية لأيونات البوتاسيوم.
  - ب- أقل نضوجية لأيونات الصوديوم
- ٨ تؤدي النضوجية العالية لأيونات البوتاسيوم إلى خروج كميات منها وتراكمها على السطح الخارجي لغشاء الليف فيصبح موجباً بينما يعود السطح الداخلي من جديد سالباً وتدعى هذه العملية عودة الاستقطاب Repolarization.
- ٩ من جراء عملية زوال الاستقطاب وعودته يفقد الليف العصبي كمية ضئيلة من أيونات



البوتاسيوم ويكتسب كمية مساوية من أيونات الصوديوم كلما مر إيعاز خلال الليف العصبي.

١. باستعمال البوتاسيوم المشع  $K^{42}$  والصوديوم المشع  $Na^{24}$  وجد أن الليف العصبي يفقد كمية من البوتاسيوم ويكتسب كمية من الصوديوم لا تتجاوز  $1/100.000$  من التركيز الكلي للأيونين عند مرور إيعاز عصبي واحد.

الذلك فإن الليف يستطيع القيام بنقل آلاف الإياعزات العصبية قبل أن يصاب بالإعياط بسبب اختلال توزيع الأيونين.

إضافة إلى ذلك فإن غشاء الليف يعمل على طرد أيونات الصوديوم التي دخلت، وإرجاع أيونات البوتاسيوم بعملية النقل الفعال Active transport التي تحتاج إلى كمية من الطاقة لانتقالها بعكس إتجاه فرق التركيز في حالة البوتاسيوم ضد فرق الجهد الكهربائي في حالة الصوديوم.

يمكن قياس وتسجيل التغيرات الكهربائية المرافقة لإيعاز العصبي بواسطة جهاز المخطط الذبذبي Oscilloscope كما ذكرنا. وكذلك يمكن حساب جهد الراحة وجهد الفعل بواسطة المعادلات (معادلات نيرنست Nernst Equation).

#### خواص الإياعز العصبي :

١- يتبع قانون الكل أو اللاثيء All-or-none law في تولده.

أ عند تحفيز الليف العصبي إما أن يتولد إيعاز عصبي أو لا يتولد مطلقاً.

أ الحد الأدنى لقوة الحافز الضروري لإحداث إعياز عصبي يسري في الليف يسمى بالعتبة Thersholt.

أ عندما يكون الحافز دون العتبة لا يتولد إيعاز عصبي أما عندما يكون الحافز فوق العتبة فيتولد إيعاز عصبي.

أ لا يعتمد الإياعز العصبي على قوة الحافز إطلاقاً بل على عوامل أخرى مثل الفرق في تركيز أيونات البوتاسيوم والصوديوم بين داخل وخارج الليف.



- ١ يمكن تشبيه هذه العملية بسريان النار في خيط مشبع بالبارود.
- ٢ فعند تقريب لهب من إحدى نهايتي الخيط وكانت حرارة اللهب غير كافية لإشعال البارود فإن النار لا تسري في البارود مطلقاً.
- ٣ أما إذا كان اللهب كافياً لإشتعال البارود فإن النار تشتعل في بداية الخيط أولاً ثم تسري في الخيط بسرعة معينة.
- ٤ من الواضح هنا بأن قوة إشتعال البارود لا تعتمد على قوة اللهب وإنما تعتمد على سرعة خيط البارود.

## ٢- السرعة:

- ١ تتراوح سرعة سريان الإياعز العصبي في الليف ما بين بضع سنتيمترات في الثانية إلى 100 متر أو أكثر / الثانية (يسير الحافز العصبي بسرعة 33 متراً/ الثانية).
- ٢ هذه السرعة أقل بكثير من سريان التيار الكهربائي في الموصلات المعدنية التي تبلغ 300000 كم/ الثانية (تساوي سرعة الضوء). يدل هذا على أن الإياعز العصبي وإن كان مصحوباً بتغير كهربائي فإنه ليس تيار كهربائي عادي. وتعتمد سرعة سريان الإياعز العصبي على عدة عوامل :
- أ- نوع الحيوان، حيث تكون:-
- ٣ سرعته في الحيوانات ذات الحرارة الثابتة أعلى بكثير من سرعته في الحيوانات ذات الحرارة المتغيرة.
- ٤ سرعته في الفقاريات أعلى من اللافقاريات.
- ٥ سرعته في الحيوانات النشيطة أعلى من سرعته في الحيوانات الخامدة.
- ب- قطر الليف العصبي:
- ٦ تتناسب سرعة الإياعز العصبي طردياً مع قطر الليف العصبي (الألياف العصبية السميكة أسرع أيضاً للإياعز العصبي من الألياف العصبية الرفيعة).
- ج- الغلاف الدهني:-



سرعته في الألياف المغلفة (النخاعيني) Myelinated fibers أعلى من سرعته في الألياف (غير النخاعيني) Nonmyelinated fiber.

### 3- إتجاه سير الإياع العصبي:

في الحالة الطبيعية في الجسم يسير الإياع العصبي في الألياف العصبية باتجاه واحد فقط. حيث يسير في الألياف الحسية Sensory باتجاه الجهاز العصبي المركزي.

اما في الألياف الحركية Motor في sisir بعيداً عن الجهاز العصبي المركزي نحو المنفذات .Effectors

ويعود السبب في ذلك إلى وجود وصلات عصبية أو تشابك عصبي Synapses بين الخلايا العصبية لا تستطيع نقل الإياع الا باتجاه واحد وهو من تفرعات الخلية العصبية إلى جسم الخلية ثم المحور فالتفروعات النهائية للمحور وبعدها لتفروعات خلية عصبية ثانية وهكذا.

وفي الحالات غير الطبيعية (عند تحفيز ليف عصبي مقطوع مثلاً) يسير الإياع باتجاهين متعاكسين بنفس السرعة والقوة.

## التآزر العصبي Nervous coordination

تم عمليات التوصيل أو التآزر العصبي بفعل الجهاز العصبي الذي تكون الخلايا العصبية وحداته الأساسية. وتكون الخلية العصبية neuron من جسم الخلية أو السيتون cyton، والزواائد الشجيرية dendrites والمحور axon، الذي ينتهي في عدد من التفرعات الانتهائية terminal arborizations. وتنقل الزواائد الشجيرية السيارات العصبية nerve impulses في إتجاه جسم الخلية العصبية، ويحملها المحور من جسم الخلية إلى الخارج، وتميز محاور الألياف العصبية إلى نوعين تبعاً لإتجاه مرور السيارات العصبية فيها وهي:

محاور (أو ألياف) واردة afferent axons or fibers تنقل السيارات العصبية من أعضاء الحس أو المستقبلات إلى الجهاز العصبي المركزي، ومحاور (أو ألياف) صادرة efferent axons or fibers تنتقل السيارات العصبية من الجهاز العصبي المركزي إلى مختلف أعضاء



وأنسجة الجسم لتحفظها على أداء ردود فعل مناسبة لها.

### انتقال السيالات العصبية Transmission of nerve impulses

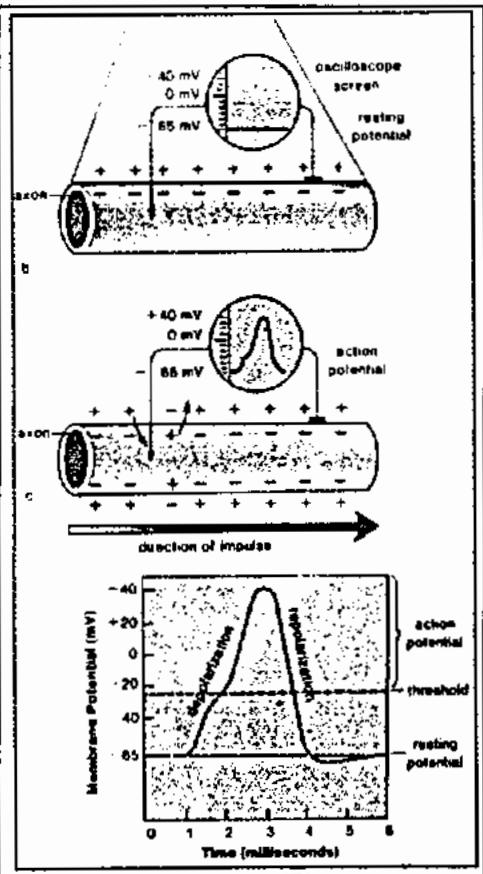
تضمن عملية إنتقال أي سائل عصبي بصفة عامة مجموعة من التغيرات الكهروكيميائية التي تمر بالتتابع خلال الليفة العصبية. وهناك وسائلان لإنتقال السيالات العصبية خلال الجهاز العصبي ككل: 1) الإنتقال خلال الألياف العصبية بـ) الانتقال عبر مناطق التشابك العصبي بين الخلايا العصبية المجاورة.

#### 1) الإنتقال خلال الألياف العصبية Transmission along nerve fibers

هناك عدة نظريات لتفسير عملية إنتقال السيالات العصبية على طول الألياف العصبية، وأكثر هذه النظريات قبولاً لدى العلماء هي نظرية الغشاء membrane theory التي تزعم بأن السيال العصبي تنتقل على هيئة موجة من موجات إزالة الاستقطاب تمر خلال الغشاء الخارجي المغلف للليف العصبية. ففي حالة السكون، أو أثناء الراحة، يكون الليف العصبي موجب الشحنة الكهربائية على سطحه الخارجي وسلبة الشحنة على سطحه الداخلي وهذه الشحنات الكهربائية تحملها أيونات الصوديوم والبوتاسيوم والكلورين التي تتجمع على الغشاء، ويقال عن غشاء الليفة في حالة السكون هذه، أنه مستقطب كهربائياً electrically polarized. ويعزى وجود هذا الاستقطاب إلى خاصية النفاذية الإختيارية التي تتمتع بها أغشية الألياف العصبية. فائناء الراحة يعمل الغشاء إختيارياً على منع مرور تلك الأيونات الموجية والسلبية من خلاله لتعادل بعضها البعض، ومن ثم يحدث فيه هذا الاستقطاب.

وعندما يحدث تنبيه أو إثارة لليف العصبية في آية بقعة منها، فإن الغشاء يفقد قدرته على النفاذية الإختيارية في هذه البقعة. أي يصبح متقدداً للأيونات الموجبة والسلبية عندها، فتمر من خلاله وتعادل بعضها البعض، وبهذا يزول استقطاب الغشاء عند هذه البقعة، أو يصبح الغشاء مستقطب depolarized (شكل رقم 1-2).

وتقفز الأيونات الموجدة على بقعة مجاورة من الغشاء لم يتم تنشيطها بعد، من خلال البقعة غير المستقطبة السابقة، لتعادل بعضها البعض، وبذلك تصبح البقعة الجديدة المجاورة للأولى غير مستقطبة. ثم تقفز أيونات جديدة من بقعة ثالثة مجاورة من خلال البقعة الثانية



شكل رقم (2 - 1)

انتقال السيالات العصبية تشابك عصبي Synapse، فإنها تولد سياله عصبيه في هذه تشارک عصبی الخلية العصبية الأخيرة.

#### ب) الانتقال خلال التشاربات العصبية Transmission across synapses

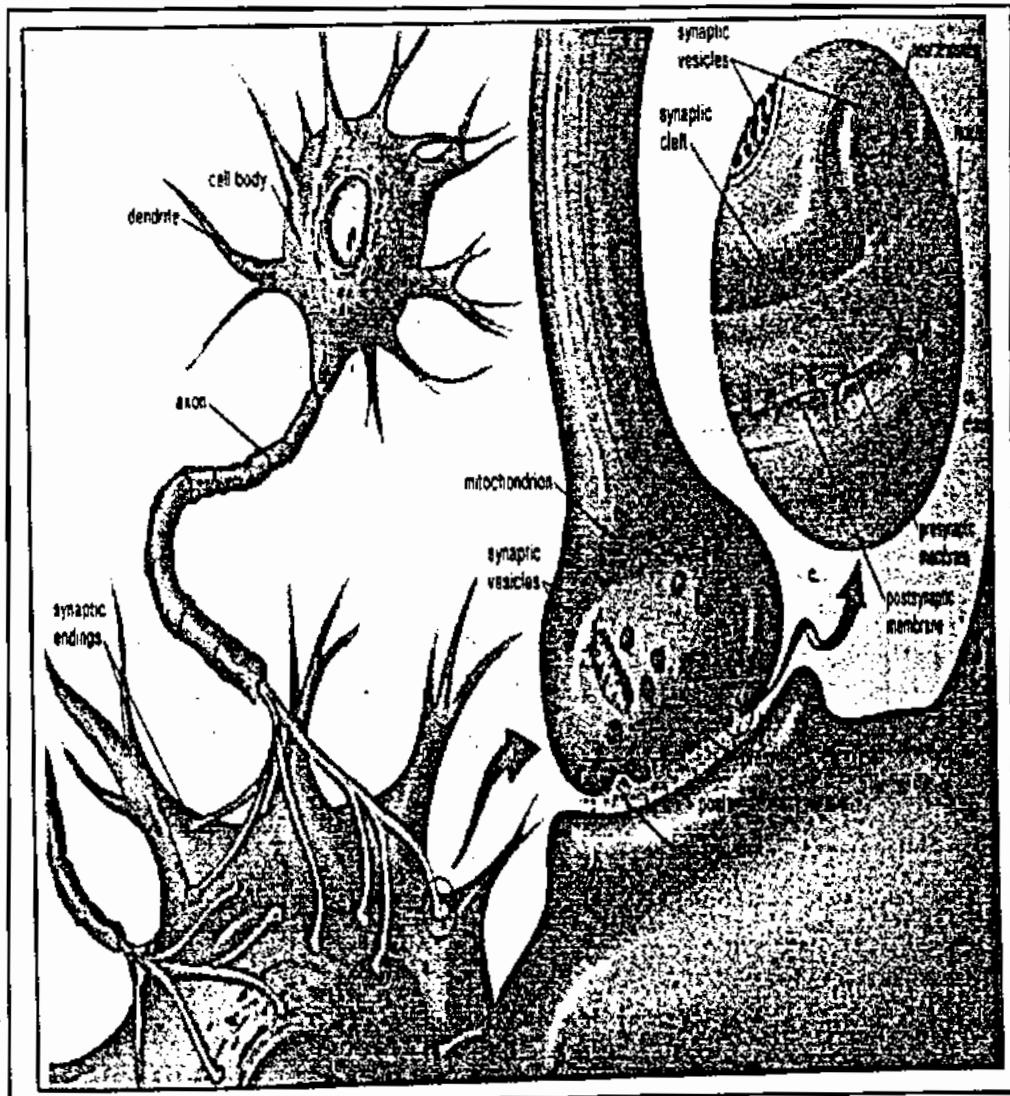
يعرف التشارب العصبي synapse، من الناحية التشريحية أنه المكان الذي تقع فيه التفرعات الإنتهائية لحور خلية عصبية (تقع قبل التشارب العصبي) قريبة جداً من الزوائد الشجرية لخلية عصبية مجاورة (تقع بعد التشارب العصبي). أما من الناحية الفسيولوجية، فيعرف التشارب العصبي بأنه إرتباط وظيفي بين خلتين عصبيتين يتم عن طريق ملامسة أو synaptic knop or cleft شق تشاركي شبه ملامسة لاغشيتها المجاورة. وتكون كعبرة أو شق تشاركي

وهكذا تستمر العملية على طول الليفة العصبية باكملاها. وبعد أن تجتاز السياله العصبيه بقعة معينة يستعيد غشاء الليفة العصبية قدرته على النفاذية الإختيارية والإستقطاب عند هذه البقعة مرة أخرى. وذلك يفسر لنا المقصود بإنتقال السياله العصبيه على هيئة موجة من زوال الإستقطاب في غشاء الليفة العصبية. وتعتبر جميع السيالات العصبية متشابهة في طبيعتها، ولا تختلف عن بعضها البعض إلا فيما تحدثه من تغيرات تبعاً للمواضع أو الأعضاء التي تتصل بها أو تنتهي فيها، فإذا كانت الليفة العصبية تنتهي في عضلة من العضلات حدث إنقباض في تلك العضلة. وإذا كانت تنتهي في منطقة معينة من القشرة المخية نتج فيها الإبصار. أو إذا انتهت في منطقة أخرى من القشرة المخية نتج عنها السمع، أما إذا كانت الليفة العصبية تنتهي ملامسة للزوائد الشجرية لخلية عصبية أخرى في منطقة

الخلية العصبية الأخيرة.



بين الغشاء قبل التشابكي والغشاء بعد التشابكي تمر عبرها السينالات العصبية (شكل رقم 2-2).



شكل رقم (2 - 2)  
الانتقال السينالي العصبي عبر الشق التشابكي



وفي حالات قليلة يكون إنتقال السيال العصبية عبر التشابك العصبي إنتقالاً كهربائياً، ولكن في معظم الحيوانات الفقارية والانسان. يتم هذا الإنتقال بمساعدة مادة كيميائية لها قابلية على الانتشار. وقد تأكّدت هذه الحقيقة مؤخراً أثناً، فحص مناطق التشابك العصبي بمساعدة المجهر الإلكتروني. حيث تبيّن أن الشق التشابكي يحتوي على عدد كبير من الحويصلات الدقيقة، عرفت بـ *الحو يصلات التشابك* synaptic vesicles، يبدو أنها تحتوي على الناقل الكيميائي الذي يفرز منها عندما تصل السيال العصبي إلى موضع شق التشابك. عندئذ تنتشر هذه المادة الكيميائية إلى نهايات الزوائد الشجرية للخلية العصبية المجاورة لتنشىء فيها سيال عصبي جديد. وهكذا تنتقل السيال العصبي عبر تشابك عصبي في إتجاه واحد فقط من محور أو ليفة خلية عصبية إلى الزوائد الشجرية لخلية عصبية مجاورة لها. ولذلك يمكن تشبّيه التشابك العصبي بصمام يعمل في إتجاه واحد فقط. أما في داخل الخلية العصبية الواحدة فإنه يمكن للسيالات العصبية أن تنتقل في كلا الإتجاهين.

وتعرف مادتان من المواد الناقلة أو الهرمونات الموضوعية التي تلعب دوراً في عملية إنتقال السيالات العصبية عبر التشابكات العصبية هما:

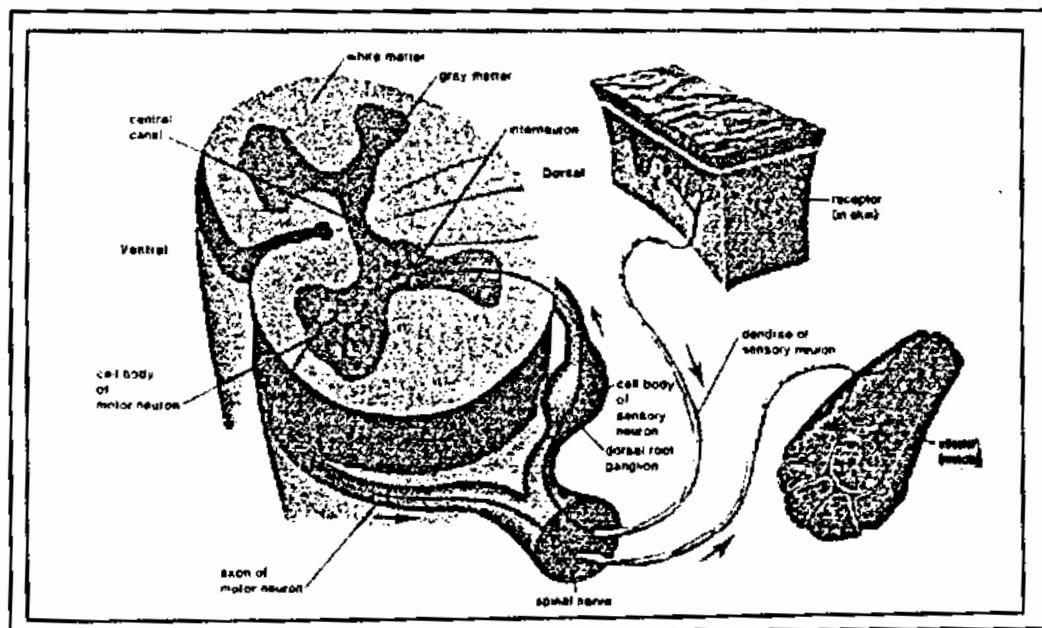
أ) **السمباتيين Sympathin**: وهي مادة تشبه نور أدريريتالين في تركيبها الكيميائي وتتأثّرها الفسيولوجي، وتفرزها نهايات محاور الألياف الواقعة بعد العقد العصبية في الجهاز الذاتي أو السمباتاوي، ويمكن أن تتفّل بواسطه أي عملية أكسدة.

ب) **الاستيل كولين Acetylcholine**: وهذه تفرزها الألياف الواقعة في الجهاز العصبي السمباتاوي (الودي ونظير الودي). وربما أيضاً الألياف العصبية للجهاز العصبي المركزي. وتواجد إنزيم كولين إستيريز choline esterase عند التشابك العصبي يعمل على تحـلـل مـادـةـ الاستـيلـ كـولـينـ إـلـىـ حـامـضـ خـلـيكـ وـكـولـينـ،ـ لـوقـفـ عـمـلـ هـذـهـ مـادـةـ أوـ إـتـلـافـ هـذـاـ النـاـقـلـ كـيـمـيـاـيـيـ عـنـ الـحـاجـةـ.

**القوس الانعكاسي Reflex arc**:  
يعرف الفعل العصبي الانعكاسي بأنه يحدث إستجابة مؤثر معين يؤدي إلى مرور سيال عصبية من العضو الحسي إلى الجهاز العصبي المركزي، ومنه ينعكس مرة أخرى ليصل عضو منفذ فيستجيب لهذا المؤثر.



وأبسط أشكال الأفعال العصبية التي لا تخضع للإرادة هي الناجمة عن الأقواس الإنعكاسية، كالانفعال الناجم عن سطوع ضوء باهت أمام العين بصورة مفاجئة، ويتمثل في إستجابة بؤبؤ العين وإنقباضه بصورة لا إرادية، ومثل ما يحدث عند الضرب على الحبل الورقي للعضلة الفخذية (أسفل الركبة) إذ تنقبض هذه العضلة لا إرادياً فتقفز الرجل إلى أعلى.



شكل (3-2)  
الأقواس الإنعكاسية

ويتكون القوس الإنعكاسي الجسمي من العناصر التالية (شكل رقم 2-3):

1- مستلم أو مستقبل **Receptor**

عادة ما يكون خلية حسية تقوم بإستقبال المؤثر stimulus.

2- خلية عصبية حسية أو واردة **sensory or afferent neuron**

تمتد في الفراغ الحسي للعصب الشوكي، ثم خلال الجزء الرئيسي لهذا العصب، ثم جذره الظاهري. وتنقل هذه الليفية السائلة العصبية من المستقبل إلى جسم الخلية العصبية



الحية التي تقع في عقدة الجذر الظاهري. وتمثل هذه الليفية زائدة شجرية من زوائد تلك الخلية العصبية الحسية. والخلية العصبية الحسية sensory neuron، تستقبل السائل العصبي وتنقلها عن طريق محورها الذي يمر خلال القرن الظاهري للحبل الشوكي، وينتهي بفرعات إنتهائية دقيقة.

### 3- خلية عصبية رابطة :Connecting neuron

توجد هذه الخلية في المادة السنجدافية بين القرنين الظاهري والبطني للحبل الشوكي، ولها زوائد شجرية قصيرة تمتد في الجزء الظاهري للحبل الشوكي، ومحور قصير يمتد في الجزء البطني للحبل الشوكي. وتقوم هذه الخلية بترجمة السائلة الحسية الواردة إليها إلى مؤثر حركي.

### 4- خلية عصبية حركية أو صادرة :Motor or efferent neuron

تقع في القرن البطني للحبل الشوكي. ولها زوائد شجرية قصيرة في جانبها العلوي، ومحور طويل يمثل الليفية الصادرة أو الحركية efferent or motor fibre يمتد في الجذر البطني للعصب الشوكي، ثم خلال الجذع الرئيسي للعصب الشوكي ذاته، ثم في الفرع الحركي لذلك العصب إلى أن ينتهي في العضو المؤثر.

### 5- مؤثر أو منفذ :Effector

وعادة ما يكون عضلة أو غدة. ويتم حدوث الفعل الإنعكاسي reflex action على الوجه التالي:-

يستقبل العضو المؤثر التبليه stimulus وينقل تأثيره كسائلة حسية sensory impulse من خلال الليفية الحسية إلى الخلية العصبية الحسية، التي تنقله بدورها إلى الخلية العصبية الضابطة للترجمة إلى سائلة حركية motor impulse. ومن خلال الليفية العصبية الحركية ينتقل إلى العضو فيستجيب له بطريقة ملائمة.

ويستخدم لدراسة الأفعال الإنعكاسية في المختبر ما يعرف بالضفادع الشوكية، وهي الضفادع التي يزال منها المخ أو يتم إتلافه فيها، ولكنها تظل محتفظة ببقية أعضاء جهازها العصبي كالحبل الشوكي والأعصاب الشوكية سليمة. فإذا نبه الجلد في ضفدعه بهذه (بوخزة أو وضع مادة حمضية عليه) يستجابت الضفدعه تلقائياً بتحريك أرجلها. أما إذا



قطعت الأعصاب الجلدية الحسية فيها أو الأعصاب الحركية التي تغذي عضلات الأرجل، فلا تحدث أي إستجابة إنعكاسية لتنبيه الجلد. كذلك لا تحدث فيها أي أفعال إنعكاسية إذا أتلف الحبل الشوكي (مركز الإنعكاس)، حتى مع بقاء الأعصاب سليمة.

**ب. الجهاز العصبي**

**Nervous System**

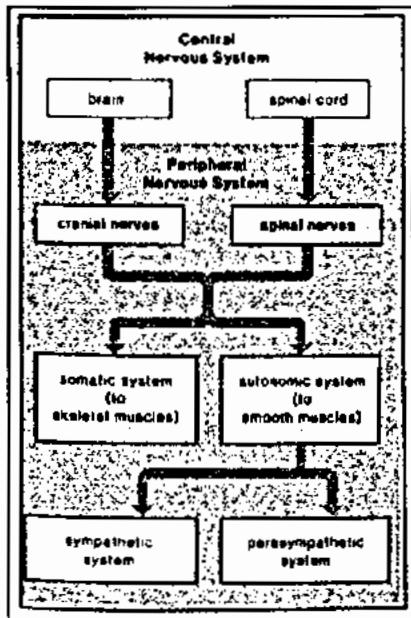


## الجهاز العصبي Nervous System

يتكون الجهاز العصبي من جزئين رئيسيين هما الجهاز العصبي المركزي والجهاز العصبي الطرفي (شكل رقم 2 - 4).

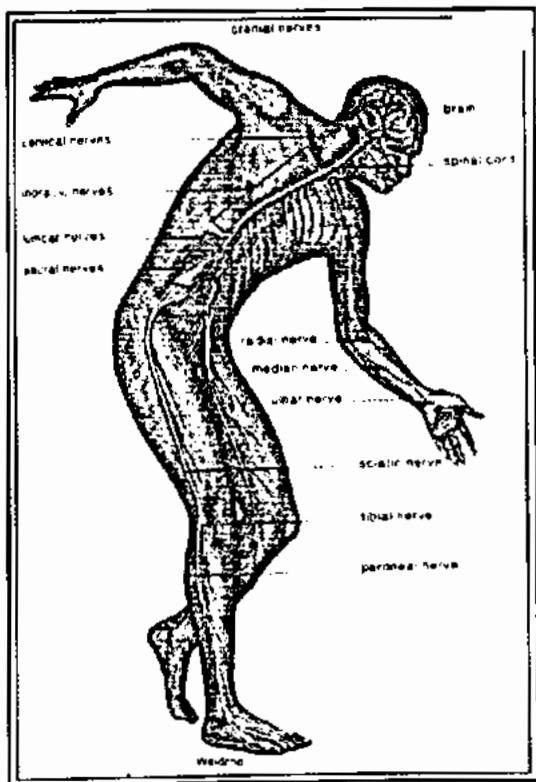
### الجهاز العصبي المركزي، CNS

ويتكون من:



شكل رقم (4 - 2)

مخطط بيّن القسمان الجهازان العصبي المركزي



شكل رقم (5 - 2)

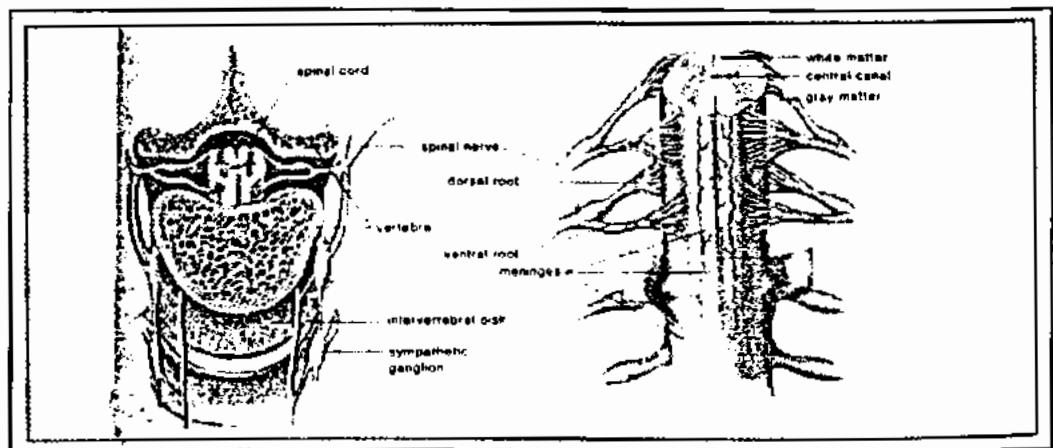
الجهاز العصبي المركزي (الدماغ والتلخّاع الشوكي)  
وبعض اعصاب الجهاز العصبي الطرفي

## الجهاز العصبي الطرفي، PNS

ويتكون من كل من الأعصاب الفرجية cranial nerves التي تنشأ من الدماغ، والأعصاب الشوكية Spinal nerves. وينقسم الجهاز العصبي الطرفي بعد ذلك إلى الجهاز العصبي الجسمي Somatic Nervous System (الذي يحتوي على أعصاب تنظم العضلات الهيكلية والجلد والمفاصل)، والجهاز العصبي الذاتي Autonomic Nervous System (الذي يحتوي على أعصاب تنظم عمل الغدد والعضلات الملساء والأعضاء اللاإرادية).

### النخاع الشوكي Spinal Cord

ويشمل الجزء الأسفل من الجهاز العصبي المركزي ويشاهد النخاع الشوكي في المقطع العرضي (شكل رقم 2 - 6) مكون من طبقتين. الطبقة الداخلية هي الطبقة الرمادية أو السنجمائية Gray matter وتكون متجمعة على شكل حرف H باللغة الإنجليزية. والطبقة الخارجية تحيط بالأولى وهي الطبقة البيضاء White matter.



(شكل رقم 2 - 6)  
مقطع عرضي في النخاع الشوكي

وت تكون معظم الطبقة البيضاء من ألياف صاعدة ونازلة مفمدة. أما الطبقة الرمادية التي تشبه حرف H فيمثل الخط المستعرض منها قناة مرئية تتصل ببطينات الدماغ. بينما تمثل أطراف الحرف العليا القرنين الأماميين وتمثل أطراف الحرف السفلي القرنين الخلفيين.



## أغشية النخاع الشوكي والدماغ،

تحيط بالنخاع الشوكي وكذلك الدماغ ثلاثة طبقات من الأغشية تسمى السحايا Meninges وهي :

1- الام الحنون Pia matter

وتشكل غشاء رقيق يحيط بالنخاع الشوكي والدماغ مباشرة.

2- الام الجافie Dura matter

وهي الطبقة الخارجية وتكون ليفيه تحيط بعظام الجمجمة والقناة الفقرية ويقع الجيب الوريدى الرئيسي في الجمجمة داخل الام الجافie.

3- الغشاء العنكبوتي Arachnoid matter

ويوجد بين الام الحنون والام الجافie. وسمى عنكبوتي لإحتواه على خيوط رفيعة تشبه خيوط العنكبوت. وهو غشاء رقيق يفصله عن الام الجافie فراغ يسمى تحت الام الجافie. ويحتوى هذا الفراغ على سائل مصلي Serous fluid. يملأ الفراغ فوق الغشاء العنكبوتي السائل الدماغي الشوكي C. S. F. ويحوي أكبر الأوعية الدموية في الدماغ.

## السائل الدماغي الشوكي Cerebro Spinal Fluid

يوجد فراغ مملوء بالسائل الدماغي الشوكي الذي يملأ البطينات الدماغية والقناة المركبة للحب الشوكي والفراغ تحت العنكبوتي.

ويتكون السائل ويفرز من الضفائر المشيمية Choroid Plexus على جانبي البطينين الجانبيين وكذلك البطينين الثالث والرابع وكذلك من الأوعية الدموية للأم الحنون. يمر السائل المفرز من البطينين الجانبيين إلى البطين الثالث ثم ينتشر فوق الدماغ الشوكي عبر الفتحة الجانبي للبطين الرابع والثقب بين البطينين الرابع والفراغ تحت العنكبوتي.

وتبلغ كمية السائل الدماغي الشوكي في الإنسان 120-170 سم<sup>3</sup>. وكثافته النوعية 1.007-1.005 واسه الهيدروجين 7.4 وهو سائل ليس له لون أو رائحة. ويحتوى السائل على عدد قليل من الخلايا ولكنه يحتوى على نفس محتوى الدم من الأملاح والشوارد. كما يحتوى على نسبة من السكر تعادل 2/3 نسبته في الدم وكمية قليلة من البروتينات تقدر بحوالي .%0.02

والسائل أهمية في حماية الأنسجة العصبية من الصدمات وإيجاد ضغط منتظم حول هذه الأنسجة ودعمها وتزويدها بالغذاء وخاصة في المناطق التي لا تصلها الأوعية الدموية.

### **وظائف النخاع الشوكي:**

- 1- يقوم بالتنظيم الموضعي عن طريق الخلايا العصبية في المادة الرمادية ويكون هذا التنظيم الموضعي لبعض العضلات الإرادية حيث تصلها ألياف عصبية من النخاع الشوكي مباشرة.
- 2- يعمل النخاع الشوكي كمبر عصبي تمر من خلاله السبلات العصبية حيث تصل عن طريق الإحساسات الجلدية عند ذهابها إلى المخ. كما تهبط عن طريق السبلات العصبية من المخ عند ذهابها إلى الغدد والعضلات والأحشاء الداخلية.
- 3- عند قطع النخاع الشوكي بصورة كاملة تندم كافة الحركات الإرادية للمناطق تحت مستوى القطع ويصاب الإنسان بشلل في العضلات وإنعدام المنعكسات. وتحدث صدمة شوكية Spinal shock بعد القطع مباشرة.

### **الدماغ: Brain**

وهو أهم أجزاء الجهاز العصبي ويحصل على حوالي  $\frac{1}{4}$  كمية الأوكسجين الذي يستهلكه الجسم، ويصل إليه حوالي  $\frac{1}{5}$  الدم الوارد من القلب أي يمر فيه حوالي 45 لتر من الدم في كل ساعه (شكل رقم 2 - 7).

ويتكون الدماغ من نسيج رخوي يحتوي جزئه الخارجي على حوالي 85% من تركيبه ما، ليصبح بذلك من أكثر الأنسجة في الجسم رقة ورخاؤة.

ويتركب الدماغ نسيجياً من طبقتين:

#### **1- طبقة سطحية تحتوي على المادة السنجدافية : Gray matter**

وهي رمادية اللون كثيرة التلaffيف وتسمى قشرة الدماغ. وتساعد هذه التلaffيف على زيادة المساحة السطحية لقشرة الدماغ حيث تصل مساحتها إلى ثلاثة أضعاف المساحة الاعتيادية. وتحتوي قشرة الدماغ على حوالي 14 ألف مليون خلية عصبية.

#### **2- الطبقة الداخلية وتحتوي على المادة البيضاء White matter**

وهي بيضاء اللون تتكون من ألياف الخلايا العصبية.



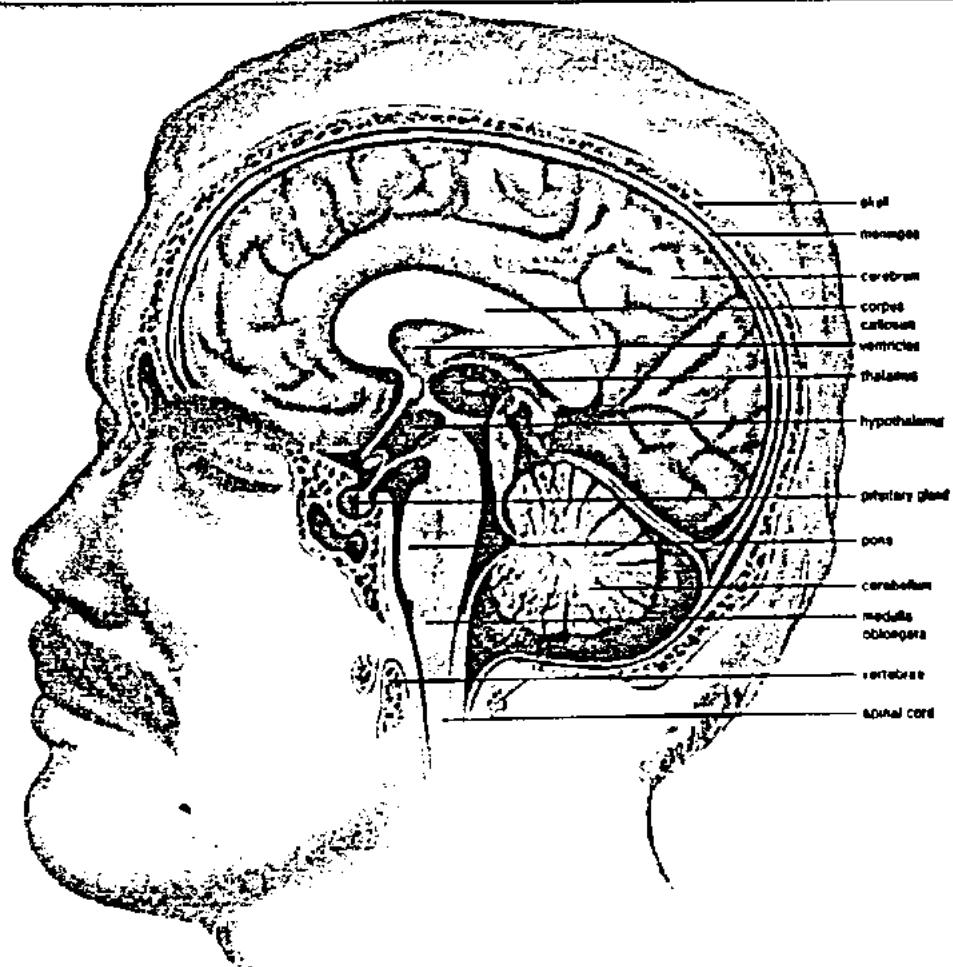
## أقسام الدماغ :

يتكون الدماغ من ثلاثة أقسام رئيسة هي:

أ- الدماغ الأمامي Fore-brain

ب- الدماغ المتوسط Mid-brain

ج- الدماغ الخلفي Hind-brain



شكل رقم (2 - 7)

دماغ الإنسان

- الدماغ الامامي: ويكون من :

1- المخ Cerebrum أو الدماغ الكبير.

2- العقد العصبي القaudie Basal ganglia

3- السريران Thalami

4- الجسم الصنوبرى Pineal body

المخ Cerebrum

وهو أكبر أجزاء الدماغ في الإنسان ويكون من كتلتين كبيرتين تدعى نصف كرة المخ Cerebral hemispheres يتصلان مع بعضهما البعض بجسر من الألياف العصبية يدعى الجسم الجاسي Corpus Callosum .

ويتكون الجزء الخارجي من نصف المخ من قشرة المخ Cerebral cortex والتي تكون كثيرة التلaffيف Highly convoluted ولونها رمادي بسبب احتواها على أجسام الخلايا العصبية والألياف القصيرة. وتخترق المخ منخفضات عديدة تسمى أخدودات Sulcus يكون بعضها عميقاً ليقسم المخ إلى فصوص lobes كما أن هناك طيات مرتفعة بين الأخدودات تسمى نتوءات. وتسمى الأخدودات حسب مواقعها أو اشكالها أو أحياناً من تجاوره من النتوءات ومنها:  
\* الأخدود الجانبي (Lateral sulcus): ويفصل بين فلقتين الصدغ والهامه وتوجد على هذا الأخدود منطقة السمع والكلام.

\* الأخدود المركزي (Central sulcus): ويبداً من منتصف السطح الأعلى للمخ وينحدر نحو الأخدود الجانبي وتوجد فيه منطقة الحركة والإحساس.

فصوص المخ،

هناك أربعة فصوص في المخ وتوجد في كل من نصفي الدماغ وهي:

1- الفصان الجبهويان Frontal lobes

وتشكلان حوالي ثلث سطح المخ في الإنسان وهي أيمن وأيسر. وفي هذين الفصين توجد مراكز الحركة وراكز الأفكار والعواطف.

**٢- الفصان الصدغيان Temporal lobes:**

وهما أيمن وأيسر أيضاً. وتوجد فيهما مراكز السمع والشم والنطق.

**٣- الفصان الجداريان Parietal lobes:**

وهما أيمن وأيسر. ويقعان في وسط الجمجمة عند السقف. وتوجد فيهما مراكز الذاكرة والحس العام والضغط واللمس. وتكثر فيهما مناطق المشاركة المتصلة ببقية الفصوص.

**٤- الفصان القذاليان Occipital lobes:**

وهما أيمن وأيسر. يقعان في مؤخرة الجمجمة على خيمة المخيخ وتوجد فيهما مراكز البصر.

**وظائف قشرة المخ:**

- ١- تنظم الحركات الإرادية وتبدأ فيها.

- ٢- توجد فيها مراكز الإحساسات.

- ٣- توجد فيها مراكز الذاكرة والإنفعالات والسلوك النفسية والذهنيه.

- ٤- توجد فيها مراكز النطق والبصر والسمع والذوق والشم.

**العقد العصبية القاعدية Basal ganglia:**

وتتشكل في الأجزاء البطنية من نصف كمة المخ وهي مراكز عصبية تعمل على تكيف الفعل الحركي وتتألف من كل من المادة السنجدابية.

**السريران Thalamus:**

وتكونان الجداران الحانبيه للبطين الثالث للدماغ. وترتبطان مع بعضهما البعض بروابط داخلية تعتبر مراكز نقل مهمة للأعصاب الحسية عند مرورها إلى قشرة الدماغ.

**الجسم الصنوبرى Pineal body:**

وهو جسم يعتبر من الغدد الصماء ويكون في سقف البطين الثالث ولا يحتوى على أعصاب ويفرز هرمونات خاصة به سوف نقوم بشرحها في الغدد الصماء.

**الدماغ البيني Dien-cephalon:**

ويحتوى على المهد Thalamus وما تحته بين الدماغ المتوسط ونصف كمة المخ. ويكون المهد من نوارات وظيفتها إيصال الرسائل العصبية التي لها علاقة بالحس والإنتقال إلى



قشرة الدماغ، كما يحتوي المهداد على كتل نوية توصل السيارات الواردة من المخيخ إلى نصف كرة المخ. ويوجد في المهداد مركز حسي للشعور بالألم. وتنتهي جميع الأحاسيس (ما عدا الشم) في المهداد. وهو المسؤول عن إستمرار حالات الوعي واليقظة.

أما تحت المهداد Hypothalamus فهو من الدماغ المتوسط ويقع تحت المهداد لذلك سمي بهذا الإسم. يعمل تحت المهداد على صنع وإفراز الهرمونات التي تنظم الغدة النخامية، حيث يفرز عوامل تحت المهداد المحفزة والمثبتة لهرمونات الغدة النخامية. وتحت المهداد منظم لعمل الأحشاء وبعض التفاعلات وعمليات النوم والعاطفة والشهية للأكل والشرب والتناسل. وفي تحت المهداد مراكز الكر والقر وميزان حرارة الجسم ومقياس حجوم سوائل الجسم. ويفرز تحت المهداد هرمونان الأول له علاقة بالطلق عند الحوامل والثاني لضبط التبول.

### **الدماغ المتوسط Mid-brain**

ويتكون من جزئين مهمين هما:

#### **1- السويقتان المحيتان Cerebral peduncles**

وهي خيوط من الألياف العصبية تربط الدماغ الأمامي بالدماغ الخلفي.

#### **2- الأجسمات التوأمية Corpora quadrigemina**

وهي أربعة بروزات تحتوي على مراكز الإحساسات السمعية والبصرية.

### **الدماغ الخلفي Hind-brain**

ويتكون من المخيخ والقطره والنخاع المستطيل

### **المخيخ Cerebellum**

وهو جسم صغير يقع أسفل نصفاً كرمة المخ وخلف النخاع المستطيل، ويسمى أيضاً بالدماغ الصغير. ويكون المخيخ من نصفاً كرمه مخيخيه وفص دودي.

### **نصفاً كرمة المخيخ**

ويتميزان بوجود تلافيف على سطحيهما تزيد مساحتها السطحية وتكون من مادة سننجابيه كما هو الحال في المخ. وتبعد التلافيف أشد تلاصقاً مما هو عليه في المخ. ويحتوي المخيخ من الداخل على مادة بيضاء أيضاً.



## الفص الدودي Vermis

وسمى بهذا الإسم لوجود أثلام عرضية على سطحه تجعله مقسماً إلى حلقات تشبه الدودة.

### وظائف المخيخ

- \* له دور هام في تنظيم الحركات الإرادية ويحافظ على توازن الجسم بالتعاون مع العضلات.
- \* يسيطر على توتر العضلات والمنعكسات الخاصة بتوازن الجسم عن طريق الألياف التي تصل المخيخ بالنوى الدهليزي في الأذن وكذلك نوى التكروين الشبكي.

### القنطره Pons

وتقع فوق النخاع المستطيل على الوجه السفلي للدماغ. وهي الجسر الذي ينقل السيالات العصبية من قشرة المخ إلى كره المخيخ. وتحتوي على أصول الأعصاب الدماغية.

### النخاع المستطيل Medulla oblongata

ويعتبر أدنى المخ والمخيخ حيث يصل النخاع الشوكي بأجزاء الدماغ. وتتقاطع أغلب الأعصاب المحركة داخل النخاع المستطيل لتكون ما يشبه الأهرامات. وتوجد داخله أنوية أصول أكثر الأعصاب الدماغية. ويقوم النخاع المستطيل بعده وظائف مهمة منها نقل السيالات العصبية الحسية من النخاع الشوكي إلى الدماغ. كما يعمل على نقل السيالات العصبية الحركية من الدماغ إلى النخاع الشوكي. وتحتوي النخاع المستطيل على مراكز عصبية خاصة بتنظيم نبض القلب والمضخ والبلع والقيء في الإنسان.

**3**

الفصل الثالث

الاحساسات والحواس

*Sensation & Senses*



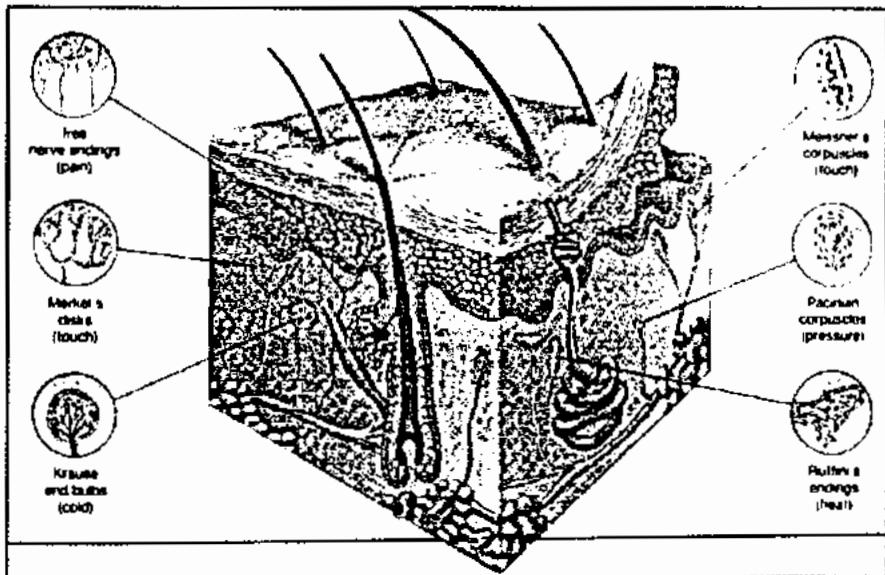
## الاحسasات Sensation

هناك عدد من الاحسasات في جسم الانسان يمكن تقسيمها حسب نوع الشعور الذي يتولد من قبلها الى احساسات عامة (وتكون إما سطحية أو عميقa)، واحسasات خاصة، واحسasات حشوية داخلية.

### اولاً - الاحسasات العامة General Sensation

ولهذه الاحسasات مستقبلات تنتشر في جميع أنحاء الجسم وتشمل :

#### 1- الاحسasات السطحية وتتضمن (شكل رقم 3 - 1) :



شكل رقم (1 - 3)

الجلد وحاسة اللمس.



1- حاسة اللمس Touch

2- حاسة الضغط Pressure

3- حاسة الألم Pain

4- حاسة الحرارة Warmth

5- حاسة البرودة Cold

بـ- الاحساسات العميقه وتتضمن :

1- الاحساسات الحركية الموضعية التي ترافق حركات المفاصل والأوتار والعضلات.

2- احساسات التوتر التي ترافق توتر العضلات.

**ثانياً - الاحساسات الخاصة Special Senses**

ولهذه الاحساسات مستقبلات خاصة تقع في أعضاء معينة من الجسم وتشمل :

1- حاسة السمع Hearing

2- حاسة البصر Vision

3- حاسة التوازن Balance

4- حاسة الذوق Taste

5- حاسة الشم Smell

**ثالثاً - الاحساسات الحشوية Visceral Senses**

. وتوجد مستقبلات هذه الاحساسات في الاحياء الداخلية Viscera

### المستقبلات Receptors

تعد المستقبلات الحسية أجزاء من الجسم تتاثر بأنواع معينة من المؤثرات والتغيرات التي تحدث في المحيط أو البيئة. وتنقل هذه المستقبلات الاحساس بالمؤثر على شكل سيالات عصبية Nerve impulses الى الجهاز العصبي المركزي حيث يستجيب لنوع المؤثر ويعطي ايعاز لتكيف الجسم حسب نوع التأثير.



## اقسام المستقبلات :

هناك عدة أنواع من المستقبلات هي :

### 1- مستقبلات ميكانيكية Mechano - receptors

وتشمل مستقبلات اللمس في الجلد، الصوت والاتزان في الاذن.

### 2- مستقبلات كيميائية Chemo - receptors

وتشمل مستقبلات الذوق في اللسان، والشم في الأنف والضغط الأوزموزي للدم في تحت الماء وكذلك مستقبلات السكر والأوكسجين وغيرها.

### 3- مستقبلات حرارة Thermo - receptors

وتشمل مستقبلات الحرارة والبرودة في الجلد.

### 4- مستقبلات الاشعاع الكهرومغناطيسي Elecromagnetic radiation receptors

وتشمل مستقبلات الضوء في العين. كما ان هناك نوعين من المستقبلات حسب مصدر الاشارة وموقع المستقبل وهي :

#### 1- المستقبلات الخارجية Extero - ceptors

وتتأثر بالعوامل الخارجية مثل الصوت والضوء والذوق والرائحة والحرارة والبرودة والضغط بالإضافة إلى الألم. وتوجد هذه المستقبلات في اعضاء خاصة مثل العين والاذن واللسان والأنف والجلد.

#### 2- المستقبلات الداخلية Intero - ceptors

وتوجد هذه المستقبلات في بعض الاعضاء داخل الجسم وهي قسمين :

##### أ- مستقبلات حشوية viscero - ceptors

وتوجد في اعضاء الهضم والتنفس وفي المثانة وغيرها من احشاء الجسم الداخلية حيث ينتج عنها الاحساسات بالألم والجوع والعطش والغثيان والاحساس الجنسي.

##### ب- مستقبلات التوتر Proprio - ceptors

وتوجد في العضلات والاوتار والاربطة والمفاصل وعن طريقها يحس الانسان بالتوتر العضلي. وتتوفر المعلومات عن وضع الجسم في الفضاء وعلاقة اعضاءه المختلفة ببعضها.



## حساسة اللمس Skin والجلد Touch

يتكون الجلد من طبقتين أساسيتين هما :

### 1- البشرة Epidermis

وهي الطبقة الخارجية التي تحيط بأنسجة الجسم، وهي تقسم بدورها إلى طبقتين هما :

(ا) الطبقة السطحية : وهي خارجية تتكون من خلايا قرنية تحتوي على مادة الكيراتين تنسليخ عن الجلد على شكل قشور رقيقة.

(ب) الطبقة الداخلية: وهي عبارة عن خلايا طلائية مطبقة، يحتوي الجزء السفلي منها على خلايا مفلطحة تحتوي على حبيبات ملونة تعطي الجلد لونه المميز، وأهم الصبغات الملونة هي الميلانين. والبشرة لا تحتوي على أوعية دموية، ويوجد فيها ثقب صغير.

### 2- الأدمة Dermis

تتكون من نسيج ضام كثيف يحتوي على عدد كبير من الأوعية الدموية، والجزء العلوي منها يحتوي على ألياف مطاطية، بينما يحتوي الجزء السفلي على حزم من الألياف البيضاء. وتحتوي الجلد على عدد من الأجزاء الأخرى هي :

1- وحدة جيب الشعرة : ينتشر الشعر على جميع سطح الجسم ما عدا مناطق معينة مثل راحة الكفين، وأخصم القدمين وأجزاء من الأعضاء التناسلية الخارجية، وتنتصل كل شعرة بعدها عرقية وعضلة صغيرة تعمل على انتصاب الشعرة عند الخوف أو القشعريرة. وت تكون الشعرة من ثلاثة طبقات هي من الداخل للخارج : النخاع فالقشرة فطبقة الكيتويكال القرنية، أما الصبغة الملونة للشعر فتوجد في النخاع.

2- الغدد العرقية : وهي معصبة بألياف من العصب السمباطي مع فرق هو أن المادة الكيميائية الناقلة هي الأستيل كولين وليس النور أدينالين، وهي تفرز العرق الذي يحتوي على الماء ونسبة 1-4% كلوريد الصوديوم بمعدل 500 - 600 سم<sup>3</sup> يومياً. وهناك غدد عرقية أخرى توجد في الإبطين وحول حلمات الصدر والفرج، غير معصبة، وتفرز سائلًا لا رائحة له، ولكن بفعل الجراثيم قد تصبّع رائحته كريهة.



٣- الأظافر : وهي عبارة عن طبقة واضحة من البشرة مت厚رة وسميكه جداً، وهي قرنية تتكون من الكيويتيل.

**وظائف الجلد :**

يقوم الجلد بعدة وظائف هي :

١- الحماية : يحمي الجسم من آذى الأجسام الغريبة والجراثيم والمواد الكيميائية.

٢- الاحساس : يقوم الجلد بواسطة المستقبلات الحسية بدور الاحساس باللمس والألم والحرارة وغيرها من أنواع الاحساسات.

٣- الإخراج : يقوم بواسطة الرشح والعرق بطرح الأملام وبعض نواتج الأيض.

٤- الخزن : يعمل كمخزن للدهون والماء للاستعمال وقت الحاجة، ويقتل خزن وطرح الماء والأملام يعمل على حفظ توازن الماء في الجسم.

٥- الامتصاص : هناك كمية معينة من التبادل الغازي تحدث عبر الجلد.

٦- التوازن الحامضي - القاعدي : في حالة الحموض يزداد افراز الجلد للعرق الحامضي فيساعد في انخفاض الحموضة داخل الجسم.

٧- تنظيم حرارة الجسم : حيث يعمل على تخليص الجسم من حرارته الداخلية بطرق متعددة، كالاشعاع والتتبرخ والتوصيل والنقل.

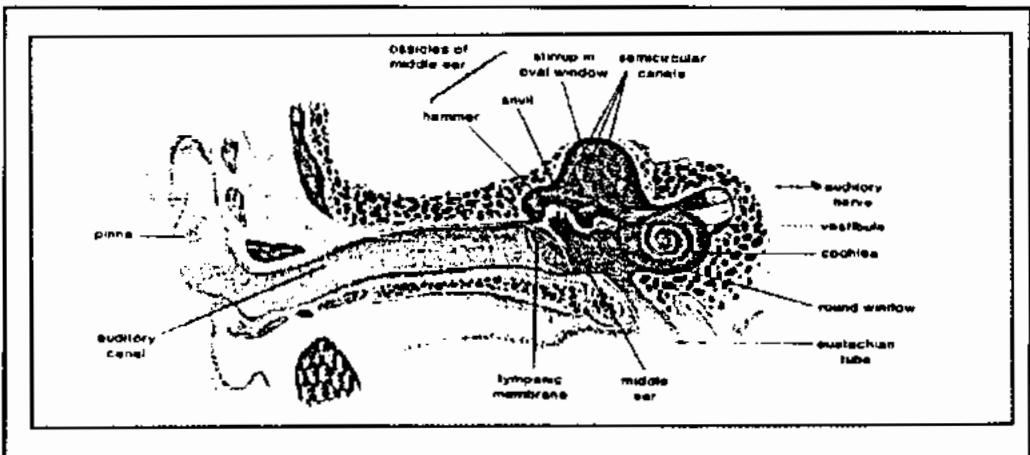
**حسنة السمع Hearing والأذن Ear**

تقوم الأذن بوظيفة السمع، وهي تتكون من ثلاثة أجزاء خارجية ووسطى وداخلية (شكل رقم ٣ - ٢).

**١- الأذن الخارجية External ear ، وتشمل :**

(أ) الصيوان Pinn : الذي يعمل كهوائي (انتيني) يلتقط الامواج الصوتية ويوجهها.

(ب) القناة السمعية الخارجية (الصماخ) : وهي ملتوية ومتعرجة طولها حوالي  $2.45 \text{ سم}^2$  تنتهي من الداخل بغضاء الطلبة، وتعرج الصماخ يحمي الطلبة من الصدمات المباشرة.



شكل رقم (2 - 3)  
الأذن وحاسة السمع

## ٢- الأذن الوسطي : Middle ear

وهي عبارة عن فراغ يشتمل على عظام السمع Auditory oscicles التي هي :

- أ- المطرقة malleus
- ب- السندان incus
- ج- الركاب stapes

وهي متصلة ببعضها البعض بقشرة الطبقة Tympanic membrane (drum) الذي يشكل مغلق الأذن الوسطي من الخارج، وهو أهليجي أو بيضاوي الشكل، ويحصل به من الأعلى ذراع المطرقة. وفي جدارها المتوسط توجد نافذتان أحدهما بيضاوية oval والآخر مستديرة round. وعبر الجدار الأمامي توجد قناتان الأولى علوية تقع في العضلة الطباقية، والثانية سفلية وتعرف بالقناة السمعية (قناة اوستاكى) تفتح على البلعوم، وتكون مغلقة، ولا تفتح إلا عند المصير أو التثاؤب أو العطاس، وظيفتها مساواة الضغط على وجهي الطبقة.

## ٣- الأذن الداخلية : Inner ear : وتحتوي على أعضاء التوازن وأعضاء السمع وتتكون من :

١) القنوات الهلالية : Semicircular canal : وهي جزء لا سمعي لها علاقة بتوازن الجسم.



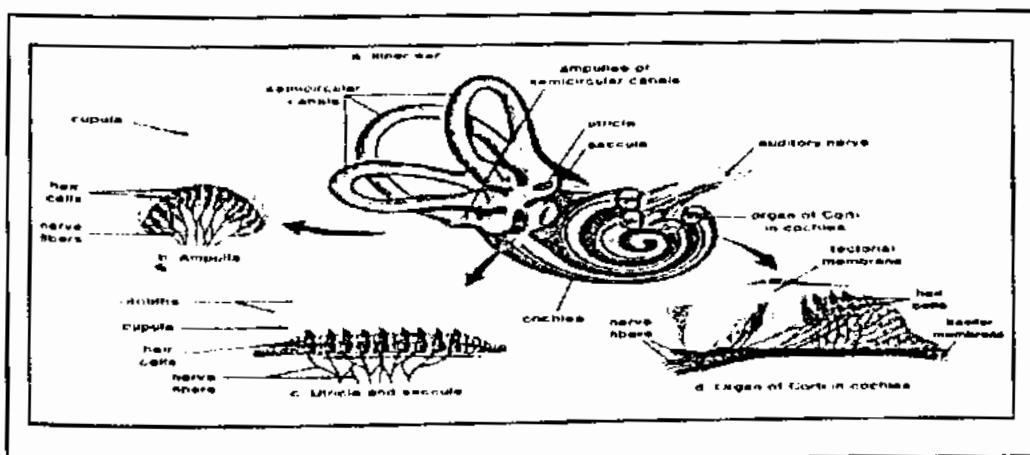
ب) القوقة Cochlea : قناة عظمية على شكل لولب حلزوني يقسم إلى ثلاثة أجزاء : الجزء الأوسط والجزء الدهليزي والجزء الطلبي. ويشتمل على جهاز السمع المعروف باسم عضو كورتي Organ of Corti الذي يحتوي على مستقبلات السمع.

ج) الدهليز Vestibule : يقع في الخلف، وهو تيه عظمي يتالف من عدة أغشية جوفية تشتمل على ثلاث قنوات شبه دائرية، وأعضاء الحسية الأذينية التي تتالف من كيس وحويصلة utricle، ويقوم بالوظائف الآتية:

- \* المحافظة على عضلات الصوت وموقعها وتوازنها.
- \* المحافظة على انتصاب الرأس فوق الجذع.
- \* المحافظة على توازن الجسم والرأس.

#### آلية السمع:

يقوم الصيوان باستقبال الموجات الصوتية ويوجهها نحو القناة السمعية الخارجية، فتصطدم بالطلبة محدثة ضغطاً عليها ثم يزول هذا الضغط فتحدث ذبذبات لغشاء الطلبة. وتقوم عظيمات السمع بنقل هذه الذبذبات الصوتية إلى الأذن الداخلية مع السائل القوقي عبر النافذة البيضاوية، ثم يصل إلى القوقة عبر النافذة الدائرية. وهذه الذبذبات تحفز المستلمات السمعية لعضو كورتي الموجود في القوقة. ثم تنتقل السيارات عبر العصب السمعي إلى المراكز السمعية Auditory centres في المخ (شكل رقم 3 - 3).

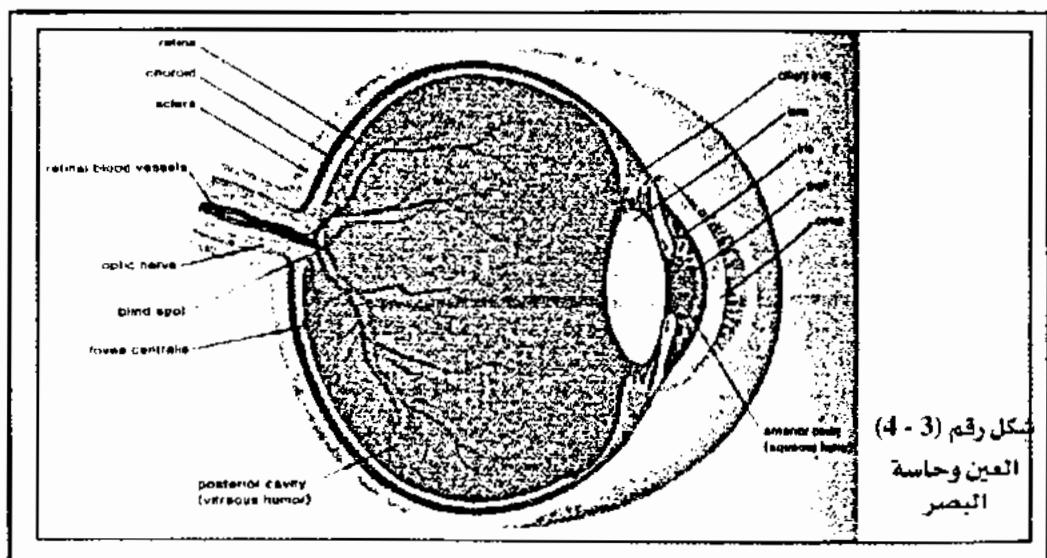


شكل رقم (3 - 3)  
الأذن الداخلية آلية السمع



## حساسة البصر والعين Vision

العين تمثل الغرفة السوداء للة التصوير، فهي تستقبل الصور المرسلة من الخارج، وترسلها إلى الدماغ عبر الأعصاب البصرية. وتقسم العين تشريحياً إلى الأقسام الآتية شكل رقم(3 - 4):-



### أولاً - الأجزاء الواقية Protectore parts، وهي:

- المدار Orbit : تجويف عظمي مخروطي الشكل قاعدته للأمام.
- الحاجب Eyebrow: عبارة عن نتوء في الطرف العلوي للحجاج، عليه شعر.
- الجفن Eyelid : غشاء ليفي عضلي يقي العين من الصدمات والأجسام الغريبة، والجفن العلوي أكبر من السفلي، ويعمل أيضاً على توزيع الدموع.

### ثانياً - مغلفات العين Envelopes :

- الصلبة Sclera : وتشكل بياض العين، وهي غشاء ليفي متين معتم، يشكل الغلاف الباقي للعين. والخمس الأمامي منه هو القرنية.



**ب) العنبة Uvea :** الطبقة الوسطى للعين وتتألف أساساً من الأوعية الدموية، وهي الطبقة المغذية للعين، وتتكون من :

1- القرحية Iris : غشاء امامي دائري الشكل في وسطه ثقب يدعى البؤبؤ pupil يعمل على تنظيم دخول الضوء للعين.

وتحتوي القرحية على خلايا ملونة تعطيها اللون الخاص بها، وعلى عضلة عاصرة للبؤبؤ وعضلة موسعة له.

2- الجسم الهديبي Ciliary body : يتتألف من العضلة المهدبة، والامتدادات الهدية التي تفرز الرطوبة المائية.

3- المشيمية Choroid : التي تعمل على :

- تغذية الشبكية والجسم الهديبي والقرحية.

- تنظيم الضغط داخل العين.

- دعم واسناد الشبكية.

- تمنع انعكاس الضوء من داخل العين بسبب لونها.

### ثالثاً - الاجزاء الشفافة Transparent parts :

أ- القرنية Cornea : وهي تشكل  $\frac{1}{5}$  الأمامي لغلاف العين الواقي، وهي شديدة الحساسية لللام واللمس والحرارة لوجود مستقبلات خاصة عليها. وهي خالية من الأوعية الدموية لكي تحافظ على شفافيتها وتقوم بما يلي :

- تعمل كعدسة محدبة لكسر الضوء.

- تسمح بمرور الضوء بسهولة.

- تحمي العين من الصدمات والأجسام الغريبة، وذلك بفضل منععكس القرنية الذي يؤدي إلى غلق العين.

ب- الرطوبة المائية Acqueous Humour : سائل شفاف يتكون من الماء والصوديوم والسكر والبروتين. يتم افرازه من الامتدادات الهدية، ويوجد في الغرفة الأمامية. يقوم بالمحافظة على شكل العين، وعلى الضغط داخل العين وتغذية الاجزاء التي لا تحتوي على اوعية دموية كالعدسية والقرنية.

وإذا ارتفع الضغط داخل العين عن 24 مل مئق تصاب بمرض ارتفاع الضغط داخل العين المعروف بالجلوكوما Glaucoma بسبب عدم جريان الرطوبة المائية داخل الاوردة الهيدرية.

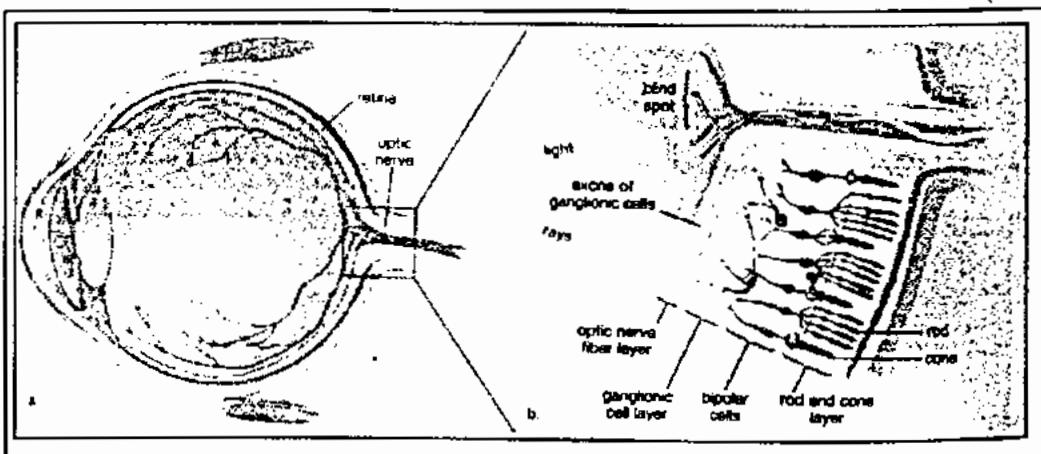
جـ- الرطوبة الزجاجية Vitrous Humour : سائل لزج يحتوى على ألياف، يملأ الفراغ بين الوجه الخلفي للعدسية والوجه الأمامي للشبكة. ويقوم بدعم واسناد الشبكة ومنعها من السقوط للأمام، ومنع العدسية من السقوط الخلف، ويحافظ على شكل المقلة.

دـ- العدسية Lens : وهي محدبة الوجهين تقع بين الرطوبة المائية والرطوبة الزجاجية. وتكون مطاطية وشفافة لعدم احتواها على أوعية دموية، تتغذى من الرطوبة المائية.

#### رابعاً - جهاز الارراك :

وهو الغلاف العصبي الداخلي ويحتوى على الشبكة التي تحول الطاقة الضوئية الى سيالات عصبية تنقل الى العصب البصري.

الشبكة Retina : وهي الطبقة الحساسة للضوء تقع بين المشيمية والرطوبة الزجاجية، تتكون من 7 طبقات، تحتوى على خلايا ملونة تمنع انعكاس الضوء داخل العين، وتحتوي على المستقبلات البصرية وألياف العصب البصري، وتشتمل على خلايا بصرية أهمها (شكل رقم 5 - 3)



شكل رقم (5 - 3)  
شبكة العين



١- **الخلايا الدائرية Rod Cells** : عددها حوالي 120 مليون خلية، توجد على أطراف الشبكية، وتحتوي على مادة الرودوبيسين Rhodopsin الحساسة للضوء الخافت، وهي خاصة للرؤية أثناء الليل، ولا تستطيع رؤية الألوان ولا تفاصيل الأشياء.

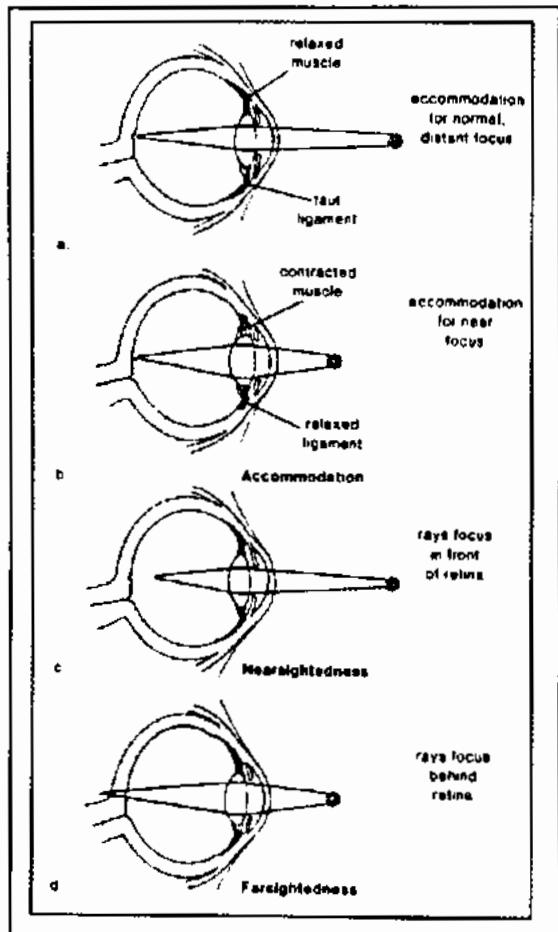
٢- **الخلايا المخروطية Cone Cells** : عددها حوالي سبعة ملايين خلية، توجد في مركز الشبكية وخاصة في الانحساف المركزي، تحتوي على مادة اليودوبيسين Uodopsin غير الحساسة للضوء الخافت، ولا تثار إلا بالضوء القوي، لهذا فهي خاصة للرؤية أثناء النهار و تستطيع ادراك الألوان و تفاصيل الأشياء، ويوجد في الشبكية بقعتان خاصتان هما :

١- **القرص البصري Optic disc** أو النقطة العمياء : وهو عبارة عن مخرج العصب البصري، فهو يتتألف من ألياف عصبية فقط ولا يحتوي على أي نوع من الخلايا البصرية، ولهذا لا يستطيع ادراك الضوء مطلقاً، وبلغ قطره 1.5 ملم، ويقع على بعد 3 ملم من البقعة الصفراء.

٢- **البقعة الصفراء Macula lata** : بقعة لونها أصفر، مركزها فيه انحساف- Fovea Cen-tralis، يحتوي على عدد كبير من الخلايا المخروطية فقط، ولهذا فهي مختصة برؤية الألوان و تفاصيل الأشياء أثناء النهار.

### آلية الرؤيا :

عندما تسقط الأشعة الضوئية الصادرة من الجسم على العين، يكيف البؤبؤ نفسه لتنظيم دخول الأشعة للعين التي تسقط على الشبكية، فتعمل على إثارة المستقبلات أي الخلايا الدائرية والمخروطية فتحول الضوء إلى جهد في العصب البصري الذي يتكون من عصبونات تصل المستقبلات بقشرة الدماغ مارة بالاجزاء السبع التالية (شكل رقم ٣ - ٦).



شكل رقم (٦ - ٣)  
آلية الرؤيا في العين

- **الشبكة Retina :** تتصل المستقبلات بالخلايا ثنائية القطب التي هي عبارة عن العصبون الأول، وتتشابك حول الخلايا العقدية التي تشكل العصبون الثاني، ومحاور الخلايا العقدية تشكل العصب البصري. وت تكون صورة مقلوبة للشيء المرئي.
- **العصب البصري Optic nerve :** يتكون من مليون محور من محاور الخلايا العقدية، وهو غير محاط بغمد، فلا يتجدد اذا أصيب بعطل، ويمتد حتى التصالب البصري.
- **التصالب البصري Optic Chiasma :** الالياف الصدغية في العصب البصري تمر في نفس الجهة. أما الالياف من جهة الأنف فتقطع الى الجهة المعاكسة مكونة تقاطعاً او تصالباً مع الالياف الأنفية من الجهة الأخرى.



- 4- المسار البصري Optic tract : تمتد إلى الجسم الركبي الجانبي، وتشمل الألياف الصدغية غير المقاطعة والألياف الأنفية المقاطعة والقادمة من الجهة المعاكسة.
- 5- الجسم الركبي الجانبي Geniculated body : جزء من نواة المهد الخلفي.
- 6- الاشعاعات البصرية Optic Radiation : تصدر عن الجسم الركبي الجانبي، وتعم من الجزء الخلفي للمحفظة الداخلية وتنتهي في منطقة الرؤيا الحقيقية التي ترى الأشياء دون فهم معانيها، وترى الألوان، وتجمع الصورتين من الشبكتين في صورة واحدة، وتحدد مكان الجسم المرئي، وتعدل وضعية الصورة المقلوبة.
- 7- القشرة البصرية Optic cortex : تقع في الفص القذالي، وتتألف من مناطق الرؤيا الحقيقية ومراكز الرؤيا العليا، فتعطيان الرؤية معانيها، فتفهم معاني الكلمات المكتوبة، وترتبط الألوان بالأشياء.

**كيف تنتقل السيالات العصبية من الخلايا الحسية للشبكة إلى العصب البصري؟**

تنقل السيالات العصبية التي تكونت في حوالي 30 مليون خلية مخروطية وعصبية إلى خلايا عصبية ذات قطبين في الشبكة ومنها تنتقل إلى خلايا عقدية ganglion cells. وتكون محاور هذه الخلايا العقدية الياف العصب البصري Optic nerve.

ويتبين من ذلك أن عدة خلايا مخروطية وعصبية تتشابك مع خلية واحدة ذات قطبين. وأن عدة خلايا من ذوات القطبين تصلها سيالات من جزء معين من الشبكة بدلاً من خلية حسية واحدة. وأن كل خلية عقدية تصلها سيالات من منطقة الشبكة أكبر من المنطقة التي أرسلت سيالاتها إلى الخلية ذات القطبين.

وفي النهاية تحصل السيالات العصبية عن طريق العصب البصري إلى المخ. وعندما يصل العصب البصري إلى المخ، تعبر نصف الألياف العصبية لكل عصب بصري إلى الجانب الآخر من المخ لتكون المسار البصري Optic tract. ويكون نتيجة هذا العبور ما يسمى بالتصالب البصري Optic chiasma. وعندما تحصل الياف المسار البصري إلى منطقة المهد



Thalamus، تنقل محاور هذه الخلايا السينالات الى مراكز الابصار في مؤخرة المخ في الفص الخلفي لقشرة المخ.

ومن هنا يتضح ان قطع العصب البصري الايسر يؤدي الى فقدان البصر في العين اليسرى فقط. بينما يؤدي قطع المسار البصري الايسر في قشرة المخ الى فقدان القدرة على تمييز المرئيات في نصف المجال البصري لكل عين. ويعود السبب في ذلك الى ان نصف الاليف العصبية في المسار البصري الايسر صادر من العين اليسرى والنصف الآخر من العين اليمنى.

### **بعض امراض العين وعيوب البصر:**

#### **: 1- طول البصر Hypermetropia**

وينجم اما عن كون مقلة العين قصيرة او كون جهاز العدسية ضعيف وذلك بسبب ارتقاء العضلة الهدبية. لذلك فان الحالة تؤدي الى عدم انحناه الاشعة الضوئية المتوازية بشكل كاف اثناء مرورها عبر العدسية. ومن هنا لا تتقارب الاشعة عند وصولها الشبكية فيقع خيالها خلف الشبكية.

ويرى الشخص المصاب ببعد او طول البصر الاشياء البعيدة ولكن لا يستطيع رؤية الاجسام القريبة بصورة واضحة. ويحدث عند التقدم بالعمر ان تصبح عدسية العين قليلة المرونة. لذلك يصبح كبار السن غير قادرين على رؤية الاجسام القريبة بشكل واضح بعكس الاشياء البعيدة عن الشبكية التي تكون واضحة.

#### **: 2- قصر النظر Myopia**

وفي الشخص المصاب بقصر النظر تتجمع الاشعة امام الشبكية. حيث ينجم ذلك عن زيادة تحدب العدسية وزيادة قوتها الانكسارية وطول قطر كرة العين. لذلك ترى الصورة امام الشبكية. ويمكن تصليح قصر النظر باستعمال عدسة م-curva (Concave) وهي مبعدة للأشعة.

#### **: 3- استجماتزم Astigmatism**

ويحدث نتيجة عدم انتظام تحدب العدسية او القرنية. لذلك فإن الاشعة لا تتركز على

الشبكية. ولا يمكن للمصاب ان يركز لدنة طويلة على الاجسام. ويمكن معالجة هذه الحالة باستعمال عدسات لاصقة او نظارات طبية بعدسات مركبة.

#### 4- عمي الالوان : Colour Blindness

ويعني عدم القدرة على تمييز الالوان وخاصة اللونين الاحمر والاخضر. وينجم ذلك عن غياب احد المخاريط الملونة التي ذكرناها في شبكة العين.

#### 5- طول البصر الشيوخي : Presbyopia

ويعني فقدان امكانية التكيف على رؤية الاشياء القريبة بسبب فقدان مطاطية العدسة، وتظهر هذه الحالة بعد سن 45 عام من العمر حيث يرى الشخص عن بعد بوضوح ولا يرى بوضوح عن قرب.

#### 6- العدسه الكدرة : Cataract

وتعني فقدان شفافية العدسة بسبب ترسب الكالسيوم والبروتينات فوقها مما يؤدي الى فقدانها للشفافية وبذلك تقل الرؤيا.



## التوازن : Balance

ويعد الجهاز الدهليزي Vestibular system في الأذن الداخلية هو المسئول عن توازن الجسم ويكون من :

- 1- القرية Utriculus.
- 2- القنوات الهلالية Semicircular canal.
- 3- الكيس Sacculus.

ويتم الحفاظ على توازن الجسم في وضعية الانتصاف، وعدم التربيع والامتزاز أثناء الوقوف أو المشي بفضل جهاز خاص بالتوازن. ويكون من مستقبلات التوازن الموجودة في القنوات الهلالية الثلاث الموجودة في دهليز الأذن الداخلية. وهذه المستقبلات عبارة عن خلايا شعرية يتوضع عليها حبيبات من كربونات الكالسيوم، ومن العصبونات الحسية المسؤولة عن التوازن من العصب السمعي (الجزء الدهليزي)، ومن المنطقة العليا الموجودة في المخيخ.

يتم تنبيه المستقبلات الشعرية المسؤولة عن التوازن بفعل حركة الرأس، أو تغيير وضعيته، فتحول ذلك التنبيه إلى جهد عمل ينقل المعلومات عن وضعية الرأس إلى المخيخ، وتؤدي هذه المعلومات الواردة من مستقبلات التوازن في الدهليز وظيفتين، هما :

أ) مراقبة عمل العضلات المحركة للعين، والتحكم بها، بحيث أنه عندما تكون العين تنظر إلى نقطة ما، ويحرك الشخص رأسه إلى الجهة المعاكسة فإن هذه العضلات تثبت نظر العين في النقطة نفسها، أي أنه بالرغم من دوران الرأس لليسار تبقى العين تنظر لليمين.

ب) المحافظة على وضعية انتصاف القامة، وانتصاف الرأس على القامة، وإدراك الشخص للفراغ المحيط به، والمعكسات المرافقة للحركة. ويتم تنظيم التوازن بشكل أساسى من المخيخ، إلا أن هناك عوامل أخرى تتدخل في عملية التوازن، وبناء على ذلك فإن العوامل المؤثرة على حفظ التوازن، هي :

1- منعكسات المد Stretch Reflexes : وهي عناصر أساسية لحالة الوقوف بثبات. إلا أنها هي نفسها تقع تحت رقابة الجهاز العصبي المركزي.



2- البصر : وله دور رئيسي في عملية التوازن والثبات، ويمكن التأكيد من هذا الدور بمقارنة حالة الوقوف على قدم واحد في حالة فتح العينين، وفي حالة إغلاقهما، فيلاحظ أن التوازن والثبات أكثر في الحالة الأولى.

3- المستقبلات الدهليزية: حيث أن قطع الطريق العصبية الوالصلة بين المستقبلات التوازنية في الدهليز والمخيّن، يجعل من الصعب الوقوف بدون اهتزاز وترنح، وخاصة عند إغلاق العينين. لأن فتح العينين يساعد على حفظ التوازن، ولكن عند إغلاقهما يتوقف هذا الدور لهما، ويبيّن دور المستقبلات في التوازن. فإن وجد فيها تلف، فإنها لا تستطيع القيام بدورها في حفظ التوازن.

ويتضح من ذلك أن اتزان الجسم يعتمد على عدة أعضاء تشتراك فيما بينها لتجعل الجسم يقف في حالة اتزان دائم وهي :

1- الجهاز الدهليزي.

2- الجهاز البصري.

3- الأعصاب الحسية في العضلات والمفاصل.

4- الأعصاب الحسية في الجلد وخاصة في أخمص القدم.

### حساسة الذوق Taste واللسان Taste

يعد اللسان عضو الذوق الرئيسي، ويغطيه غشاء مخاطي يمتد إلى اللهايات وبقية أجزاء الفم. وتوجد في اللسان مستقبلات الذوق وهي عبارة عن تركيب خاص تسمى براعم الذوق Taste buds. وتنتشر في اللسان نهايات الأعصاب الذوقية حيث تفتح نهاياتها على شكل نتوءات تسمى حلمات Papillae.

وتتأثر المستقبلات الكيميائية في اللسان بالمواد التي تذوب في لعاب الفم حيث ينجم عن ذلك إثارة جهد فعل وانتقال سيالات عصبية تنتقل إلى مراكز الذوق في المخ. ويوجد في الإنسان ما يقارب عشرة الآف برعم ذوق.



## أنواع حلمات الذوق :

1- حلمات خيطية **Filiform** : وهي صغيرة جداً موزعة على سطح اللسان وخاصة في مقدمه ويكون بعضها ضيقاً والبعض الآخر مرتفعاً.

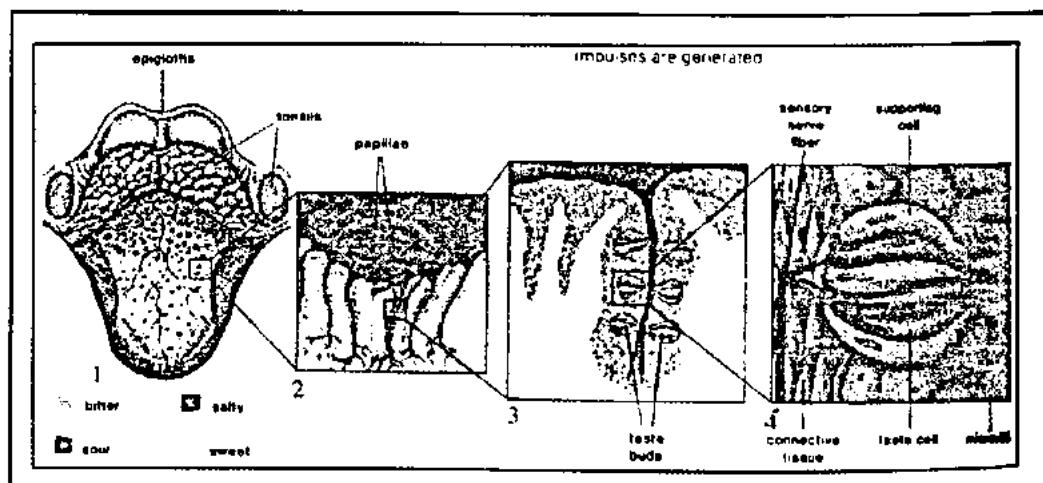
2- حلمات فطرية **Fungiform** : وهي اكبر اتساعاً من الاولى وتكون مرتفعة وتتوسع على سطح اللسان وخاصة على الجانبين.

3- حلمات كاسية : وحجمها اكبر من الانواع الاخرى ويوجد فيها ما بين 9 - 14 حلمة. وتكون مرتبة على شكل حرف V يتجه طرفيها نحو الحلق.

## أنواع الإحساسات الذوقية :

هناك عدد من الإحساسات الذوقية في الإنسان وهي (شكل رقم 3 - 7) :

Sweet	- حلوة	Salt	- مالحة
Bitter	- مرّة	Sour	- حامضة



شكل رقم (7 - 3)

### حاسة الذوق أنواع الإحساسات الذوقية في اللسان

وتختلف اجزاء اللسان من حيث درجة تأثيرها بهذه الإحساسات فمثلاً الإحساس بالمواد المالحة على السطح العلوي للسان، والمواد الحلوة على رأس اللسان، والمواد الحامضة على اطراف اللسان، والمواد المرّة على الجزء الخلفي من اللسان.



### آلية التذوق :

لكي يتمكن الانسان من تذوق مادة معينة يلزم اولاً ذوبان تلك المادة باللعاب او في السائل المخاطي الذي يغطي اللسان. ولان الذوق هو حاسة كيميائية فهناك مستقبلات كيميائية تتأثر بهذه المادة عند ذوبانها. وكلما ازدادت درجة الذوبان ازدادت درجة التذوق.

ويؤثر محلول المادة على الخلايا الحسية الموجودة في براعم التذوق فيتولد في هذه الخلايا سلالات عصبية يتم التقاطها بواسطة الالياف العصبية الحسية الموجودة في قاعدة البرعم. ثم تنتقل السلالات بواسطة الياف العصب التاسع (العصب اللساني البلعومي) الى ساق الدماغ Bain stem حيث تتشابك مع خلايا عصبية ثم ينتقل الاحساس الى المهد Thalamus ومنه ينتقل الاحساس الى مراكز التذوق في قشرة المخ حيث يتم تمييزها.

### حاسة الشم Smell والأنف Nose

بعد الأنف عضو الاحساس بالشم ويكون من فتحتين يفصل بينهما فاصل عضمي. ويغطي الأنف غشاء شمي يحتوي على نوعين من الخلايا وهي :

#### 1- خلايا مستقبلات شمية Olfactory receptor cells :

وهي خلايا عصبية متحورة من نوع ذات القطبين. وتحمل كل خلية منها زوائد او اهداب شعرية في طرفيها يمتد الى المخاط الذي يبطن التجويف الأنفي.

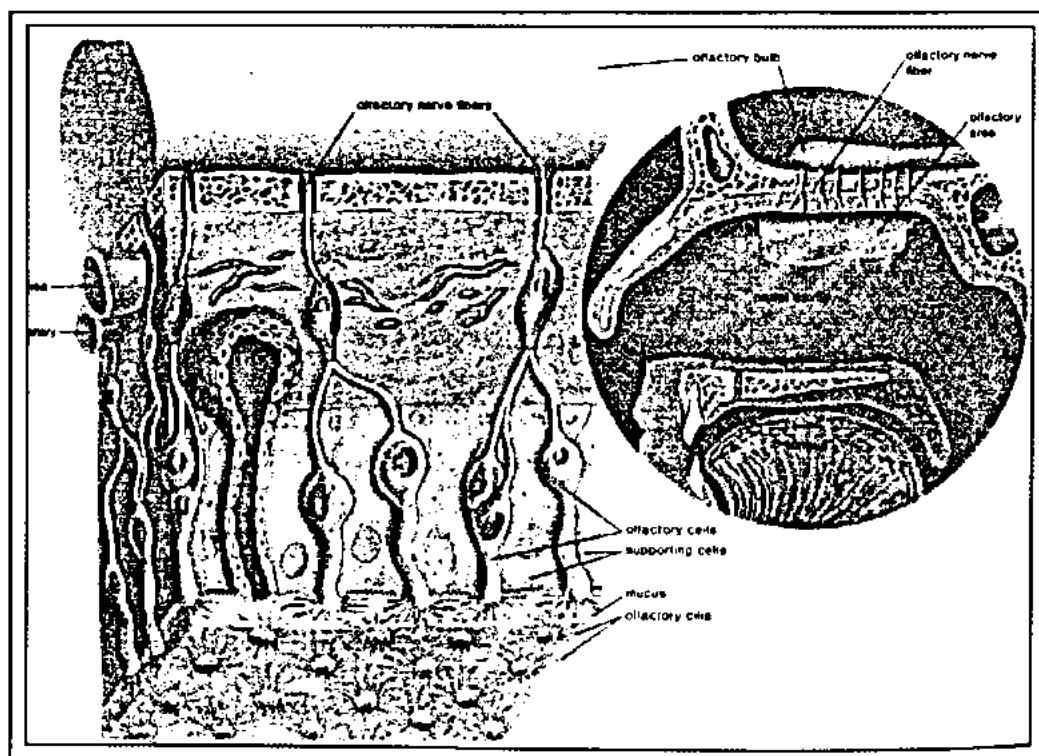
#### 2- خلايا ساندة Supporting cells :

ولها وظيفة الدعم والاسناد لخلايا المستقبلات الشمية.

### آلية الإحساس بالشم :

يعتبر الاحساس بالشم احساس كيميائي. لذلك يجب توفر مادة في حالة غازية تذوب في السائل المفرز من قبل غدد بومن Bowman's gland وهو سائل زيتى. وعندما تدخل هذه المادة الكيميائية الغازية الى الأنف تحفز المستقبلات الشمية Olfactory receptors. وينتقل عن ذلك سلالات عصبية تنقل عبر العصب الشمي الى المراكز الشمية في المخ Centres in brain . (شكل رقم 3 - 8).

ومن المعروف أن حاسة الشم أكثر حساسية بحوالي عشرة آلاف مرة من حاسة الذوق. كما أن المواد الكيميائية التي تذوب في الماء أو الدهن تميل لأن تكون لها رائحة قوية. وللتراكيب الكيميائي تأثير في الرائحة حيث لوحظ أن المواد المشابهة في تركيبها الكيميائي تتشارب في رائحتها. ويستطيع الإنسان أن يميز ما بين 4000 - 2000 نوع من الروائح لفترة الأولى ولكن بعدها يتکيف الأنف فلا يستطيع أن يميز هذه الروائح.



شكل رقم (8 - 3)  
حاسة الشم والأنف.



## فسيولوجيا العضلات Muscle physiology

- \* تعتبر العضلات وسائل لتحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة ميكانيكية.
- \* تستجيب العضلات للتغيرات في المحيط الخارجي وبذلك يتلائم الجسم بحركته أو حركة عضو من أعضائه للظروف الخارجية.
- \* تعتمد الفعاليات الحيوية على التقلص العضلي مثل نبض القلب، توسيع أو تضيق الأوعية الدموية وحركة الأمعاء وغيرها.
- \* تتلف العضلة من عدد من الألياف أو الخلايا.
- \* هناك ثلاثة أنواع رئيسية من العضلات تختلف عن بعضها في التركيب النسيجي والموقع والوظيفة الفسيولوجية ونوع الألياف العصبية المتصلة بها وهي:-

### (1) العضلات الملساء Smooth muscles

- وهي غير مخططة *unstriated*، حشوية *visceral* ولا إرادية *unvoluntary*.
- \* تتميز أليافها بأنها مغزلية الشكل تحتوي على نواة واحدة في الوسط.
  - \* خالية من التخطيطات العرضية ولكنها تحوي تخطيطات طولية غير واضحة.
  - \* توجد في جدران الأعضاء الداخلية أو الحشوية وغير واقعة تحت التصرف الإرادي.
  - \* مزودة بالياف عصبية ذاتية ودية ونظير ودية.
  - \* تعد الأقل تخصصاً *Least specialized*.
  - \* تظهر إيقاعات بطانية تقلصية وإنبساطية.

### (2) العضلات القلبية Heart muscles

- \* تتميز خلاياها بإحتوائها على تخطيطات طولية وعرضية مدمجة مع بعضها البعض مكونة ما يسمى بالمتدمج *Syncytium*.
- \* لا تقع تحت التصرفات الإرادية.



- \* مزودة بالياف عصبية من الجهاز العصبي الذاتي.
- \* أكثر تخصصاً من الأولى "More highly specialized"
- \* تظهر إيقاعات سريعة تقلصية وإنبساطية تنتشر خلال جميع كتلة العضلات.
- \* توجد في القلب فقط.

### 3- العضلات الهيكلية Skeletal Muscles

وهي مخططة . Voluntary, Striated or striped

- \* تتميز أليافها بكونها إسطوانية ذات عدة نوى.

. Somatic nerve fibers عضلات قوية تتصل بالعظام وتزود بالياف عصبية جسمية

- \* تعد الأكثر تخصصاً بين العضلات Most highly specialized

\* تظهر إيقاعات سريعة قوية وتوجد في الساق والرأس والجسم.

**الليف العضلي**:  
الليف العضلي هو عبارة عن طبقات من الألياف العصبية التي تحيط بالأنسجة المحيطة بالأنسجة العصبية.

\* يتكون الليف العضلي من إندماج عدد كبير من الخلايا العضلية لذلك فإنه تحتوي على عدد كبير من النوى.

\* يحيط بالليف العضلي غشاء رقيق يسمى الساركولينا Sarcolemma، يكون مملوء بمادة هلامية تسمى الساركوبلازم Sarcoplasm

\* توجد في الساركوبلازم آلاف التراكيب الخيطية ترى تحت المجهر بسهولة تدعى الليفيات العضلية Myofibrils

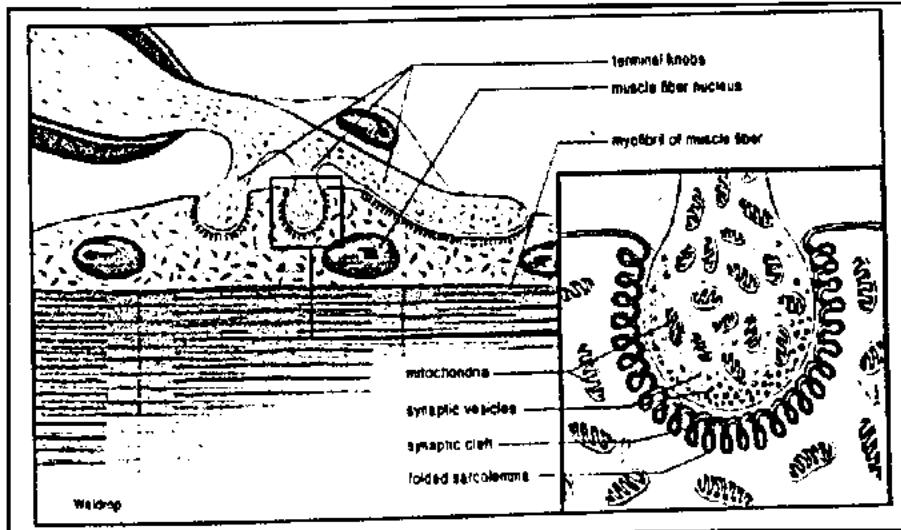
\* يزود العضلة عصب مختلف يتتألف من ألياف حسية وألياف حركية.

\* تتصل الألياف الحسية بالغازل العضلي لتحمل الإيعاز العصبي الوارد من العضلة إلى الجهاز العصبي المركزي CNS

\* يقوم الجهاز العصبي بإصدار الإيعازات العصبية خلال الألياف الحركية عن مقدار تقلص العضلة المناسب.



- \* تتصل نهيات الألياف العصبية باغشية الألياف العضلية بواسطة تركيب خاص يسمى الإندماج العضلي- العصبي Myoneural junction.
- \* يتصل الليف العصبي الواحد بواسطة تفرعات محورة بعده كثيف من الألياف العضلية وتسمى هذه بالوحدة الحركية، هي الوحدة الوظيفية في العضلة وفعالية العضلة، هي مجمل فعاليات وحداتها الحركية. هي الوحدة الوظيفية في العضلة وفعالية العضلة، هي مجمل فعاليات وحداتها الحركية. ويتراوح عدد الألياف العضلية في الوحدة الحركية ما بين 5-200 ليف عضلي.
- الإندماج العضلي- العصبي Myoneural junction**
- \* لا يوجد إتصال بين ساينتوبلازم نهاية الليف العصبي وساينتوبلازم الليف العضلي ولكن توجد فسحة ضيقة بين غشاء الليفين.
- \* تتميز تفرعات نهاية محور الخلية العصبية بأنها لا تحوي غلاف دهنی وتستطيع في نهايتها على شكل قرص يستقر في إنخفاض الساركوليما في غشاء الليف العضلي تدعى هذه المنطقة بالصفحة النهائية الحركية Motor end plate (شكل 1-4).



شكل (1 - 4)



\* عندما يصل الإيعاز العصبي إلى نهاية الليف العصبي تتحرر من داخل الحويصلات Vesicles كمية من الأستيل كولين فتختلط الفسحة بالإنتشار البسيط.

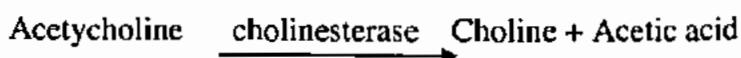
\* يسبب الأستيل كولين زوال الاستقطاب في غشاء الصفيحة النهائية ثم الساركوليما ومن ثم انتقال موجة من جهد الفعل Action potential في الغشاء بسرعة.

\* يعقب جهد الفعل تقلص اللويقات العضلية.

ويعتقد بأن الأستيل كولين يغير نضوجية الساركوليما للأيونات، فتزداد نضوجية الصوديوم وتقل نضوجية البروتاسيوم، و يؤدي دخول أيونات الصوديوم إلى زوال الاستقطاب.

\* عند حصول زوال الاستقطاب حداً معيناً (العتبة) تسير الموجة من جهد الفعل إلى الساركوليما.

\* يزول مفعول الأستيل كولين حالاً بعد كل تحفيز بواسطة إنزيم كولين استيريز Cholinesterase الذي يحلل الأستيل كولين إلى مادة الكولين وحامض الخليك



\* عند عدم زوال الأستيل كولين يبقى الليف العضلي في حالة تقلص.

**كيفية حدوث التقلص العضلي؟**

شملت هذه الدراسة :

1- دراسة التركيب الدقيق للليف العضلي مجهرياً

2- الدراسات الكيميائية - الحيوية

3- تحضير ودراسة نماذج من الألياف العضلية الإصطناعية

**الدراسات الكيميائية الحيوية تشمل :**

**بروتينات الألياف العضلية**

\* تحتوي الألياف العضلية إضافة إلى المواد البروتينية التي تحويها معظم الخلايا الأخرى على بروتينات خاصة بالالياف العضلية وهي:

الميوزين Myosin والاكتين Actin



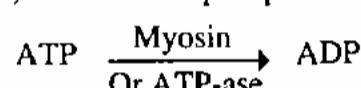
\* عند ضغط العضلة بشدة تخرج منها بروتينات في العصير ومعظمها إنزيمات البروتينات الباقية في الألياف هي الميوسين والأكتين فقط.

تدوب هذه البروتينات في المحاليل الملحية ويمكن إستخلاصها من العضلة بوسطة محلول مخفف من كلوريد البوتاسيوم.

\* يوجد الميوسين في إتحاد مع المغنيسيوم  $Mg^{++}$ .

\* أما الأكتين في يوجد في إتحاد مع الكالسيوم  $Ca^{++}$ . لذلك فإن لهذين الأيونين أهمية في التقلص العضلي.

\* وجد أن جميع ATP في الليف العضلي في إتحاد مع الميوسين وللميوسين قابلية على تحويل ATP إلى ADP أي أن له صفة أنزيمية لذا فقد سمي أيضاً (ATP-ase) Adenosin Triphosphatase



\* يمكن أن يتحد الميوسين مع الأكتين ليكون مركب ذو لزوجة عالية أعلى من كل منهما على حدة ويسمى المركب الناتج :Actomyosin

مركب ذو لزوجة عالية  $\text{Actin} + \text{Myosin} \longrightarrow \text{Actomyosin}$

\* لقد أصبح بالإمكان تحديد موقع الميوسين (الذي يكون خيوط سميكه) والأكتين (الذي يكن خيوط رفيعة) في الليف العضلي بواسطة المجهر الإلكتروني وكذلك إستخلاصها من الليف العضلي (أنظر آلية التقلص العضلي).

إنبعاث الحرارة أثناء التقلص :

\* لا يتم التقلص العضلي إلا بصرف كمية من الطاقة التي تتحول بعد ذلك إلى حرارة تنبعث من العضلة.

\* يمكن قياس كمية الحرارة المتولدة بأجهزة حديثة حساسة مثل المزدوج الحراري - Thermo-couple



\* تبعثر الحرارة أثناء التقلص العضلي بمرحلتين هما :

١- الحرارة الأولية Initial heat وتشمل :

أ) حرارة القصر أو التقلص أو الإنكماش shortening heat

ب) حرارة الإرخاء أو الإنبساط relaxation heat

٢- الحرارة المؤجلة Delayed heat :

أ- حرارة التقلص أو الإنكماش التي ترافق قصر طول العضلة تعتمد على مقدار الإنكمash في العضلة وليس على الشغل الذي ترفعه العضلة. وتعزى حرارة الإنكمash إلى تحول ADP إلى ATP وإنبعاث الطاقة التي تساعد تقلص الألياف العضلية بطريقة غير معروفة. وبما أن حرارة الإنكمash تعتمد على ATP فليس لتوفير الأوكسجين أي أثر على مقدار الحرارة المتبعة.

ب- أما حرارة الإرخاء أو الإنبساط فتنتج من تحول الطاقة الكامنة في العضلة المقلصنة إلى طاقة حرارية عندما يتم الإنبساط.

\* إذن فهذه الظاهرة هي فيزيائية وليس كيميائية كما في حرارة الإنكمash.

\* منع إنبساط العضلة يؤدي إلى عدم إنبعاث الحرارة.

\* تبعثر الحرارة المؤجلة بعد إنتهاء عملية الإرخاء أو الإنبساط.

\* تعزى هذه إلى عملية تمثيل الجلوكوز أو الجلايكوجين وإعادة تكوين المركبات الفوسفاتية ذات الطاقة العالية وخاصة ATP والكرياتين Creatin

\* يعتمد مقدار الحرارة المؤجلة على توفر الأوكسجين حيث أن عدم توفره يؤدي إلى ضائمه أو عدم تولد الحرارة المؤجلة وذلك لأن معظم الطاقة تحرر من المواد الغذائية في المرحلة الهوائية في التنفس.

**مصادر الطاقة اللازمة للتقلص العضلي :**

تحتوي العضلات على: ١% جلايكوجين Glycogen

Creatin phosphate 0.5% فوسفات الكرياتين

(ثالث فوسفات الأدينوسين) ATP% 0.025



- \* يعتبر ATP المصدر الفوري في جميع الأفعال الحيوية.
- \* بما أن ATP يشكل نسبة ضئيلة جداً لذلك فإن فوسفات الكرياتين الموجودة تعتبر الاحتياطي الأول للطاقة الفورية بإعطائنا الطاقة اللازمة لتحويل ADP إلى ATP.
- \* أما الجلايكوجين الذي يشكل النسبة الرئيسية فإنه يتكون باستمرار من الجلوكوز الذي في الدم.
  - \* لذا فإن الكلايكوجين هو المصدر الرئيسي للطاقة الضروري لعملية التقلص.
  - \* تتحرر كمية كبيرة من الطاقة بتمثيل الجلوكوز في عملية التنفس، يستهلك قسم منها لتكوين ATP الذي بدوره يزود الطاقة التي تساعد على تكوين فوسفات الكرياتين.
  - \* عند إنقطاع مصدر الأوكسجين عن العضلة (أو قلة كميته) فإنها تستمر بالتشنج لفترة من الزمن معتمدة على الطاقة من التنفس اللاهوائي.
  - \* في هذه الحالة يتكون حامض البايروفيك Pyruvic acid الذي يتحول بسرعة إلى حامض اللبنيك Lactic acid الذي يتراكم في العضلة ثم يتسرّب إلى الدم.
  - \* أما عند توفر الأوكسجين فإن حامض البايروفيك يمثل في عملية التنفس الهوائي (خلال دورة كربليس) ويتحول إلى  $\text{CO}_2$  وماء وتحرر كمية من الطاقة تساعد على إستمرار عملية التقلص العضلي.
  - \* يحمل الدم معظم حامض اللبنيك إلى الكبد حيث يحول  $5/4$  منه إلى جلايكوجين  $1/5$  منه يحرق إلى  $\text{CO}_2$  و  $\text{H}_2\text{O}$  وطاقة. تستغل هذه الطاقة لتحويل حامض اللبنيك الباقي إلى جلايكوجين.
  - \* يزود الكبد العضلات بالجلوكوز الناتج من تحويل الجلايكوجين المحمول بواسطة الدم.
  - \* يستخدم بالجلوكوز كمصدر للطاقة اللازمة للتقلص العضلي أو يخزن فيها بعد أن يتم تحويله إلى جلايكوجين من جديد.
- عند ممارسة الرياضة العنيفة أو الأعمال الشاقة:-**
  - \* لا يستطيع الدم أن يزود العضلات بالكميات اللازمة من  $\text{O}_2$  لإتمام حرق الجلايكوجين وتحوله إلى  $\text{CO}_2$  و  $\text{H}_2\text{O}$ .



- \* لذلك تجمع كمية كبيرة من حامض اللبنيك في العضلات.
- \* لإتمام حرق هذه الكميات التجمعة من الحامض فهناك حاجة إلى كميات من  $O_2$  لذلك تصاب العضلات بنقص الأوكسجين.
- \* لذلك ينشط جهاز الدوران والتنفس لسد هذا النقص من  $O_2$ .
- \* يتمثل ذلك بزيادة الحركات التنفسية وسرعتها وعمقها وسرعة النبض وضخ دموي قلبي عالي.

\* يستمر هذا لعدة دقائق بعد إنتهاء المجهود.

### **الحركة Locomotion**

تعتمد الحركة التي يؤديها أي عضو من أعضاء الجسم على مواضع منبт وإتصال العضلات التي تحركه، وكذلك على طبيعة الإتصال المفصلي بين العظام الموجودة به، وبين تلك العظام وبقية أجزاء الجسم.

وتترتب العضلات الجسمية عادة بطرق خاصة بحيث تكون مجموعات متضادة الأفعال antagonistic actions فيما بينها. وتصنف العضلات تبعاً لنوع الحركة التي تحدثها كأن تكون مثلاً عضلات مقلصة أو باسطة، ومقربة أو بعيدة، وخافضة أو راقفة أو دواره.

### **أنواع التقلص العضلي Muscle contraction**

هناك نوعان من التقلص العضلي :

أ) التقلص متساوي الطول Isometric contraction. وفيه لا يحدث تغيير في طول العضلة وإنما فقط يزداد الضغط أو التوتر بداخلها، ويحدث مثل هذا التقلص عندما تفشل العضلة في رفع ثقل معين، ففي هذه الحالة لا يكون هناك شغل خارجي بمذول، لأن وزن الجسم يكون أثقل مما تستطيع العضلة تحريكه، ولذا يظل طول العضلة على حاله بينما يرتفع معدل التوتر بداخلها.

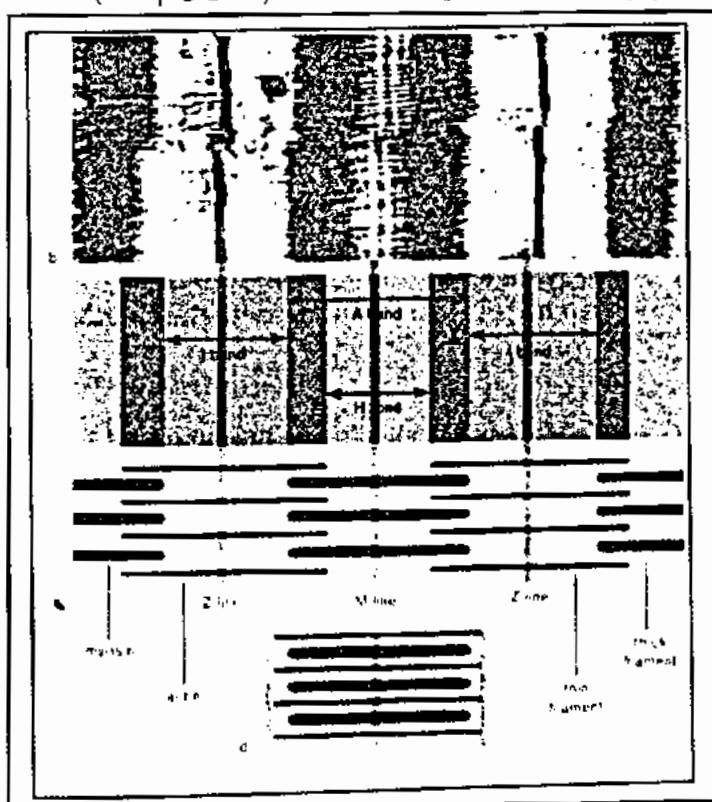
ب) التقلص متساوي التوتر Isotonic contraction: وفيه يحدث تغيير في طول العضلة بينما يبقى الضغط أو التوتر على حاله بداخلها. ويحدث مثل هذا التقلص عندما يكون من الميسر على العضلة رفع ثقل معين.



## آلية التقلص العضلي Mecanism of muscle contraction

هناك عدة نظريات تحاول تفسير آلية التقلص العضلي، إلا أنه لا يوجد من بينها ما هو مقبول قبولاً تاماً من العلماء حتى الآن.

فمن الخصائص المعروفة للالياف العضلية الهيكلية أنها تتميز بوجود أقراص باهتة (مضيئة) وأخرى معتمة بالتبادل. وتعرف المنطقة الباهتة بالمنطقة المتباينة أو شريط (I-band) وذلك لأنها شفافة أو ذات إنكسار ثانوي ضعيف فتسماح بمرور الضوء. أما المنطقة المعتمة فهي لا تسمح بمرور الضوء لأنها ذات إنكسار ثانوي حاد، ولذا تسمى بالمنطقة غير المتباينة أو شريط A (A-band). ويمر في منتصف كل شريط I خط داكن يسمى خط ز (Z-Line). بينما يعبر كل شريط A خط باهت هو المنطقة H (H-Line). ويطلق على الجزء الممتد بين كل خطين Z متابعين القطعة العضلية Sarcomere (شكل رقم 2-4).



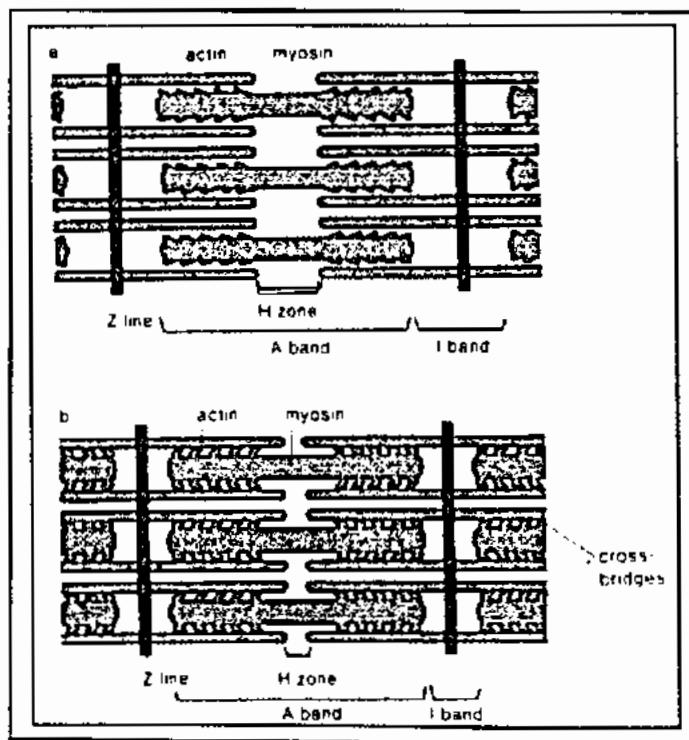
شكل رقم (2-4) مخطط يبين المظهر المجهر لتحطيمات العضلة الارادية

وتكون العضلات من مادتين بروتينيتين هما مادي الأكتين actin والميوسين myosin وليس لأي من هاتين المادتين القدرة على الإنقباض بمفردها، ولكنهما إذا وجدا معاً يتكون منها مركب الأكتوميوسين actomyosin، الذي يتقلص في وجود أيونات البوتاسيوم والادينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP).

وقد لوحظ أنه عند إنقباض الليفة العضلية يقصر شريط I، بينما يظل شريط A ثابتاً. ولفتت هذه الظاهرة نظر العالم هووكلي Huxley منذ عدة سنوات وحفرته على وضع فرضية الخيوط المنزلقة Sliding - filament hypothesis المعروفة لتفسير ميكانيكية التقلص العضلي. وتقتضي هذه الفرضية بأن كل ليف عضلية تحتوي على نوعين من الخيوط، هما:-

- 1) خيوط رفيعة من الأكتين في شريط I وتمتد أيضاً إلى شريط A، ولكن نهايتها لا تقابل مع الجزء المتوسط من شريط I، وإنما تترك فيما بينها مسافة ضيقة تمثل المنطقة H(شكل رقم 3-4).

(2) خيوط سميكة من مادة الميوسين توجد في شريط A فقط.



شكل رقم (3-4)، التقلص في شعيرات العضلة المخططة بموجب فرضية الخيوط المنزلقة



وعند إنقباض القطعة يقل طول الشريط I بينما يظل طول الشريط A ثابتاً وذلك لأن خيوط الأكتين الرفيعة تنزلق مقتربة من بعضها البعض حتى تلتقي في المنطقة H ولذا تختفي هذه المنطقة في العضلة المنقبضية. فإذا إزداد معدل الإنقباض، فإن خيوط الأكتين تستمر في الإنزالق حتى تتدخل مع بعضها البعض، وعندئذ تغدو المنطقة H معتمة. ومن هذا يتضح أنه بالرغم من التقلص العضلي فإن طول الخيوط فيها لا يتغير، فهي تنزلق فقط وتتدخل بين بعضها البعض وتختفي العضلات في إنقباضها لقانون الكل أو لا شيء All or none law مما يعني أن العضلة إما أن تنقبض بكمال قوتها ولا تقصى درجة ممكناً، أو لا تنقبض على الإطلاق.

### **المظاهر الآلية للتقلص العضلي :**

#### **Mechanical Aspects of Muscular Contraction**

ستتناول هنا الظواهر الفيزيائية للعضلات التي ترافق التقلص العضلي كما هو مستمد من التجارب وبخاصة التبدلات في طول العضلة ودرجة توترها وسرعة تقلصها وبنوعيتها. ولما كانت وظيفة العضلات توليد قوة أو تأدية شغل بالإنكماش مقابل قوة كما يحدث عندما نرفع أشياء أو نضغط عليها لذلك تبقى دائماً خاضعة للجهاز العصبي الذي يتحكم بنوعية ودرجة التقلص.

أما الوظيفة الثانية فهي ثانوية وتنحصر على توليد الحرارة للجسم. فعند إجراء التجارب على العضلات، يضطر الباحث إلى إستئصالها من جسم الحيوان مع العصب المتصل بها، وهذا ما نسميه التحضير العصبي- العضلي Nerve- Muscle preparation مثل تحضير العصب الوركي- العضلة السمانية Sciatic- Gastrocnemius preparation في الضفدع. ولإبقاء التحضير حياً يعمل بشكل طبيعي، يحفظ عادة في محلول فسيولوجي مناسب من حيث الضغط الأوزموزي Osmotic Pressure والتركيب الأيوني. وقد استعملت عضلات الضفدع لسهولة شريحها وإزالتها من الجسم، وعدم حاجتها إلى مصدر للطاقة لاحتراها على الجلايكوجين، وعدم ضرورة التقييد بدرجة الحرارة. وتحصل عضلات الضفدع على حاجتها من الأوكسجين من السائل الفسيولوجي رغم قلته، إلا أنه كاف بالنظر لانخفاض

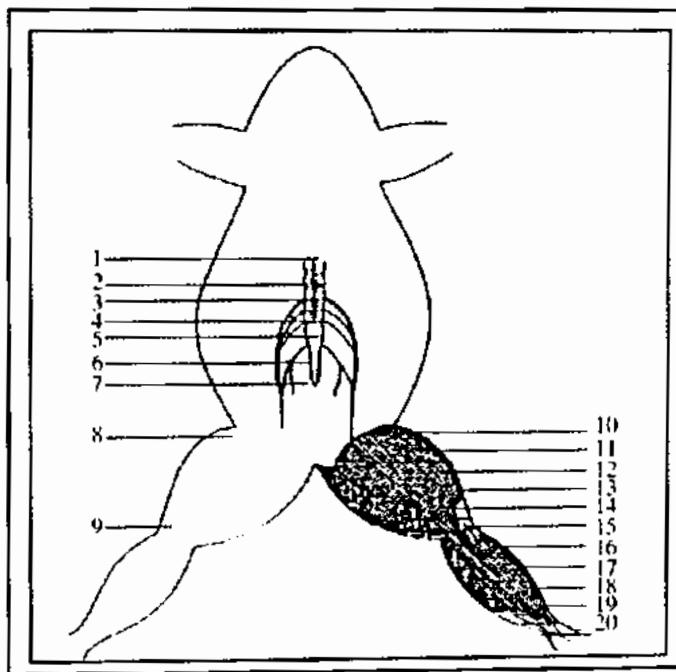


معدل الأيض في هذه العضلات. أما التعامل مع عضلات اللسان فيتطلب مدها بمصدر للطاقة كما هو الحال عند إجراء التجارب على عضلات الأمعاء في الأرنب. وهنا يجب أن تحفظ محلول فسيولوجي مشبع بالأوكسجين وإلا تعرضت إلى الموت بسبب النقص الحاد في الأوكسجين (شكل رقم 4-4).

ولأغراض التنبية يستخدم جهاز كهربائي يولد رجات قصيرة منفردة أو مكررة أو تستخدم وسائل تنبية أخرى حسب طبيعة التجربة. وهذه قد تكون آلية أو حرارية أو كيميائية (مثل كلوريد البوتاسيوم أو الأستيل كولين والإبرينالين أو الكافيين).

ويعد التنبية الكهربائي أنسابها لسهولة تقنيته والسيطرة عليه. تتبه العضلات تنبيناً مباشرةً بوضع أقطاب أو مساري Electrodes المنبه الكهربائي على سطحها مع الاحتياط لمنع إنتقال التنبية عبر الملنقي العصبي - العضلي وذلك بإستخدام مواد مثبطة مثل دي تيوب كيرارين d-tube curarine أو أن تتبه بصورة غير مباشرة عن طريق أعصابها. ويفضل أن تكون أقطاب التنبية مصنوعة من أسلاك الفضة المغطاة بطبقة من كلوريد الفضة، ولا ينصح بإستعمال أسلاك النحاس مطلقاً لأنها تولد أيونات النحاس ( $Cu^{++}_2$ ) السامة.

تحدث عملية التقلص بسرعة فائقة في حالة العضلة السمانية للضدفدع تستغرق النفخة (تقلص وإرتخاء) ما يقارب عشر الثانية. لذلك تسجيل التبدلات الآلية Mechanical Chang es بواسطة أجهزة حساسة تتكون من عةلة تتصل العضلة بطرف منها ويسجل الطرف الحر التبدلات في طول أو توتر العضلة، على هيئة رسوم بيانية على ورق متحرك. وأكثر هذه الأجهزة إستعمالاً هو الكيموجراف Kymograph (شكل رقم 5-4). وقد تحسنت طرق التسجيل بإستخدام محولات آلية Mechanical Transducers تقوم بتحويل التبدلات الآلية إلى إشارات كهربائية يمكن مشاهتها على شاشة المخطط الذبذبي، مثل معيار الإجهاد السليكوني Silicon Strain Guage الذي تتبدل مقاومته الكهربائية نتيجة تغيرات طفيفة في طوله.



شكل رقم (4-4)

**تحضير المضلة والعصب لدراسة منحنى إنقباض العضلة الهيكلية في الضفدع**

- 1- الحبل الشوكي داخل العمود الفقري
- 2- العصب الشوكي السابع
- 3- العصب الشوكي الثامن
- 4- العصب الشوكي التاسع
- 5- العصب الشوكي العاشر (العصعصي)
- 6- الخفيرة العجزية
- 7- العصب الوركي
- 8- الفخذ
- 9- الساق
- 10- المنسنة الأننسية
- 11- المتربة الطويلة
- 12- الخباطية (الشريطية)
- 13- المتربة الكبيرة
- 14- الرقيقة
- 15- مفصل الركبة
- 16- القصبية الأمامية
- 17- الباسطة الساقية الخلفية
- 18- القصبية الخلفية
- 19- الساقية البطينية (السمانية)
- 20- وتر أخيليس

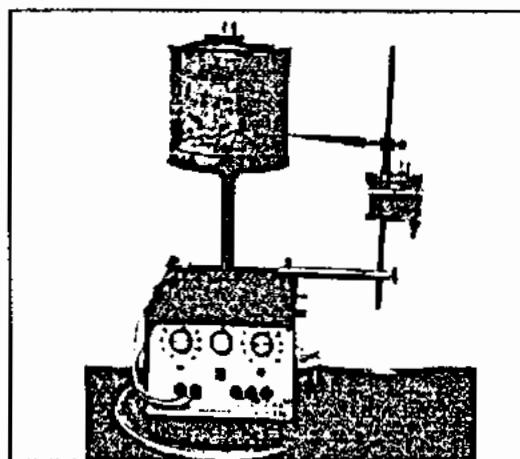
## العلاقة بين النبض والاستجابة :

### أولاً: النفضة العضلية البسيطة Simple Muscle Twitch

تحدث النفضة إستجابة إلى رجة كهربائية مناسبة ومنفردة حيث أنها تمر بثلاثة مراحل مختلفة هي:

#### أ- فترة الكمون Latent Period

تستغرق هذه الفترة في التسجيلات التقليدية بواسطة الكيموجراف 10 ملي ثانية ولكنها لا تتجاوز 0.4 ملي ثانية بقياسات أكثر حساسية توفرها الأجهزة الحديثة. وتمثل هذه الفترة الزمن المستغرق لانتقال التنبية عبر المترقي العصبي - العضلي وإنتشار جهد فعل وتحرير أيونات الكالسيوم وفق آلية الإزدواج التهيجي التقليسي.



شكل (5-4)

جهاز دراسة متعدد إنقباض العضلات المخاطلة والعضلات القلبية (الكيموجراف Kymograph)

#### ب- طور التقلص Contraction Phase

يدوم هذا الطور المدرس للتقلص الفعلي 40 ملي ثانية في عضلة الضفدع ويتزامن معه حدوث إنكماش أو زيادة توتر العضلة وفق الآليات التي تم شرحها في نظرية الإنزلاق الخيطي (أو فرضية الخيوط المنزلقة).



### جــ طور الإرخاء Relaxation Phase

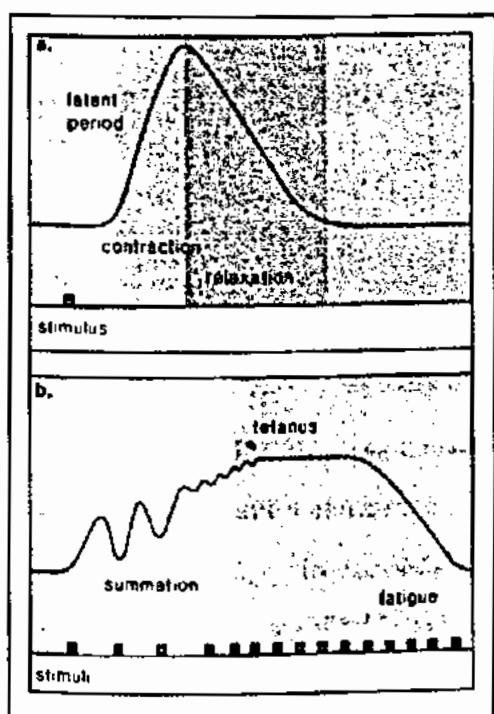
يدوم طور الإرخاء حوالي 50 ملي ثانية، تعود خلالها العضلة إلى طولها أو توترها عندما كانت مسترخة. ويرجع سبب الإرخاء إلى عاملين أساسيين هما وجود  $Mg^{2+}$ -ATP الذي يفك ارتباط الجسور العرضية بخيط الأكتين وإنخفاض تركيز  $Ca^{2+}$  إلى مستوى يمنع عودة الجسور العرضية للارتباط بخيط الأكتين.

لقد تبين من دراسات مقارنة أن المساق الزمني Time course للنفضة يعتمد على نوعية العضلة وفي نفس العضلة على درجة الحرارة أسوأ بالعمليات الحيوية الأخرى. فزيادة  $10^{\circ}M$  تضاعف السرعة على أقل تقدير. في العضلة الشريطية Sartorius للضفدع بدرجة صفر مئوي تكون مدة النفضة ضعف مدتها بدرجة  $10^{\circ}M$ . وإن نفضة عضلة الأخمص في الجرذ أسرع بكثير من نفضة العضلة الشريطية للضفدع (شكل رقم 6-4). وسيق جهد الفعل التغيرات في التوتر وعند نهايته تبدأ العضلة بالتتوتر حيث يحدث ذلك في فترة الكمون. كما يلاحظ أن بداية منحنى التوتر يشير إلى حدوث إرخاء العضلة وبعدها يتم التغلب على الزوجة الداخلية للعضلة وعلى عطالتها وأنقالها إن كانت محملة بتوتر العضلة. وكلما زيدت أثقال العضلة لاحظنا ثلاثة تبدلاته هي:-

أــ زيادة فترة الكمون قبل أن تبدأ العضلة برفع الثقل.

بــ إنخفاض مقدار الإنكمash.

جــ إنخفاض السرعة القصوى للإنكمash.



شكل رقم (6-4)  
متحننات إنقباض العضلة

### ثانياً: التقلص متساوي التوتر Isotonic والتقلص متساوي الطول :

عند الحديث عن التقلص العضلي يؤكد عادة على والتي إنكمash العضلة وزياده التوتر فيها وهذه حالة خاصة تجمع بين نوعين من التقلصات يطلق على النوع الأول بالتقلص متساوي التوتر Isotonic وفيه تنكمش العضلة دون أن يطرأ أي تغير على توترها سواء كانت محملة أو غير محملة على أن يراعى في الأنقال أن لا تكون مانعة للإنكمash. والنوع الثاني هو التقلصات المتساوية الطول Isometric وفيها يثبت طرفا العضلة لمنعها من الإنكمash. وكل الذي يحدث عند تنبية العضلة حصول زيادة ملحوظة في توترها.

ومن تجارب أخرى أكثر حداثة يتضح أن تثبيت العضلة لأغراض التقلص متساوي الطول لا يمنع حصول الإنكمash الداخلي في عناصرها المقلصية والذي يبلغ 30% من طول العضلة، لكنه يعوض بتمديد العناصر المرنة في العضلة وينفس المقدار. وفي التقلصات المتساوية التوتر التي يكون فيها الثقل مستندًا على قاعدة قبل تنبية العضلة تقضي العضلة وقتاً أطول حيث تقلص فيه تقلصات متساوية الطول كلما زاد وزن الثقل. وفي أجسامنا تحدث تقلصات متساوية في التوتر أو الطول بنسب متفاوتة حسب المهمة التي تنفذها العضلة. فالتشكلات المتساوية الطول تحافظ في الإنسان على إنتصاب الجسم ومقاومة الجاذبية عن طريق منعكسات وضعية Postural Reflexes وتشمل عضلات الجهة الخلفية للرقبة وعضلات الظهر وعضلات الأطراف السفلية الباسطة. أما الحركات الأخرى كالمشي والجري فتتم من خلال تقلصات من النوع المتساوي التوتر.

### ثالثاً: حالة تدرج التقلص العضلي Stair case

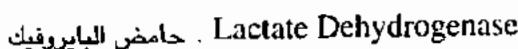
يتآلف العصب الذي يجهز العضلات الهيكالية من الألياف محركه وألياف حسية وبأعداد متساوية تقربياً. وتقع أجسام العصبونات المحركة في القرن الأمامي من المادة السنجمائية، في الجبل الشوكي. ولما كانت الألياف العضلية تفوق كثيراً عدد العصبونات المحركة فإن العصبون الواحدة تتصل عن طريق فروعها بعدد من الألياف العضلية يبلغ 200 ليف في العضلات الكبيرة و 5 فقط في العضلة الصغيرة المحركة للمقلة وتسمى المنظومة التي تشمل العصبونات المحركة والألياف العضلية التي تجهزها بالوحدة الحركية Motor unit. وكلما كانت الوحدة الحركية صغيرة كلما كان عمل العضلة دقيقاً بالمقارنة مع العضلات الكبيرة. هذا ويحدد الطرح Output العصبي للعصبونات المحركة قوة تقلص العضلة وقوتها الحركية الإرادية. وفي



النشاطات الإعتيادية تتناوب الوحدات الحركية في عملها وتؤدي بذلك عملاً دون إعياء. ومتى صارت الأعمال المطلوبة أكثر إجهاداً زيد عدد الوحدات العاملة. عندما يكون الطرح العصبي للعصبونات المحركة بطيناً بحدود 5-10% نبضة في الثانية نحصل على نفخات بسيطة منفردة وبين نفس التردد. وبزيادة الطرح إلى 10-30% نبضة في الثانية نحصل على إلتحام غير كامل بين النفخات نتيجة للجمع العضلي Summation يرافقه إرتفاع ملحوظ في التوتر ويظهر التقلص على هيئة رعشة مرکبة تدعى بالرمح Clonus. وإذا ما بلغ تردد الطرح 200-50% نبضة في الثانية تستجيب العضلة بتقلص مستمر أقوى من الرمح العضلي يعرف بالتكلز Tetanus. مما تقدم نخلص إلى أن عمل العضلات في الجسم لتأدية وظائفها لا يتم بهيئة تقلصات منفردة وإنما من خلال تقلصات مستمرة تدوم من بضع ثوان إلى ساعات ناجمة عن طرح عصبي كثيف يشترك فيه عدد كبير من الوحدات الحركية وبلغ الطرح 200 سائلة في الثانية عند تنفيذ الحركات الإرادية.

### العجز الأوكسجيني Oxygen Debt

عندما تحصل العضلات النشطة على كمية من الأوكسجين تقل عن حاجتها لصنع ATP في دورة كربس والسلسلة التنفسية فإن حامض البايروفيك يختزل إلى حامض اللبني وفي حالة الاستمرار على هذه الصورة من نقص الأوكسجين يتراكم الحامض اللبني ويزداد تركيزه في العضلات. وتدعى ظاهرة اللجوء إلى الأيض اللاهواني وترابع الحامض اللبني بالعجز الأوكسجيني. لأن هذا الحامض يحتاج إلى كميات وفيرة من الأوكسجين لإكمال أكسدته إلى ماء وثاني أوكسيد الكاربون أو لتحوله إلى جلايكوجين. فعند توقف العضلات عن نشاطها العنف يستمر التنفس العميق والدوران السريع لبعض الوقت لتسديد الدين وتغطية العجز بتوفير الكميات المطلوبة من الأوكسجين وتحول الطاقة المخزونة في الحامض اللبني إلى الحامض البايروفي عند توفر الأوكسجين كخطوة أولى لتحويلها من خلال عمليات الأيض الهوائية Aerobic Metabolism إلى ATP كما في التفاعل الآتي:



ومن الوسائل المساعدة في تزويد العضلات بالأوكسجين إحتوانها على المايكلوبين-Myo-globin، وهو بروتين يحتوي على الحديد ويشبه الهيموغلوبين ويكسب العضلة لونها الوردي. وللمايكلوبين القابلية على توفير إحتياطي من الأوكسجين في الحيوانات البرية، خاصة عند إنقطاع الدوران عن العضلات التي تتقلص تقلصاً متساوياً طولياً. وأهمية هذه المادة كبيرة أيضاً في الحيوانات المائية مثل الحيتان التي يتعرض فيها الدوران المحيطي إلى الإنقطاع بفترات طويلة فعندئذ يقوم المايكلوبين الموجود في عضلاتها بغزاره بعد تلك العضلات بحاجتها من الأوكسجين.

### Fatiq التعب

يلاحظ تعب العضلات في التجارب العملية عند تنبيه عضلات مستأصلة من جسم الحيوان بفواصل زمنية لا تسمح بحدوث التكزز فتتوقف العضلة عن الإستجابة أو ينخفض إرتفاع النفخة. ويحدث التعب أيضاً عند زيادة تردد الم Vibes و تعرض العضلة إلى التكزز واستمراره بفترة من الزمن. وقد أكدت تجارب أجريت على عضلات الرجل في الارنب والضفدع دور الطرح العصبي في التعب، فهذه العضلات قادرة على التقلص مدةً طويلة تبلغ بضع ساعات طالما كان تردد الم Vibes منخفضاً بحدود منه في كل ثانية. ويدب التعب عند زيادة التردد. ودرجة الحرارة عامل آخر فحالة التعب تتعجل في عضلات الضفدع في درجات الحرارة دون  $20^{\circ}\text{C}$  وتقاوم في درجات الحرارة التي تفوق  $20^{\circ}\text{C}$ ، وبعد الشد عاملاً آخر مولاً للتعب فكلما زادت الأيقال التي تحمل بها العضلات وهي تتقلص زاد إحتمال نشوء التعب. وفي كل التجارب التي تجرى على عضلات فقدت موردها الدموي السليم بإستئصالها من جسم الحيوان، يمكن أن يكون لترابك الفضلات والحامض اللبناني ونقص الأوكسجين واستنفاد العضلات لخزينها من الطاقة دورها في حصول تعب العضلات. وقد وجد أيضاً أن لأيونات الكالسيوم أثراً إيجابياً في تأخير بدء التعب مما جعل البعض يعتقد أن سبب تعب العضلات هو خلل في الإزدواج التهيجي - التقلصي.

ويقدر تعلق الأمر بتعب عضلات أجسامنا فإن المعلومات غير كافية لإعطاء تفسير مقنع كما ان بعضها يؤكّد أهمية الدوران في منع التعب أو التغلب عليه من خلال الراحة. فعند قطع الدوران عن طرف أصابع الإعفاء نراه لا يسترجع قوته إلا بعد إستئصال الدوران فيه. وقطع الدوران عن ذراع شخص لدقائقين يجعله غير قادر على الكتابة إلا بصعوبة، ولو استمر



القطع لحقيقة أخرى لقد القدرة على الكتابة بالمرة. وإذا إقتنعنا أن الأعصاب بقيت في هذه التجارب سليمة فذلك يقودنا إلى الإعتقاد بأن موطن التعب هو العضلات لولا أن الشخص المنهك والذي لا يستطيع الحراك لا يظهر ضعفاً في إستجابة أعصابه أو عضلاته عندما تتبه كهربائياً في مواضعها مما يجعلنا نتجه إلى الدماغ بوصفه موقعاً للتعب العضلي.

# 5

الفصل الخامس

فسيولوجيا جهاز الدوران

*Physiology of Circulation*

Blood الدم

Heart القلب



## الجهاز الوعائي القلبي Cardiovascular system

أو جهاز الدوران The Circulatory system.

أو الجهاز الناقل Transport system.

وهو جهاز النقل الرئيسي في الجسم.

لقد وصف الطبيب العربي ابن النفيس منذ عام 1268 م دوران الدم ومروره خلال الرئتين ودرس نفس هذا الموضوع العالم مايكل سرفينتوس عام 1553 م.

وفي عام 1628 م نشر ويليام هارفي كتابه المسمى عمل القلب الذي يبين فيه على أن الدم يدور في الجسم في الأوعية الدموية ويقوم القلب بضخ الدم الذي يستلمه من الأوردة إلى الشرايين ولكنه لم يستطع وصف كيفية الاتصال بين الشرايين والأوردة حيث لم يستطع معرفة الشعيرات الدموية التي لم تكن رؤيتها ممكنة في ذلك الوقت لعدم اكتشاف المجهر.

وفي عام 1661 م تم اكتشاف الشعيرات الدموية Blood capillaries بواسطة المجهر قبل العالم مالبيجي Malpighi.

### الدورة الدموية :

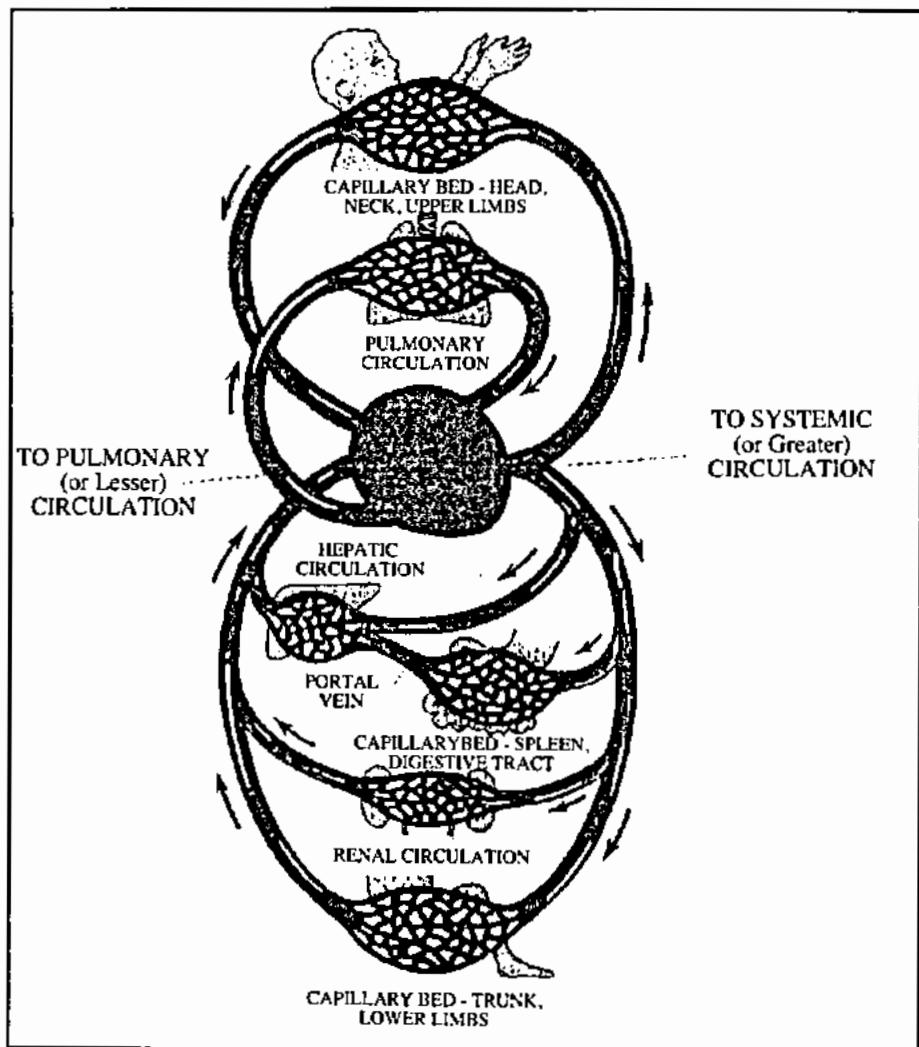
يلغى جهاز الدوران أعلى درجات التكامل في الحيوانات الفقرية ولكنه غير موجود في عدد كبير في شعب المملكة الحيوانية مثل الإبتدائيات والإسفنجيات والديدان المسطحة والخيطية، ولكنه جيد التكوين في الديدان الحلقة والنواعم والمفصليات.

### جهاز الدوران المغلق : Closed circulatory system

وهو جهاز الدوران في الديدان الحلقة والفقريات ومنها الإنسان (شكل رقم 5 - 1).

تنفصل الأوعية الدموية الرئيسية في هذا الجهاز بعد تفرعها في الجسم بأوعية دموية أخرى بواسطة الشعيرات الدموية.

لا يحتوي هذا الجهاز في الديدان الحلقة على القلب ولكنه يعرض عنه بالحركة الدورانية Peristalsis في جدران الأوعية الدموية الرئيسية وكذلك وجود الصمامات Valves التي تساعد على سير الدم باتجاه واحد فقط.



شكل رقم (1 - 5)

الدورة الدموية العامة في جهاز الدوران.

- 1- الدورة الجهازية (او الكبري).
- 2- الدورة الرئوية (او الصغرى).



## جهاز الدوران المفتوح : Open circulatory system

هو جهاز الدوران في النوع والتفاصيل. في هذا الجهاز لا تتصل الشريانين بالأوردة بواسطة الشعيرات الدموية وإنما تصب الشريانين في تجاويف بين الأنسجة تدعى الجيوب - Si-nuses التي تحتوي على الجدران الخلوية أو الفجوات Lacunae الخالية من الجدران وفي الأخيرة لا يفصل الدم عن خلايا الجسم سوى أغشية الخلايا نفسها.

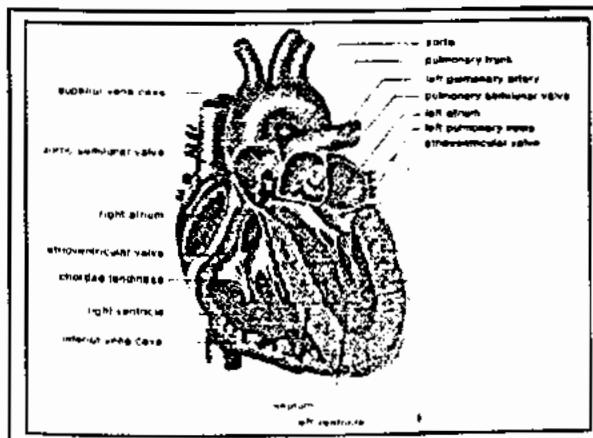
**جهاز الدوران :** ويكون من :

- 1- القلب والأوعية الدموية والدم.
- 2- الأوعية اللمفاوية واللمف.

أما الغرض من وجود جهاز الدوران فهو :

- 1- إيصال المواد الغذائية والأوكسجين والهرمونات وغيرها من المواد الكيميائية الضرورية إلى أنسجة الجسم المختلفة للاستفادة منها في التمثيل الغذائي.
- 2- نقل الفضلات إلى الأعضاء لغرض طرحها إلى الخارج والتخلص منها مثل غاز ثاني أوكسيد الكربون عن طريق الرئتين والبول وعدد من الفضلات عن طريق الكليتان.

**القلب :** Heart



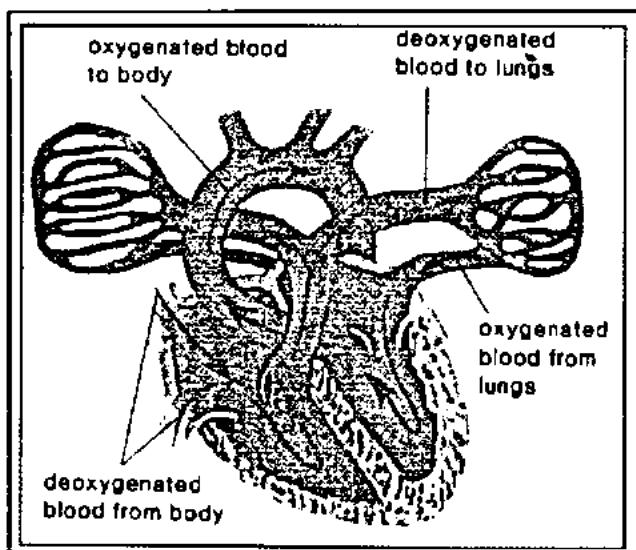
شكل رقم (5 - 12)  
القلب في الإنسان بمثابة مضخة مزدوجة

يعتبر قلب الإنسان وبقية الفقرات  
(عدا الأسماك) بمثابة مضخة مزدوجة  
(شكل رقم 5 - 12).

\* الجزء الأيسر يستلم الدم المؤكسج  
من الرئتين ويضخه خلال الشريانين  
إلى أنحاء الجسم المختلفة.

\* الجزء الأيمن يستلم الدم المثقل بـ  
 $\text{CO}_2$  من الجسم ويضخه إلى  
الرئتين لكي يتخلص من هذا الغاز  
ويتزود بكمية من الأوكسجين. لقلوب

الفقريات ومعظم اللافقريات القابلية على النبض الذاتي لذلك تسمى قلوب عضلية المنشأ Myogenic Hearts لأن قابليتها على التقلص تكمن في عضلاتها. يتألف قلب الفقريات (عدا الأسماك والبرمائيات) من أربعة تجاويف هي (شكل رقم 5-2ب)



شكل رقم (5 - 2 ب)

تجاوزيف القلب، الدم المار خلال الأذين الأيمن يحتوي على دم غير مؤكسج (غامق اللون)، بينما الدم المار خلال الأذين الأيسر يحتوي على دم مؤكسج (احمر قاني اللون).

\* الأنبيان Atria ومفردها Auricle أو أسمان أيمن وأيسن.

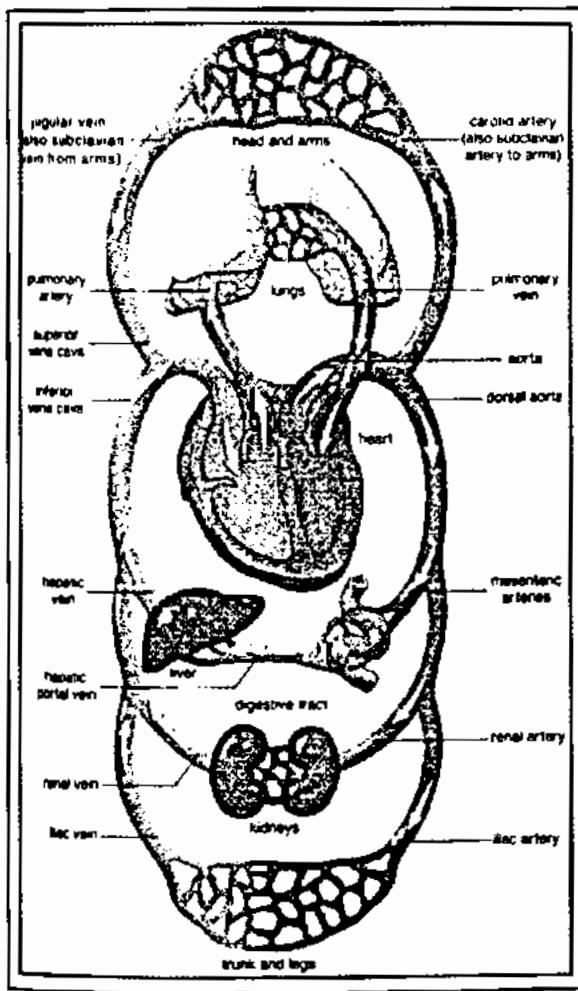
\* البطينان Ventricles وهما أيمن وأيسن.

يقوم الأنبيان بالتشد والتقلص والانبساط في وقت واحد كما يقوم البطينان بالتشد والتقلص والانبساط سوية ولكن بالتعاقب مع الأذينين.

أما قلب الأسماك فيتألف من أذين واحد يتسلمه الدم من أنحاء الجسم المختلفة وبطين واحد يقوم بضخه إلى الغلاصم (لتزود بالأوكسجين والتخلص من CO<sub>2</sub>) ثم إلى أنحاء الجسم.

\* لقلوب بعض اللافقريات خاصية عدم التقلص إلا تحت تأثير الإيميلات العصبية لذلك فإنها تسمى قلوب عصبية المنشأ Nenrogenic Hearts، كما في سرطان الملوك King crab أو

.Limulus



شكل رقم (٥ - ١٣)

مخطط للدورة الدموية، لاحظ الصمامات القلبية.

الرئيسيّة المتصلة به هناك عدد من الصمامات (شكل رقم ٥ - ١٣ و ب) وهي :

الصمامات الأذينية البطينية Atria - ventricular valves التي تفصل الأذنين عن البطينين الذي تحته، والصمامات الشبه هلالية Semilunar valves التي في بداية كل من الأبهري والشريان الرئوي، يتَّألف الصمام الأذيني - البطيني اليمين Right Atria - Ventricular valve من ثلاثة صفائح لذلك فإنه يسمى بالصمام الثلاثي الصفائح Tricuspid valve.

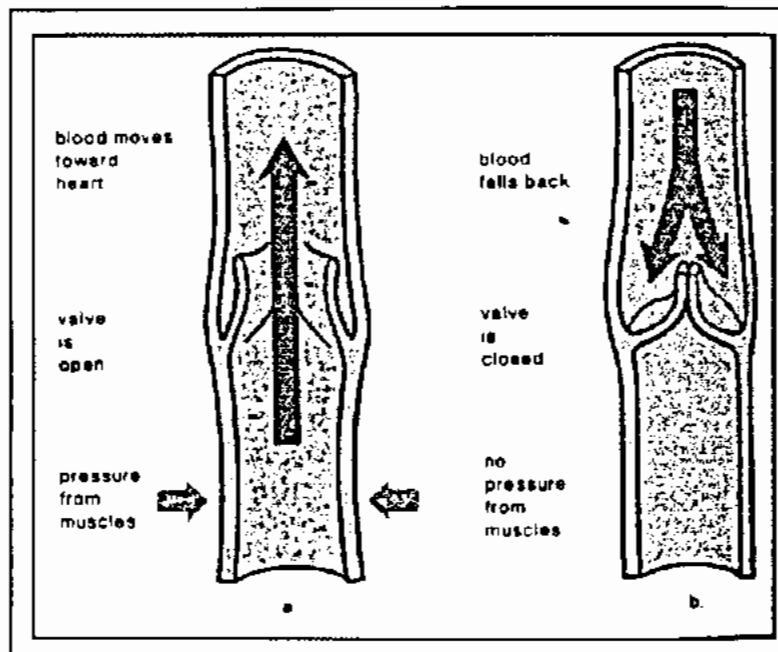
\* في القلوب عضليّة المنشأ تقوم الأعصاب المتصلة بالقلب بتحوير سرعة وقوّة النبض تحت الظروف المختلفة.

\* التحفيز الودي Sympathetic يحدث عند الانفعال أو ممارسة الرياضة فيزيد النبض سرعة وقوّة.

\* التحفيز نظير الودي Parasympathetic يبطئ القلب وقد يوقفه أحياناً وتسمى مثل هذه الحالة الغشية التائية Vagal syncope.

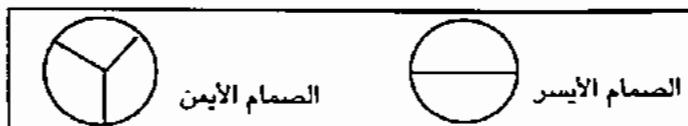
يعلم القلب بصورة طبيعية كمضخة Pump يجب أن تتنقلص وتتبسط تجاويفه الأربع بانتظام تام لأن أي ارباك في عملها يعرقل الدورة الدموية الطبيعية وينتج عنها مضاعفات صحية خطيرة.

يسير الدم بانتظام بين التجاويف الأربع وكذلك بين القلب والأوعية الدموية



شكل رقم (5 - 3 ب)  
الصمامات القلبية وكيفية عملها

أما الصمام الأذيني- البطيني الأيسر Left Atria- ventricular valve فيختلف من صفيحتين فقط ويسمى بالصمام الثنائي الصنفان Bicuspid valve أو الصمام التاجي Mitral valve.



تتحصل حافات صنفان الصمامات بعدد من الحبال الرفيعة القوية والمسماة بالحبال الوتيرية Chordae tendinae والتي تتحصل نهاياتها الأخرى بتنواث عضلية تقع على السطح الداخلي للبطين تسمى العضلات الليبية Papillary muscles.

أن وظيفة الحبال الوتيرية والعضلات الليبية هي منع دخول حافات الصنفان المكونة للصمامات الأذينية - البطينية في الأذين إثناء تقلص البطين.

يتم افتتاح الصمامات والذي يتم بتباعد حافات الصنفان عن بعضها نتيجة زيادة الضغط في الأذينين مما هو في البطينين خلال فترة معينة من النبض. لذلك فإن وظيفة الصمامات



الأذينية - البطينية هي غلق الفتحة الكائنة بين الأذين والبطين ومنع رجوع الدم من البطين إلى الأذين أثناء تقلص البطين.

أما وظيفة الصمامات الشبه هلامية فهي منع رجوع الدم من الشريان الأبهر Aorta إلى البطين الأيسر، وكذلك من الشريان الرئوي Pulmonary Artery إلى البطين الأيمن أثناء انبساط البطينين وانخفاض الضغط دون الضغط المرجود في الشريانين.

### **الجهاز الناقل لنبض القلب Conducting system**

#### **منشأ وانتقال نبض القلب Origin & conduction**

تسمى التقلصات الإيقاعية Rhythmic contractions للقلب بالنبض Beat.

ويرزود قلب اللبناني (ومنها الإنسان) بمجموعة من الأنسجة المتحورة المخصصة لنقل النبض تكون أكثر انتشاراً وتعقيداً مما هو في بقية الحيوانات مثل الضفدع.

يبدأ النبض في كتلة من الأنسجة المتحورة تقع في الأذين الأيمن Right atrium تدعى بالعقدة الكيسية الأذينية Sino - Atrial node ويرمز لها S - A node (شكل رقم 5 - 14 وب).

وهذه العقدة هي منظم الخطى Pacemaker في القلب وتتألف من ألياف عضلية متحورة لها القابلية على زوال الاستقطاب في أغشيتها بصورة ذاتية رتيبة. ويدعى زوال الاستقطاب هذا بجهد المنظم Pacemaker potential.

تنقل موجة التقلص من العقدة الكيسية الأذينية خلال عضلات جدران الأذينين Both Atria إلى كتلة من الأنسجة المتحورة الواقعة في أعلى البطين الأيمن تدعى العقدة البطينية Atrio - ventricular node ويرمز لها A - V node.

تمتد من هذه العقدة إلى الجدار الفاصل بين البطينين حزمة من الألياف العضلية المتحورة التي تسمى حزمة هيس Bundle of His التي تتفرع إلى ثلاثة فروع رئيسية هي :

1- الفرع البطيني الأيمن Right Ventricul branch.

2- الفرع البطيني الأيسر Left Ventricul branch.

3- الفرع العلوي Superior branch.

وكل فرع من هذه يتشعب إلى عدد كبير من الألياف التي تمتد في جدران البطينين تدعى **Purkinje fibers**.

إن أي ثلث يصيب أحد التراكيب المذكورة يؤدي إلى اضطراب في نبض القلب ويتميز باختلال الانسجام في تقلص وانبساط تجاويف القلب الأربع.

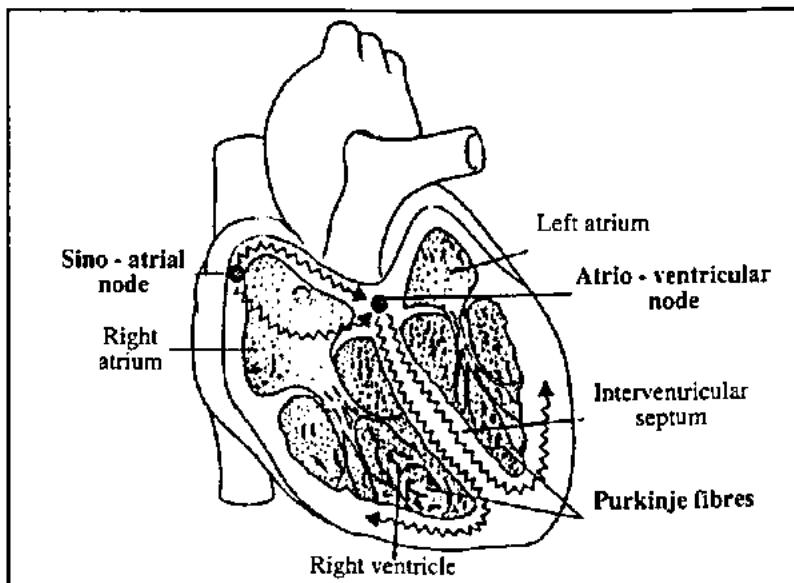
كما أن نبض القلب لا ينتقل من الأذنين إلى البطين مباشرةً بواسطة العضلات القلبية العادي.

**الحوادث الكهربائية المرافقة لنبض القلب:**

النبض هو تقلص وانبساط في الجدران العضلية للقلب. يسبق التقلص تغير في الجهد الكهربائي على جانبي أغشية الألياف العضلية. تسرى موجة التقلص العضلي من العقدة الكيسية الأذينية S - A node إلى قمة القلب بعد أن تكون قد سبقتها ببعض ملي ثانية موجة من الجهد الكهربائي بنفس الاتجاه حيث تكون الأنسجة المتقلصة سالبة أكثر من الأنسجة التي لم تقلص بعد، أما عند انبساط المناطق المتقلصة مرة ثانية فإنها تكون موجبة.

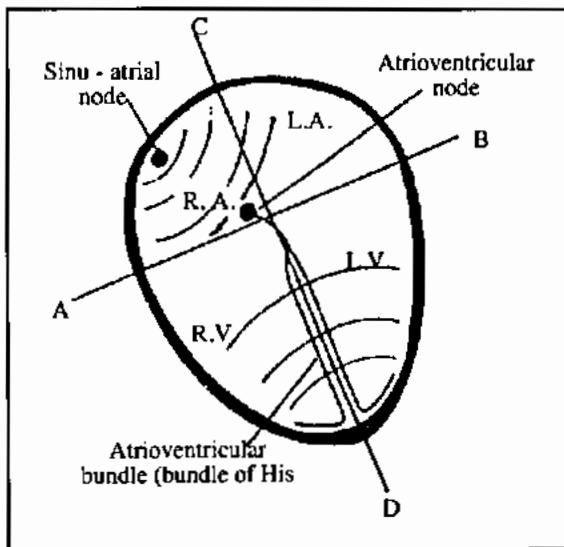
**لذلك يمكن اعتبار النبض من الناحية الكهربائية :**

موجة من زوال الاستقطاب Depolarization أثناء الانقباض (التقلص) (-)  
تعقبها موجة من عودة الاستقطاب Repolarization أثناء الانبساط (+)



شكل رقم (14 - 5)

نشوء وانتقال نبض القلب بواسطة الجهاز الشالل.



شكل رقم (5 - 4 ب)  
كيفية انتقال النبض خلال تجاويف القلب.

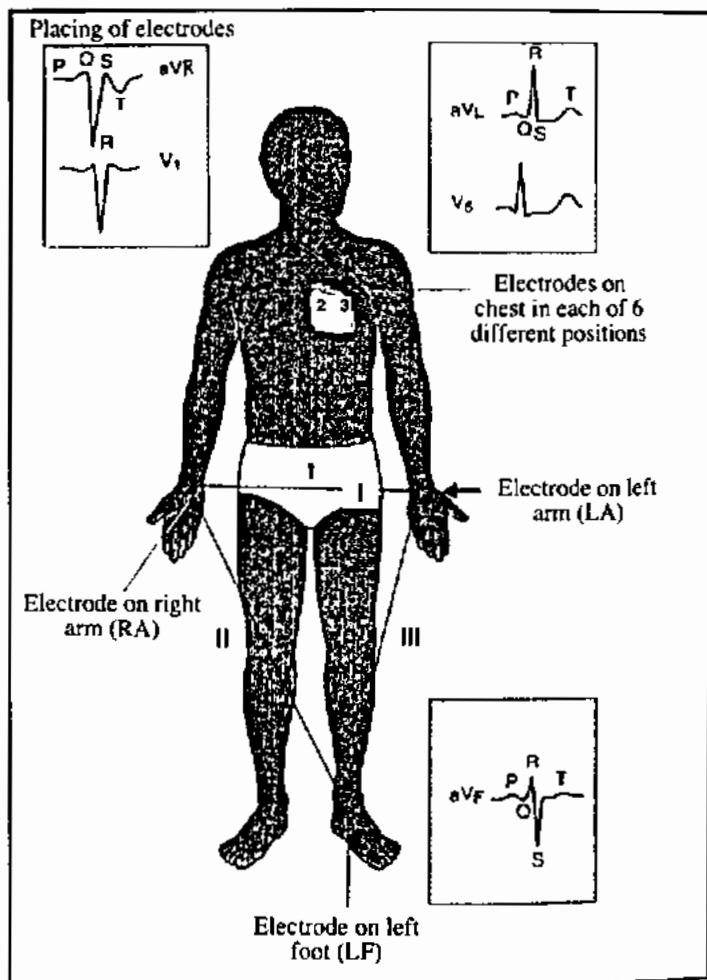
### التسجيل القلبي الكهربائي (E.C. G) Electrocardiogram

بالإمكان تسجيل موجة التغير الكهربائي في العضلات القلبية وذلك :

\* بوضعقطبي التسجيل على القلب مباشرة ثم ربطها بجهاز حساس لقياس فرق الجهد الكهربائي مثل جهاز الكلفانوميتر Galvanometer.

\* في الإنسان توضع أقطاب التسجيل على سطح الجسم (شكل رقم 5 - 5) يربطقطبان إما بالذراعين I، أو بالذراع اليمنى أو الساق اليسرى Lead II أو بالذراع اليسرى والساقي اليسرى Lead III تسمى طرق الربط هذه بمثلث إينتهوفن Einthoven Triangle

هناك نوع آخر من الربط يوضع بموجبه أحدقطبين على مناطق مختلفة من الصدر ويربطقطب الآخر بثلاث من الأطراف.



شكل رقم (٥-٥)

كيفية وضع الأقطاب والتحطيط  
الحاصل من كل قطب مختلف.

ينتقل التبديل الكهربائي المرافق للنبض إلى سطح الجسم لأن السوائل الجسمية والأنسجة  
جيدة التوصيل للكهربائية.

أن مقدار فرق الجهد المنتقل إلى جنبي الجسم ضئيل لا يمكن تسجيله إلا بواسطة جهاز  
حساس جداً يدعى جهاز تحطيط القلب الكهربائي *Electrocardiograph*.

يعود الفرق في الجهد الكهربائي على جنبي الجسم من جراء النبض القلبي إلى كون أحد  
الجانبين يكون موجباً في لحظة معينة بالنسبة للجانب الآخر وبالعكس وذلك لعدة عوامل  
أهمها :



1- ميلان المحور الطولي للقلب عن المحور الطولي للجسم حيث تكون قمة القلب مائلة نحو اليسار بينما تكون قاعدة القلب مائلة نحو اليمين.

2- وجود فرق في سمك جدران البطينين حيث أن جدران البطين الأيسر أسمك من جدران البطين الأيمن.

هذا يؤدي إلى فرق زمني طفيف في وصول موجة التغيير الكهربائي إلى مناطق متاظرة في البطينين.

يمكن تضليل ومضاعفة فرق الجهد الكهربائي على جنبي الجسم نتيجة نبض القلب لغرض تسجيلها لأنها لا تتجاوز ملي فولت واحد وذلك بواسطة الجهاز المضموم "Amplifier" المرصوب في جهاز تخطيط القلب الكهربائي.

يسجل التبدل في الكهربائية بين القطبين بصورة مستمرة على ورق على شكل خطوط بيانية. تصاحب النبض ثلاثة موجات رئيسية (شكل رقم 6-5) وهي :

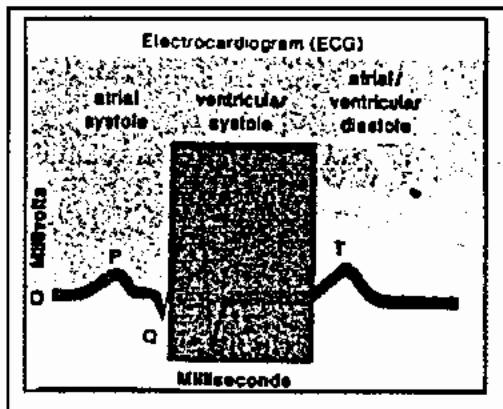
- موجة P : وتمثل عملية زوال الاستقطاب Depolarization في الأذينين. (تمثل الانقباض الأذيني).

- موجة QRS : وتمثل زوال الاستقطاب Depolarization في البطين (تمثل الانقباض البطيني).

- موجة T : وتمثل عودة الاستقطاب Repolarization في البطين (تمثل الانبساط البطيني). أما الانبساط الأذيني فلا يظهر في التخطيط لتغلب QRS عليه.

اما الفترة الزمنية بين R و P في الزمن اللازم لانتقال التغيير الكهربائي (سرعة التوصيل) من الأذينين إلى البطينين.

باستطاعة الطبيب تشخيص تلف أو تضخم القلب وتجاويفه أو اليافيه بواسطة التخطيط فمثلاً : زيادة طول فترة P-R تعني تلف الأنسجة الموصولة لموجة التغيير الكهربائي من الأذينين إلى البطينين مثل الحصر القلبي Heart block.



شكل رقم (6 - 5)  
التخطيط الطبيعي الكهربائي للقلب.

اما زيادة طول الفترة الزمنية لعقد QRS والذي يستغرق 0.06 في الاشخاص الاصحاء فهو دليل على بطء في التوصيل في عضلات البطينين بسبب التضخم البطيني.  
**معاني موجات التخطيط الكهربائي للقلب :**  
يعمل القلب أثناء النبض كمولد كهربائي، ففي حالة الاستقطاب تكون شحنة موجبة على السطح الخارجي لعضلة القلب. وعند زوال الاستقطاب تصبح الشحنة سالبة. ولهذا فإن التخطيط الكهربائي E. C. G. يسجل التغيرات الكهربائية في القلب أثناء مراحل الدورة القلبية ابتداء من العقدة الجيبية - الأذينية مروراً بالاذنين فالبطينين.

ويتألف التخطيط الطبيعي من 3 موجات موجبة تقع فوق الخط الأفقي المستوي وهي الموجات T. R. P. وبينها المركب QRS والمسافة R-P، والقطة S-T والقطعة Q-T واحياناً الموجة U.

1- الموجة P : هي أول موجة موجبة في المخطط، وتمثل إثارة الأذينين وزوال الاستقطاب فيهما، وتبدأ قبل الانقباض الأذيني. وهي موجة في جميع الأقطاب ما عدا في القطب aVR فهي سالبة، وارتفاعها أقل من 3 ملم ومدتها 0.11 ثانية.

2- المسافة P-R : وتقاس من بداية الموجة P الى بداية المركب QRS وهي تقيس الزمن الذي تستغرقه الموجة للوصول من العقدة الكيسية - الأذينية الى الألياف البطينية، ومدتها 0.12 - 0.20 ثانية.



3- المركب QRS : وهو يمثل اثارة البطينين ونزال الاستقطاب فيهما وتتراوح مدة ما بين 0.04 - 0.08 ثانية.

موجة Q : موجة سالبة مدتها من 0.01 - 0.02 ثانية.

موجة R : موجة موجبة في المركب سواء سبقتها الموجة Q أم لا.

موجة S : الموجة السالبة التالية للموجة R.

4- القطعة S-T : وتناتي مباشرة بعد QRS، وتنقاس من نهاية S الى بداية T وهي على الخط الأفقي على مستوى T-P. وتنبدأ بالتحدب التدريجي. فإذا وقعت أعلى أو أسفل الخط الأفقي فيعني ذلك نقص تروية عضلة القلب Ischaemia.

5- الموجة T : تمثل عودة الاستقطاب.

\* وهي موجبة في I, II, V3, V4, V5, V6 .

\* وهي سالبة في aVR .

\* وهي مختلفة في الأقطاب aVI, aVF, V1, V2, III .

\* وهي دائيرية وغير متتظرة، فإذا كانت مدبية أو مقعرة فدليل مرضي.

\* ويبلغ ارتفاعها دائمًا 5 ملم ولا تزيد عن 10 ملم في أي قطب قلبي، فإذا زادت عن ذلك، فذلك دليل احتشاء عضلة القلب.

6- Q-T : وتنقاس من بداية المركب QRS الى نهاية الموجة T، وتمثل مدة انقباض البطينين. وتختلف حسب معدل دقات القلب، والجنس والعمر.

7- الموجة U : موجة صغيرة، تظهر أحياناً، وتناتي بعد T وباتجاهها، فإذا انقلبت عكسها دليل احتشاء عضلة القلب.

### كيفية إجراء التخطيط ،

هناك ثلاثة أنواع من الأقطاب الكهربائية المستعملة وهي :

### ١- الأقطاب المعايرة (القياسية) : Standard Leads

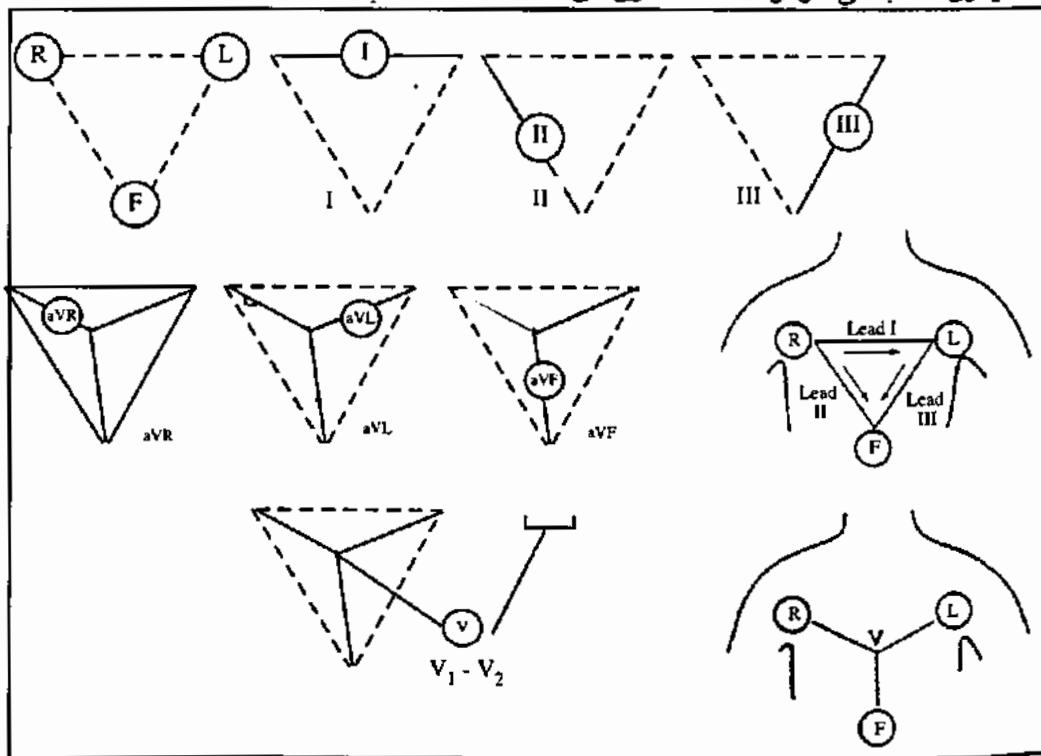
وهي ثنائية القطبية : يمكن الحصول على تشخيص صحيح بنسبة 80 - 90 % من خلال قراءة هذه الأقطاب فقط (شكل رقم ٥ - ٧) وهي :

١ - L يصل بين الذراعين.

٢ - L يصل بين الذراع اليمنى والساقي اليسرى.

٣ - L يصل بين الذراع اليسرى والساقي اليسرى.

فيكون القلب في مركز المثلث المتكون من هذه الثلاثة أقطاب.



شكل رقم (٥ - ٧) الأقطاب و كيفية توصيلها لفرض التخطيط الكهربائي للقلب.



## ECG leads

Limb lead		Chest lead	
Name	Electrodes used	Name	Electrodes used
I	RA + LA	V <sub>1</sub>	1 + reference
II	RA + LF	V <sub>2</sub>	2 + reference
III	LA + LF	V <sub>3</sub>	3 + reference
aV <sub>L</sub>	LA + reference	V <sub>4</sub>	4 + reference
aV <sub>R</sub>	RA + reference	V <sub>5</sub>	5 + reference
aV <sub>F</sub>	LF + reference	V <sub>6</sub>	6 + reference

2- الأقطاب حول القلب Pre-cordial Leads وهي أحادية القطب، عددها ستة (شكل رقم 5 - 7 ب) وهي في المساحة الرابعة بين الصلعين اليمني.

شكل رقم (5 - 7 ب) الأقطاب التخطيطية

الكهربائي للقلب.

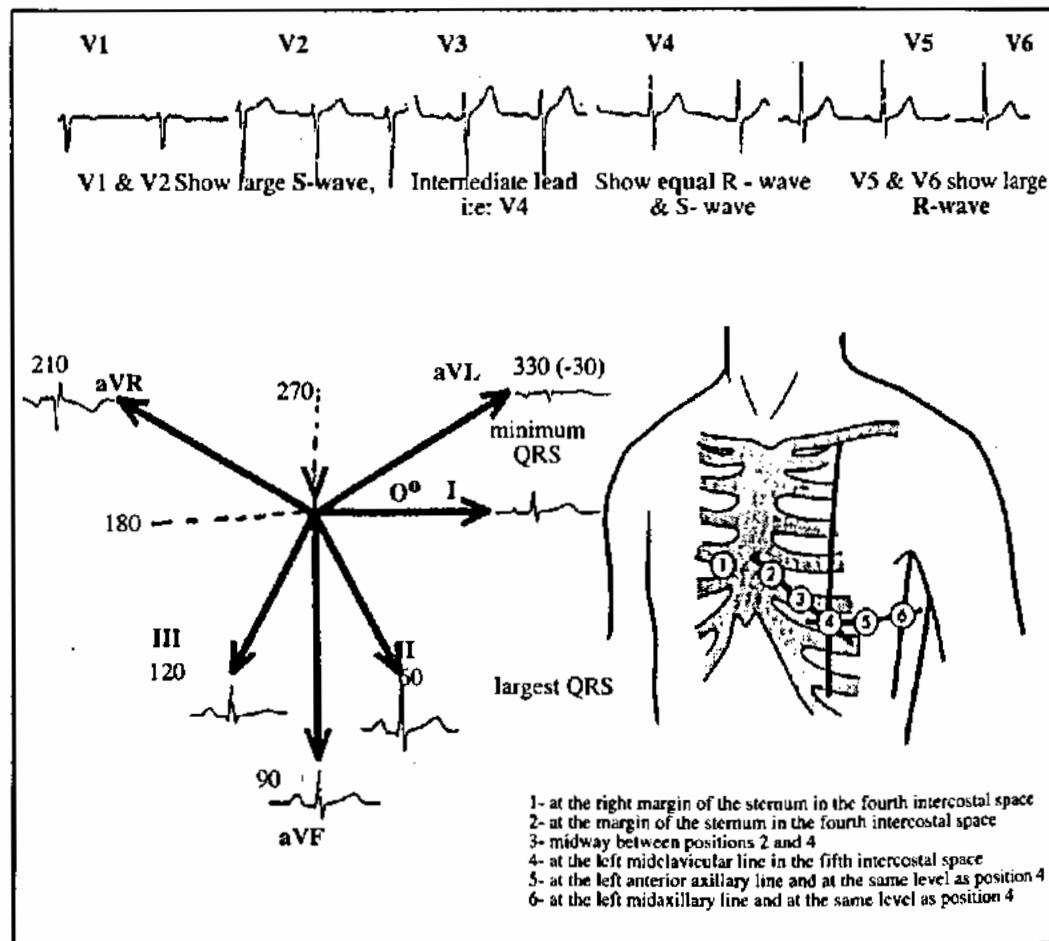
V2 في المساحة الرابعة بين الصلعين اليسري.

V3 في منتصف المسافة بين V2, V4.

V4 في المساحة الخامسة بين الصلعين اليسري على مسار الخط الهابط من منتصف الترقوة.

V5, V6 في نفس مستوى V4.

3- أقطاب V<sub>5</sub> وهي أحادية القطب، وهي aVR, aVL, aVF توصل بجهاز كهربائي فيسجل التغيرات التي تحدث لتيار التنبيه الكهربائي للقلب عند مستوى كل قطب (شكل رقم 5 - 8).



(٨ - ٥) شكل رقم (8 - 5)

مواقع القطب الصدر وشكل تخطيط القلب باستعمال الأقطاب الصدرية



## الدورة القلبية Cardiac Cycle

ويقصد بها جميع الحوادث المرافقة للنوبة القلبية الواحدة.

الانبساط الأذيني Auricular Diastole يستغرق 0.1 ثانية.

عند انبساط الأذينين :

يمتلىء الأذين الأيمن بالدم الوارد من أنحاء الجسم بواسطة الأوردة الجوفاء. ويمتلىء الأذين الأيسر بالدم الوارد من الرئتين بواسطة الوريدان الرئويين. والقوة التي تعمل على سريان الدم من هذه الأوردة نحو الأذينين هي فرق الضغوط بين الأوردة والأذينين. ويكون الضغط داخل الأذينين أقل من الضغط داخل الأوردة نتيجة لـ :

١- ارتخاء جدران الأذينين أثناء عملية الانبساط.

٢- ارتفاع ضغط الأوردة نتيجة تدليك العضلات الهيكلية لجدرانها.

يلبلغ الضغط الوريدي العام حوالي 10 ملم زئبق. وينخفض الضغط داخل الأذينين إلى حوالي صفر أو تحته بقليل أثناء عملية الشهيق. بعدها يحدث : الانقباض الأذيني Auricular systole (يستغرق 0.1 ثانية). يرتفع الضغط داخل الأذينين ليبلغ :

\* حوالي 4 - 6 ملم زئبق في الأذين الأيمن.

\* حوالي 7 - 8 ملم زئبق في الأذين الأيسر.

في هذه الآثناء، يحدث : الانبساط البطيني Ventricular Diastole (يستغرق 0.2 ثانية).

ينخفض الضغط داخل البطينين إلى ما يقارب الصفر (وعند ابتداء الانخفاض تتغلق الصمامات شبه الهلالية لمنع رجوع الدم إلى البطينين).

يؤدي ارتفاع الضغط في الأذينين عنه في البطينين إلى افتتاح الصمامات الأذينية - البطينية Atrio - ventricular valves ودخول الدم من الأذينين إلى البطينين.

وبعد ذلك يحدث : الانقباض البطيني Ventricular systole (يستغرق 0.2 ثانية)

وهو أقل من الانقباض الأذيني بفضل الجدران العضلية السميكة للبطينين ويوؤدي إلى ارتفاع كبير في ضغط الدم داخل البطينين.



يبلغ الضغط في البطين الأيسر 120 ملم زئبق أو أكثر وفي البطين الأيمن 25 ملم زئبق. يؤدي ارتفاع الضغط في البطينين عنه في الأذينين إلى : انغلاق الصمامات الأذينية - البطينية ومنع رجوع الدم من البطينين إلى الأذينين. وكذلك تفتح الصمامات شبه الهلالية Semilunar Valves فيندفع الدم بقوة :

\* من البطين الأيسر إلى الشريان الأبهري حيث يكون الضغط فيه 120 ملم زئبق.

\* من البطين الأيمن إلى الشريان الرئوي حيث يكون الضغط فيه 22 ملم زئبق.

بعد الانقباض يعتري البطينين الانبساط الذي يؤدي إلى انخفاض الضغط فيما إلى الصفر.

ولكن حالما يبدأ الضغط داخل البطينين بالانخفاض أقل من الضغط في الشريان الأبهري والشريان الرئوي. تنغلق الصمامات شبه الهلالية وبذلك يمنع رجوع الدم إلى البطينين وتسمى مجموع هذه الحوادث بالدورة القلبية Cardiac Cycle.

\* لا يرجع الدم من الأذينين إلى الأوردة الرئيسية أثناء التقلص الأذيني بالرغم من عدم وجود صمامات بين هذه الأوردة والأذينين للاسباب الآتية :

1- ضعف الانقباض الأذيني بحيث أن الضغط في الأذين أثناء الانقباض لا يتعدى الضغط في الأوردة المتصلة بها مطلقاً.

2- ضعف المقاومة الامامية لانتقال الدم في الأذين إلى البطينين نظراً للترتيب الخاص للصمامات الأذينية البطينية.

3- وجود بياض عضلية حلقية عند اتصال الأوردة بالأذينين تعمل على تضييق الفتحة الكائنة بين الوريد والأذين أثناء انقباض الأذين.

### الأصوات القلبية Heart Sounds

يرافق نبض القلب صوتان متميزان هما :

1- الصوت الأول أو الانقباضي First or systolic sound : يكون هذا الصوت أطول من



الصوت الثاني واوطل نغمة ويشبه اللفظة "Lubb" يعتقد أن سببه الاهتزاز الذي يحدث في الصمامات الأذينية - البطينية أثناء انفلاقها عند ابتداء الانقباض البطيني Ventricular systole وكذلك الاهتزاز في جدران البطينين.

إن أي عطب يصيب الصمامات الأذينية البطينية يؤثر على هذا الصوت ويسمى الصوت الناتج باللغظ Murmur (شكل رقم ٥ - ١٩ وب).

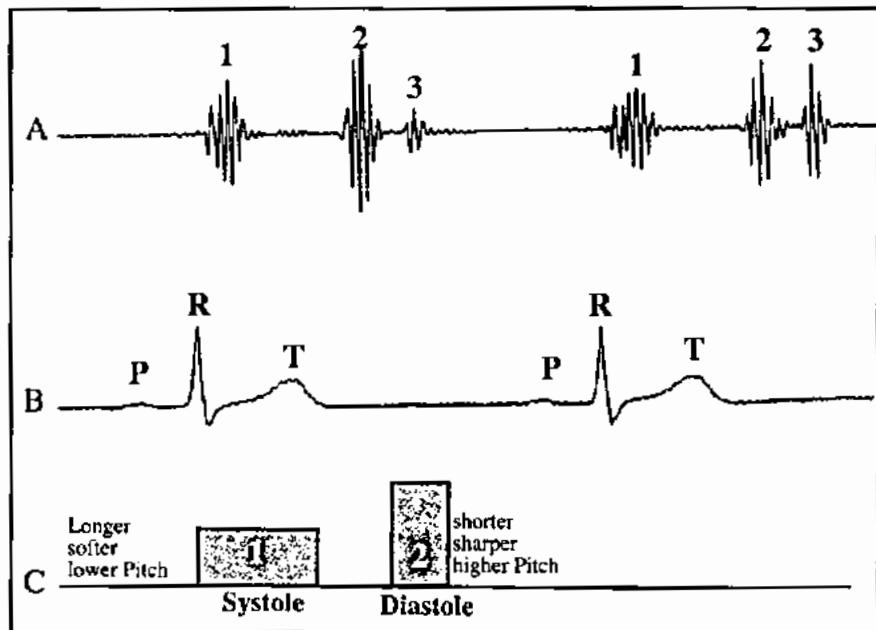
٢- الصوت الثاني أو الانبساطي Second or diastolic sound : وسببه الاهتزاز الحادث في الصمامات شبه هلالية نتيجة انفلاقها عند ابتداء الانبساط البطيني "Ventricular diastole" . "Lubb-Dup" ويشبه اللفظ "Dup". لذلك فإن نبض القلب يشبه صوت اللفظين "astole" وتعاد هذه في كل دورة قلبية. وتبلغ عدد النبضات حوالي 72 مرة في الدقيقة للإنسان البالغ الصحيح. أحياناً يمكن سماع أصوات إضافية في القلب الطبيعي.

### ضغط الدم Blood Pressure

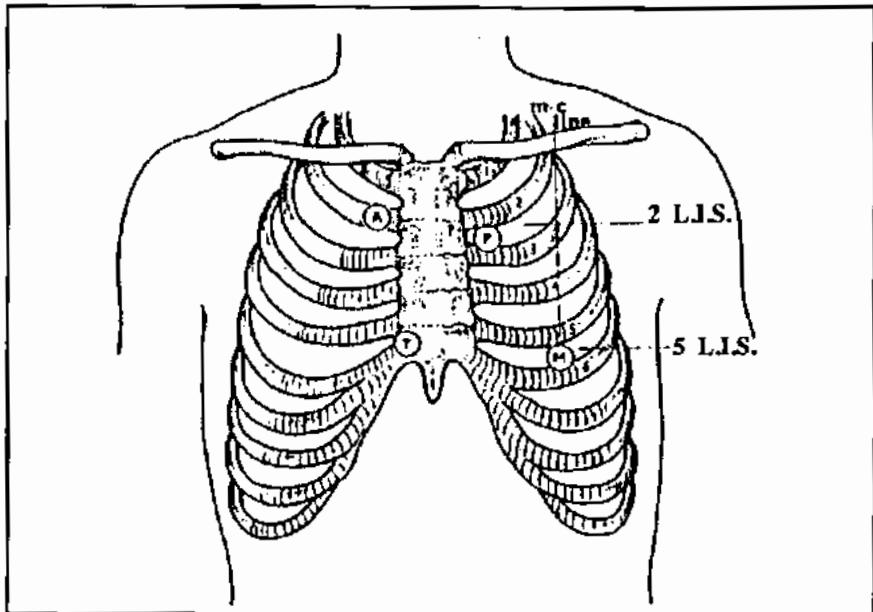
يتكون ضغط الدم نتيجة لانقباض جدران البطين العضلي. ويقصد بضغط الدم باللغة الطبية : الضغط داخل الشرايين الجهازية والتي تشمل الأبهر وتفرعاته.

بالمعنى الوظيفي : الضغط في تجاويف القلب الأربع أثناء الانقباض والانبساط وداخل الشرايين والأوردة والأوعية الشعرية.

يُقاس الضغط في الإنسان في الشريان العضدي Brachial artery بواسطة جهاز قياس الضغط Sphygmomanometer ويتألف من كيس الضغط Pressure cuff وسماعة الطبيب Stethoscope ومنفاخ مطاطي على شكل حويصلة مطاطية bulb، مانوميتر زئبقي (شكل رقم ٥ - ١٠ وب).



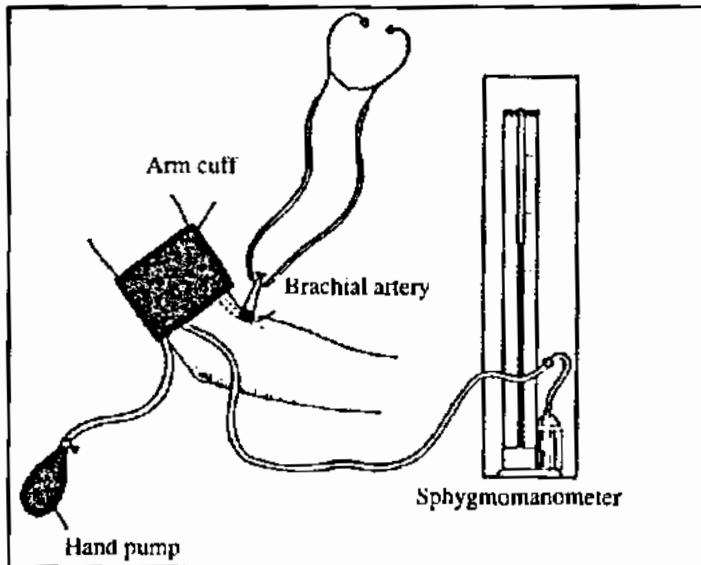
شكل رقم (5 - 5)  
الاصوات القلبية (C, A) وتحطيم القلب الكهربائي (B).



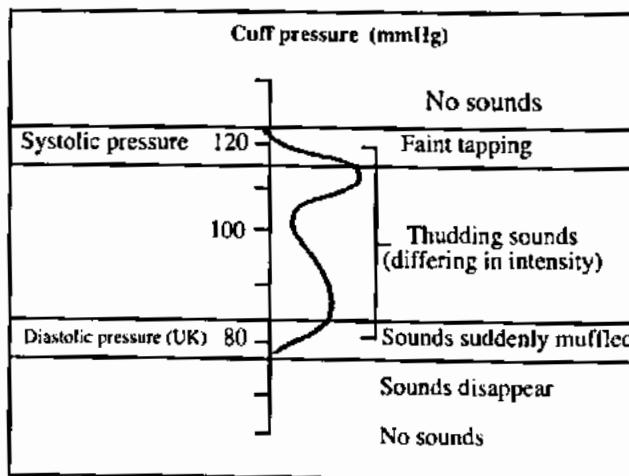
شكل رقم (5 - 9 ب)  
مخطط للصدر بين الاضلاع والمسح مابين الاضلاع وموقع الاصوات.



- \* يربط الكيس حول العضد فوق المرفق بحوالى بوصة واحدة وتوضع السماعة تحت الكبس فوق الشريان.
- \* تنفع بواسطة الحووصلة المطاطية إلى أن يصبح الضغط داخل الكيس حوالى 200 ملم زنبق.
- \* نظراً لأن هذا الضغط أعلى من ضغط الدم في الشريان العضدي فإنه يؤدي إلى سد الشريان.
- \* بعد ذلك ينخفض الضغط في الكيس بصورة تدريجية بفتح الصمام للتخلص من الهواء الزائد.
- \* يستمر ذلك حتى يسمع صوت يمثل مرور الدم في الشريان العضدي بعد أن كان مغلقاً ويسمي صوت كوروكوف Korotkoff sound بواسطة السماعة التي توضع على الشريان العضدي. يمثل الضغط الذي يقرأ على المانوميتر الضغط الانقباضي Systolic Pressure.
- \* بعد ذلك ينخفض الضغط في الكيس بصورة تدريجية الأمر الذي يجعل الصوت أعلى فنعلى إلا أن يخفت بصورة فجائية وهذا هو الضغط الإنبساطي Diastolic Pressure.  
عندما ينقبض البطن الأيسر يرتفع الضغط داخله إلى 120 ملم زنبق. يؤدي هذا إلى انتفاخ الصمام شبه الهلالي الكائن في بداية الأبهر.  
يندفع الدم داخل الشريان الأبهر ويرتفع الضغط فيه إلى 120 ملم زنبق أيضاً. يسمى هذا بالضغط الانقباضي Systolic Pressure.
- بعد ذلك يبدأ البطن الأيسر بالإنبساط فينخفض الضغط داخله إلى أن يصل الصفر تقرباً. أما الضغط داخل الأبهر والشرايين المتفرعة منه فيبدأ هو الآخر بالانخفاض. عندما يصل الضغط حوالي 80 ملم زنبق وينتقل الصمام شبه الهلالي وبذلك لا ينخفض الضغط في الشرايين دون هذا مطلقاً.



شكل رقم (١٠ - ٥)  
جهاز قياس ضغط الدم.



شكل رقم (١٠ - ٥ ب)  
الاصوات التي يمكن سماعها بواسطة سمعاء الطبيب تحت ضغوط مختلفة لشخص بالغ صحيحة الجسم.



يسمى هذا بالضغط الانبساطي .Diastolic pressure

يسمى الفرق بين الضغطين الإنقباضي والانبساطي بضغط النبض.

ضغط النبض =  $120 - 80 = 40$  مل زئبق في البالغين الأصحاء.

أما المعدل الحسابي للضغطين الإنقباضي والانبساطي فيدعى متوسط ضغط الدم.

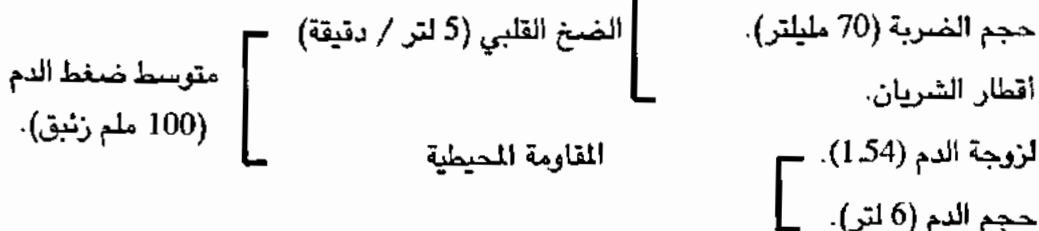
متوسط ضغط الدم =  $(80 + 120) \div 2 = 100$  مل زئبق.

### العوامل المؤثرة على ضغط الدم :

١- الضخ القلبي Heart rate : ويعتمد على سرعة القلب وحجم الضربة . Volume stroke

٢- المقاومة المحيطية Peripheral resistance : تتأثر بـ أقطار الأوعية الدموية، وحجم الدم، ولزوجة الدم.

معدل النبض (72 نبضة / دقيقة).



تناسب المقاومة التي يلاقيها الدم عبر مروره خلال الأوعية الدموية عكسياً مع القوة الرابعة لأنصاف أقطار الأوعية الدموية (أنصاف أقطار الأوعية الدموية)<sup>4</sup> وطردياً مع لزوجة الدم.

وبما أن ضغط الدم يتناصف طردياً مع المقاومة المحيطية لذلك فإن ضغط الدم يتناصف عكسيًا مع القوة الرابعة لأنصاف أقطار الأوعية وطردياً مع لزوجة الدم.

ضغط الدم  $\propto$  (لزوجة الدم / أنصاف أقطار الأوعية الدموية)<sup>4</sup>.



## المقاومة الحينطية :

تقع معظم المقاومة في الشريانات. وبما أن الشريان والأوعية الدموية لها القابلية على تغيير اقطارها لذا فإن ضغط الدم يعتمد على توسيع Vasodilataion وانقباض Vasoconstriction الشريانات.

ويقع الانقباض والانبساط في اقطار الشريان تحت تأثير الجهاز العصبي المركزي CNS عن طريق الألياف العصبية الودية التي هي قابضة للشريانات.

وتؤدي زيادة فعالية هذه الألياف إلى انقباض عام للشريانات وبالتالي ارتفاع ضغط الدم (وهذا يفسر ارتفاع الضغط المفاجئ عند الانفعال). كما أن قلة فعالية هذه الألياف تؤدي إلى انبساط الشريانات وبالتالي انخفاض ضغط الدم العام.

## لزوجة الدم Blood viscosity

وتعتمد على عدد الكريات الحمراء ومقدار بروتينات بلازما الدم. إن انخفاض هذه المكونات بسبب الإصابة بفقر الدم الشديد يؤدي إلى انخفاض اللزوجة في الدم وبالتالي انخفاض الضغط. كما أن ارتفاع عدد الكريات الحمر كما في مرض فرط الكريات Polycythemia يؤدي إلى ارتفاع لزوجة الدم وكذلك ارتفاع ضغط الدم.

## ضغط الدم وجريانه في الأوعية المختلفة :

يتناقص ضغط الدم بصورة تدريجية ابتداء من الأبهر (حيث متوسط الضغط البالغ 100 ملم زئبق) وانتهاء في الأوردة الجوفاء Venae Cavae التي تصب في الأذنين اليمين والتي يصل الضغط فيها إلى الصفر تقريباً. ويلاحظ أن معظم الهبوط في الضغط يحصل في الشريانات وذلك لأن هذه الأوعية الدموية تحمل أعلى مقاومة لجريان الدم بسبب اقطارها الضيقة بالنسبة للشريانين التي تتفرع منها.

## سرعة الجريان الدموي :

تناسب سرعة جريان الدم عكسياً مع المساحة الكلية لجموع مقاطع الأوعية الدموية التي يمر الدم خلالها.



لذا فإن الدم يكون سريعاً في الأبهر والشرايين الرئيسية المتفرعة منه وفي الأوردة وأوطة ما يكون في الشعيرات الدموية.

الوعاء	المجموع الكلي لمقاطع	سرعة الجريان
الشرايين الكبيرة (الأبهر)	٤٠٠ ملم <sup>٢</sup>	٢٠٠ ملم / ثانية
الشعيرات الدموية	١٦٠.٠٠٠ ملم <sup>٢</sup>	٢ - ١ ملم / ثانية
الأوردة الكبيرة	٦٠٠ ملم <sup>٢</sup>	١٣٣ ملم / ثانية

سرعة الجريان ولا تعتمد على الضخ القلبي وإنما على سعة المجرى الذي يمر فيه الدم.  
يلاحظ بأن مجموع مساحة مقاطع الشعيرات هو 400 مرة أكثر من مساحة المقطع العرضي للأبهر، لذل فإن سرعة جريان الدم في الشعيرات هي 400 مرة أقل مما هو عليه في الأبهر.

### السيطرة العصبية Nervous control

يقع كل من نبض القلب وتوسيع وتمد الأوعية الدموية وضغط الدم تحت السيطرة العصبية.

#### \* نبض القلب :

القلب القابلية على النبض الذاتي إلا أن الجهاز العصبي له تأثير محوري لسرعة هذه النبضات تحت الظروف المختلفة كالرياضة لخدمة الجسم الآنية.

**يزود القلب بنوعين من الألياف العصبية هي :**

١- الألياف الودية Sympathetic fibers التي تزيد من سرعة وقوة النبض.

٢- الألياف نظير الودية Parasympathetic fibers التي تبطئ سرعة وقوة النبض.

في أثناء الراحة هناك توازن بين الفعل المحفز للألياف الودية والفعل المثبط للألياف نظير الودية بحيث يبقى النبض قرابةً من 72 نبضة / دقيقة. وفي أثناء الرياضة أو الأعمال الشاقة يزداد التحفيز الودي مما يؤدي إلى تسارع القلب ولكن ضعف النبض.

#### \* التزويد الودي :

\* التزويد الودي : هو من خلال العصب المعجل Accelerator nerve الذي ينشأ من العقدة

العنقية السفلية Inferior cervical ganglion وبعض العقد الودية. والالياف الودية هي الياف بعد عقدية وتتوزع في عضلات البطينين.

\* التزود نظير الودي : هو من خلال ألياف بعد عقدية تصل عن طريق العصبين التائبين Vagi (Vagus) وتتصل بصورة رئيسية بالأذينين وخاصة في العقدة الكيسية الأذينية (S - A node) والعقدة الأذينية البطينية (A - V node).

#### ✿ الأوعية الدموية :

يلعب الجهاز العصبي الودي دوراً مهماً أكثر من الجهاز نظير الودي في السيطرة على أقطار الأوعية الدموية وذلك لتوسيعها وانقباضها.

\* تزود الألياف الودية جميع الأوعية الدموية عدا الشعيرات.

\* أما الألياف نظير الودية فهي مقتصرة على الأوعية الدموية لبعض الغدد حيث تسبب توسيعها وبذلك تزيد من إفرازاتها.

\* تحافظ الألياف الودية الوعائية القابضة Sympathetic vasoconstrictor fibers على مقدار معين من التوتر الوعائي في معظم الأنسجة.

\* يؤدي التحفيز الودي نتيجة الرياضة أو الإنفعال العاطفي إلى تحرر التورادينالين الذي يسبب انقباض الأوعية وبذلك يحول الدم من الأوردة (التي لها قابلية كبيرة على التوسيع أكثر من الأوعية الأخرى) والأحشاء إلى العضلات القلبية والهيكلية.

\* يحدث العكس عند تناول الطعام حيث يقل التحفيز الودي فتتمدد الأوعية الدموية في القناة الهضمية وتتمثل بالدم وبذلك ينشط إفراز وامتصاص العصارات الهضمية.

#### تنظيم ضغط الدم Regulation of blood pressure

\* يوجد في النخاع المستطيل مركز يدعى المركز الحركي الوعائي Vasomotor center.

\* يبعث هذا المركز باستمرار سيلاً من الإيمات العصبية خلال الألياف الودية إلى جدران الشريانات لإبقاء درجة معينة من التوتر فيها.

يتاثر هذا المركز موضعياً وعن طريق الألياف الحسية بعوامل وظيفية معينة من شأنها تغيير عدد الإيمات العصبية الصادرة من المركز.

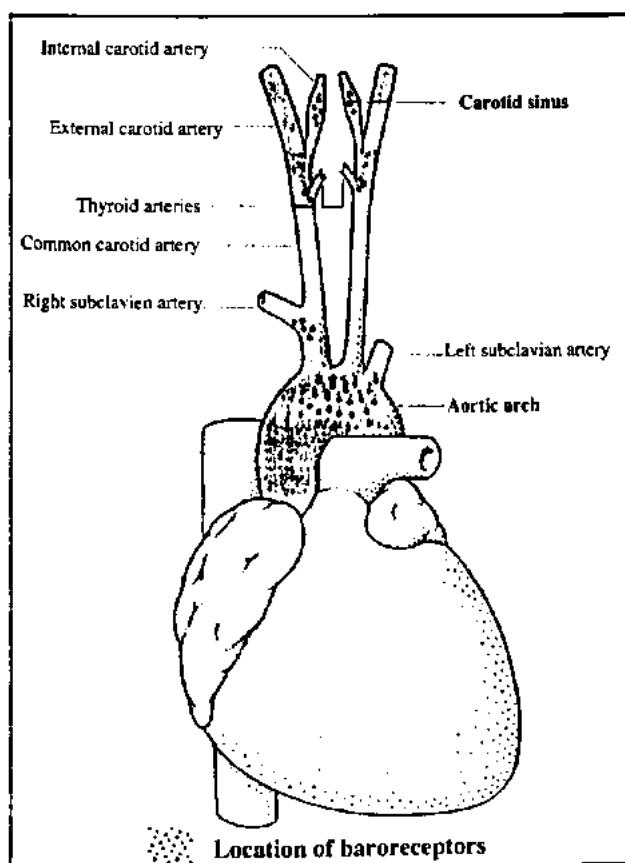


فمثلاً : يتأثر المركز موضعياً بكمية كل من  $\text{CO}_2$  و  $\text{O}_2$  في الدم بواسطة المستلمات الكيماوية Chemoreceptors (في القلب والرئتين). فارتفاع نسبة  $\text{CO}_2$  في الدم وانخفاض نسبة  $\text{O}_2$  تحفز المركز فيزداد توتر جدران الشريانين وبالتالي يرتفع ضغط الدم.

\* أما التأثير غير المرضعي فيتم بواسطة الانعكاسات Reflexes .

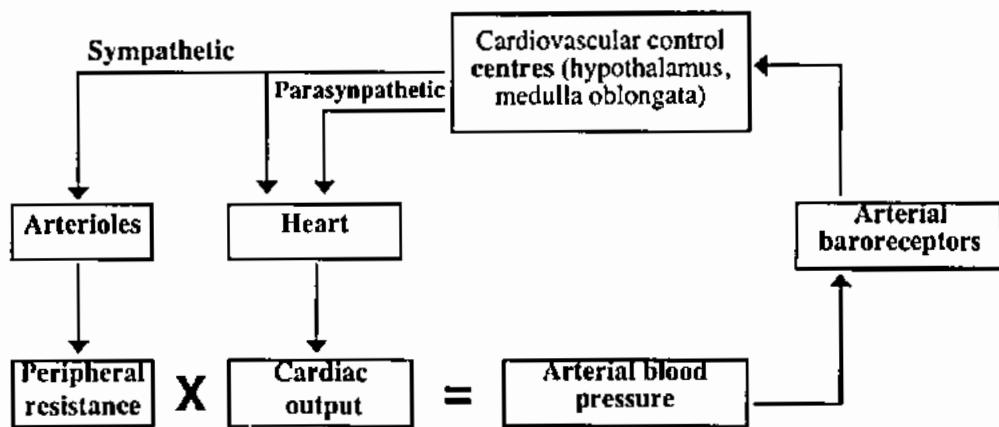
\* يتتألف القوس الانعكاسي من ألياف عصبية حسية تقع نهاياتها في جدران كل من القوس الأبهرى Aortic arch والكيس أو الجسم السباتي Carotid sinus or body (شكل رقم ٥ - ١١١ وب).

\* ويقع الجسم السباتي عند تفرع الشريان السباتي المشترك إلى الشريان السباتي الخارجي والداخلي.



شكل رقم (٥ - ١١١)

موقع المجاميع الرئيسية للمستلمات الضغطية.



شكل رقم (٥ - ١١ ب)

كيفية السيطرة على ضغط الدم الشرياني.

عند ابتداء ارتفاع الضغط تتأثر المستلمات الموضعية Baroreceptors لهذه الالياف العصبية الحسية نتيجة التمدد الضئيل في جدران كل من القوس الأبهري والجسم السباتي وبذلك يصل عدد كبير من الاعيادات العصبية إلى المركز الحركي الوعائي الذي يحدث فيه تشبيط Inhibition والذي يؤدي بدوره إلى قلة توتر الشريانات (أي أنها تتمدد) وبالتالي ينخفض الضغط.

يحدث العكس عندما يهبط ضغط الدم حيث يقل التشبيط على المركز الوعائي الحركي وبالتالي يزداد التوتر في الشريانات (أي أنها تتقلص) مما يؤدي بدوره إلى ارتفاع ضغط الدم إلى الحد الطبيعي.

يوجد بالقرب من المركز الوعائي الحركي VMC مركز آخر يعرف بالمركز القلبي Cardiac center الذي يتألف من مركز قلبي معجل Cardiac acceletoiy center يسبب زيادة سرعة النبض عن طريق الأعصاب الودية ومن مركز قلبي مثبط Cardiac Inhibitory يسبب قلة النبض عن طريق الأعصاب الودية مثل العصب التاله Vagus nerve. وفي الوقت نفسه الذي تصل فيه الاعيادات العصبية إلى المركز الوعائي الحركي من المستلمات الضغطية في كل من القوس الأبهري والجسم السباتي، تصل أيضاً اعيادات عصبية من نفس المستلمات إلى المركز القلبي المثبط مما يؤدي إلى ابطاء القلب وبالتالي انخفاض الضغط القلبي وبالتالي انخفاض الضغط.



وبالعكس فإن انخفاض معدل اطلاق المستويات الضغطية بسبب انخفاض الضغط يؤدي إلى زيادة نشاط المركز القلبي المعدل مما يؤدي إلى زيادة الضغط القلبي والذي يساعد على إعادة ضغط الدم إلى مستوى الطبيعي.

## الدم Blood

\* وهو من الأنسجة الرابطة السائلة ولكنها أكثرها ديناميكية وتختصا في الجهاز الناقل. وتضاف للدم في كل لحظة عشرات الأنواع من المواد المختلفة من القناة الهضمية على شكل نواتج هضم المواد الغذائية المختلفة كما يضاف إليه الأوكسجين من الرئتين وهرمونات عديدة. وتزال من الدم أنواع مختلفة من المواد على شكل فضلات تطرح بواسطة الكليتين مع البول أو  $\text{CO}_2$  بواسطة الرئتين. وعلى الرغم من الإضافة والطرح يبقى الدم محافظاً على تركيبه ومكوناته وخصائصه. ويشكل الدم المحيط الداخلي للجسم الذي يتغذى بالثبوة بالرغم من تبدل المحيط الخارجي. ويشكل الدم حوالي 5% من وزن التار وحسب وزن الجسم (يبلغ 7.7% من وزن الجسم).

### مكونات الدم :

1- البلازما (55%) ويشكل الماء حوالي 90% من نسبته ويحتوى على بروتينات البلازما *Plasma Proteins* وهي الالبومين والكربوبيولين والفايبرينوجين.

\* بروتينات منظمة وواقية وهي الهرمونات والأجسام المضادة والأنزيمات.

\* مواد لا عضوية مثل  $\text{Fe}$ ,  $\text{I}$ ,  $\text{HCO}_3$ ,  $\text{K}$ ,  $\text{Ca}$ ,  $\text{Cl}$ ,  $\text{Na}$ .

\* غازات التنفس وهي  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ .

### 2- مواد عضوية، وتشمل :

\* الخضلات مثل البيروريا وحامض البيروريك والكرياتين والأمونيا... الخ.

\* مواد غذائية مثل الحموض الأمينية، وسكر العنب والدهون والكوليستيرول.

3- خلايا الدم وتشكل 45% وهي أثقل من البلازما فلذلك تغطس إلى القعر عند أخذ العينة الدموية وتشتمل :



أ- خلايا الدم البيض  $C_e$  W. B. وتشكل 5,500 - 9 ألف في كل ملم<sup>3</sup> واحد وتدافع عن الجسم ضد المواد الغريبة والبكتيريا (شكل رقم 5 - 12).

ب- خلايا الدم الحمر R. B. Cs وتشكل 4.2 - 6.4 مليون في كل ملم<sup>3</sup> واحد وتعمل على نقل الأوكسجين وثاني أوكسيد الكربون.

ج- الأقراص الدموية Platelets or Thrombocytes

\* وتشكل 250 - 500 ألف في كل ملم<sup>3</sup> واحد.

\* وهي مهمة في تثثر الدم الطبيعي.

بروتينات البلازما : Plasma Proteins

\* توجد بشكل ذائب في البلازما.

\* تشكل حوالي 6 - 8% من وزن البلازما.

\* تتكون من ثلاثة أنواع هي :

أ- البويمين مصلبي Serum albumin

\* نسبة 4 - 5%

\* ويكسن الدم ضغطه الأوزموزي.

ب- كلوبيولين مصلبي Serum Globulin

\* نسبة 2.7 - 3%

\* تتكون من ثلاثة أنواع هي ألفا  $\alpha$  ، بيتا  $\beta$  ، كاما  $\gamma$ .

1- ألفا كلوبيولين  $\alpha$  Globulin

ويعمل على نقل البيلروبين Bilirubin واللبيدات والسترويدات.

2- بيتا كلوبيولين  $\beta$  Globulin وتعمل على نقل الحديد Fe والنحاس Cu في البلازما.

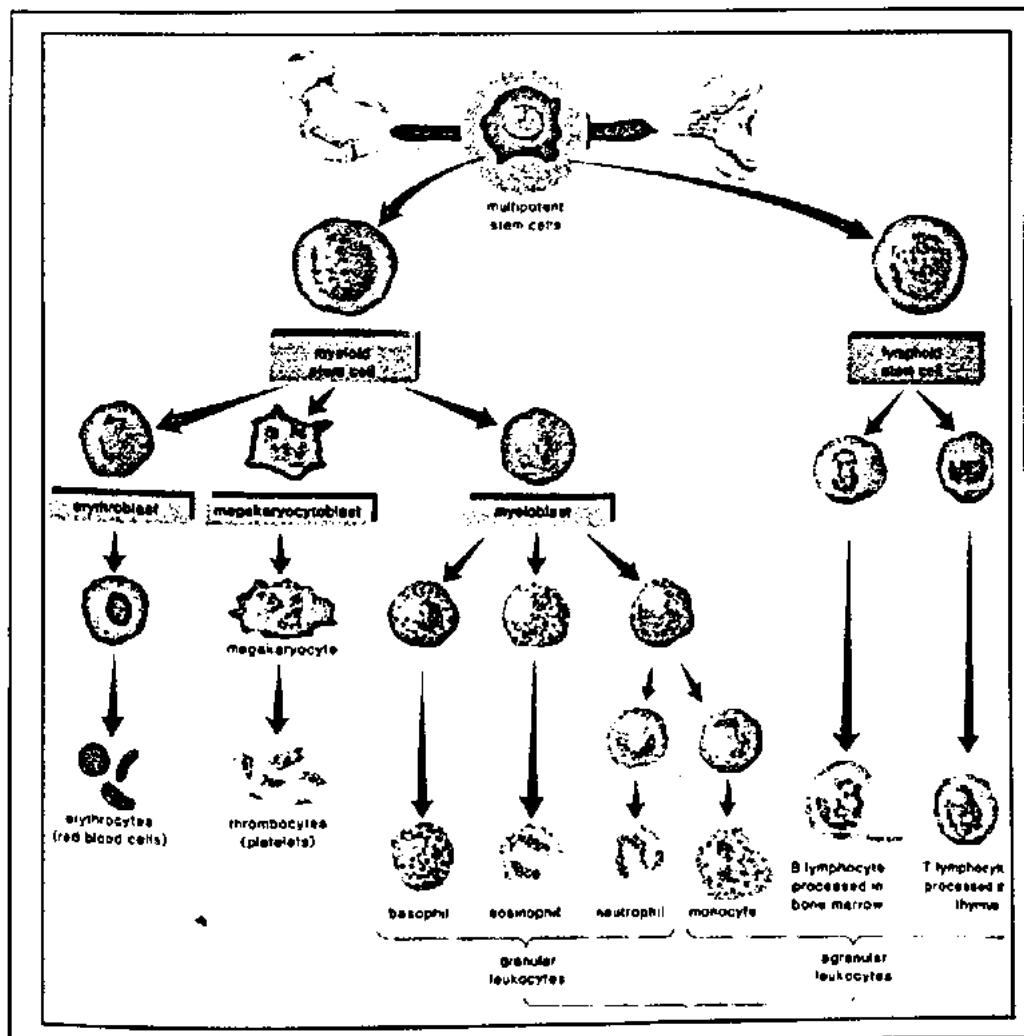
3- كاما كلوبيولين  $\gamma$  Globulin وله علاقة بتكوين الأجسام المضادة والمناعة.



### جـ- الفايبرينوجين Fibrinogen

\* ضروري لتكوين الفايبرين Fibrin المهم في عملية تثثر الدم.

\* نسبة .3%.



شكل رقم (12 - 5)

مكونات الدم في الإنسان ومراحل تكوينها.



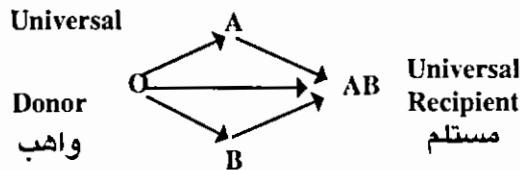
## أهمية بروتينات البلازما الدم :

- \* تكسب بروتينات البلازما ضغطاً أوزموزياً Osmotic pressure يقدر بحوالي 25 - 30 مل رئيسي.
- \* وهي مهمة في تنظيم حجم الدم Blood Volume وتوازن السوائل الجسمية Body's fluid balance.
- \* مسؤولة عن لزوجة الدم Viscosity وضرورية في استمرار ضغط الدم الطبيعي.
- \* إضافة إلى تكوينها شبكة التخثر الدموي.
- \* يصنع معظم الألبومين والفايبرينوجين تقريرياً في الكبد. أما الكوبيلين فيصنع في الكبد والعقد المفاوية.
- \* يصنع الكبد بروتينات البلازما بسرعة وبمعدل 55 غم كل 24 ساعة ويعتمد معدل صنع البروتينات من الكبد على تركيز الحوامض الأمينية في الدم.
- \* بالأمكان فصل بروتينات البلازما بواسطة جهاز الهجرة الكهربائية Electrophoresis فعند تعريض قطرة صغيرة من البلازما موضوعة على ورق ترشيح إلى تيار كهربائي ضعيف في جهاز تتحرك الجزيئات البروتينية باتجاه القطب الموجب Anode لأنها ذات شحنة سالبة.
- \* ونظراً لإختلاف درجة سالبية الجزيئات المختلفة من بروتينات البلازما وتباعين أوزانها الجزيئية فإنها تتحرك نحو القطب الموجب بسرع مختلفة وبذلك تتفاصل عن بعضها على ورق الترشيح.
- \* تقوم بروتينات البلازما بوظائف أخرى فهي تعمل على حمل بعض الهرمونات مثل الثايروكسين Thyroxin وهرمونات قشرة الكظرية وهرمونات المناسل.
- \* نقص تركيز بروتينات البلازما يسمى Hypoproteinemia ويحدث عند المجاعة أو التهاب الكلى Nephritis.



### فصائل أو مجاميع الدم Blood Groups

- \* عندما يحدث أي نزف وي فقد الجسم حوالي لتر من دمه فإن من الضرورة بمكان التعويض عن كريات الدم الحمر المفقودة في الأسابيع التالية وخاصة عندما ينخفض مقدار هيموغلوبين الدم ما مقداره 40%.
- \* وعندما يتقرر البدء بتعويض الدم المفقود يجب معرفة نوع الدم وفصيلته، لأن الدم غير المتطابق عند نقله من المعطي إلى المستلم قد يؤدي إلى تلازم الدم Blood agglutinate و يجعل الكريات الحمر تلتتصق مع بعضها البعض.
- \* إن التصاق كريات الدم مع بعضها قد يؤدي إلى انسداد الشعيرات الدموية الصغيرة مما يجعل المريض يشعر بألم مبرحة وشديدة.
- \* وتجمع كريات الدم يؤدي إلى تحللها ثم تحرر كميات كبيرة من الهيموغلوبين في بلازما الدم ثم ترشيحها خلال التبييات الكلوية ويؤدي إلى عطل الكلية Kidney failure.
- \* لقد كانت اغلب عمليات نقل الدم من شخص لأخر وحتى عام 1900م تؤدي إلى الوفاة.
- \* وبعدها ادخل العالم لاندستاينر Landstiner مفهوم فصائل الدم حيث أشار إلى وجود أو عدم وجود اثنين من المزلنات agglutinogens التي تحمل على سطوح كريات الدم الحمر والتي أطلق عليها A و B (وتسمى أيضاً مستضدات A و B) وبموجب ذلك فإن:
  - المزلنات A تعود إلى فصيلة الدم A.
  - والمزلنات B تعود إلى فصيلة الدم B.والمزلنات من النوعين B و A تعود إلى فصيلة الدم AB
- \* أما عدم وجود المزلنات من النوعين فتشير إلى أن فصيلة الدم هي من نوع O.
- \* أما الأجسام المضادة Ab فتنتشر في بلازما دم هذه الفصائل بعكس انتشار المزلنات ويرمز لها بحرف صغيرة.
- \* وقد أظهرت البحوث أن فصائل الدم تتواثر في الإنسان حسب قوانين الوراثة mendelian حيث أن فصيلة B و A تكون متغيرة، بينما تكون فصيلة O متتحبة.
- \* ويمكن نقل الدم بين الفصائل المختلفة حسب ما هو في المخطط والجدار (شكل رقم 5 - 13).



A : ABO system

B : Distribution of blood groups in different populations					
Blood group	UK	Japan	Indian	Yemen (Ibb)	Spain
Rhesus positive	83%	98%	90%	90%	69%
Rhesus negative	17%	2%	10%	10%	31%
O	47%	31%	31%	50%	57%
A	42%	38%	24%	37%	42%
B	9%	22%	35%	10%	1%
AB	3%	9%	9%	3%	0%

C: Bloods grouped according to the ABO system that can (✓) and cannot (✗) be safely transferred.		
Donor's blood		Recipient's blood group
Group	Antigens present (Ag)	Antibodies present (Ag)
A	A	Anti-B (b)
AB	A,B	— (-)
B	B	Anti-A (a)
O	—	Anti-A, Anti-B (a,b)
		A      AB      B      O

(13 - 5)

ABO : فصائل الدم و جهاز A

B : جدول انتشار فصائل الدم في الشعوب المختلفة.

C: فصائل الدم المختلفة وما تحويه من مستضدات و أجسام مضادة.



## عامل الرييس (Rh)

في عام 1940 اكتشفت فصيلة مهمة من فصائل الدم سميت فصيلة ريسس نسبة إلى نوع من القردة هي ريسس Rhesus monkey حيث وجد أن هذه القردة تحتوي في حوالي 88% منها على هذا العامل. وقد أظهرت الدراسات وجود هذا العامل في حوالي 85% من مجموع البشر وأطلق عليهم مجموعة الرييس الموجب Rh positive. أما الباقى (15%) فهم يفتقرن إلى وجود هذا العامل ويطلق عليهم مجموعة الرييس السالب Rh negative.

وقد وجد بالإضافة إلى المستضدات A، B المعروفة في فصائل بأن هناك مستضد آخر هو D وهو الذي يعطي فصيلة الدم صفتها السالبة أو الموجبة حيث تحتوى جميع الفصائل الأربع السابقة على ريسس موجب أو سالب. فمثلاً يستطيع شخص في فصيلة دم سالبة الرييس أن يكون في جسمه مستضد D (anti-D) بعد تعرضه لدم من فصيلة دم موجبة الرييس.

ففي حالة نقل الدم من شخص موجب الرييس Rh+ إلى شخص سالب الرييس Rh- فإن المستلم يولد في دمه مستضدات D تعمل على تلاذن الدم عند حصول أي نقل دم مرة ثانية في المستقبل. أما أهمية هذا العامل فتتجلى في أنه صورها عندما يتزوج رجل يحمل فصيلة دم موجبة الرييس من امرأة ذات فصيلة دم سالبة الرييس.

ويكمن سبب الخطورة في أن مثل هذه المرأة قد يصادف أن يكون جنينها يحمل دم مشابه لوالده حيث يكون دمه موجب الرييس. ففي حالة أن تكون الأم قد اعطيت خلال حياتها من دم موجب الرييس فإن مستضدات D تكون قد تكونت لديها. ويحدث نفس ذلك في حالة تكرر الحمل والولادة لأطفال موجبي الرييس. حيث يمكن لمستضدات D أن تعبر من خلال دم الأم إلى دم الجنين خلال المشيمة (Placenta) لتعمل على تكسير كريات دمه الحمر وبالتالي أصابته بمرض اليرقان الولادي Icterus gravis neonatorum.

إن إعطاء الأم جرعة من الكلوبيولين المناعي المضاد خلال 72 ساعة من الولادة يقلل بصورة ملحوظة من فرص الإصابة بمرض اليرقان الولادي.



## تجلط الدم (Coagulation)

يتجلط الدم عندما تتحول إحدى بروتينات البلازمما وهي الفاييرينوجين fibrinogen إلى فاييرين fibrin حيث يكون شبكة من الخيوط تستطيع حبس الخلايا الدموية. وتكون الجلطة clot في البداية مرنّة وتشبه الجلي ولكنها تتصلب وتتقلص وتفقد بعض المصل serum الذي يكن رائق الصفرة. ومصل الدم يحتوي على نفس مكونات البلازمما مع فقدان بروتين الفاييرينوجين الذي يسبب تجلط الدم. ويجب هنا التفريق بين عملية تجلط الدم Blood clotting وعملية التلاذن agglutination التي لها علاقة بتجمع خلايا الدم الحمر وتكتلها. و يحدث تجلط الدم في ثلاثة مراحل حسب النظرية المعروفة التي وضعها العالم موراوايز Mo rawitz عام 1904 (شكل رقم 5 - 14).

المرحلة الأولى : وهي تكون الثرمبوبلاستين Thromboplastin (وهو غير موجود أصلًا في مجرى الدم ولكنه يتكون عندما تكسر الأفراص الدموية وتنتحطم الأنسجة).

المرحلة الثانية : وهي تحول البروثرومبين إلى ثرومбин (ويحدث عند وجود الثرمبوبلاستين وايونات الكالسيوم).

المرحلة الثالثة : وهي تحول الفاييرينوجين إلى فاييرين (ويحدث عند وجود الثرومبين). وقد أظهرت البحوث الحديثة أن عملية تجلط الدم لا تحدث بهذه البساطة في مراحلها الثلاث المذكورة فقط وإنما تتضمن وجود عوامل دموية Blood factors إضافية تبلغ 13 عامل لكل واحد منها أهميته في عملية تجلط الدم (أنظر المخطط والعوامل وعملية التخثر في جزئي الشكل لفرض التوضيح).



A : **Intrinsic System**  
(Contact with abnormal surface)

Blood thromboplastin



IX

VIII



Tissue thromboplastin

Thromboplastine (III)

$\text{Ca}^{++}$  (IV)

Prothrombin

Thrombin

B : **Extrinsic System**  
(Tissue damage )

شكل رقم (14-5)

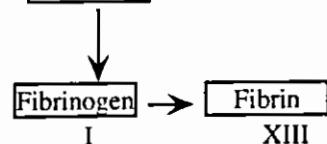
كيفية تجلط الدم

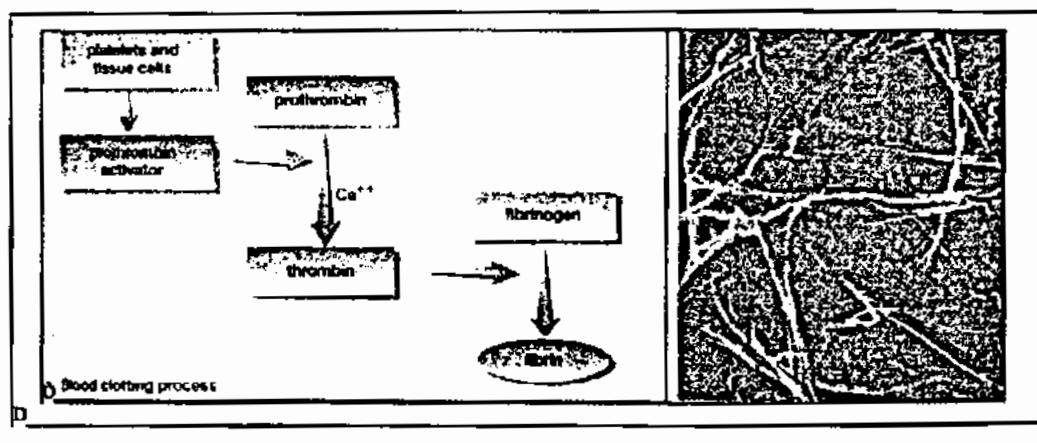
B : الجهاز الداخلي

A : الجهاز الخارجي

C : عوامل التخثر

C : Coagulation factors	
Factor	Other names commonly used
I	Fibrinogen
II	Prothrombin
III	Thromboplastin (tissue factor)
IV	Calcium ions
V	Labile factor
VI	Not found
VII	stable factor
VIII	Antihaemophilic globulin (AHG)
IX	Christmas factor
X	Stuart-prower factor
XI	Thromboplastine (plasma factor)
XII	Hageman factor
XIII	fibrin-stabilising factor





D : عملية التخثر E : دم متختز  
شكل رقم (14 - 5)

### مضادات التجفط Anticoagulant

وهي مواد تعمل على منع تجلط الدم عند استعمالها وتعد ذات اهمية كبيرة ومنها :

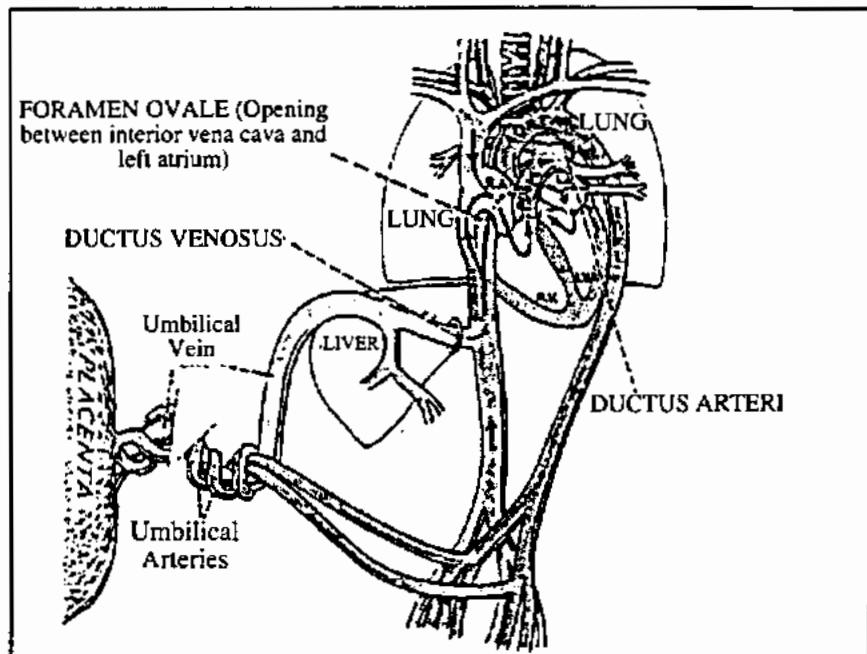
- 1- الهيبارين Heparin : ويستعمل في علاج الخثرة الدموية Thrombosis عن طريق الحقن ويعمل على تحفيز عمل مضاد الثرومبين.
- 2- وارفرين Warfarin ويستعمل في الوقاية من الخثرة الدموية عن طريق الفم.
- 3- سترات الصوديوم Sodium citrate : ويستعمل عند جمع الدم لغرض نقله من شخص لأخر ويعمل على إزالة الكالسيوم من المزيج.
- 4- EDTA : ويستعمل في المختبرات لمنع تخثر عينات الدم عن طريق ارتباطه بالكالسيوم.
- 5- الفلوايد والاكريلات Fluoride & Oxalate : و تستعمل للتحليلات الكيميائية الحيوية وليس نقل الدم وتعمل على ترسيب الكالسيوم.

### دورة الدم في الجنين Fetal Circulation

- \* لا يتنفس الجنين ولا يأكل حتى الشهر التاسع من العمر ولكن خلايا جسمه يجب أن تجهز بالطعام والأوكسجين.



- \* يتغذى ويتنفس الجنين من دم الأم بواسطة جهاز خاص قبل الولادة وكذلك يمكنه أن يلفظ المواد البرازية عن طريق هذا الجهاز.
- \* ليس هناك اتصال مباشر بين الأوعية الدموية للأم والجنين ولكن هناك اتصال غير مباشر بواسطة المشيمة Placenta التي تتكون في رحم الأم وتستخدم أثناء فترة الحمل.
- \* ينتشر الأوكسجين والمواد الغذائية من الأوعية الشعرية الدموية في الرحم إلى الأوعية الشعرة الدموية في المشيمة وتصل إلى الجنين خلال الحبل السري Umbilical vein الذي يعطي بعض الفروع إلى الكبد ثم يرتبط بالوريد الأجوف السفلي بواسطة القناة الورينية Ductus Venosus.
- \* يفتح الوريد الأجوف السفلي بعد ذلك في القلب الذي يبعث الدم إلى مختلف أنحاء الجسم عند النبض.
- \* يأخذ الجنين الأوكسجين والمواد الغذائية من الدم ويلفظ اليه  $\text{CO}_2$ .
- \* يترك الدم غير المؤكسج جسم الجنين خلال زوج من الشرايين السرية Umbilical arteries الذي يدخل جسم الجنين عند منطقة السرة Umbilicus or Navel (شكل رقم 15 - 5).
- \* تعرف الشرايين السرية ضمن جسم الجنين بالشرايين الخثلية Hypogastric Arteries وتعود امتداداتها من السرة إلى المشيمة بالشرايين السرية.
- \* يمر الوريد السري Umbilical vein خلال الحبل السري من منطقة المشيمة إلى منطقة السرة.
- \* عند دخول هذا الوريد إلى جسم الجنين يمر إلى السطح الأسفل للكبد ليرتبط مع الوريد البابي Portal vein.
- \* ينتقل الدم في الوريد السري إلى الوريد البابي ومنه إلى الكبد.
- \* ليس للكبد المقدرة على تحمل الدم الوارد إليه من الوريد البابي والوريد السري لذلك فلا بد من دفع كمية من الدم إلى وعاء آخر وهكذا تنشأ قناة تصيرية تعرف بالقناة الورينية Ductus Venosus التي تنقل الدم إلى الوريد الأجوف السفلي Inferior vena cava.



(15 - 5)

مخطط يبين دوران الدم في الجنين.

عند دخول الدم إلى الوريد الأجوف السفلي ينتقل إلى الأذين الأيمن حيث يختلط مع الدم العائد بواسطة الوريد الأجوف العلوي Superior vena cava ويعدها ينتقل الخليط إلى الأذين الأيسر خلال الفتحة البيضية Foramen Oval الواقعة في الجزء الذي يفصل بين الأذينين إضافة إلى أن كمية ضئيلة من الدم يمر إلى البطين الأيسر.

عند انقباض البطين الأيسر يندفع الدم إلى الشريان الأبهري ومن ثم إلى جميع أنحاء الجسم بواسطة فروعه ما عدا الرئتين.

كذلك يمر الدم إلى الأذين الأيمن من خلال الوريد الأجوف العلوي ومنه إلى البطين الأيمن. عند انقباض البطين الأيمن يندفع الدم إلى الشريان الرئوي ثم إلى الأبهري خلال وعاء صغير ونحيف يعرف بالقناة الشريانية Ducts Arteriosus ويدهب قسم منه إلى الشريان السريري Umbilical arteries حيث ينتقل إلى المشيمة.



\* أن جسم الجنين يصنع دمه بنفسه ويتحرك هذا الدم إلى المشيمة بواسطة الشريانين السرية حيث يحدث التبادل الغازي فيفقد  $\text{CO}_2$  ويأخذ  $\text{O}_2$  والمواد الغذائية ويعود إلى الجنين مرة أخرى بواسطة الوريد السري.

\* يتبع مما تقدم :

\* أن كمية من الدم تنتقل بواسطة الوريد السري إلى الكبد.

\* وكمية أخرى كبيرة تستمر حتى تصل إلى الوريد الأجواف الأسفل بواسطة القناة الوريدية D.V حيث تصل بعد ذلك إلى الأذين الأيمن.

\* ويسبب وجود الفتاحة البيضية O.F يندفع معظم الدم إلى الأذين الأيسر عبرها من دون أن يمر إلى الشريان الرئوي.

\* لذلك فإن دم الجنين هو خليط من دم مؤكسج وأخر غير مؤكسج حيث أن قسماً من الدم الذي يندفع إلى الرئتين ينتقل إلى الأبهر عبر القناة الشريانية A.D.

\* أما عند ولادة الطفل :

فإنه يحتاج إلى كمية أكبر من الأوكسجين لخلايا الجسم. لذا تحصل تغيرات لفصل الدم المؤكسج عن الدم غير المؤكسج وهي :

1- قطع الحبل السري وشده يوقف الشريانان الشريانان السريان والوريد السري عن العمل حيث يصبح الجزء المتبقى من الوريد السري بعد الأسبوع الأول من الولادة رباطاً دائرياً بينما يتحول بقایا الشريانان إلى نسيج ليفي.

2- تنغلق القناة الوريدية وتتصبّع رباطاً وريدياً للكبد.

3- تنغلق الفتاحة البيضية عادة خلال ثلاثة أشهر ويبيّن أثراها على شكل انخفاض في الحاجز بين الأذينين يعرف بالحفرة البيضية Fossa Ovalis.

4- تنغلق القناة الشريانية وتتحول إلى نسيج ليفي. عند عدم إنغلاق الفتاحة البيضية والقناة الشريانية تحدث حالات مرضية وهي :



- ١- عدم إغلاق الفتحة البيضية (بين الأذينين الأيمن والأيسر).  
يصبح الطفل بعد الولادة ازرق اللون Blue baby لأن الدم المؤكسج يختلط مع الدم غير المؤكسج وعند ركض الطفل يتعب لأنه لا يحصل على كمية كافية من O<sub>2</sub>.
- ب - عدم إغلاق القناة الشريانية (بين الشريان الرئوي والأبهر).  
\* عند توسيع الرئتين بعد الولادة (بعد أن كانت متقلصة أثناء الأدوار الجنينية) فإن الضغط يقل في الشريان الأبهر نتيجة انفتاح الشريان الرئوي لذا فليس هناك ضرورة للقناة الشريانية.
- \* عدم اغلاق القناة يؤدي إلى موت الطفل لقلة ورود الأوكسجين إلى الخلايا لأن الدم الذي يذهب إلى الشريان الرئوي من الشريان الأبهر يؤدي ذلك إلى :
- ١- احتقان الرئتين نتيجة زيادة الضغط عليها.
  - ٢- تضخم البطن الأيمن نتيجة الإجهاد وزيادة المقاومة التي يلاقها اندفاع الدم.
- الجهاز المفاوي Lymphatic System**
- \* يتالف المحيط الداخلي للجسم الذي تسبع فيه الخلايا من الدم والسائل النسيجي أو ما يعرف باللمف Lymph. (شكل رقم 5 - 16).
- \* يعمل اللمف كحالة وصل بين الدم وخلايا الجسم حيث تتم خلاله عملية تبادل المواد بين الدم والأنسجة.
- \* يتكون اللمف عند مرور مواد خاصة من البلازمما خلال جدران الأوعية الدموية إلى مناطق الأنسجة خلال عملية تعرف بالرشح Transudation.
- \* يتكون اللمف بعد تكونه في أوعية خاصة تكون الجهاز المفاوي الذي يعمل على إيصال اللمف إلى الدم وينشأ الجهاز في الأصل من أوعية شعرية لفاوية Lymph capillaries مغلقة النهايات ينتشر بين الأنسجة بنفس انتشار الأوعية الشعرية الدموية.



\* أن جسم الجنين يصنع دمه بنفسه ويتحرك هذا الدم إلى المشيمة بواسطة الشرايين السرية حيث يحدث التبادل الغازي فيفقد  $\text{CO}_2$  ويأخذ  $\text{O}_2$  والمواد الغذائية ويعود إلى الجنين مرة أخرى بواسطة الوريد السري.

\* يتبع مما تقدم :

\* أن كمية من الدم تنتقل بواسطة الوريد السري إلى الكبد.

\* وكمية أخرى كبيرة تستمر حتى تصل إلى الوريد الأجواف الأسفل بواسطة القناة الوريدية D.V حيث تصل بعد ذلك إلى الأذين الأيمن.

\* وبسبب وجود الفتحة البيضية O.F يندفع معظم الدم إلى الأذين الأيسر عبرها من دون أن يمر إلى الشريان الرئوي.

\* لذلك فإن دم الجنين هو خليط من دم مؤكسج وأخر غير مؤكسج حيث أن قسما من الدم الذي يندفع إلى الرئتين ينتقل إلى الأبهر عبر القناة الشريانية A.D.

**أما عند ولادة الطفل :**

فإنه يحتاج إلى كمية أكبر من الأوكسجين لخلايا الجسم. لذا تحصل تغيرات لفصل الدم المؤكسج عن الدم غير المؤكسج وهي :

1- قطع الحبل السري وشده يوقف الشريانان الشريانان والوريد السري عن العمل حيث يصبح الجزء المتبقى من الوريد السري بعد الأسبوع الأول من الولادة رباطا دائريا بينما يتحول بقایا الشريانان إلى نسيج ليفي.

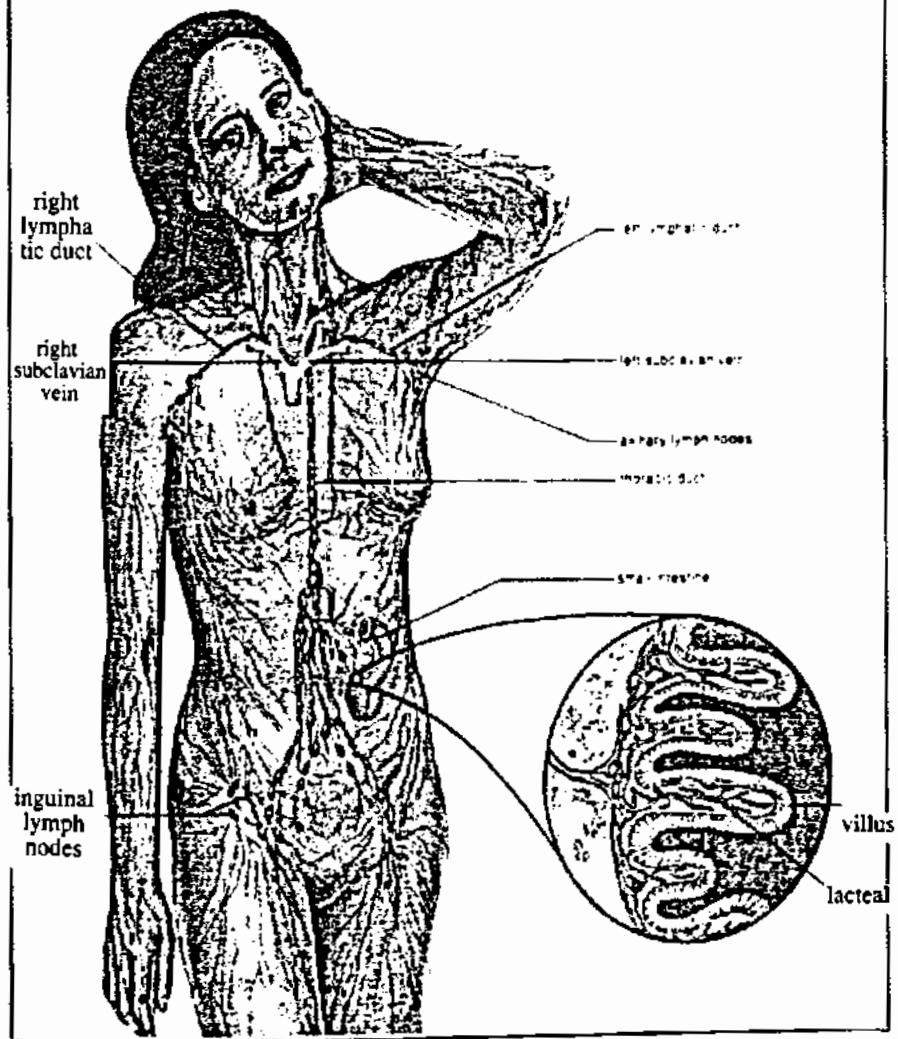
2- تنغلق القناة الوريدية وتتصبح رباطا وريديا للكبد.

3- تنغلق الفتحة البيضية عادة خلال ثلاثة أشهر ويبيقى أثراها على شكل انخفاض في الحاجز بين الأذينين يعرف بالحفرة البيضية Fossa Ovalis.

4- تنغلق القناة الشريانية وتتحول إلى نسيج ليفي. عند عدم إغلاق الفتحة البيضية والقناة الشريانية تحدث حالات مرضية وهي :



- ١- عدم إغلاق الفتحة البيضية (بين الأذينين الأيمن والأيسر).  
يصبح الطفل بعد الولادة أزرق اللون Blue baby لأن الدم المزكوج يختلط مع الدم غير المزكوج وعند ركض الطفل يتعب لأنه لا يحصل على كمية كافية من O<sub>2</sub>.
- ب- عدم إغلاق القناة الشريانية (بين الشريان الرئوي والأبهري).  
\* عند توسيع الرتنين بعد الولادة (بعد أن كانت متقلصة أثناء الأدوار الجنينية) فإن الضغط يقل في الشريان الأبهري نتيجة افتتاح الشريان الرئوي لذا فليس هناك ضرورة للقناة الشريانية.
- \* عدم اغلاق القناة يؤدي إلى موت الطفل لقلة ورود الأوكسجين إلى الخلايا لأن الدم الذي يذهب إلى الشريان الرئوي من الشريان الأبهري يُؤدي ذلك إلى :
- ١- احتقان الرتنين نتيجة زيادة الضغط عليها.
  - ٢- تضخم البطين الأيمن نتيجة الإجهاد وزيادة المقاومة التي يلاقيها اندفاع الدم.
- الجهاز лимفاوي Lymphatic System**
- \* يتآلف المحيط الداخلي للجسم الذي تسرب فيه الخلايا من الدم والسائل النسيجي أو ما يعرف باللمف Lymph. (شكل رقم ٥ - ١٦).
- \* يعمل اللمف كحالة وصل بين الدم وخلايا الجسم حيث تتم خلاله عملية تبادل المواد بين الدم والأنسجة.
- \* يتكون اللمف عند مرور مواد خاصة من البلازما خلال جدران الأوعية الدموية إلى مناطق الأنسجة خلال عملية تعرف بالرشح Transudation.
- \* يتكون اللمف بعد تكونه في أوعية خاصة تكون الجهاز лимفاوي الذي يعمل على إيصال اللمف إلى الدم وينشأ الجهاز في الأصل من أوعية شعرية لمفاوية Lymph capillaries مغلقة النهايات ينتشر بين الأنسجة بنفس انتشار الأوعية الشعرية الدموية.



شكل رقم (16 - 5)

الأوعية اللمفاوية في الإنسان

\* تستقر الأوعية الشعرية اللمفاوية بالكثير إلى أن تكون بمجموعها القناة اللمفاوية الصدرية  
اليسرى واليميني Right & Left Thoracic Duct



تفتح القناة المفاوية اليسرى (الكبيرى) في منطقة إتصال الوريد العنقى الأيسر والوريد تحت الترقوى الأيسر.

اما القناة المفاوية اليمنى فتفتح في منطقة اتصال الوريد العنقى الأيمن بالوريد تحت الترقوى الأيمن.

\* تتغفل الأوعية المفاوية خلال الأنسجة كما في الأوردة والشرايين.

\* تختلف الأوعية المفاوية عن الأوعية الأخرى بارتباطها مع بعضها لتشكيل ما يعرف بالصفائح اضافة إلى دخولها في تراكيب عقدية تعرف بالغدد أو العقد المفاوية.

#### **العقد أو الغدد المفاوية Lymph glands or nodes**

\* وهي تراكيب بيضوية الشكل أو تشبه حبة الفاصوليا.

\* تتألف من تجمعات الأنسجة المفاوية وتحتوي على انخفاض جانبى يعرف بالسرة hilus، يمر خلالها شريان ويخرج وريد اضافة إلى عدد من الأوعية المفاوية الصادرة Efferent Lymphatics.

\* تحاط العقد بنسيج ليفي يمتد إلى داخلها بشكل فروع متربطة مع بعضها تعرف بالحواجز Trabeculae تقسم العقدة إلى جيوب لفاوية Lymph Sinuses تكون مليئة بكل من نسيج لفاوي تعرف بالجريبيات المفاوية Lymph Follicles حيث تكون مادة الجريبيات منطقة لالتقاء اللمف بالدم.

\* يدخل اللمف العقد المفاوية خلال الأوعية المفاوية الواردة Afferent Lymphatics التي تخترق العقد منتشرة في القسم المحدب منها.

\* يحتوى اللمف على خلايا الدم البيض التي يكون معظمها من نوع المفوسيات Lymphocyte التي تتكون من مادة الجريبيات المفاوية حيث يترك اللمف العقد عن طريق الأوعية المفاوية الصادرة.

\* يختلف حجم العقد عن بعضها حيث يتراوح من حجم رأس الدبوس إلى حجم حبة الفاصوليا.



- \* تنظمر العقد في النسيج الراكيط ويكون بعضها قرب سطح الجسم الخارجي تحت الجلد والآخر في مناطق عميقة وترافق الأوعية الدموية الكبيرة.
- \* توجد العقد عادة على شكل سلاسل من 2 - 12 أو قد تكون منفردة. (لاحظ شكل رقم 16-5).
- \* تقع العقد اللمفاوية على السطح الظاهري للرأس والعنق وتحت الفك الأسفل وحول العضلات القصبية وفي البلعوم. وتوجد مجموعات كبيرة منها تحت الإبط وتحت عضلات الصدر. ويحوي الصدر على مجموعة كبيرة يقع بعضها في جدار الصدر والآخر مع القلب والرئتين والغدة الزعترية والمريء والقصبة الهوائية، كما يوجد عدد كبير في المنطقة الأربعية (منطقة اتصال الفخذ بالجذع). Groin

من العقد :

- \* عقد عنقية .Cervical nodes
- \* عقد إبطية .Axillary nodes
- \* عقد صدرية .Pectoral nodes
- \* عقد بطنية .Abdominal nodes
- \* عقد أربية وحوضية .Inguinal & pelvic nodes
- \* عقد قابضية Popliteal nodes (تقع خلف الركبة Behind knee)

تعتبر العقد اللمفاوية مهمة لفرض الدفاع عن الجسم ضد الأجسام مثل البكتيريا وغيرها.

### **الأوعية اللمفاوية Lymph Vessels**

- \* يبدأ الجهاز اللمفاوي بالأوعية الشعرية اللمفاوية Lymph Capillaries وهي تراكيب مجهرية يتتألف من طبقة واحدة من الخلايا الاندوثليلية.
- \* تقع الأوعية الشعرية اللمفاوية في النسيج بين الخلايا في جميع أنحاء الجسم.
- \* يترك اللمف الفسح بين الخلايا منتقلًا إلى أوعية أكبر وأكبر.
- \* تمتاز الأوعية الشعرية اللمفاوية بنهاياتها المغلقة.

- \* كما أن الأوعية المفاوية الكبيرة تمثل الأوردة بخصوص امتلاكها للصمامات.
- \* يتكون من اتحاد الأوعية المفاوية قناتان لمفيتان.

### **القناة المفاوية اليسرى :**

يتجمع فيها اللمف من جميع أنحاء الجسم عدا النصف الأيمن فوق الحاجب الحاجز حيث تجتمع في القناة المفاوية اليمنى.

للقناة المفاوية اليسرى انتفاخ فوق مستوى الغدة القطنية الأولى يعرف بالصهريج الكابيلوس Chyli cisterna يتسلمه اللمف من عدة أوعية كبيرة تجلبه من الأطراف السفلية والبطن والحوض.

تفتح كل من القناتين الصدرتين في منطقة اتحاد الوريد العنقي الداخلي والوريد تحت الترقوى.

### **بعض التراكيب المفاوية (شكل رقم 5 - 17)**

#### **1 - اللوز Tonsils**

وهي ثلاثة أزواج من التراكيب المفاوية. تساعد على منع دخول البكتيريا إلى الممرات التنفسية العليا والقناة الهضمية وهي :

**A- اللوز البلعومية Adenoids or Pharyngeal Tonsils**.

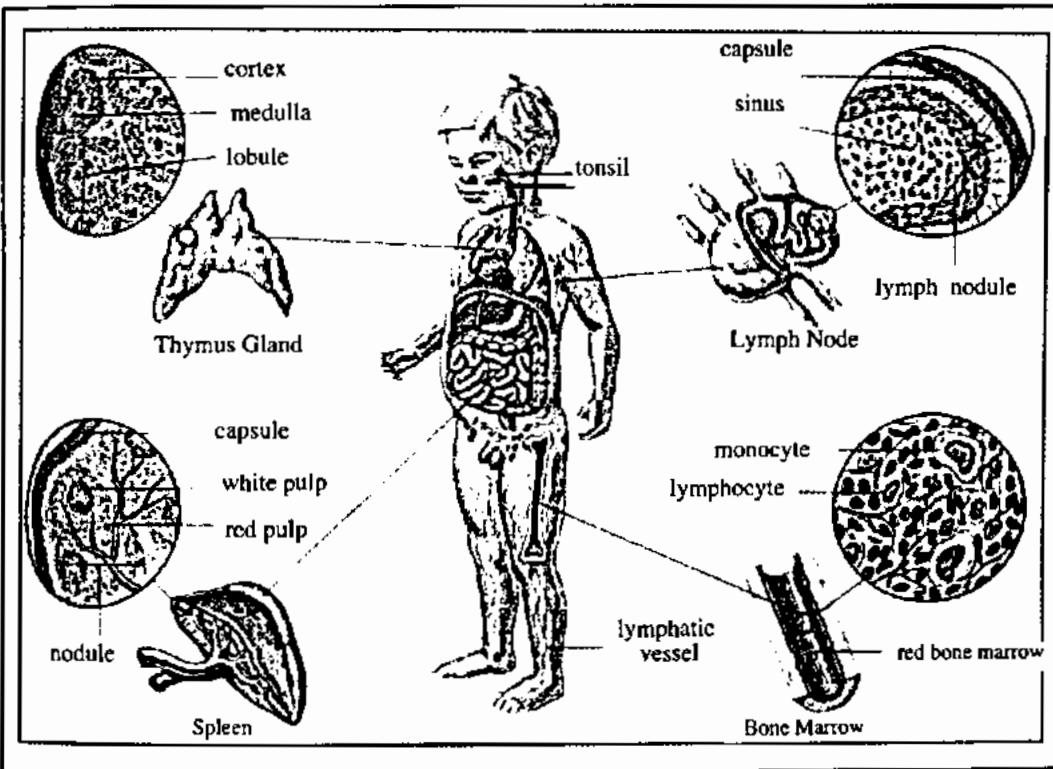
وتقع في الجدار الخلفي للبلعوم الأنفي nasopharyngeal وتكون بارزة في الأطفال.

**B- اللوز الالهاتية Palatine Tonsils**.

وتقع داخل الجدار الجانبي الخلفي للبلعوم Throat خلف الفم.

**C- اللوز اللسانية Lingual Tonsils** :

وتقع على القسم الخلفي من اللسان. ويمكن علاج التهاب اللوز Tonsilitis ب بواسطة مضادات الحيوية Antibiotics ولا يفضل إزالتها بواسطة العمليات الجراحية إلا في الحالات الضرورية.



(17 - 5) شكل رقم

بعض التراكيب المفاوية في جسم الإنسان

## 2 - الطحال

ويبلغ وزنه حوالي 200 غم في الإنسان. يقع أسفل الحاجب تماماً في القسم الأعلى الأيسر لل التجويف البطني خلف المعدة وأعلى الكلية. ويضم الكثير من الفسح (الجيوب) الدموية Sinusoid. وتدخل الأوعية الدموية المختلفة وتخرج من الطحال مقرفة تعرف السرة Hilum. وتتجمع في الطحال الكريات الحمراء المتهدمة حيث يتم تحطيمها والتهامها بواسطة الخلايا الملتئمة Phagocytic cells.

يعتبر الطحال مستودع لتجهيز الأعضاء بالدم. ويقوم الطحال بتكوين الأجسام المضادة Antibodies وكذلك يقوم بتوظيد مادة ظهر أنها تحفز تكوين الخلايا في نخاع العظم.



في الأدوار الجنينية يقوم الطحال بتكوين الكريات الدموية الحمر والبيض والتي لا يظهر أنها ضرورية عند البلوغ.

### 3 - الغدة الزلعترية Thymus

تقع عند السطح البطني لقاعدة القلب في أعلى الصدر حيث تلامس شغاف القلب وقرب مقدمة الرئتين وتحت عظم القص Sternum وتتكون من فصين. وتكون كبيرة الحجم عند البلوغ (حيث تصل إلى أكبر حجم) ويصل وزنها عندها 10 - 20 غرام. وتنفرز في أدوار Lymphopoietin Thymosin واللمفوبويوتين يساعد على تحويل الخلايا المفاوية إلى خلايا بلازمية تولد الأجسام المضادة Ab التي تهاجم المواد الغريبة وكذلك تنظم نشاط الخلايا المفاوية. وتقوم الغدة بصنع الأجسام المضادة قبل الولادة أما بعد البلوغ فانها تضمحل حتى تخفي في الأعمار المتقدمة وتحول إلى أنسجة دهنية.



**6**

**الفصل السادس**

**فسيولوجيا التنفس**

***Physiology of Respiration***



## فسيولوجيا التنفس Physiology of Respiration

\* بمعناه الواسع هو التبادل الغازي بين الكائن الحي والمحيط الخارجي (يتميز بأخذ الأوكسجين وطرح ثاني أوكسيد الكربون).

\* الحيوانات الصغيرة : تأخذ  $O_2$  من المحيط الخارجي عن طريق سطح الجسم بعملية الإنتشار وطرح  $CO_2$  بنفس الطريقة.

\* الحيوانات الكبيرة : تحتاج إلى جهاز للتنفس وأخر للدوران لضمان التبادل الغازي.

### التنفس الخارجي : External Respiration

عملية التبادل الغازي بين الدم والمحيط الخارجي (الهواء أو الماء).

### التنفس الداخلي Internal Respiration

عملية التبادل الغازي بين الدم وخلايا الجسم.

### التنفس الخلوي : Cell Respiration

\* ما يحدث داخل الخلايا من تحرير الطاقة من المواد الغذائية.

### المحيط الغازي :

تبلغ نسبة غاز الأوكسجين في الهواء عند مستوى سطح البحر حوالي 21%. لكن كمية  $O_2$  تتناقص كلما ارتفعنا عن سطح البحر بسبب تناقص الضغط الجوي. لذا فإن النسبة المئوية لا تعبر عن وفرة الغاز بصورة صحيحة. ويعتبر الضغط الجزئي (Partial Pressure) هو المعيار الصحيح.

الضغط الجزئي = نسبة الغاز في الهواء  $\times$  الضغط الكلي للهواء (الضغط الجوي).

فمثلاً عند سطح البحر درجة الصفر المئوي يبلغ :

الضغط الجزئي لـ  $O_2 = 760 \times 0.21 = 160$  ملم زئبق .

اما على قمة جبل إيفريست فيبلغ :

الضغط الجزئي لـ  $O_2 = 220 \times 0.21 = 45$  ملم زئبق.

لذا فإن الحياة معدومة على قمم الجبال لأن كمية الأوكسجين غير كافية لتنفس الحيوانات والنباتات.

أما العوامل المؤثرة على توفر الأوكسجين فهي :

1- الارتفاع عن سطح البحر.

2- درجة الحرارة : الهواء الساخن يحتوي على كمية أقل من O<sub>2</sub> (مهم في المحيط المائي)

3- درجة اللوحة : تنخفض كمية O<sub>2</sub> بارتفاع اللوحة (المياه العذبة تحتوي كمية أكبر من O<sub>2</sub> المذااب).

**الحياة في أعلى الجبال :**

\* الإنسان المتأقلم يستطيع أن يعيش على ارتفاع 17 ألف قدم تقريباً.

\* الإنسان العادي تتدحر صحته على ارتفاع 9 آلاف قدم تقريباً (السبب قلة الأوكسجين).

\* وجد أن الضغط الجزيئي للـ O<sub>2</sub> الضروري لتحميل الهيموغلوبين بكمية كافية من O<sub>2</sub> هو 80 ملم زئبق وهذا يعادل ارتفاع 17 ألف قدم. يسبب الوجود على ارتفاعات عالية ما يأتي:

1- نقص الأوكسجين .Anoxia

2- زيادة التهوية Hyperventilation تسبب فقدان كمية كبيرة من CO<sub>2</sub> وارتفاع الاس الهيدروجيني pH للدم.

3- سرعة النبض وعمقه Tachycardia (نشاط في الدورة الدموية حيث تزداد كمية الدم المار في الرئتين).

4- الزرقة Cyanosis

5- الإعياء والأرق.

☆ العيش على ارتفاعات شاهقة جداً تسبب :

\* الخدر والسكر والهستيريا.

\* فقدان الذاكرة

\* الغثيان.

\* القيء ثم الموت.



\* الاستجابات الأخرى الطويلة الأمد.

\* زيادة حجم القفص الصدري.

\* زيادة عدد الكريات الدموية الحمر R.B.C نتيجة لتقلص الطحال وزراعة الكريات بواسطة نخاع العظام حيث يرتفع عدد الكريات إلى 8 ملايين على ارتفاع 18 ألف قدم مقارنة بـ 5 ملايين عند مستوى البحر.

#### الحياة تحت سطح الماء :

\* في الحيوانات الصغيرة : تعيش بسهولة وتنفس عن طريق الجلد الغني بالأوعية الدموية والاكتفاء بكمية قليلة من الـ  $O_2$  وتحصل عليها عن طريق الانتشار البسيط عن طريق سطح الجسم.

\* في الحيوانات الكبيرة : الانتشار عن طريق الجلد غير ممكن لوجود الغشاء الكايتيني الذي يعرقل عملية الانتشار.

\* في الفقريات : يعتمد على خزن الأوكسجين والاقتصاد به وبعض التبدلات الفسيولوجية مثل:

\* بطء النبض (Bradycardia) مع اقتصار الدوران على الأنسجة الحيوية مثل الدماغ وعضلات القلب.

\* وجود كمية من الـ Myoglobin في العضلات يمكنها خزن الأوكسجين (مثل التمساح).



## جهاز التنفس Respiratory Apparatus

وتكون مماثلي (شكل رقم 6 - 1) :

1- الممرات التنفسية Respiratory passages وتشمل :

أ- التجويف الأنفي Nasal Cavity.

ب- البلعوم Pharynx (وهو الممر العام لجهازي التنفس والهضم).

ج- الحنجرة Larynx.

د- القصبة الهوائية (الراغمي) Trachea.

هـ- القصبات الهوائية Bronchi والقصيبات الدقيقة Bronchioles.

ـ2- الرئتين Lungs.

ـ3- الصدر والأغشية الجنبية Thorax & Pleural sacs.

ـ4- العضلات التنفسية Respiration Muscle التي تزيد وتقلل من سعة الصدر.

ـ5- الأعصاب الداخلية (الواردة) والخارجية (الصادرة) afferent & efferent nerves.

أما الصدر Thorax فيتكون من :

ـ1- الأضلاع Ribs.

ـ2- عظم القص sternum.

ـ3- الفقرات Vertebrae.

العضلات التنفسية Respiratory muscles وتشكل من :

ـ1- عضلات بين الأضلاع Intercostal muscle.

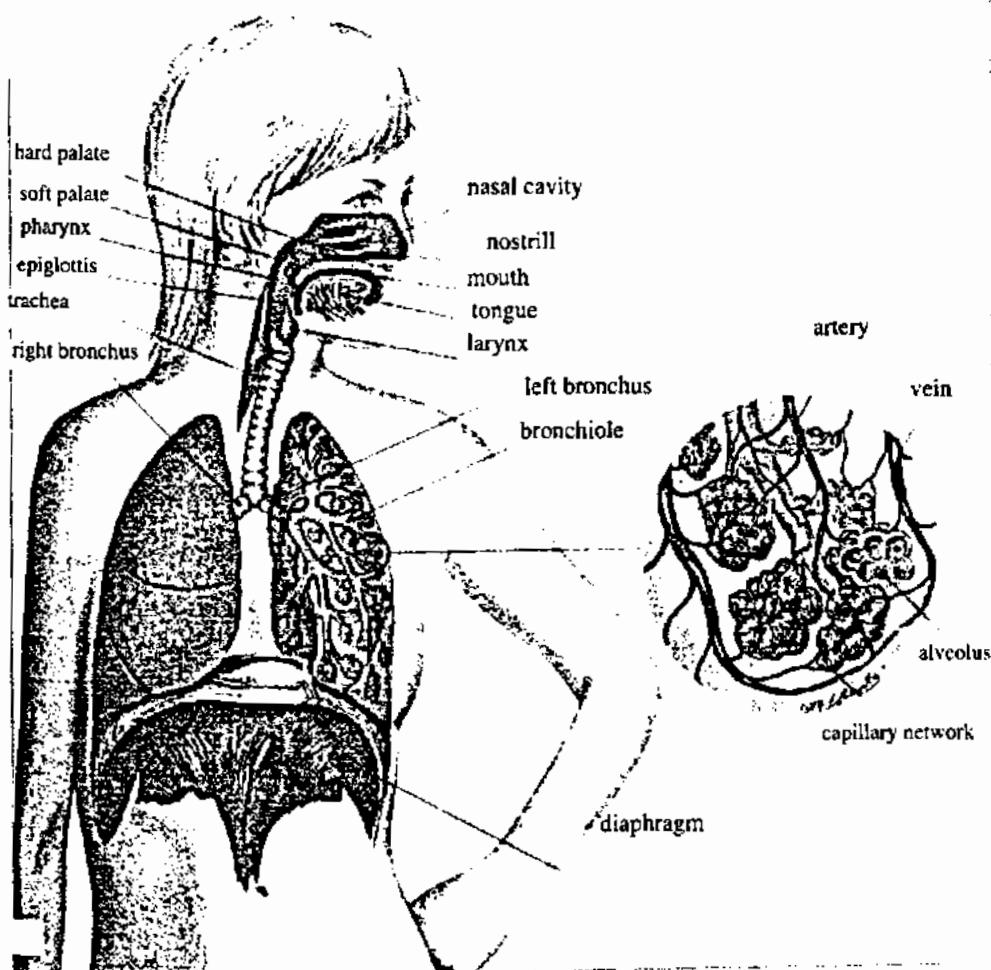
ـ2- الحجاب الحاجز Diaphragm.

ـ1- الممرات التنفسية Respiratory passages.

ـأ- التجويف الأنفي Nasal cavity وهو عبارة عن زوج من الممرات المبطنة.



- \* يبطنه غشاء مخاطي رطب وكثير الأوعية وتحتوي على غدد ومهدب (لقنصل الغبار).
- \* يعمل التجويف الأنفي على إضافة الرطوبة ويدفع الهواء المستنشق.
- \* يحتوي الأنف أيضاً على مستلمات لحاسة الشم. ولتجاويف الأنف دور في إخراج بعض الأصوات.



شكل رقم (١ - ٦)  
جهاز التنفس في الإنسان

\* يفرز الأنف حوالي ربع غالون من المخاط يومياً.

\* تفتح في الأنف الجيوب التالية والتي تعرف بالجيوب الأنفية وهي :

1- الجيوب الوردية Sphenoidal sinuses وتقع قرب القرنيات العليا.

2- الجيوب المصقوفية الخلفية Posterior ethmoidal sinuses وتقع تحت القرنيات العليا.

3- الجيوب الجبهوية Frontal sinuses .

4- الجيوب الفكية Maxillary sinuses .

5- الجيوب المصقوفية الأمامية Anterior ethmoidal sinuses . وتقع الجيوب الثلاثة الأخيرة تحت القرنيات الوسطى.

b- البلعوم pharyn

\* تركيب أنبوبي يبدأ خلف التجاويف الأنفية وينتهي عند المريء.

\* وهو ممر دائم لجهازي الهضم والتنفس، ويربط الأنف والفهم ببقية الممرات التنفسية والهضمية.

وللبلعوم ثلاث أقسام :

1- البلعوم الأنفي Nasopharynx ويقع خلف التجويف الأنفي ويستمر معه.

2- البلعوم الفمي Cropharynx ويقع خلف فراغ الفم.

3- البلعوم الحنجري Laryngeopharynx ويقع خلف الحنجرة أو صندوق الصوت ولا توجد حدود فاصلة بين الأجزاء الثلاثة للبلعوم.

يتصل البلعوم بسبع فتحات وهي :

\* زوج من فتحات أوستاكى (يمنى ويسرى) Eustachian .

\* زوج من الفتحات المنخرية الداخلية Internal nares .



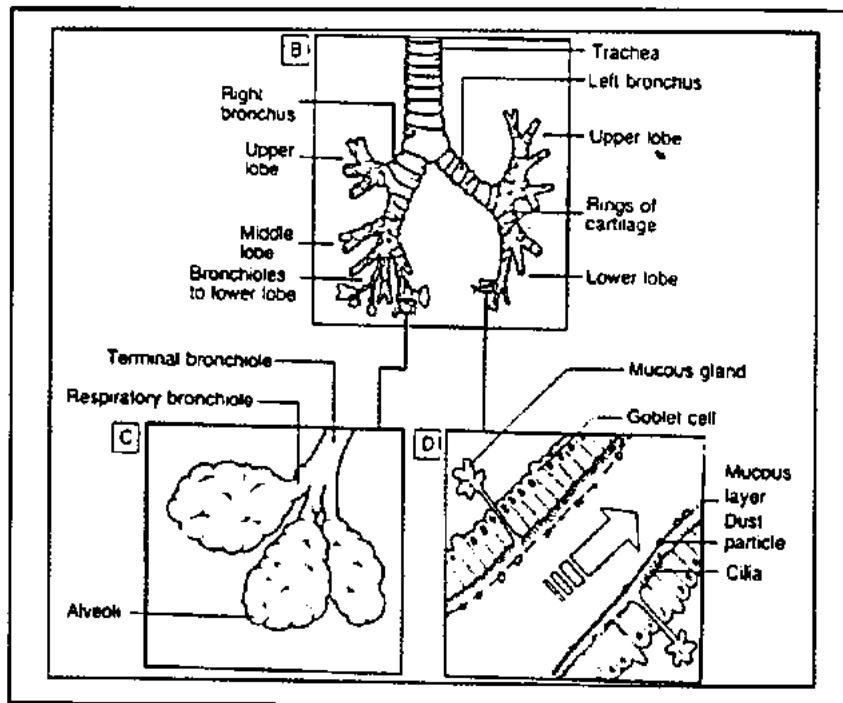
- \* زوج من الفتحات تربطان الحنجرة والمريء بالبلعوم.
- \* وفتحة واحدة تربط الفم بالبلعوم .Fauces
- \* ويرتبط بالبلعوم ثلاث أزواج من اللوز Tonsils سبق أن تكلمنا عنها وهي اللوز البلعومية، واللوز اللهاثية، واللوز اللسانية.
- \* وتعمل هذه الأعضاء المفاوية كمرشحات للأحياء المجهري الضارة.

### جـ- الحنجرة Larynx

- \* هي تكوين يشبه الصمام العضلي الغضروفي Musculo-cartilaginous valves وتعمل على منع مرور المواد الغذائية إلى المرات التنفسية.
- \* تعمل كعضو للنطق Phonation وكذلك لتنظيم كمية الهواء الداخل والخارج من الرئتين.
- \* وتكون الحبال الصوتية vocal cords والغضروف الارتينويدي أو الهرمي- Artenoid car- tilage من الجهتين حدود فتحة المزمار Glottis الذي عند تقلصه يمنع دخول الهواء للمرات التنفسية والمحروس بواسطة غضروف لسان المزمار Epiglottis.

### دـ- القصبة الهوائية Trachea :

- \* تكون مفتوحة دائماً بواسطة حلقات غير متكاملة من القصارييف في جدرانها.
- \* يحتوي غشائها المخاطي على غدد وخلاياها تكون مهدبة ciliated.
- \* إن إفرازات الغدد والدهون تمنع دخول الأجسام الغريبة والغبار إلى الرئتين.
- \* أما القصبات Bronchi فتشبه القصبة الهوائية من حيث التركيب وتتفرع منها وتتشعب إلى قصبيات دقيقة Bronchioles (شكل رقم 6 - 2).



(2 - 6) شكل رقم

القصبة الهوائية وقفرعاتها من القصبات والقصيبات الدقيقة داخل فصوص الرئتين.

## 2- الرئتين Lungs

كيسين مطاطيين غشائيين. يتصل داخلهمما مع الهواء الخارجي بواسطة المرات التنفسية. وتحتوي كل رئة على عدد كبير من الحويصلات الهوائية alveoli أو الأستانخ. تتفرع القنوات الحويصلية alveolar ducts من القصيبات Bronchi. ويكون جدار الحويصلة alveolus من طبقة واحدة من الخلايا لذلك فمن خلال هذا الجدار ومن خلال جدار الشعيرات الدموية Blood capillary يتم التبادل الغازي بين الهواء الخارجي والدم. وتكون الرئتين صغيرة نسبياً إلى التجويف الصدري Thoracic cavity الذي تحتله. وتتمدد الرئتين بواسطة الضغط الجوي من الأمام anterior لأنها تملأ الصدر.



### 3- التجويف الصدري

- \* ويحتوي في داخله على الرئتين والقلب ومكوناته من الأوعية الدموية.
- \* يحده من الأعلى الرقبة والأضلاع Ribs & neck.
- \* ويحده من الجوانب عضلات ما بين الأضلاع والأضلاع Ribs & Intercostal M.
- \* ويحده من الخلف الفقرات والأضلاع Vertebrate &Ribs.
- \* ويحده من الأمام عظم القص والأضلاع Sternum & Ribs.
- \* ويحده من الأسفل الحجاب الحاجز Diaphragm.
- \* لا يتصل التجويف الصدري بالخارج مطلقاً ويفصله عن التجويف البطني الحجاب الحاجز.
- \* يحيط به غشائين مصليين serous يكونان التجويف الجنبي Pleural cavity يفصل بينهما سائل.
- \* تمتد هذه الأغشية لتعكس على الرئتين Reflected on lungs.
- \* إن زيادة السائل داخل التجويف الجنبي هو حالة مرضية تسمى ذات الجنب Pleurisy أو التهاب الجنب Hydrothorax.
- \* ويكون الضغط داخل التجويف الجنبي سالب Negative.

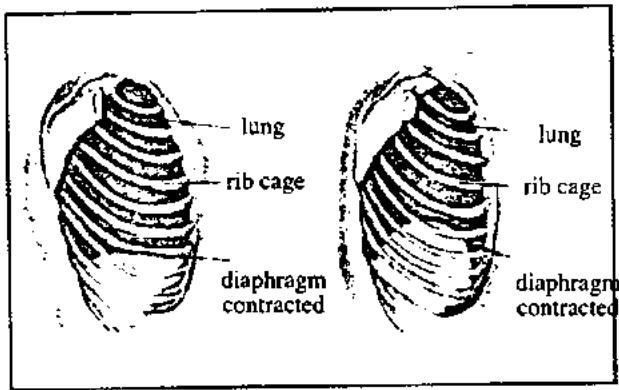
كما يكون الضغط داخل التجويف الصدري سالب Negative ويسمى Intrathoracic pressure.

### التهوية Ventilation

\* يقصد بها تجدد هواء الهوائيات بعملية الشهيق والزفير.

### عملية الشهيق Inspiration

- \* هي عملية ايجابية يصرف فيها جهد من قبل العضلات التنفسية وهي العضلات ما بين الأضلاع Intercostal muscles والحجاب الحاجز Diaphragm وعضلات البطن.
- \* نتيجة لتقلص عضلات ما بين الأضلاع Intercostal muscle تأخذ الأضلاع وضعاً أفقياً بعد أن كانت مائلة إلى الأسفل قليلاً وتتقدم نهاياتها إلى الأمام وهذا يؤدي إلى توسيع القفص الصدري.



شكل رقم (3 - 6)  
التقويم خلال عملية الشهيق والزفير

\* تقلص عضلات الحجاب الحاجز ويتخذ الحجاب وضعًا مستويًا بعد أن كان محدبًا إلى الأعلى (شكل رقم 6 - 3)

\* يؤدي توسيع القفص الصدري إلى انخفاض الضغط في تجاويف الجنب وإنخفاض الضغط داخل الحويصلات فيدخل الهواء إلى الرئتين.

### عملية الزفير Expiration

هي عملية سلبية تتم نتيجة لارتفاع العضلات التنفسية ورجوع الأضلاع والحجاب الحاجز إلى وضعها الطبيعي حيث يقل حجم الصدر والرئتين وبالتالي يخرج الهواء من الرئتين.

### حجوم الهواء وسعة الرئتين Respiratory volumes & lung capacity

1- الحجم الوجي Tidal volume : حجم الهواء الذي يدخل الرئتين أو يخرج منها أثناء التنفس الاعتيادي عند الراحة (يبلغ 500 سم<sup>3</sup> في الإنسان)، (شكل رقم 6 - 4).

2- الحجم الشهيقي القصري Insp. Reserve volume : حجم الهواء الداخلي إلى الرئتين بأعمق شهيق مستطاع بعد شهيق اعتيادي (يبلغ 2500 - 3000 سم<sup>3</sup> في الإنسان).

3- الحجم الرفيري القصري Expi. Reserve volume : حجم الهواء الخارج بأعمق زفير مستطاع بعد زفير اعتيادي (يبلغ في الإنسان 1500 سم<sup>3</sup>).

$$\text{سعة الشهيق } C = \text{الحجم الوجي I. R. V} + \text{حجم الشهيق القصري V. R.}$$

$$= 3000 + 2500 = 500 \text{ سم}^3.$$

$$\text{سعة الرفير } C = 1500 + 500 = E. R. V + T. V = E. C$$



4- السعة الحيوية Vital capacity : حجم الهواء داخل إلى الرئتين والخارج منها بأعمق شهيق مستطاع وأقوى زفير مستطاع (عند مزاولة الرياضة والأعمال الشاقة).  

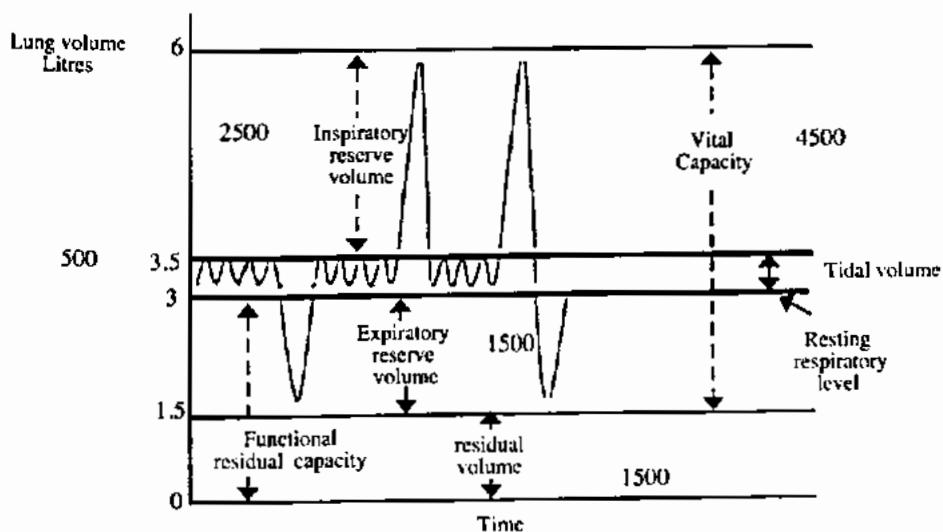
$$E. R. V. + I. R. V + T. V = 4500$$
 في الإنسان.

5- الحجم المتبقى Residual volume : كمية الهواء المتبقى في الحويصلات حتى بعد أعمق زفير مستطاع (لا يمكن للرئتين أن تفرغ من الهواء بصورة كاملة). في الإنسان يساوي 1500 سم<sup>3</sup>.

\* إذن سعة الرئتين الكلية (Total lungs capacity) هو السعة الحيوية زائداً الحجم المتبقى.

\*  $4500 + 1500 + 5000 = 6000$  (أو 6500 سم<sup>3</sup>).

\* إن جزء من الهواء الداخل إلى الرئتين يصل إلى الحويصلات حيث يملئ القنوات التنفسية (كالمخزين والقصبة الهوائية والقصيبات). ولأن جدران هذه القنوات غير متخصص فلا يحدث تبادل غازى فيها لذا فإن هذا الجزء من الهواء لا يشترك في تزويد الدم الأوكسجين ويدعى بالحيز الميت (Dead space) ويبلغ حوالي 150 سم<sup>3</sup>.



شكل رقم (4 - 6)

مخطط يبين حجم الهواء وسعة الرئتين.

\* لذلك في التنفس العادي يتجدد فقط 350 سم<sup>3</sup> من الهواء ويتجدد أكثر عند الرياضة العنيفة.

### **التبادل الغازي في الرئتين وفي الأنسجة**

\* يعني طرق حصول الخلايا الحية على الأوكسجين وتخلصها من ثاني أوكسيد الكربون باستمرار.

\* هناك نظريتين لتفسير التبادل الغازي وهي :

#### **1- النظرية الفيزيائية**

وذلك حسب التباين في ضغوط الغازات Gas pressures وتسمى أيضاً نظرية الانتشار Diffusion Theory وهي النظرية المتبعة في تفسير هذه الظواهر حتى الآن.

#### **2- النظرية الإفرازية Secretory Theory**

ويدعى أصحاب هذه النظرية بأن خلايا بطانة الرئتين الطلانية Lung epithelium تفرز الأوكسجين من الحويصلات Alveoli إلى الدم في الأوعية الدموية الرئوية Blood of pulmonary capil. وهذه النظرية لم تؤكَّد لحد الآن.

#### **\* النظرية الفيزيائية :**

∴ يبلغ ضغط  $\text{PO}_2 = 40 \text{ ملم زئبق}$ .

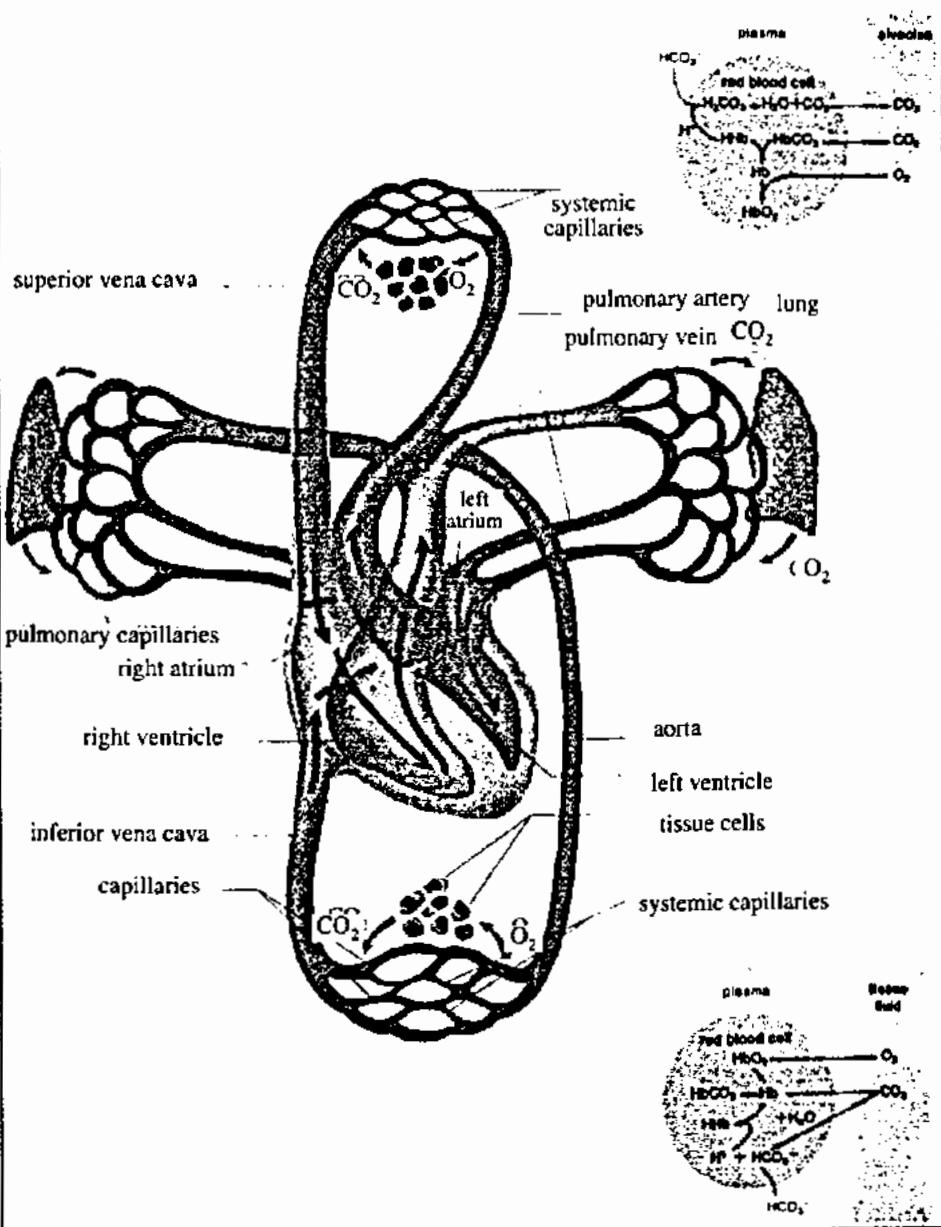
∴ وضغط  $\text{PCO}_2 = 46 \text{ ملم زئبق}$  في الدم المار إلى الرئتين بواسطة الوريد الرئوي Pulmonary vein.

\* وبما أن ضغط  $\text{PO}_2 = 98 \text{ ملم زئبق}$  وضغط  $\text{PO}_2 = 40 \text{ ملم زئبق}$  في هواء الحويصلات.

∴ هناك زيادة في ضغط الأوكسجين من الهواء إلى الدم.

∴ وزيادة في ضغط  $\text{CO}_2$  من الدم إلى الهواء.

لذلك ينتقل  $\text{O}_2$  من الحويصلات إلى الدم وينتقل  $\text{CO}_2$  من الدم إلى الحويصلات، بعملية الانتشار البسيط Simple diffusion. إن عملية الانتشار هذه تكون سريعة لأن السطح الذي يحدث خلاله واسع جداً (شكل رقم 6 - 5).



شكل رقم (٥ - ٦)  
التبادل الغازي في الرئتين وفي الأنسجة

اما في الأنسجة فيحدث العكس : حيث أن :

$O_2$  ينتقل من الدم إلى الأنسجة (لأنه في الدم أعلى).

$CO_2$  ينتقل من الأنسجة إلى الدم (لأنه في الأنسجة أعلى).

### نقل الغازات بواسطة الدم Gases carried by the Blood

\* إن مكونات هواء التنفس Composition of Respiratory Air

	$N_2$	$CO_2$	$O_2$
Inspired Air هواء الشهيق	79.01%	0.04%	20.95%
Expired Air هواء الرزفير	79.60%	4.00%	16.40%

\* نسبة النيتروجين  $N_2$  تتضمن عناصر أخرى مثل hydrogen, zenone, neon, krypton, helium، إلخ وهذه العناصر ليس لها أهمية فسيولوجية.

ومن الملاحظ إن الأكسجين المتصض يكون أكثر من ثاني أوكسيد الكربون المطرود وذلك لأن ليس كل الأكسجين يستعمل لاكتسدة الكربون حيث يستعمل بعضه لاكتسدة عناصر أخرى مثل الهيدروجين والكبريت ( $H_2 & S$ ). أما معامل التنفس فيساوي :

$$\text{Respiration quotient (R. Q)} = \frac{\text{Volume of } CO_2 \text{ expired}}{\text{Volume of } O_2 \text{ inspired}}$$

معامل التنفس

$$R. Q = \frac{CO_2}{O_2} = \frac{3.96}{4.55} = 0.87$$

\* إن من أهم وظائف الدم نقل  $O_2$  و  $CO_2$  بين الأعضاء التنفسية والأنسجة.

\* لقد تكيف الدم لهذه الوظيفة باحتواه على الكريات الحمر (R. B. C) الملوءة بالهيموغلوبين Haemoglobin السريع الإتحاد بغاز الأكسجين مكوناً الهيموغلوبين المؤكسج Oxyhaemoglobin.

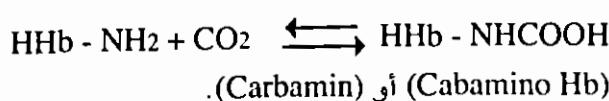
\* جزيئات الهيموغلوبين تتكون من جزء بروتيني وجزء لا بروتيني haeme.

\* يتالف haeme من أربع حلقات بايرول pyrole rings يوجد في وسطها الحديد في حالة حديوز.



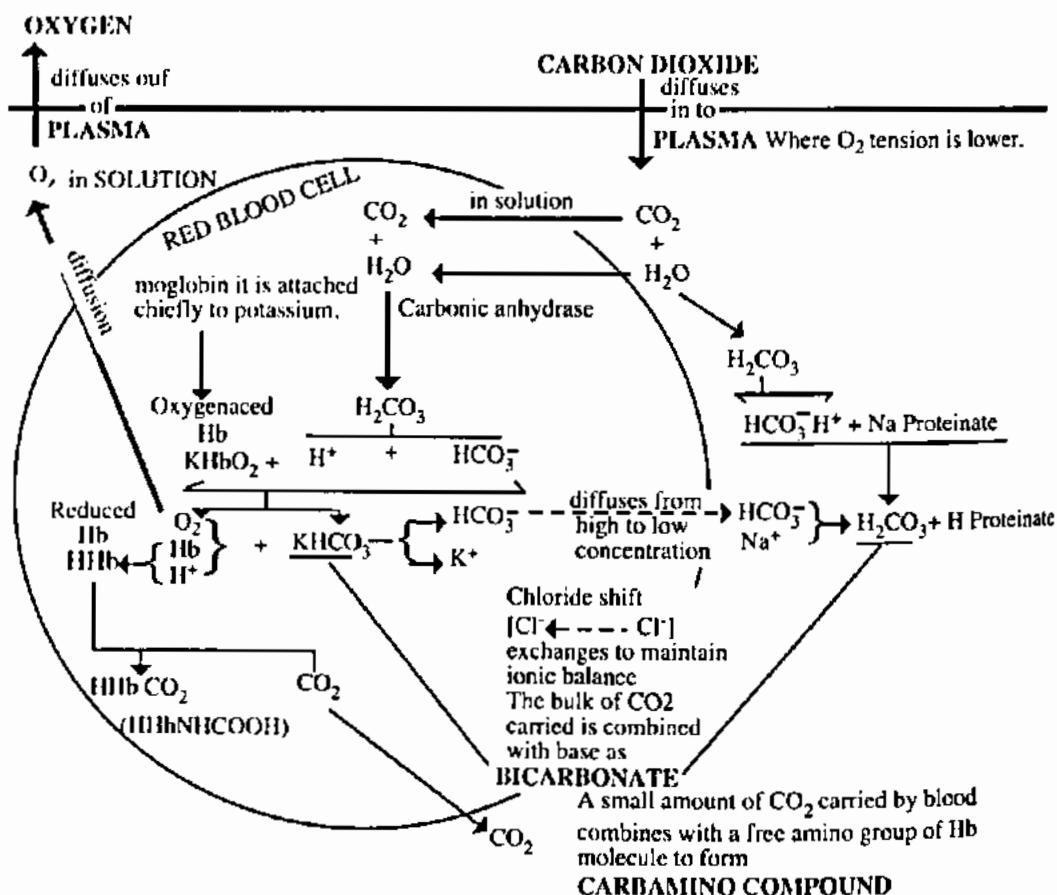
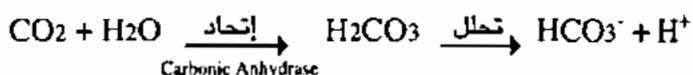
- \* ودماء الحيوانات مختلفة الكفاءة في نقل  $O_2$  و  $CO_2$  واكثرها كفاءة هي الفقريات.
- \* ولا يحتوي الدم إلا على كمية قليلة جداً من  $N_2$  بالرغم من تأليف هذا الغاز نسبة عالية من الهواء وذلك لعدم حاجة الأنسجة إليه وعدم تكيف الدم لنقله.
- \* كما أن قابلية ذوبان هذا الغاز في الدم واطنة.
- \* وغاز النيتروجين  $N_2$  غاز خامل Inert gas وتكون كميته متشابهة في دم الشرايين والأوردة ولا يستعمل بواسطة الأنسجة.
- نقل ثاني أكسيد الكربون في الدم :**
- \* إن كمية  $CO_2$  في الدم أعلى من كمية  $O_2$ .
- كمية  $CO_2$   $53 \text{ سم}^3 / 100 \text{ سم}^3$  في الدم الوريدي.
- و  $48 \text{ سم}^3 / 100 \text{ سم}^3$  في الدم الشرياني.
- وهذا يعني أن كل  $100 \text{ سم}^3$  من الدم يفقد عند مروره في الرئتين ويكتسب عند مروره في الأنسجة  $5 \text{ سم}^3$  من  $CO_2$  (شكل رقم 6 - 6).
- \* أما ضغط  $CO_2$  : في الدم الشرياني فهو  $40 \text{ ملم زئبق}$ ، وفي الدم الوريدي  $46 \text{ ملم زئبق}$ .  
ويوجد  $CO_2$  في الدم بأربعة أشكال :
  - 1- ذائب في الدم بنسبة 4% من الكمية الكلية.
  - 2- متعدد مع الماء مكوناً حمض الكاربونيكي  $H_2CO_3$  بنسبة 1% من الكمية الكلية.
  - 3- على شكل بيكاربونات  $HCO_3^-$  بنسبة 65% من الكمية الكلية.
 وهذه تنتج من تأين  $H_2CO_3$ 

$$H_2CO_3 \longrightarrow HCO_3^- + H^+$$
- \* متعدد مع الـ  $Hb$  وبروتينات الدم الأخرى بنسبة 30% .
- يتعدد  $CO_2$  مع amino grop (-NH<sub>2</sub>) ويدعى المركب الناتج بالـ(كاربامين)





\* إن معظم  $\text{CO}_2$  ينتقل في الدم على شكل  $\text{HCO}_3^-$  الناتج من اتحاد  $\text{CO}_2$  مع الماء  $\text{H}_2\text{O}$  وتكوين  $\text{H}_2\text{CO}_3$  تم تحلل  $\text{H}_2\text{CO}_3$  إلى  $\text{HCO}_3^-$  طبقاً للمعادلة :



(6 - 6)  
شكل رقم (6)  
نقل ثاني أوكسيد الكربون في الدم.

\* إن اتحاد  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{R}- \text{COOH} \rightleftharpoons \text{R}-\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O}$  عملية بطئية جداً إلا إذا توفر إنزيم خاص هو- Carboxic Anhydride drase وهذا الإنزيم معذوم في المصل ولكنه يوجد بكميات كافية في الكريات الحمر. لذلك فإن هذه التفاعلات تتم داخل الكريات.



- \* وينتج عن التفاعل أيونات الهيدروجين  $H^+$  التي تزال من الدم بواسطة Hb على شكل  $HHb$  أو تطرح بواسطة الكلية .The kidney
- \* لو بقيت أيونات  $H^+$  في الدم فإنها تسبب الحموضة الدموية .Acidemia
  - ومن الملاحظ أن :
- \* بروتينات الدم ملزمة بصورة رئيسية للصوديوم ( $Na^+$ ).
- \* وبروتين كريات الدم الحمر الهيموغلوبين Hb ملازم بصورة رئيسية للبوتاسيوم ( $K^+$ ).

## نقل الأكسجين بواسطة الدم :

\* يحمل الأ<sub>2</sub> في الدم باتحاده بسهولة مع الهيموغلوبين مكوناً الأ Oxyhaemoglobin



\* إن هذا الاتحاد راجع وسريع حيث يستطيع الأ Hb أن يتتحد مع O<sub>2</sub> في الرئتين بنفس السهولة التي يستطيع فيها التحلل منه في الأنسجة (شكل رقم 6 - 7).

\* يوجد الأ O<sub>2</sub> بشكلين في الدم (شكل مختلف Hb وشكل مؤكسج HbO<sub>2</sub>) وتعتمد نسبة الشكلين على كمية O<sub>2</sub> المتوفرة.

\* عند تعریض الدم لمدة كافية إلى الهواء ليتشبع بـ O<sub>2</sub> فإن : 98% تتحدد مع Hb و 2% تبقى ذاتية في المصل plasma.

\* ويحتوي الدم المشبع بـ O<sub>2</sub> على 20 سم<sup>3</sup> من O<sub>2</sub> في كل 100 سم<sup>3</sup> من الدم.

\* تعتمد نسبة Hb المتتحد مع الأ O<sub>2</sub> على الضغط الجزيئي للـ O<sub>2</sub> المعرض له الدم.

\* العلاقة بين HbO<sub>2</sub> وضغط O<sub>2</sub> طردية.

\* يتضح من هنا أن : درجة تشبّع Hb الخارج من الرئتين 96% لأنّه في توازن مع هواء الحويصلات الذي يبلغ ضغط الأ O<sub>2</sub> فيه 98 ملم زئبق.

\* درجة تشبّع Hb القادم من الأنسجة 70% لأنّ ضغط O<sub>2</sub> في الدم الوريدي هو 40 ملم زئبق.

\* أما من حيث الحجم فإنه :

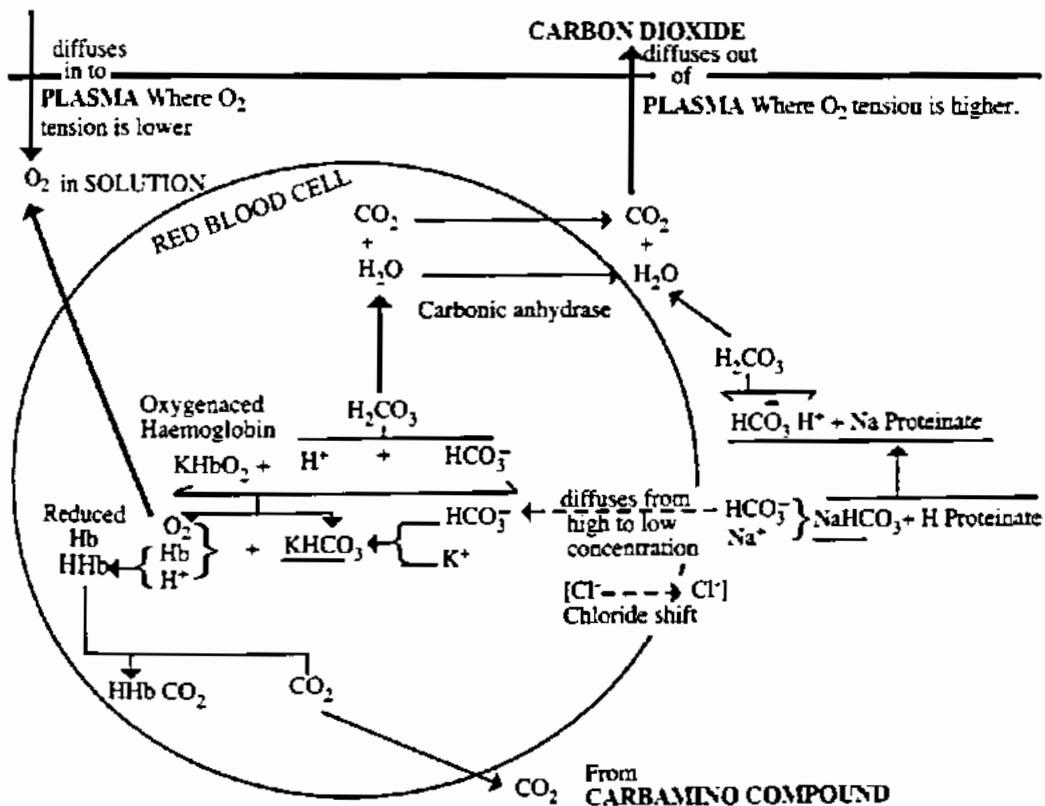
\* يبلغ مقدار الأ O<sub>2</sub> 20 سم<sup>3</sup> / 100 سم<sup>3</sup> في الدم الشرياني.

\* ويبلغ مقدار الأ O<sub>2</sub> 15 سم<sup>3</sup> / 100 سم<sup>3</sup> في الدم الوريدي.

\* إذن كل 100 سم<sup>3</sup> من الدم يفقد عند مروره في الأنسجة ويكتسب عند مروره في الرئتين 5 سم<sup>3</sup> من O<sub>2</sub> (عند الراحة)، وتزداد النسبة عند القيام بجهود.



## OXYGEN



(٧ - ٦)

شكل رقم (٧ - ٦)  
نقل الأوكسجين في الدم.

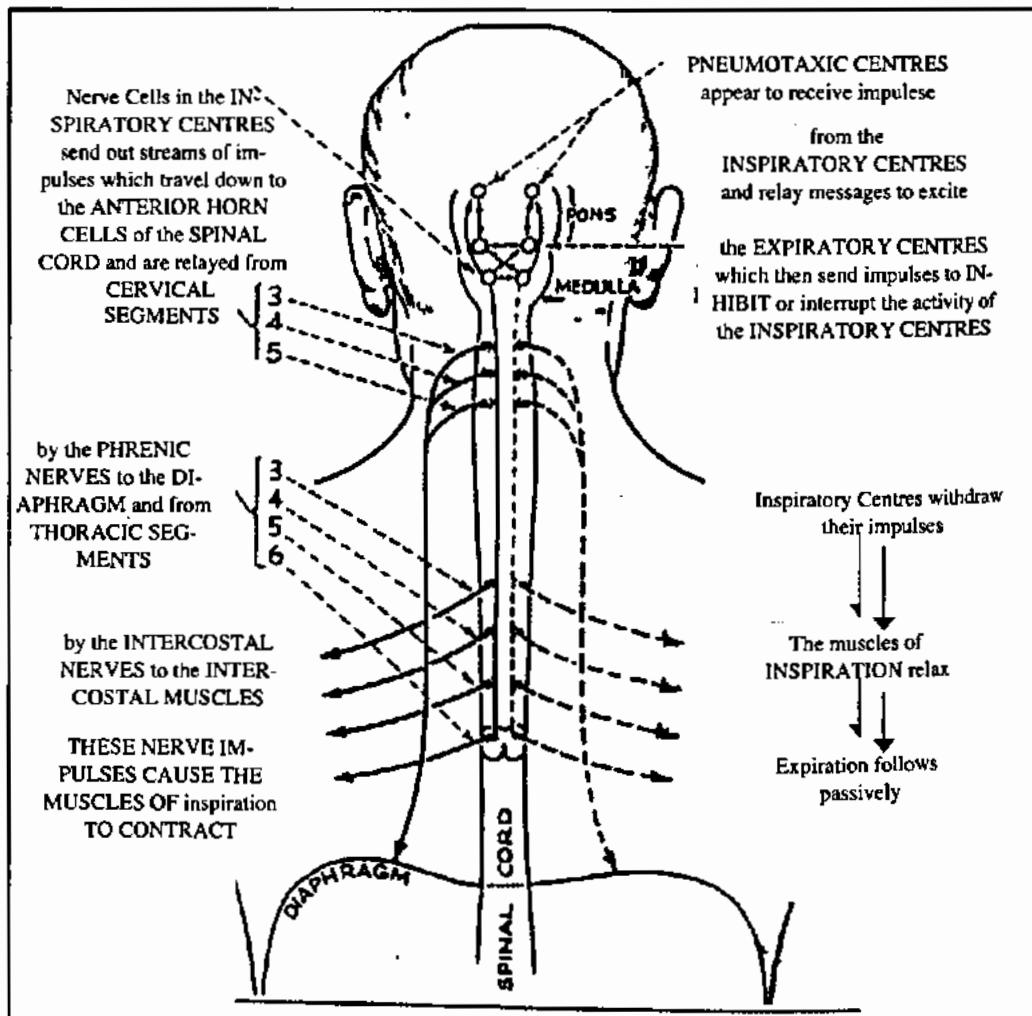
## تنظيم التنفس Regulation of Respiration

ينظم التنفس بطريقتين :

- 1- السيطرة العصبية Nervous Control
  - 2- تنظيم كيميائي Chemical regulation
- 1- السيطرة العصبية للحركات التنفسية Nervous Control of Respiratory Movements
- \* الحركات التنفسية الطبيعية تكون لا إرادية Involuntary

\* تنقل الحركات أوتوماتيكيا على شكل سيارات عصبية Nervous impulses من مراكز السيطرة في المخ Centers in the brain.

\* المراكز العصبية الشهيقية والزفيرية Inspiratory or Expiratory Centers تقع على جهتي النخاع المستطيل Medulla oblongata (شكل رقم ٦ - ٨).



شكل رقم (٦ - ٨)

السيطرة العصبية على الحركات التنفسية.



## عملية الشهيق Inspiration

مجموعة من الخلايا العصبية من المراكز الشهيقية (Insp. C) على جهتي النخاع المستطيل .*Medulla oblongata*

هذه الخلايا ترسل مجموعة من الذبذبات Stream of impulses أسفل النخاع الشوكي-*Spi-nal cord* إلى القطع العنقية *Cervical segments* رقم 5, 4, 3 بواسطة أعصاب الفرنك 6, 5, 4, *Thoracic segments* رقم 3 بواسطة أعصاب ما بين الأضلاع *Intercostal nerves* إلى عضلات ما بين الأضلاع *Intercostal muscles*.

هذه الذبذبات العصبية تجعل عضلات الشهيق تتقلص Contract وبذلك يكبر حجم القفص الصدري فيدخل الهواء إلى الرئتين.

## عملية الزفير Expiration

\* خلال عملية الشهيق تستلم المراكز التنفسية الحركية *Pneumotaxic centers* في القنطرة *Pons* ذبذبات من المراكز الشهيقية. هذه الذبذبات تزداد إلى أقصاها بازدياد التنفس. تجهز مراكز التنفس الحركية بوسائل لتهيج المراكز الزفيرية *Exp. Cs.* في أعلى النخاع المستطيل .*Medulla oblongata*

بالمقابل فإنها ترسل جملة ذبذبات عصبية لتثبيط أو تقليل نشاط المراكز الشهيقية. فكذا فإن المراكز الشهيقية (Insp.C) تسحب ذذباتها وبذلك تجعل عضلات الشهيق تتمد (relax) ويسقط القفص الصدري ويخرج الهواء من الرئتين إلى الخارج.

\* ملاحظة :

إن المراكز العصبية المختلفة متصلة داخل الخلايا *Interconnected* لذلك فإن حركات الصدر من الجانبين تكون متناسقة *co-ordinated*.



## التنظيم الكيميائي للتنفس Chemical Regulation of Respiration

### ١- التأثيرات المباشرة على المراكز التنفسية

#### Direct effects on the Respiratory Centers

- \* إن نشاط المراكز التنفسية يتاثر بكميائية درجة حرارة الدم المار به.
- والعامل المهم هو  $\text{CO}_2$  في الدم :
- \* زيادة  $\text{CO}_2$  أو زيادة الحموضة acidity stimulates الخلايا العصبية في المراكز التنفسية وبذلك يزداد عمق depth ومعدل rate التنفس.
- \* نقصان  $\text{CO}_2$  في الدم يحمل المراكز التنفسية وبذلك يتم التنفس السطحي.  
اما تأثير الحرارة فيكون بالشكل التالي :
  - \* زيادة حرارة الدم تسرع ولكن لا تعمق التنفس.
  - \* انخفاض الحرارة يبطئ Slow معدل التنفس.
- \* واعتيادياً : التنفس يتاثر قليلاً بالتغيير الجزئي لكمية الأكسجين في الدم لكن :
- النحسان الحاد sever lack يحمل المراكز العصبية.
- النحسان الحاد جداً very sever lack يوقف التنفس ceases.
- بـ التأثير غير المباشر بواسطة الانعكاسات الكيميائية:

#### Indirect effect by means of chemo-reflexes

- \* تحفز المستقبلات الكيميائية Chemoreceptors الموجودة في الجسم السباتي carotid body (الموجود بين الشريان السباتي carotid Artery) والجسم الأبهري aortic body (الموجود في قوس الأبهري Arch of the Aorta) بواسطة قلة الأكسجين lack of  $\text{O}_2$ .
- \* هذا التأثير يصاحبه زيادة في كمية  $\text{CO}_2$  في الدم.
- \* إن هذا التحفيز يرسل ذبذبات إلى الأعصاب الفحامية Cranial nerves رقم 10, 9 ثم إلى المراكز العصبية الشهيقية Respiratory Centers.



\* هذه الذبذبات العصبية تذهب إلى العضلات وتعطي :

Reflex stimulation of respiration

\* زيادة  $\text{CO}_2$  فقط بدون نقصان  $\text{O}_2$  لها تأثير يسيطر جداً على المستقبلات الكيميائية.

اما العوامل المؤثرة على المستقبلات الكيميائية فهي :

\* قلة الأكسجين  $\text{O}_2$ .

\* زيادة  $\text{CO}_2$ .

\* قلة الحموضة  $\text{pH}$ .

**الإنعكاسات العصبية الإضافية التي تسيطر على التنفس.**

Additional nervous reflexes

1- الإنعكاسات التنفسية من السباتي Carotid والأبهر Aorta عند تحفيزها بواسطة زيادة ضغط الدم تنتج انعكاسات مثبتة للتنفس.

2- الإنعكاسات التنفسية الوقائية protective:

\* تحفيز بطانة الحنجرة larynx mucous يسبب يثبط الشهيق ويقوى الزفير فتنتج ما يعرف بالسعال coughing.

\* تحفيز بطانة الأنف يسبب العطاس sneezing.

\* جميع هذه الإنعكاسات توقي المرات التنفسية والرتين من دخول الشوائب الضارة مثل الغازات المهيجة وجزيئات الطعام.

3- التمارين العضلية Muscular exercise

ا - يؤدي الإجهاد إلى زيادة معدل وعمق التنفس Hyperpnea.

ب - وزيادة التهوية الرئوية Pulmonary ventilation

ج - زيادة التحفيزات الكيميائية للمرات التنفسية (نتيجة لزيادة الأيض الناتج من الإجهاد العضلي).



## **السيطرة الإرادية على التنفس Voluntary Control of respiration**

التنفس الإعْتِيادي يكون لا إرادي involuntary لكن من الممكن زيادة التنفس أو إيقافه أو إبطائه إرادياً. ذلك لأن المراكز التنفسية تحت سيطرة المراكز العصبية العليا في المخ.

### **الاختناق Asphyxia**

من الممكن إحداثه بواسطة أي شيء يمنع دخول وخروج الهواء الإعْتِيادي بواسطة غلق المرات التنفسية أو يجعل الفرد يتنفس هواء الزفير suffocation. ويكون الاختناق على ثلاثة مراحل :

- 1- تنفس مبالغ فيه (dyspnea ثم hyperpnea)
- 2- تشنجات convulsions
- 3- إنهاك وتعب exhaustion or collaps

### **بعض المصطلحات التنفسية some respiratory terms**

- Eupnea : تنفس اعتيادي هادئ.
- Normal quite breathing
- Hyperpnea : زيادة معدل أو عمق التنفس.
- Breathings in which rate & or depth are increased
- Polypnea : سرعة وسطحية التنفس.
- Rapid & shallow breathing
- Apnea : توقف مؤقت للتنفس.
- Temporary stopping of breathing
- Dyspnea . التنفس بصعوبة Hard breathing
- Abdominal breathing : التنفس البطني
- هو حركة البطن الظاهرة أثناء الشهيق.



التنفس الصدري Costal breathing هو حركة الأضلاع أثناء التنفس.

**ملاحظة:**

إن هذه الحركات في التنفس هي غير اعتيادية حيث نشاهدها عند الإصابة بالأمراض مثل التهاب الأمعاء Enteritis والتهاب الخلب Peritonitis.

**طرق تسجيل الحركات التنفسية والحجوم.**

هناك عدد من الأجهزة المصممة لهذا الغرض ولكنها جميعاً تقيس معدل أو تردد Rate or frequency والسعنة أو القوة amplitude or force. وهي:

1- البنيموجراف Pneumograph: ويكون من زمبرك ملفوظ متحرك موضوع في أنبوب مطاطي ذو جدران ضيقة يربط حول الصدر وهو متصل بمسجل. عند الشهيق تزداد سعة الجهاز فيتحرك سطح الكتابة إلى الأسفل ويحدث العكس عند الزفير.

2- stethograph نفس السابق في عمله.

3- spirometer و gasometer وكلها تقيس الحجم التنفسية.

7

الفصل السابع

فيزيولوجيا الهضم

*Physiology of Degestion*



## الهضم Digestion

ويقصد بالهضم نشاط القناة الهضمية وغددها لتحضير الغذاء لغرض الإمتصاص وكذلك طرح المواد الباقيّة غير المُنْتَصَّة.

والهضم عبارة عن تحلل مائي Hydrolysis ت分成 فيه أواصر كيميائية بإضافة الماء ويُعَدُّ جزئية واحدة لكلّ أصْرٍ؛ ويتمّ هذا التحلل بتأثير الأنزيمات الهضمية Digestive enzymes أو zymes التي تفرزها الغدد الهضمية الواقعة في جدران القناة الهضمية Digestive tract أو غدد خارجية مثل البنكرياس والكبد والغدد اللعابية.

وتكون معظم الأغذية التي يتناولها الإنسان أو الحيوان بحالة غير ذاتية Insoluble، لذلك يجب تغييرها في القناة الهضمية إلى مواد ذاتية بسيطة لغرض الإمتصاص Absorption عبر الدم أو اللمف ثم نقلها إلى خلايا الجسم للإستفادة منها في تحرير الطاقة اللازمة للأفعال الحيوية.

وهناك عدد من العوامل المتعلقة بالهضم التي تشمل العوامل الميكانيكية مثل المص -Mas-tication والبلع Swallowing والقليس Regurgitation والتقيؤ Vomiting وحركة الأمعاء إضافة إلى الإبراز Defecation. والعوامل الإفرازية مثل نشاط الغدد الهضمية ومنها الغدد اللعابية Salivary glands والبنكرياس Pancrease. والعوامل الكيميائية التي تشمل الأنزيمات التي تكونها القناة الهضمية وبعض الأنزيمات الموجودة في الغذاء نفسه إضافة إلى حامض الهيدروكلوريك HCl الذي تكونه الغدد المعدية Gastric glands. والعوامل الميكروبية الحيوية مثل الميكروبات التي تشمل البكتيريا Microflora والبروتزروفا Microfauna. وتوجد هذه الأنواع من الميكروبات في الأمعاء الغليظة للإنسان والحيوانات غير المجترة وفي الكرشة في الحيوانات المجترة.

ولكي يعيش الإنسان والحيوان بصحة جيدة، يجب أن يحتوي غذاؤه مزيجاً من العناصر الغذائية المهمة التي تشمل :-

1. البروتينات Proteins

2. الكاربوهيدرات Carbohydrates



3. الدهون Lipids

4. الفيتامينات Vitamins

5. الأملاح والمعانصر النادرة Minerals and Trace elements

6. إضافة إلى الماء (أكسير الحياة).

ولا يحتاج الماء والفيتامينات والأملاح إلى هضم، لأنها تتكون من أنيونات أو جزئيات صغيرة بإمكانها إجتياز الغشاء المخاطي mucous membrane المبطن للقناة الهضمية بسهولة لتصل إلى الدم وسوائل الجسم الأخرى حيث ينتقل بعد ذلك إلى خلايا وأنسجة الجسم المختلفة.

أما البروتينات والكاربوهيدرات والدهون فإنها ذات جزئيات كبيرة الحجم لا يمكن امتصاصها، ولا يمكن الاستفادة منها حتى لو امتص بعض منها حيث أن لها ردود فعل ضارة عند وصولها إلى الدم مثل تكوينها للحساسية Allergy . وكل نوع من العناصر الغذائية المذكورة سابقاً فوائد مهمة للجسم قد يسبب نقصه الإصابة ببعض الأمراض.

## الجهاز الهضمي Digestive System

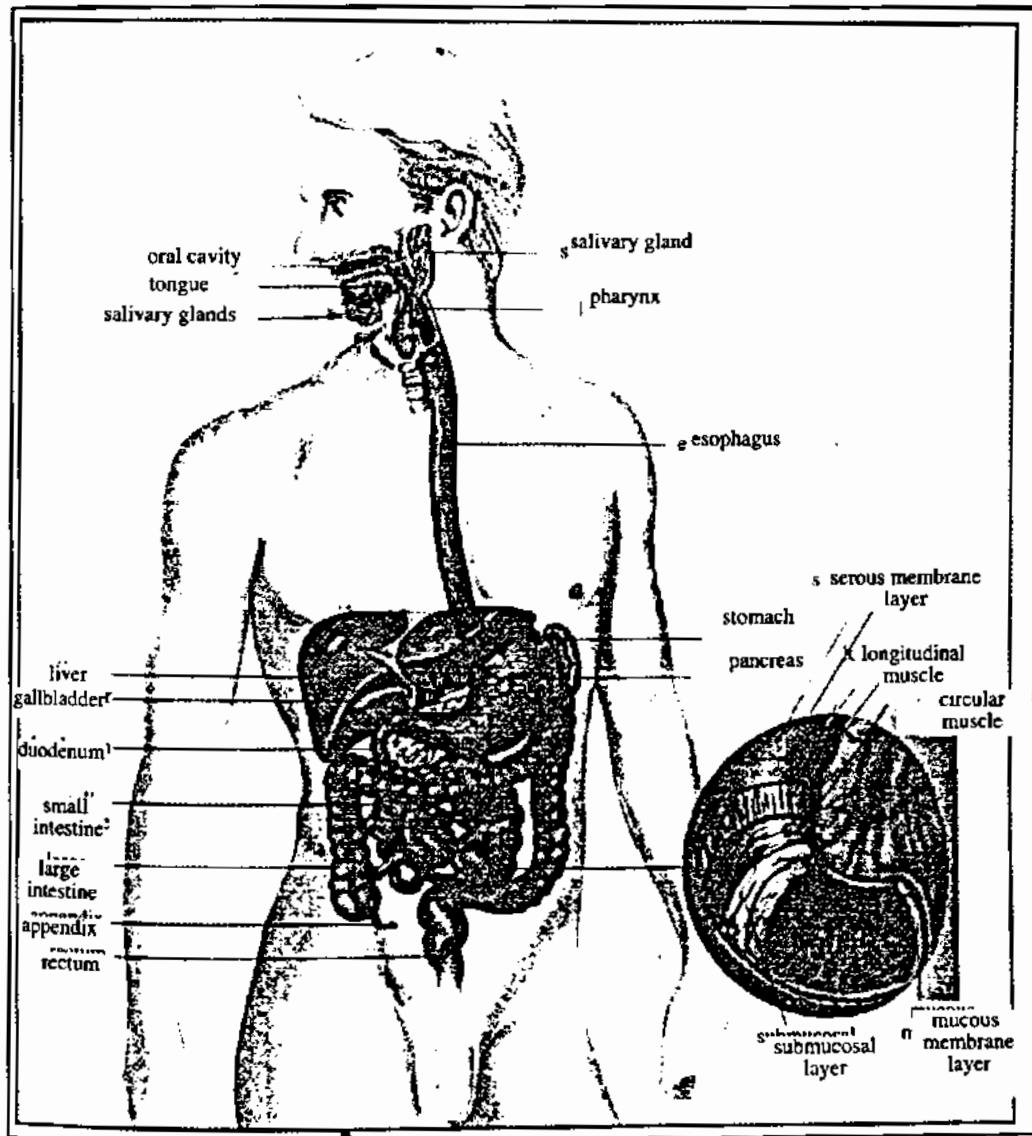
يتكون الجهاز الهضمي من قسمين رئيسيين هما:

1. القناة الهضمية (Alimentary tract) (Gut)

وهي القناة الداخلية في الجسم وتتكون من الفم والبلعوم والمريء والمعدة والأمعاء الدقيقة (تشمل الإثنى عشر والصائم واللاؤجي) والأمعاء الغليظة والمستقيم ثم المخرج. وتكون المواد الغذائية في حالة حركة مستمرة في داخل القناة الهضمية لكي تضمن تماستها وإمتصاصها مع الإفرازات التي تكونها الغدد الهاضمة.

2. الغدد اللاحقة Accessory glands

وتشمل الغدد اللعابية والبنكرياس والكبد (شكل رقم 1-7)



شكل رقم (١٠٧) مخطط بين أعضاء الجهاز الهضمي في الإنسان.

### تناول الطعام Food Prehension

ويقصد بذلك عملية إدخال الطعام إلى الفم التي تختلف باختلاف نوع الحيوان. وتستعمل الأسنان لمضغ الطعام وتقطيعه وطحنه لتحويله إلى كتلة طرية بعد مزجه بصورة جيدة مع اللعاب الذي تفرزه الغدد اللعابية.

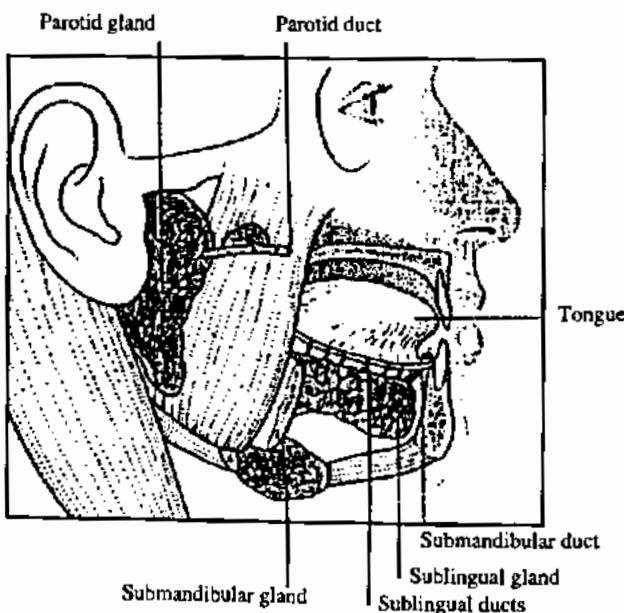


## الغدد اللعابية: Salivary glands

وهي الغدد التي تفرز اللعاب وتشكل :

### 1. الغدد التكمية : Parotid glands

وهما زوج من الغدد التي تلتهب وتتضخم في حالة الإصابة بمرض النكاف (Mumps). ويفعلن في أسفل الأذنين وتفتح فناتها بالقرب من الطواحن العليا الثانية في الإنسان. ويتميز لعاب هذه الغدد باحتوائه على كمية كبيرة من الماء وإفتقاره إلى أنزيم الأميليز (شكل رقم 2-7).



شكل رقم (2-7) : مخطط يبين توزيع الغدد اللعابية في الإنسان.

### 2. الغدد تحت الفكية : Submandibular or Submaxillary glands

وهما زوج من الغدد، ويفتحان أسفل اللسان.

### 3. الغدد تحت اللسانية : Sublingual glands

وهما زوج من الغدد، ويفتحان بواسطة عدد من القنوات الدقيقة في الجزء الأمامي من قاع الفم.



وبالإضافة إلى الغدد اللعابية المذكورة هناك عدد من الغدد التي توجد في الغشاء المخاطي للفم.

### **أنواع الغدد اللعابية:**

وتقسم الغدد اللعابية من حيث طبيعة الأنسجة التي تكونها ونوع الإفرازات التي تفرزها على ثلاثة أنواع هي:-

#### **1. الغدد المصلية : Serous glands**

وتتألف من أنسجة رابطة قوية وتكون إفرازات مائية وقيقة تحتوي على بروتينات ولا تحتوي على المخاط (Mucin).

#### **2. الغدد المخاطية: Mucous glands**

وتتألف من خلايا طلائية عمودية تحورت بعضها إلى خلايا غدية خالية من الأوعية الدموية والألياف العصبية وتكون إفرازات تحتوي على بروتين كربوهيدراتي مخاطي Glycoprotein mucin. ويعتقد أنها لا تفرز الأنزيمات.

#### **3. الغدد المختلطة: Mixed glands**

وتتألف من أنسجة وخلايا النوعين السابقين من الغدد إضافة إلى أنها تكون إفرازات تشمل مجموع إفراز الترعين.

وتتألف الغدد اللعابية من عدد كبير من وحدات إفرازية تدعى العنابات (Acini) (ومفردها عنبة Acinus). وكل عنبة تجريف وسطي محاط بجدار مكون من صف واحد من الخلايا الطلائية. وتفصل العنابات بعضها عن بعض بوساطة أنسجة رابطة تمر خلالها الأوعية الدموية والأنصاب. وتتحصل فجوة كل عنبة بقناة قصيرة نسبياً تتحصل بقنوات مشابهة من عنابات أخرى لتكون القنوات الرئيسية التي تفتح في التجويف الفم.

### **مكونات اللعاب :**

يتكون اللعاب من نسبة كبيرة من الماء تبلغ 99.5%. أما الـ 0.5% الباقية فتكون المواد الصلبة المذابة في الماء التي تحتوي على مواد صلبة عضوية (أملاح عضوية Organic salts) ومواد صلبة لا عضوية (أملاح لا عضوية Inorganic salts).

وتشكل المواد الصلبة العضوية المواد البروتينية مثل المخاطين Mucin والمواد المخاطية الأخرى ووظيفتها تسهيل عملية البلع، والأنزيمات مثل التاليلين Ptyalin والمالتاز Maltase واللايبيرز Lipase واللايسوزايم Lysozyme والكتلوز Catalase وغيرها. وتشمل أيضاً المواد الابروتينية مثل البيريا Urea والكرياتين Creatine.

أما المواد الصلبة اللاعضوية فتشكل الأيونات السالبة مثل الكبريتات  $\text{SO}_4^{2-}$  والكلور  $\text{Cl}^-$  والكاربونات  $\text{CO}_3^{2-}$ . والأيونات الموجبة مثل الصوديوم  $\text{Na}^+$  والبوتاسيوم  $\text{K}^+$  والكالسيوم  $\text{Ca}^{2+}$  والمغنيسيوم  $\text{Mg}^{2+}$ . ويشكل كلوريد الصوديوم الجزء الأعظم من هذه الأملاح.

#### وظائف اللعاب :

- 1- يربط الطعام ويسهل عملية المضغ. ويعمل المخاطين Mucin الموجود في اللعاب على تجميع جزيئات الطعام ليجعل منها كتلة أو لقمة يسهل إبتلاعها. ويسهل اللعاب أيضاً الكلام في الإنسان.
- 2- يساعد اللعاب على تحفيز الحلمات الذوقية Taste buds الموجودة في اللسان بإذابة المواد الصلبة من الغذاء.
- 3- يحتوي اللعاب على أنزيم التاليلين Ptyalin، الذي يساعد على التذوق إضافة إلى عملية هضم النشاء (Starch) وتحويله إلى مواد أبسط هي الدكسترين Dextrin والسكر الثاني Maltose. ويستمر عمل أنزيم التاليلين في داخل المعدة حوالي نصف ساعة حيث يثبط بعد ذلك بفعل حامض كلوريد الهيدروجين HCl.
- 4- إن وجود أنزيم اللايسوزايم Lysozyme في اللعاب يعطيه خاصية مظهره للفم -Anti-septic.
- 5- يساعد اللعاب على تنظيم حرارة الجسم ولا سيما في الكلاب والقطط، حيث أن لعق الحيوان لجسمه ثم تبخر اللعاب يساعد على فقدان حرارة الجسم إضافة إلى فقدان الحرارة عن طريق اللهاث وتبخر اللعاب في اللسان.
- 6- للعاب أهمية كبيرة في بعض الحيوانات حيث يوفر وسطاً ملائماً لنمو بعض أنواع البكتيريا المفيدة كما في الحيوانات المجترة.



## طرائق تحفيز إفراز اللعاب

### 1. الطريقة الفيزيائية:

وتشمل النظر Sight أو الرائحة Odor أو حتى مجرد التفكير بالطعام التي تحفز الإفرازات اللعابية وتجعل الفرد يحس بالجوع. وتختلف طبيعة اللعاب المفرز بإختلاف طبيعة الحافز أو نوع الطعام. وتعمل الأعصاب المستقبلية الموجودة في المراكز النظرية أو الشمية على تحفيز المخ وخاصة المخيخ لإظهار المنعكس النفسي Psychic reflex. لقد وجد العالم بافلوف Pavlov عند دراسته لطبيعة الإفراز النفسي في الكلاب. إن رؤية الكلب للحم الطري تؤدي إلى إفراز كميات كبيرة من اللعاب من الغدد تحت الفكية وتحت اللسانية وليس من الغدد النكفية. بينما تؤدي رؤية اللحوم المجففة أو الخبز المجفف إلى إفراز كميات من اللعاب من الغدد النكفية. ويسمى المنعكس النفسي أيضاً بالمنعكس المشروط Conditioned reflex وذلك لأن تكوينه واستمراره يعتمد على طبيعة الظروف والحالات التي يحدث فيها وكذلك الاعتماد على خبرة الحيوان.

### 2. الطريقة الميكانيكية أو الكيميائية:

إن مجرد دخول الطعام إلى الفم يحفز إفراز كميات كبيرة من اللعاب ويسمى بالرغوة أو الزيد Froth وذلك نتيجة تحفيز المراكز اللعابية بوساطة عمل الطعام على المستقبلات الكيميائية Chemoreceptors الموجود في الحلمات الذوقية الموجودة في اللسان. وهناك أربعة أنواع من المستقبلات الذوقية هي: الحامضية Acid، والحلوة Sweet، والمالحة Salt، والمرة Bitter. وتنقل هذه السيالات Impulses إلى مراكز اللعابية في النخاع المستطيل وبذلك ينتج التحفيز الانعكاسي لإفراز اللعاب. كما يفرز اللعاب أحياناً بتحفيز المستقبلات في المناطق أخرى من الجسم مثل تهيج بطانة المعدة أو الإثنى عشر الذي يصاحب الإحساسات التي تسبق التقيؤ Vomition.

### 3. الطريقة العصبية:

تجهز الغدد اللعابية نوعين من الأعصاب أحدهما ودية والأخر نظير الودية. وتعمل الألياف العصبية الودية على تقليل الأوعية الدموية للغدد وبذلك تقلل من كمية اللعاب المفرز. بينما



تعمل الألياف العصبية نظير الودية على توسيع الأوعية الدموية المجهزة للغدد وبذلك تزيد من كثافة اللعاب المفرز. ويمكن تحفيز إفراز الغدد اللعابية بحقن الاستيل كولين Acetyl choline أو المواد المثبطة لعمل الاستيل كولين أستيريز مثل عقار الآيسرين Eserine. أما العقاقير المثبطة لعمل الاستيل كولين نفسه فإنها تعمل على منع إفراز اللعاب مثل عقار الأتروپين Atropine لأنها تشنل عمل الألياف العصبية الودية.

### البلع Swallowing

تم عملية بلع الطعام بثلاث مراحل هي :

#### 1. المرحلة الأولى أو مرحلة الفم Buccal Stage

وتكون هذه المرحلة من البلع تحت السيطرة العصبية الإلإرادية حيث تتحرك اللقمة المضغوطة من الطعام إلى السطح العلوي للسان ثم تسحب إلى الخلف بواسطة عمل العضلات لتصل بذلك إلى البلعوم pharynx الذي يحاط من الجهتين بعضلاتين إثنتين.

#### 2. المرحلة الثانية أو مرحلة البلعوم Pharyngeal stage

وتكون هذه المرحلة تحت السيطرة العصبية اللإرادية حيث يعبر الطعام من خلال البلعوم نتيجة تقاص عضلاته التي تعصره وتدفعه بقوة إلى المريء Oesophagus.

إن ارتفاع الحنجرة Larynx إلى أعلى خلال هذه المرحلة يجعل فتحتها تحت اللسان الزمار Epiglottis وقاعدة اللسان وبذلك تمنع دخول الطعام إلى الممرات التنفسية.

أما عند حصول إختلال في توقيت دخول الطعام وحركة البلعوم فإن الطعام قد يدخل إلى الحنجرة وبذلك يتحفز الإنعكاس السعال Coughing reflex .

ويحدث الشهيق قصير عند بداية المرحلة الأولى من البلع يتبعه تثبيط كامل لعملية التنفس حتى إنتهاء المرحلة الثانية من البلع.

#### 3. المرحلة الثالثة أو مرحلة المريء Oesophageal stage

وتكون هذه المرحلة تحت السيطرة العصبية اللإرادية أيضاً حيث يعبر الطعام أسفل المريء إلى المعدة. ويتحرك الطعام خلال المريء بواسطة الحركات التمعجية. وعند إقتراب



الطعام من المعدة ينفتح الصمام الفؤادي Cardiac sphincter ويدخل الطعام إلى المعدة.

### **الهضم في المعدة**

تسلم المعدة الغذاء بعد البلع. وتتفرق في الغذاء في المعدة عدة عوامل حيث يحدث ما يعرف بالهضم المعدي Gastric digestion. تقسم الحيوانات بالنسبة لتكوينات المعدة وعملها إلى مجموعات:

#### **1-الحيوانات ذات المعدة البسيطة Simple stomach**

وتشمل الإنسان وجميع الحيوانات الحقلية المسماة بالحيوانات غير المجترة Non-ruminants و تتكون المعدة في هذه الحيوانات من الحجرة واحدة One compartment.

#### **2-الحيوانات ذات المعدة المعقدة Complex stomach**

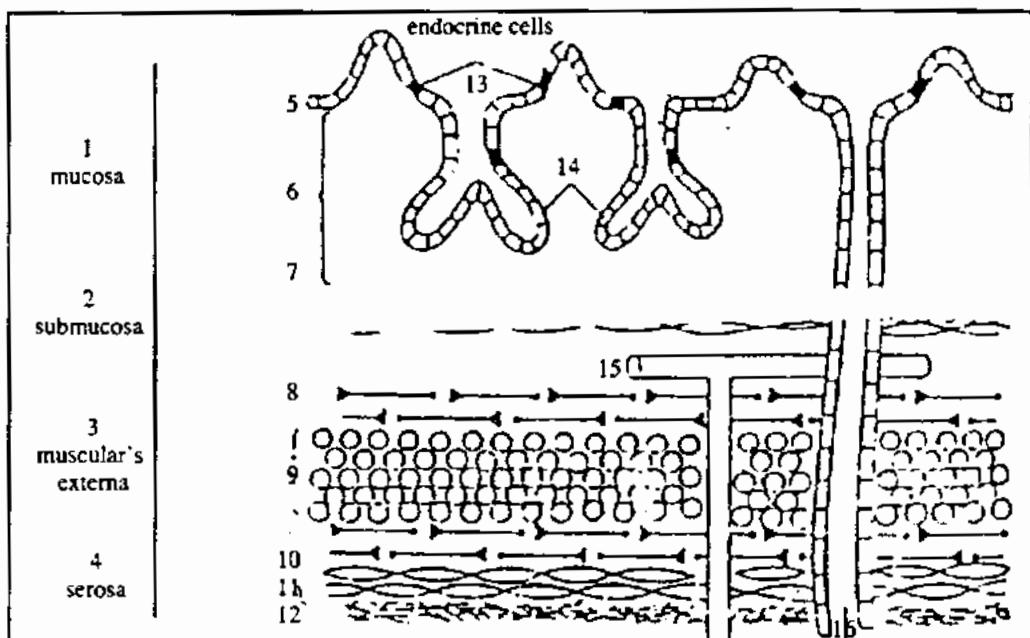
وتشمل جميع الحيوانات الأخرى المسماة بالحيوانات المجترة Ruminants، وت تكون المعدة في هذه الحيوانات من أربع حجرات Four compartments هي: الكرشة Rumen، والشبكة أو التنسوة Reticulum، والقبة أو ذات التلافيف Omasum، والمنفحة أو المعدة الحقيقية Abomasum.

#### **وظيفة المعدة البسيطة:**

تعمل المعدة البسيطة بوصفها مخزنًا للغذاء بعد البلع و تتميز بقابليتها على التوسع لاستيعاب الطعام، كما أنها تحتوي على عوامل مهمة تساعد في عملية هضم الطعام مثل الأنزيمات المهمة في إمتصاص فيتامين  $B_{12}$  و عوامل تكوين الدم Haematopoiesis إضافة إلى العصير المعدي Gastric juice. و تعمل جميع هذه العوامل مع ما هو موجود في الغذاء على تكوين عامل مضاد لفقر الدم Anti-anaemic factor.

#### **مكونات المعدة البسيطة:**

ت تكون المعدة من أربعة أقسام رئيسية (شكل رقم 3-7) هي من الداخل إلى الخارج كما يأتي:



شكل رقم (3-7) : مخطط بين الأقسام الرئيسية للمعدة.

- |                                |                                |
|--------------------------------|--------------------------------|
| 1. الطبقة المخاطية             | 6. انسجة رابطة                 |
| 2. الطبقة تحت المخاطية         | 7. مخاطية عضلية                |
| 3. الطبقة العضلية              | 8. ضفيرة عصبية تحت مخاطية      |
| 4. الطبقة المصطنعة             | 9. عضلات دائرية أو حلقية       |
| 5. خلايا طلائية                | 10. ضفيرة عصبية                |
| 11. عضلات طولية                | 11. انسجة رابطة                |
| 12. انسجة رابطة                | 12. مخاطية عضلية               |
| 13. خلايا صمية للأفراز         | 13. خلايا صمية للأفراز         |
| 14. خلايا خارجية               | 14. خلايا خارجية               |
| 15. أوعية دموية وثناوية رئيسية | 15. أوعية دموية وثناوية رئيسية |
| 16. ثنيات من الغدد الخارجية    | 16. ثنيات من الغدد الخارجية    |

#### **Mucous coat:**

وتتألف من خلايا طلائية عمودية تحورت بعضها إلى خلايا غدية، وتكون خالية من الأوعية الدموية والأعصاب. وتحتوي على أنزيمات تشتهر في عملية إمتصاص ونقل المواد بوساطة النقل الفعال.

#### **2. الطبقة تحت المخاطية:**

وتتألف من ألياف رابطة وأوعية دموية ووظيفتها إسناد الطبقة المخاطية.

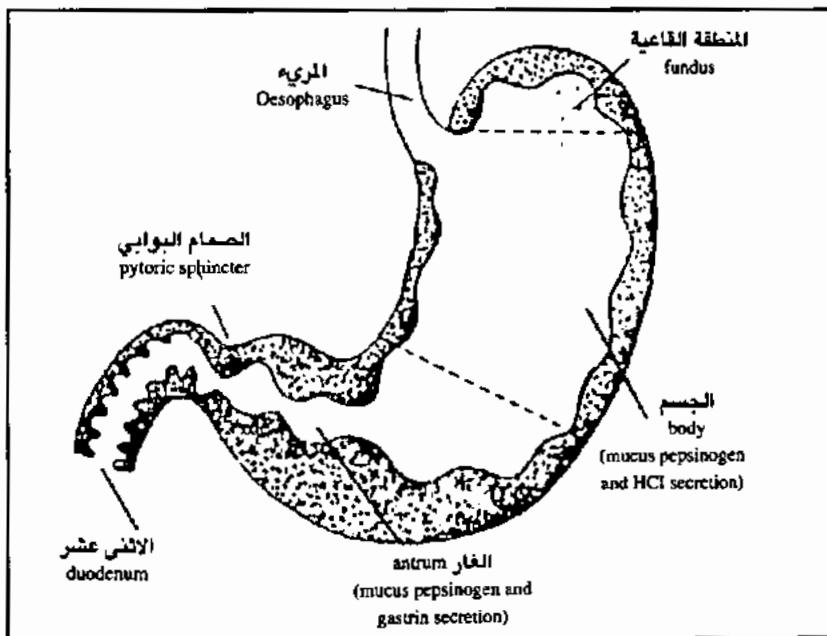
#### **3. الطبقة العضلية:**

وتتألف من ألياف ملساء مرتبة بصورة طولية إلى الداخل وبصورة حلقية إلى الخارج. ووظيفتها دفع الطعام عن طريق التقلص.



#### 4. الطبقة المصليّة : Serous coat :

وتتألف من أنسجة رابطة قوية وهي جزء من الخلب Peritoneum وفيها أعصاب ودية وأعصاب نظيرة الودية. وتتكون الطبقة المخاطية من عدة مناطق هي (شكل رقم 4-7) :



شكل رقم (4-7)  
مناطق المعدة البسيطة المختلفة

1. **المنطقة الفؤادية** Cardiac Zone: وتحتل الجزء الفؤادي أو القلبي من المعدة.

2. **المنطقة القاعية** Fundic Zone: وتسمى أيضاً بالمنطقة الجسمية Body Zone وتحتل جسم المعدة.

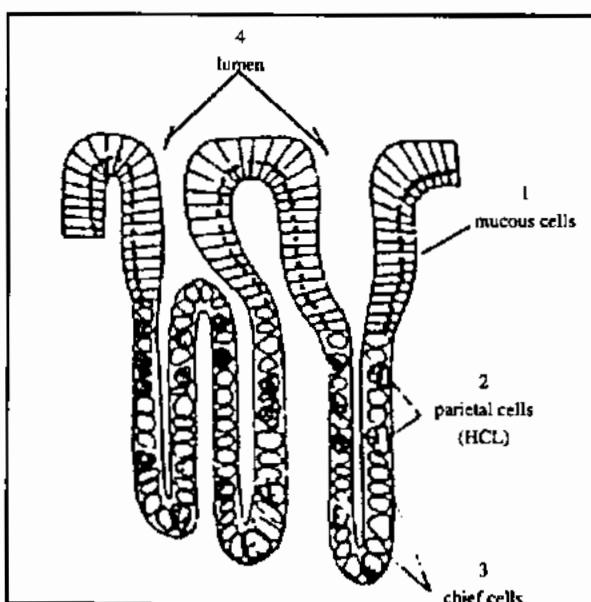
3. **المنطقة البوابية** Pyloric Zone: وتتصل بالإثنى عشر Duodenum عن طريق الباب - Iorus.

**الغدد المعدية**: Gastric glands: توجد الغدد المعدية في الغشاء المخاطي المبطن للمعدة وتفتح فتواتها في حفر على سطحه بعدة فتحات وتشمل هذه الغدد:-



1. الغدد الفؤادية Cardiac glands: وتحتل المنطقة الفؤادية من المعدة وتتكون من غدد مخاطية إفرازية Mucous-secreting glands

2. الغدد القاعية Fundic glands: وتحتل المنطقة القاعية أو الجسمية من المعدة . وتتكون من ثلاثة أنواع من الخلايا الغدية المهمة وهي (شكل رقم 5-7):



شكل رقم (5-7)

أنواع الخلايا الغدية للمعدة

4. تجوييف

1. خلايا مخاطية 2. خلايا جدارية 3. خلايا رئيسية
- أ- خلايا جسمية رئيسية Body chief cells وتفرز الإنزيمات.
  - بـ- خلايا مخاطية عنقية Mucous neck cells وتفرز الماء.
  - جـ- خلايا جدارية أو حامضية Parietal or Oxytic cells وتفرز حامض كلوريد الهيدروجين HCl.

3. الغدد البوابية Pyloric glands: وتحتل المنطقة البوابية من المعدة وتكون إفرازاتها من الماء وكثيارات قليلة من الإنزيمات الهاضمة للبروتينات Proteolytic enzymes



## العصير المعدني، Gastric juice

ويقصد بالعصير المعدني جميع إفرازات الغدد والخلايا المعدية المذكورة سابقاً. ويمكن جمع العصير لأغراض التشخيص أو البحث العلمي بطرق كثيرة منها:-

### 1. بوساطة الأنبوية المعدية :Stomach tube

وذلك بإدخالها مباشرة إلى المعدة عن طريق الفم كما في الإنسان وتشتهر هذه الأنبوية بأنبوبة رايل Ryle tube.

### 2. بوساطة ناسور المعدة :Gastric fistula

الذي يفتح إلى الخارج. وفي مثل هذه الحالة يتم قطع المريء ويوصل إلى الخارج خلال فتحة في الرقبة حيث يطعم الحيوان بطريقة الإطعام الكاذب Sham feeding. حيث أن الطعام لا يذهب إلى المعدة، بل يخرج من الفتحة العليا للرقبة (من النهاية المقطوعة للمريء). ويعمل حافر الأكل في هذه الحالة على تحفيز إفراز العصير المعدني الذي يتجمع في المعدة ويجمع خلال الناسور بصورة نقية.

### 3. بوساطة جيب بافلوف :Pavlov Pouch

ويعمل هذا الجيب في المنطقة القاعدية للمعدة خلال جدار البطن وإلى الخارج، ويمكن من خلاله جمع عصير المعدة بسهولة.

### مكونات العصير المعدني

لقد أظهرت البحوث أن العصير المعدني يتكون من :-

#### 1. الماء : ويشكل حوالي 95% من العصير.

2. الأنزيمات : ويكون أنزيم الببسين Pepsin الأنزيم الرئيس بالإضافة إلى كميات قليلة من أنزيم الرنين Rennin.

3. الأيونات: وتتكون من أيونات سالبة مثل الكلور (وهو الغالب) إضافة إلى البيكاربونات. أما الأيونات الموجبة فتشمل أيونات الهيدروجين والمصوديوم (وهي الغالبة) إضافة إلى الكالسيوم والبوتاسيوم.

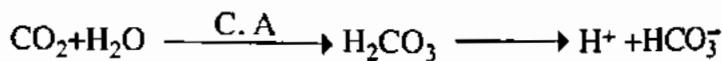


4. حامض كلوريد الهيدروجين HCl الذي تفرزه الخلايا الجدارية أو الحامضية من الغدد القاعدية.

### إفراز حامض كلوريد الهيدروجين Hydrochloric Acid

تفرز المعدة كميات كبيرة من حامض كلوريد الهيدروجين HCl، حيث يبلغ تركيزه في العصارة المعدية النقية حوالي 0.1% (pH:2). أما تركيز الحامض في الخلايا الحامضية فهو أعلى بكثير ويتراوح بين 0.4 و 0.5 (pH:1). ويمكن إفراز الحامض بالطريقة التالية (شكل رقم 6-7) :

تأخذ الخلايا الحامضية أيونات الكلور- Cl<sup>-</sup> من الدم وتفرزها بوساطة النقل الفعال إلى قنوات المعدة، ومقابل ذلك تفرز الخلايا كمية مساوية من البيكاربونات HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> في الدم. وتتكون هذه البيكاربونات نتيجة تفاعل ثاني أوكسيد الكاربون CO<sub>2</sub> مع الماء بمساعدة أنزيم الكاريونك أنهايدريز Carbonic anhydrase الموجود في الخلايا الحامضية -



أما أيونات الهيدروجين المنتجة فإنها ترافق أيون الكلور على شكل حامض كلوريد الهيدروجين. يتضح من ذلك أن إفراز أيونات الهيدروجين في العصارة المعدية يكون على حساب أيونات الهيدروجين الموجودة في الدم حيث أن إفرازه يقابل إضافة أيون البيكاربونات إلى الدم. إن هذا لا يؤثر من درجة حموضة الدم لوجود وسائل كفيلة بيازالة تأثير الهيدروجين منه مثل الدارات الكيميائية Chemical Buffers إضافة إلى العصارة البتكرباسية ذات القلوية العالية.



## العصير المعدي: Gastric juice:

ويقصد بالعصير المعدي جميع إفرازات الغدد والخلايا المعدية المذكورة سابقاً، ويمكن جمع العصير لأغراض التشخيص أو البحث العلمي بطرق كثيرة منها:-

### ١. بوساطة الأنبوية المعدية Stomach tube:

وذلك بإدخالها مباشرة إلى المعدة عن طريق الفم كما في الإنسان وتسمى هذه الأنبوية بأنبوبة رايل Ryle tube.

### ٢. بوساطة ناسور المعدة Gastric fistula:

الذي يفتح إلى الخارج. وفي مثل هذه الحالة يتم قطع المريء ويوصل إلى الخارج خلال فتحة في الرقبة حيث يطعم الحيوان بطريقة الإطعام الكاذب Sham feeding. حيث أن الطعام لا يذهب إلى المعدة، بل يخرج من الفتحة العليا للرقبة (من النهاية المقطوعة للمريء). ويعمل حافز الأكل في هذه الحالة على تحفيز إفراز العصير المعدي الذي يتجمع في المعدة ويجمع خلال الناسور بصورة نقية.

### ٣. بوساطة جيب بافلوف Pavlov Pouch:

ويعمل هذا الجيب في المنطقة القاعدية للمعدة خلال جدار البطن وإلى الخارج، ويمكن من خلاله جمع عصير المعدة بسهولة.

### مكونات العصير المعدي

لقد أظهرت البحوث أن العصير المعدي يتكون من :-

١. الماء : ويشكل حوالي ٩٥% من العصير.

٢. الأنزيمات : ويكون إنزيم الببسين Pepsin الأنزيم الرئيس بالإضافة إلى كميات قليلة من إنزيم الرنين Rennin.

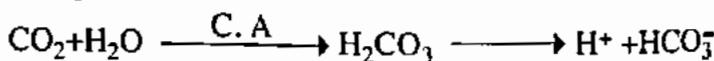
٣. الأيونات: وتكون من أيونات سالبة مثل الكلور (وهو الغالب) إضافة إلى البيكاربونات. أما الأيونات الموجبة فتشمل أيونات الهيدروجين والصوديوم (وهي الغالبة) إضافة إلى الكالسيوم والبوتاسيوم.

٤. حامض كلوريد الهيدروجين HCl الذي تفرزه الخلايا الجدارية أو الحامضية من الغدد القاعدية.

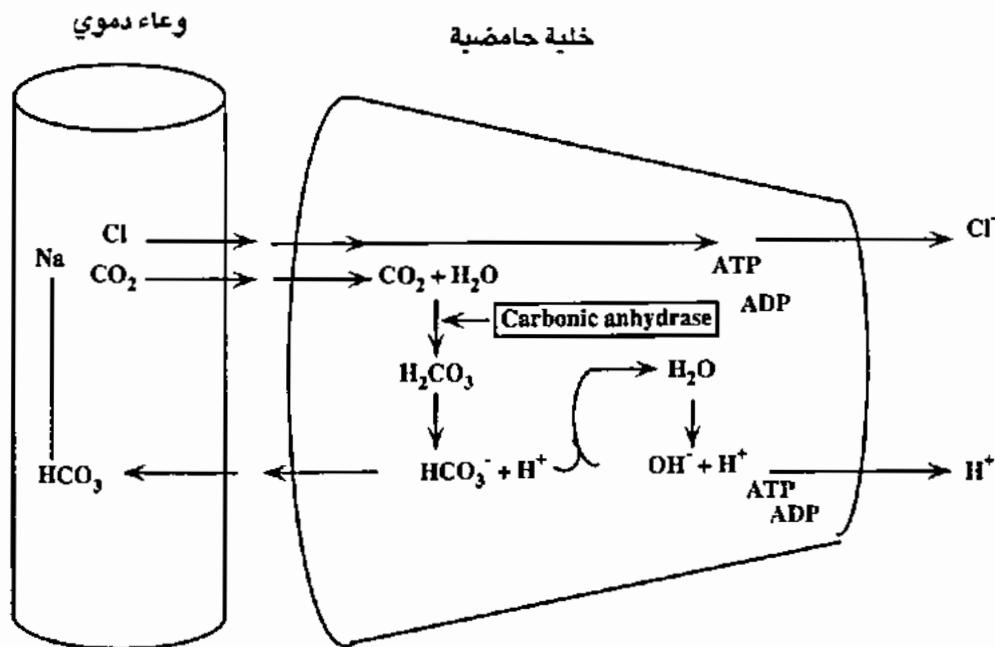
### إفراز حامض كلوريد الهيدروجين Hydrochloric Acid

تفرز المعدة كميات كبيرة من حامض كلوريد الهيدروجين HCl، حيث يبلغ تركيزه في العصارة المعدية النقية حوالي 0.1% (pH:2). أما تركيز الحامض في الخلايا الحامضية فهو أعلى بكثير ويتراوح بين 0.4 و 0.5 (pH:1) . ويمكن إفراز الحامض بالطريقة التالية (شكل رقم 6-7) :

تأخذ الخلايا الحامضية أيونات الكلور- Cl<sup>-</sup> من الدم وتفرزها بوساطة النقل الفعال إلى فنوات الغدد المعدية. ومقابل ذلك تفرز الخلايا كمية مساوية من البيكاربونات HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> في الدم. وت تكون هذه البيكاربونات نتيجة تفاعل ثاني أوكسيد الكاربون CO<sub>2</sub> مع الماء بمساعدة إنزيم الكاربونك أنهايدريلز Carbonic anhydrase الموجود في الخلايا الحامضية -



أما أيونات الهيدروجين المنتجة فإنها ترافق أيون الكلور على شكل حامض كلوريد الهيدروجين. يتضح من ذلك أن إفراز أيونات الهيدروجين في العصارة المعدية يكون على حساب أيونات الهيدروجين الموجودة في الدم حيث أن إفرازه يقابل إضافة أيون البيكاربونات إلى الدم. إن هذا لا يؤثر من درجة حموضة الدم لوجود وسائل كفالة بإزالة تأثير الهيدروجين منه مثل الدارات الكيميائية Chemical Buffers إضافة إلى العصارة البنكرياسية ذات القلوية العالية.



(6-7)

مخطط يبين كيفية إفراز حامض كلوريد الهيدروجين من قبل الخلايا الحامضية للمعدة.

### وظائف حامض كلوريد الهيدروجين في المعدة:

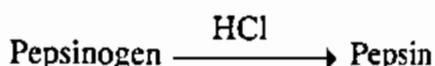
لحامض كلوريد الهيدروجين عدد من الوظائف المهمة في المعدة فهو:

1. يؤثر في البروتينات ويسهل عملية هضمها.
2. يحلل بعض السكريات الثنائية إلى سكريات بسيطة مثل السكروز إلى جلوكوز وفركتوز.
3. يساعد على ذوبان أيونات الحديد والزنك ثم إمتصاصهما.
4. له عمل مطهر للمعدة.
5. ينشط عملية تحول الببسينوجين Pepsinogen إلى ببسين Pepsin.
6. يسيطر على عمل الصمام البوابي الذي يربط المعدة بالاثني عشر.

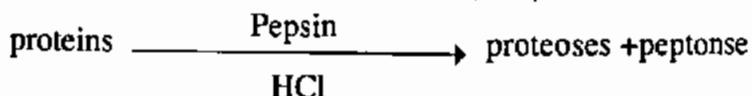


## الببسين والرنين: Pepsin & Rennin

يوجد إنزيم الببسين في الخلايا الجسمية الرئيسية على شكل ببسينوجين غير فعال لا يستطيع هضم البروتينات ولكنه يتحول إلى ببسين بعد إفرازه بفعل حامض كلوريد الهيدروجين والببسين المترافق لأول مرة.



ويعمل الببسين على هضم البروتينات في محبيط شديد الحامضية حيث يحولها إلى مواد أبسط (لاحظ جدول رقم 1-7).



ويعود تحفيز العصب الثاني Vagus nerve من أقوى العوامل المحفزة لإفراز إنزيم الببسين. كما أن حقن استيل كولين Acetyl choline أو العقاقير المشابهة لفعله يزيد من إفراز هذا الإنزيم بينما يعمل الاتروپين Atropine على تقليل إفرازه.

جدول رقم (1-7) يبين الإنزيمات الهاضمية

المنشأ Origin	الإنزيم Enzyme	المادة الأولية Substrate	النتائج النهائية End product
Saliva	ptyalin	Starch	Dextrins,Maltose
Gastric Juice	pepsin	protein	Proteoses, Peptoes
	Rennin	Casein	Calcium Caseinate, proteoses,peptones
Pancreatic Juice	Trypsin	Protein	Peptones,Peptides
	Chymotrypsin	Protein	Peptones, Peptides
	Carboxypeptidase	peptides	Aminoacids
	Lipase	Fats	GLycerides,Fatty Acids
	Amylase	Starch	Dextrins,Maltose
	Maltase	Maltose	2Glucose



	Sucarase	Sucarose	Glucose,Fructose
	Nucleaese	Nucleic acid	Nucleotides
Intestinal Juice or Succus Entericus	Aminopeptidase	Proteoses+peptones	Aminoacids
	Dipeptidase	Proteoses+peptones	Aminoacids
	Maltase	Maltose	2Glucose
	Lactase	Lactose	Glucose, Galactose
	Sucarase	Sucarose	Glucose,Fructose
	Nuclease	Nucleic acid	Purine+ pyrimidin base+ phosphoric acid+ Pentose sugars

### السيطرة على الإفرازات المعدية:

لقد أظهرت التجارب أن الإفرازات المعدية تقع تحت السيطرتين العصبية- Nervous control و السائلية- Humoral control.

#### ١. السيطرة العصبية:

و يتم بوساطة الألياف العصبية الودية Sympathetic و الألياف العصبية نظير الودية- Parasympathetic.

و تسيطر الألياف العصبية و نظير الودية على حركة جدران القناة البضمية و نشاط الغدد عن طريق ضفريتين تكونان شبكة من الخلايا العصبية تقع إحداها بين الطبقة الطولية و الطبقة الحلقية للعضلات و تسمى ضفيرة أورياك Auerbach's plexus و الآخرى إلى خارج الطبقة تحت المخاطية و تسمى ضفيرة مايسنر Meissner's plexus. و يعمل النوعان من الألياف بصورة متصادمة Antagonistically، ف تكون الألياف الودية مثبطة لكل من الإفراز والحركة بينما تكون الألياف نظير الودية محفزة للإفراز والحركة.

#### ٢. السيطرة السائلية:

و سميت بهذا الاسم لأن الماء الذي تؤثر في الإفراز تحمل بوساطة السوائل الجسمية، كما أن المصطلح مشتق من كلمة Humor و معناها سائل Fluid. و تعد السيطرة الهرمونية نوعاً

خاصاً من السيطرة السائلية. وتم السيطرة الهرمونية بوساطة عدد من الهرمونات التي تصنع وتفرز بوساطة الغشاء المخاطي للقناة الهضمية حيث يحملها الدم إلى الغدد الهضمية لتحفيزها على إفراز وهذه الهرمونات هي (لاحظ جدول رقم 2-7).

#### أ- هرمون الكاسترين: Gastrin:

ويفرز من الغدد البولية نتيجة توسيعها عند إمتلاءها بالطعام ويعمل على تحفيز إفراز الغدد المعدية للأنزيمات والعوامل المساعدة وبعض الهرمونات.

#### ب- هرمون الانتيروجاسترون : Enterogastron :

ويفرز من بطانة الإثنى عشر نتيجة وجود الدهن والحوامض الدهنية وملامستها للبطانة وبعمل على تثبيط إفراز وحركة المعدة.

جدول رقم (2-7) يبين الهرمونات الهضمية

الهرمون	المشأ	الهormon	العمل المساعد على الإفراز	عمل الهرمونات
Gastrin	الغدد البولية Pylorus		توسيع وحركة المعدة	تحفيز إفراز الحوامض
Enterogastron	الإثنى عشر Duodenum		وجود الدهن والحوامض الدهنية	تثبيط وإفراز حركة المعدة
Secretin			وجود الحوامض والبيوتين	تثبيط إفرازات البنكرياس (الماء والشوارد)
Pancreozymin			وجود الدهن	تحفيز إفرازات البنكرياس (الأنزيمات)
cholecystokinin				تقليل كيس الصفراء ولتبساط صمام أودي
Enterocrinin	الصائم Jejunum		تنوع هضم الغذاء	تحفيز إفرازات الأمعاء



**مراحل الإفراز المعدى:** يتم الإفراز المعدى بثلاث مراحل هي:

### ١. المرحلة الرأسية أو النفسية : Cephalic or psychic phase

وتسمى أيضاً بالمرحلة الإنعكاسية لأن الإفراز يتم فيها نتيجة الأفعال الإنعكاسية Reflexes. وتكون نقطة البدء في هذه المنعكسات هي الحلمات الذوقية التي تتأثر كيميائياً بوجود الطعام فتنتقل حواجز إلى الدماغ الذي يرسل بدوره حواجز صادرة إلى المعدة عن طريق العصب الثاني Vagus nerve. ولا يؤدي مجرد التحفيز الميكانيكي إلى حدوث هذه المنعكسات، لذلك يعتمد مقدار الإفراز المعدى بالدرجة الأولى على مذاق الطعام. ويكون الإفراز النفسي Peptic غنياً بأنزيم البيسين وحامض كلوريد الهيدروجين لذلك يمكن معالجة القرحة المعدية Ulcer بقطع العصب الثاني المتصل بالمعدة الذي يسيطر على الإفراز.

### ٢. المرحلة المعدية : Gastric phase

يتم الإفراز في هذه المرحلة نتيجة تحفيز الغدد المعدية بالطعام الموجود في المعدة. ويعتمد التحفيز في مثل هذه الحالة على نوع الطعام حيث تكون البروتينات أكثر الأطعمة تحفيزاً. لقد وجد أن مجرد تمدد المعدة وجدرانها يحفز إفراز الغدد المعدية وأن إدخال بالون مثلاً ونفخه داخل المعدة يحفز إفراز العصارة المعدية حيث يؤدي هذا التمدد إلى حدوث أفعال إنعكاسية موضوعية في جدران المعدة تشتراك فيها ضفائر اوريباك ومايسنر أنفسها. ووجد أن إمتصاص منتوجات هضم الغذاء قد يؤدي إلى تحفيز الغدد المعدية.

ويعمل تمدد جدران المعدة وحركتها وإمتصاص نتائج الهضم على تحفيز غدد خاصة في بطانة النطقة البوابية Pyloric zone للمعدة لإفراز هرمون جاسترين الذي يحمل بواسطة الدم ليففز إفراز الغدد المعدية.

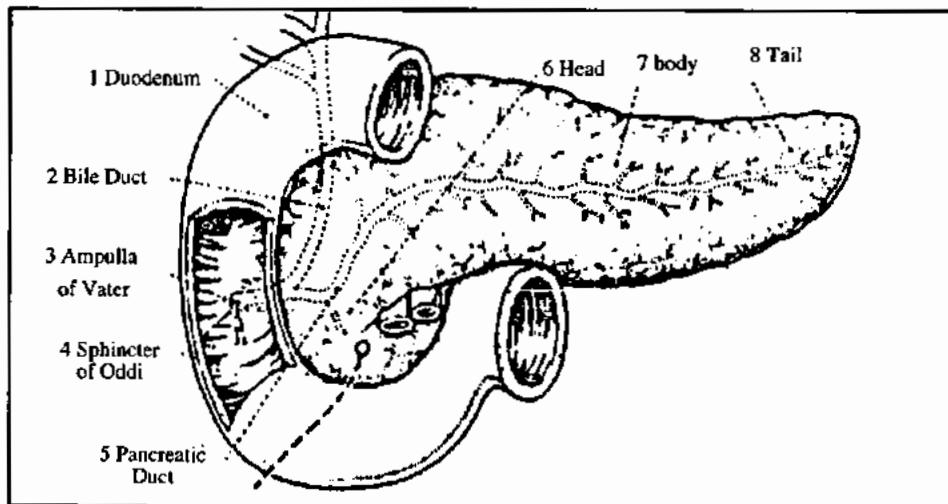
### ٣. المرحلة المغوية : Intestinal phase

وتشكل كمية الإفراز في هذه المرحلة قليلة نسبياً عند مقارنتها بالمرحلتين السابقتين. وتبدأ هذه المرحلة عند دخول الطعام المهضوم Chymes إلى الإثنى عشر حيث يعمل حامض كلوريد الهيدروجين الممزوج بالغذاء المهزوم على تحفيز بطانة الإثنى عشر لإفراز هرمون Entero gastrin الذي ينشط إفراز المعدة وحركتها.



## إفرازات البنكرياس:

يمكن جمع البنكرياس في الإنسان والحيوان وهو تحت التخدير بإدخال أنبوبة خاصة في القناة البنكرياسية (شكل رقم 7-7). وتحتوي العصارة البنكرياسية Pancreatic juice على عدد من الأنزيمات التي تستطيع هضم الأنواع الثلاث



(7-7)

شكل يبين البنكرياس

- |               |                    |                 |
|---------------|--------------------|-----------------|
| 1. الإثنى عشر | 2. قنطرة الصفراء   | 3. انبوبة فيترو |
| 4. صمام اودي  | 5. قنطرة البنكرياس | 6. الرأس        |
| 8. الذيل      | 7. الجسم           |                 |

الرئيسة في الطعام وهي الكاربوهيدرات والبروتينات والشحوم وهي:

1- الأنزيمات الهاضمة للبروتينات وتشمل:

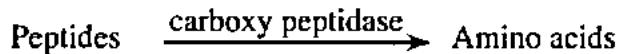
1. التربسين Trypsin: ويعمل على تحويل البروتينات إلى ببتايد وحامض أميني.



2. الكايموتربسين Chymotrypsin: وي العمل على تحويل البروتينات إلى ببتايد وببتونز كما في التربسين.

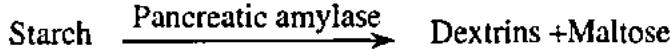


3. الكاربوكسي ببتايديز Carboxypeptidase: ويعمل على تحويل البتايد إلى حومض أمينية.



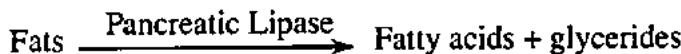
بـ- الأنزيمات الهاضمة للكاريوهيدرات:

وتحتوي العصارة البنكرياسية إنزيم واحد هاضم للكاريوهيدرات وهو أميليز البنكرياس Pancreatic amylase الذي يحول النشا إلى دكسترين ومالتوز



جـ- الأنزيمات الهاضمة للشحوم:

وتشمل لايبيز البنكرياس Pancreatic Lipase الذي يعمل على تحويل الشحوم إلى حومض شحمية بسطية وكليسيريدات.



دـ- كما تحتوي العصارة البنكرياسية على كمية كبيرة من البيكاربونات والأيونات السالبة الأخرى مثل  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$  وأيونات موجبة مثل البوتاسيوم، والكلاسيوم والمغنيسيوم وتبلغ حموضة العصارة البنكرياسية حوالي 8 (pH:8).

**السيطرة على إفراز البنكرياس:**

تقع إفرازات البنكرياس تحت السيطرة العصبية. ويكون العصب المشترك هو العصب التالئ Vagus . والسيطرة الهرمونية التي تتم بوساطة الهرمون المحفز Secretin وهرمون البنكريوزامين Pancreozymin .

**تأثير العصب التالئ: Vagus nerve**

يتميز إفراز البنكرياس تحت تأثير العصب بكونه لزجاً وغنياً بالأنزيمات الهاضمة لكنه ذو كمية قليلة. ويؤدي قطع العصب التالئ إلى تثبيط إفراز البنكرياس حتى بعد تناول الطعام، كما أن تحفيز العصب يؤدي إلى تحفيز هذا الإفراز.

**تأثير الهرمون المحفز Secretin**

عزل العالمان بيلس وستارلنك Baylis and starling الهرمون المحفز من غشاء جراري الأمعاء وهي الإثنى عشر Jejunum والصائم Duodenum عام 1902. وكان أول هرمون معوي قد تم عزله في ذلك الوقت. ويتأثر عمل هذا الهرمون بتحفيز خلايا البنكرياس على إفراز العصير البنكرياسي لذلك سمي بالهرمون المحفز. ويكون إفراز البنكرياس تحت تأثير هذا الهرمون ذا قوام مائي غني بالأملاح ولكنه يحتوي على كمية قليلة من الأنزيمات وهذا كمية كبيرة الحجم. أما المحفز الرئيسي لإفراز الهرمون فهو حموضة الغذاء المهضوم داخل الأمعاء Chymes.

**تأثير هرمون البنكريوزايدين Pancreozymin**

عزل العالمان هاربر ورابر Harper and Raper هذا الهرمون من بطانة الإثنى عشر والصائم عام 1943. ويكون إفراز البنكرياس تحت تأثير هذا الهرمون مشابها في قوامه ومكوناته للإفراز الذي يحدث تحت تأثير العصب الثاني. أما المحفز الرئيسي لإفراز الهرمون فهو إمتصاص متوجات هضم الأغذية.

**Liver الكبد**

وهو غدة كبيرة في الجسم ولها وظائف كثيرة أهمها ما يأتي:-

١. إفراز الصفراء Bile.
٢. تكوين وخزن الكلايكوجين وتنظيم كمية ومستوى السكر في الدم.
٣. تكوين بروتينات بلازما الدم وخاصة البروثرومبين Prothrombin والفايبرينوجين Fibrinogen.
٤. تكوين البيوريا وعزل الأمونيا Deamination من الحومض الأمينية وتحطيم حامض البول Uric acid.
٥. خزن وتنظيم انتشار عامل فقر الدم الخبيث Antipernicious anaemia.
٦. خزن الفيتامينات الذائبة في الدهون مثل فيتامين A, K, E, D.



3. البرقان الانسدادي Obstructive Jaundice: وينتتج من إنسداد القناة الصفراوية المشتركة بواسطة حصاة Gall stone تتكون داخل تجويفها نتيجة ترسب الكوليسترول غير الذائب في كيس الصفراء.

ولا تتجاوز نسبة صبغة البلي روبين في دم الإنسان الطبيعي 0.5-0.1 ملغم في كل 100 سم<sup>3</sup> من الدم. وتطرح هذه الصبغة في الأحوال الإعتيادية في خارج الجسم عن طريق تحول عصارة الصفراء، ولكن قد تطرأ على الجسم بعض الإضطرابات التي تحول إلى تفكك خضاب الدم بصورة طبيعية أو إحتباس الصفراء وعدم وصولها إلى الأمعاء أو إضطراب وظيفة الكبد ومقدار ما ينتجه من هذه الصبغة، وجميع هذه الحالات تؤدي إلى إرتفاع نسبة الصبغة في الدم ثم الإصابة بمرض البرقان.

ويوجد بين اتصال القناة الصفراوية المشتركة Common bile duct والثني عشر ما يعرف بضمام أودي Sphincter of Oddi الذي يمنع إنساب الصفراء إلى الأمعاء في الأحوال الإعتيادية. أما دخول الطعام المهضوم Chymes إلى الإثنى عشر فينبه بطانة الإثنى عشر لإفراز هرمون خاص إلى مجرى الدم يسمى كولي سيستوكينين Cholecystokinin بسبب إنقباض كيس الصفراء وإنبساط الضمام وبذلك تنساب عصارة الصفراء من الكيس إلى الإثنى عشر على شكل دفعات تعقب دفعات الطعام المتدايق.

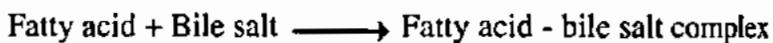
### وظائف عصارة الصفراء

يمكن تلخيص وظائف عصارة الصفراء إلى ما يأتي:-

1. تعد مصدراً مهماً حيث تقوم بمعايرة حامض كلوريد الهيدروجين الداخل إلى الأمعاء والممزوج مع الطعام.
2. تساعد على تنشيط لايبيز البنكرياس وتسريع عمل أميليز البنكرياس.
3. تعمل أملاح الصفراء على تخفيف التوتر السطحي للدهون عن طريق تقسيمها إلى جزيئات صغيرة وبذلك تساعد على استحلابها Emulsification.
4. تعمل أملاح الصفراء على المساعدة في إمتصاص الفيتامينات الذائبة في الدهون مثل فيتامين A وD وE وK.



٦. تتحد أملاح الصفرا، بالأحماض الدهنية غير الذائبة لتكوين معقد الأحماض الدهنية وأملاح الصفرا الذي يمتلك بسهولة.



٧. ينظم عصارة الصفرا نمو بعض أنواع البكتيريا حيث تعمل وسطاً زرعياً لها إضافة إلى عملها بوصفها مطهرة للأمعاء . Antiseptic

٨. تساعد العصارة غير مباشرة في هضم الكثير من أنواع الأغذية وتنشيط عمل الإنزيمات الهاضمة عليها.

### **العصير المعوي: Intestinal juice**

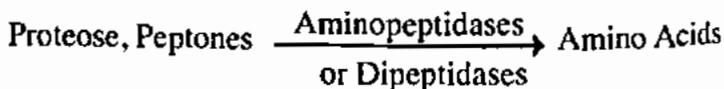
وهو العصير الذي يفرز من جدران الأمعاء الدقيقة ويشمل نوعين من الإفرازات ويدعى أيضاً

*Succus entericus*

أ- إفرازات قاعدية (مع بعض المخاط) وتفرزها غدد بروونر Brunner's glands الواقعة في الطبقة تحت المخاطية للقسم الأول للثانية عشر التي تعمل على حماية البطانة من حموضة المعدة والطعام الحامضي المتدفق منها.

ب- إفرازات معوية تفرزها أحاديد ليبركوهين Crypts of Lieberkuhn التي تقع في جدران بقية الأمعاء. وتشتمل هذه الإفرازات بكونها أقل لزوجة من الأولى وتحتوي على عدد كبير من الإنزيمات الهاضمة وهي:

١- البيتايديز peptidases



٢- مالتيز Maltase

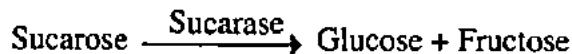


٣- لاكتيز Lactase

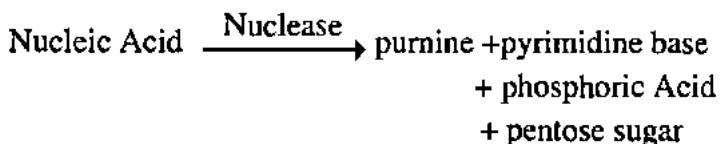




4. سكريز Sucarase

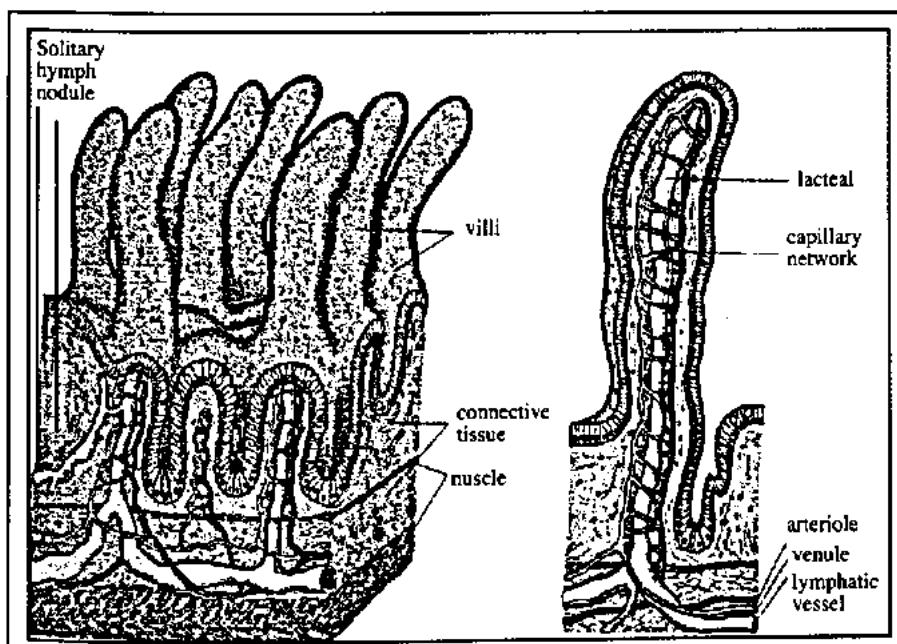


5. نوكليز Nuclease



### الامتصاص : Absorption :

تتحصص المنطقة السفلية من الأمعاء الدقيقة بشكل ممتاز لعملية الامتصاص حيث تكون بطانتها من عدد كبير من الطيات ابتداءً من منطقة مصب القناة الصفراوية المشتركة وحتى منطقة الصمام اللفافى الأعورى Ileo-Caecal valae وتقطي هذه الطيات ملايين من البروزات الدقيقة وتدعى بالزغابات التي يبلغ طول الواحدة منها ملليمتراً واحداً تقريرياً وبذلك تزيد هذه الزغابات من توسيع السطح الماصل بما معدله عشرة أضعاف (شكل رقم 9-7).



شكل رقم (9-7) مخطط يبين الزغابات التي تحاط المنطقة السفلية من الأمعاء الدقيقة



وتحمل الحافات الحرجة للخلايا الطلائية المبطنة للأمعاء بما في ذلك الزغابات إمتدادات مجهرية من الغشاء البلازم تدعى بالزغابات المجهرية Microvilli لا ترى إلا بوساطة المجهر الإلكتروني. وتضاعف هذه الزغابات المجهرية مجتمعة من السطح الماصل بما معدله عشرون مرة، وبذلك تزيد الطبيات والزغابات المجهرية مجتمعة من السطح الماصل للأمعاء الدقيقة ما مقداره 600 مرة مما يجعل المساحة الكلية لهذا السطح تساوي حوالي 550 متراً مربعاً تقريباً وهذا يجعل الإمتصاص سريعاً جداً.

وتتكيف الزغابات بوصفها وحدات للإمتصاص لذلك تزداداً مزودة بشريان صغير يتفرع إلى عدد كبير من الشعيرات الدموية التي تعود فتكتنف وريداً صغيراً لفرض المساعدة في تصريف المواد المتخصصة. وتوجد في وسط الزغابات أوعية لفاوية تقوم بتصريف المواد الغذائية المتخصصة إضافة إلى الألياف العصبية.

ويعتقد أن الشعيرات الدموية تقوم بإمتصاص الحوامض الأمينية والسكريات والأملاح والجلسيبرول والفيتامينات وبعض الحوامض الدهنية. أما الأزرعية المفاوية فتختص الجليسيريدات وبعض الحوامض الدهنية والفيتامينات الذائبة في الدهون.

وتنظم حركة الزغابات بوساطة أعصاب ضفيرة مايسنر، وربما تتحفز بوساطة هرمون يسمى فيلي كاينين Villikinin يفرز في الطبقة المخاطية للاثنى عشر ويتقل بوساطة الدم إلى الزغابات. أما حركة الطبقة العضلية فتتم بوساطة أعصاب ضفيرة أوريباك. ويتم إمتصاص النواتج الهضمية خلال الغشاء المخاطي بعملية الانتشار والتقطير النشط والنقل الفعال.

تساعد حركة الأمعاء وخلاياها الطلائية المبطنة وكذلك نشاط القناة الهضمية في عملية الإمتصاص. وهناك عدة أنواع من الحركة يمكن تلخيصها بما يأتي (شكل رقم 7 - 10):

أـ حركة تجزؤ Segmentation وتعني التقلص بفترات منتظمة حيث تساعد على تجزئة المواد الغذائية وتكسرها إلى قطع صغيرة.

بـ حركة تمعجية Peristalsis وهي موجة تقلص تتبعها موجة إنبساط بصورة متsequبة وتؤدي إلى دفع محتويات الأمعاء إلى الأمام.

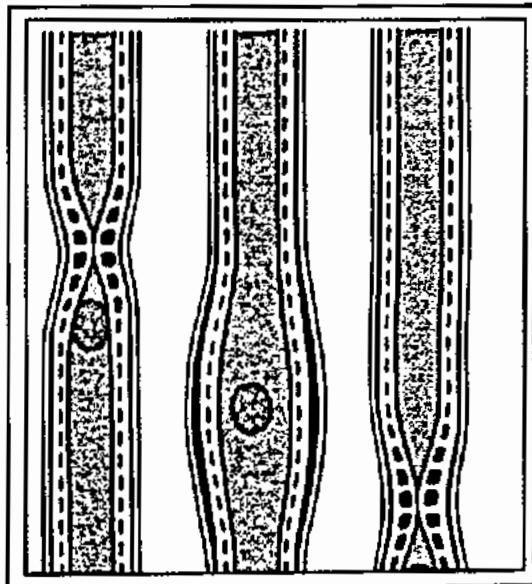
جـ حركة بندولية Pendular وتنادي إلى رج مكونات الأمعاء.



د- حركة زغابية Viliary وتعني حركة الزغابات التي تغطي الغشاء المخاطي للأمعاء، والتي تساعده على الإمتصاص.

هـ- حركة توترية Tonic وهي تقلص الأمعاء بصورة مستمرة ويؤدي ذلك إلى تضيق تجويفها ويساعد على عصر مكوناتها.

وـ- حركة عكس التمعجية Antiperistalsis وفيها تحصل موجة تقلص تتبعها موجة إنبساط ولكن بالإتجاه المعاكس. وتساعد هذه الحركة على عودة بعض مكونات الأثنى عشر إلى المعدة أحياناً.



شكل رقم (10-7) مخطط بين الحركة التجزئية والتمعجية للأمعاء.

أما النتائج العامة لهذه الحركة فهي:

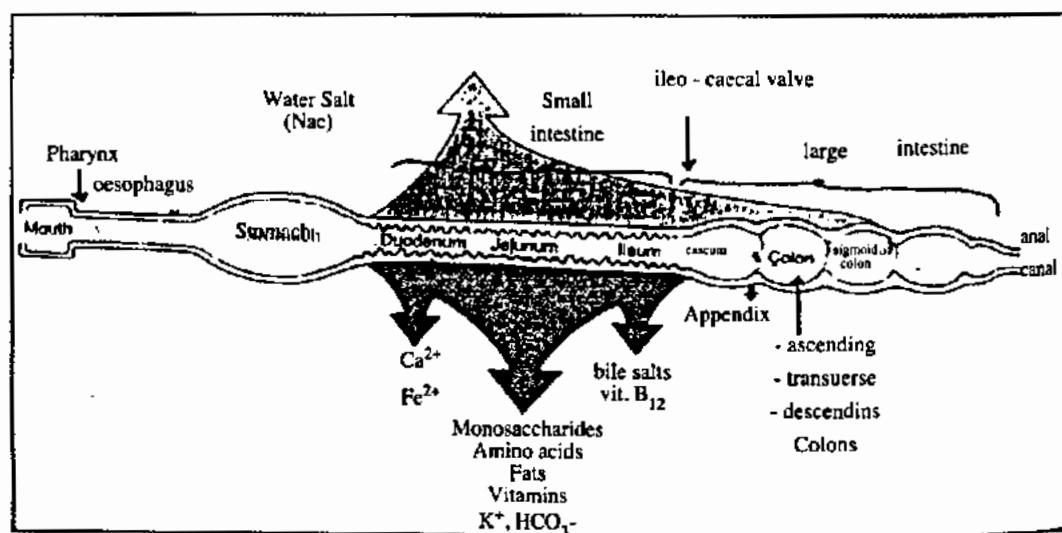
1. خلط الطعام ومزجه بالإفرازات الهاضمة.
2. جعل الأطعمة المهضومة في تماس مع الأمعاء المساعدة على الإمتصاص.
3. تحريك الطعام ونقله من منطقة لأخرى في الأمعاء.



4. طرح بقايا الطعام إلى الخارج عن طريق المخرج.

5. المساعدة على تدفق الدم والملف إلى جدران الأمعاء.

يتم إمتصاص الماء بعملية الإنتشار البسيط وفق القواعد الأوزوموزية أو التنافذية Osmosis بوصفه نتيجة ثانوية لامتصاص الأيونات ومنتجوات الهضم الأخرى على أساس التركيز بالنسبة للدم (شكل رقم 11-7).



شكل رقم (11-7)

المواقع الرئيسية لامتصاص المواد المختلفة من الأغذية في القناة الهضمية

أما إمتصاص الأيونات الأحادية فيتم بسهولة كما في حالة الصوديوم والبوتاسيوم والكلور وغيرها. بينما يكون إمتصاص الأيونات المتعددة التكافؤ مثل الكالسيوم والمغنيسيوم والكبريتات ضعيفاً.

ويتم إمتصاص الأيونات وخاصة الصوديوم بعملية النقل الفعال حيث ينبع عن ذلك جهد كهربائي ي العمل على جذب أيونات سالبة مثل الكلور من تجويف الأمعاء إلى السائل البني. ومن



الأيونات الأخرى التي تمتلك بصورة فعالة أيونات الكالسيوم والبوتاسيوم والحديد والفوسفات والبيكاربونات والفينيسيوم.

#### **امتصاص البروتينات:**

تتم متصاص جميع البروتينات الموجودة في الأطعمة على شكل حروامض أمينية إضافة إلى كميات قليلة جداً على شكل بيتيدات ثنائية وكميات ضئيلة على شكل بروتينات في بعض الأحيان.

ولما كانت الأحماض الأمينية وعددتها 25 نوعاً ذات تركيب متشابهة كانت ميكانيكية إمتصاصها متشابهة بواسطة النقل الفعال. ويحدث إمتصاص الحروامض الأمينية بسرعة تفوق كثيراً سرعة تحلل البروتينات، لذلك تكون محتويات الأمعاء خالية من هذه الأحماض. كما تتم متصاص بعض الحروامض أسرع من غيرها حيث يؤثر وجود بعض الحروامض الأمينية في سرعة إمتصاص حروامض أخرى مما يدل على وجود ظاهرة التنافس بين هذه الحروامض.

أما الببتيدات الثنائية فتمتص بكميات قليلة إضافة إلى كميات ضئيلة من البروتينات التي يتم إمتصاصها بعملية الشرب الخلوي *pinocytosis*.

#### **امتصاص الكاريوهيدرات:**

يتم إمتصاص جميع الكاريوهيدرات تقريباً على شكل سكريات أحادية ويجري معظم الإمتصاص بالنقل الفعال لأن الأمعاء لا تسمح للجزئيات الكبيرة من المرور بعملية الانتشار. وتتم متصاص جزئية السكر الأحادية باتحادها بحامل *Carrier* خاص عند دخولها الخلية الطلائية لتكوين معقد من السكر والحامل الذي ينتقل إلى النهاية القاعدية للخلية ويتحلل هناك تاركاً السكر الأحادي. ثم يرجع هذا الحامل إلى النهاية القمية من الخلية ليحمل جزئية أخرى من السكر.

وينتقل بعد ذلك السكر بعملية الانتشار إلى خارج الخلية ومن ثم إلى الدورة الدموية، وتحتاج هذه العملية إلى أنزيمات خاصة وطاقة.

#### **امتصاص الشحوم:**

يتم إمتصاص الشحوم على شكل حروامض شحمية وكليسيريدات أحادية إضافة إلى كميات قليلة من الكليسيريدات الثنائية والثلاثية.

وتذوب جميع هذه المواد في المذيبات الدهنية لذلك تذوب في الغشاء البلازمي وتخترق الخلية بدخولها من النهاية الحرجة حيث تصل إلى الجهة الداخلية للخلية بعملية الانتشار وتخرج منها إلى مجرى اللمف.

وتزيد الأملاح الصفراوية من معدل الإمتصاص ويعود ذلك إلى التأثير الاستحلابي لهذه الأملاح على الشحوم حيث تجعلها على شكل قطرات صغيرة يمكن أن تلتقطها أغشية الرغابيات.

#### **الإمتصاص في الأمعاء الغليظة:**

يدخل إلى الأمعاء الغليظة حوالي لتر من الغذاء المهضوم Chymes في اليوم تقريباً في الإنسان بعد أن يعبر الصمام اللفائفي الأعور. ويتم إمتصاص معظم الماء والأيونات في الغذاء المهضوم ولا يبقى منه سوى 100 سم<sup>3</sup> تقريباً تطرح من الغانط.

ويتم جميع إمتصاص تقريباً في القولون الصاعد ولذلك يسمى بالقولون الماخص بينما يعمل القولون النازل على خزن الفضلات لحين طرحها لذلك يسمى بالقولون الخازن.

ولغشاء القولون القابلي على إمتصاص الصوديوم وبعض الأيونات بالنقل الفعال، لذلك تفقد كمية ضئيلة جداً من الصوديوم مع الغانط إضافة إلى كمية من الكالسيوم على شكل فوسفات الكالسيوم وبعض البيكاربونات.

وتجد في القولون أنواع كثيرة من البكتيريا لبعضها القابلي على هضم السيليلوز Cellulose، وتساعد على صنع بعض الفيتامينات مثل فيتامين K وB<sub>12</sub> والثiamine (B1) والرايبروفلافين Riboflavin (B2) وبعض الغازات كالأمونيا وكبريتيد الهيدروجين.

#### **الغانط Faeces**

يؤلف الماء حوالي 75% من الغانط. أما الباقي فمواد صلبة وشحوم ومواد عضوية وبروتينات وبكتيريا وألياف نباتية وبعض الخلايا المنسلخة من بطانة القناة الهضمية وبقايا العصارات الهاضمة وأملاح الصفراء.

ويعود لون البراز البني إلى بعض مشتقات البلي روبن Bilirubin وهي



ستركوبيلين Stercobilin وurobilin تيجة أكسدتها عند تعرضها للهواء وتسمى Bilins.

أما رائحة الغائط فتعود إلى تفسح محتويات القولون بفعل البكتيريا التي تؤدي إلى تكوين بعض الروائح الكريهة وهي الإندول Indole والسكتول Skatole وهي تختلف من شخص إلى آخر وتعتمد على نوع الطعام ونوع البكتيريا الموجودة في الأمعاء.

### **عملية الإبراز Defecation**

هي عبارة عن منعكس Reflex يتم بوساطة تقلص بعض العضلات الإرادية. فوجود الغائط Faeces في المستقيم Rectum يحفز النهايات العصبية الحسية في منطقة المخرج Defecation reflex. وبذلك تحصل استجابات كثيرة لحدوث منعكس الإبراز Anal region من الفتحة الشرجية Anus. وهناك عدد من العقاقير التي تسبب تفريغ البراز وتسمى بالمسهلات Laxatives مثل سلفات المغنيسيوم ودهن البرافين. أما قلة تفريغ محتويات الأمعاء وتصلب البراز فيعرف بالامساك Constipation.



## الأيض أو الاستقلاب Metabolism

ويقصد بالأيض أو الاستقلاب العمليات الحيوية الكيميائية Biochemical processes التي تحدث في خلايا الجسم. والأيض نوعين:

### 1- عمليات بناء Anabolism

وتعني بناء الأنسجة عن طريق الإستفادة من المواد الغذائية المتخصصة لبناء مركبات معقدة مشابهة للمواد الموجودة فيها وتسمى أيضاً بالتحليل الحيوي Biosynthesis. ويتم في هذه العمليات تجميع جزيئات صغيرة مثل الأحماض الأمينية لبناء البروتينات، أو السكريات الأحادية لبناء السكريات المتعددة، أو الأحماض الدهنية والكليسيرول لبناء الدهون. وبما أن نواتج عمليات البناء هي جزيئات كبيرة الحجم ومعقدة التركيب لذلك فإنها تحتاج إلى صرف طاقة Energy على شكل جزيئات إدينوسين ثلاثي الفوسفات ATP.

### 2- عمليات الهدم Catabolism

وتعني تفكيك المواد الغذائية المتخصصة في مراحل متعددة من أجل إنتاج الطاقة. وهناك ثلاثة مراحل رئيسية تمر بها المواد الغذائية وهي:

أ- المرحلة الأولى : ويتم فيها تجزئة المواد الغذائية مثل البروتينات والسكريات والدهون في سلسلة من الخطوات بمساعدة الإنزيمات إلى وحداتها.

فمثلاً تتحلل البروتينات إلى الأحماض الأمينية، والسكريات المتعددة إلى سكريات أحادية تحتوي على خمسة أو ستة ذرات كاربون، والدهون إلى الأحماض الدهنية والكليسيرول ومركبات أخرى.

ب- المرحلة الثانية: ويتم فيها تجميع نواتج المرحلة الأولى وتحويلها إلى جزيئات أصغر حجماً وأبسط تركيباً. فمثلاً تحول الأحماض الأمينية والأحماض الدهنية إلى مركب يحتوي على ذرتين كاربون يسمى Acetyl coA. بينما تحول السكريات الأحادية إلى سكريات تحتوي على ثلاثة ذرات كاربون فقط وترتبط معها مجموعة فوسفات تدعى كليسير الديهيد ثلاثي الفوسفات وبعدها يتحول هذا المركب إلى Acetyl coA. ومن هذا يتبين أن الأخير هو مركب أساسى لهذه المرحلة من عمليات الهدم.



ـ المرحلة الثالثة: وتدخل فيها مجموعة الأستيل في مركب Acetyl coA في دورة الحامض ثلاثي الكاربوكسيل Tricarboxylic acid cycle ليتاكسد إلى ثاني أوكسيد الكاربون والماء وهو الناتج النهائي لعمليات الهدم.

### **معدل الأيض الأساسي Basal Metabolic Rate, BMR**

ويؤدي هدم المواد الغذائية داخل الجسم إلى تحرير طاقة. وتظهر هذه الطاقة المتحررة على شكل أفعال خارجية وحرارة وطاقة مخزونه. ويطلق على كمية الطاقة المتحررة في وحدة زمنية بمعدل الأيض. أما الوحدة القياسية للطاقة فتسمى السعره Calori.

وتعرف السعره بأنها كمية الطاقة الحرارية اللازمة لرفع حرارة غرام واحد من الماء درجة مئوية واحدة (ما بين 15-16). وستعمل عادة وحدة الكيلو سعره Kilo Calori والتي تعادل 1000 سعره في علم وظائف الأعضاء.

ويستخدم معدل الأيض الأساسي BMR كحد أدنى للأيض الذي تصرف فيه طاقة تكفي لأداء وظائف أعضاء الجسم ضمن شروط معينة . وعند قياس معدل الأيض الأساسي يجب توفر الشروط التالية:

- 1- أن يكون الجسم بحالة إسترخاء تمام من جميع النواحي.
- 2- أن يتم القياس بعد صيام لمدة 12 ساعة بعد آخر وجبة طعام.
- 3- أن يتم القياس في درجة حرارة الغرفة المناسبة ما بين 18-20 درجة مئوية.
- 4- أن يتم القياس بمعزل عن المنبهات والمؤثرات الخارجية.

وتحسب طاقة الأيض الأساسي بالكيلو سعره لكل غرام من وزن الجسم في الساعة الواحدة. أو 24 كيلو سعره لكل كيلو غرام من وزن الجسم في اليوم الواحد.

ويمكن الحصول عليها من حاصل ضرب وزن الجسم في مقدار الطاقة اللازمة في اليوم الواحد. فإذا كان وزن الجسم يساوي 70 كغم فإن :

$$\text{طاقة الأيض الأساسي} = 40 \times 70 = 1680 \text{ كيلو سعره.}$$

وتتأثر طاقة الأيض الأساسي بعوامل عديدة مثل : العمر والجنس (ذكر وأنثى) والنوم



وحرارة الجسم والإفرازات الهرمونية مثل الأدرينالين والثيروكسين وغيرها.

### تنظيم درجة حرارة الجسم Regulation & Body Temperature

تنتج الحرارة في الجسم نتيجة أيض المواد الغذائية وجميع العمليات الحيوية الكيميائية التي تحدث داخل خلاياه، وتزداد بالحركة والقيام بالتمارين الرياضية. وفقد الحرارة من الجسم بعدة طرق تتمثل في التوصيل بالإشعاع والتبخر وكذلك تفقد بكميات قليلة عن طريق التبرز أو التبول.

ويحدث التوازن الحراري في الجسم عندما تكون مقدار الحرارة المفقودة مساوياً لقدر الحرارة الناتجة.

وتتراوح درجة حرارة الإنسان الطبيعي ما بين 36.5-37.5 درجة مئوية. ولكنها تتاثر بعدة عوامل حيث تزداد مثلاً في وقت حدوث الإباضة خلال الدورة الشهرية عند المرأة، وفي حالات الحركة والنشاط وأثناء التهيج والإفراز وبعد تناول الطعام. كما تكون درجة حرارة الطفل أقل من درجة حرارة الشخص البالغ، وكذلك ترتفع درجة الحرارة قليلاً عند المساء عما هو عليه في فترة الصباح الباكر.

وتقاس درجة حرارة الجسم بميزان الحرارة الطبي Medical Thermometer وذلك بوضعه تحت الإبط أو تحت اللسان أو في الشرج لمدة خمسة دقائق. وتمثل درجة حرارة الشرج حرارة الجسم المركزية، بينما تكون درجة حرارة الفم أقل من درجة حرارة الشرج بمقدار نصف درجة مئوية. ولا تعبر درجة حرارة الفم عن الواقع في كثير من الأحيان لأنها تتاثر عند الإصابة بالرشح حيث يتغير الإنسان عندها من فمه بدلاً من أنفه فتزداد درجة الحرارة، وكذلك تتاثر بما يأكله أو يشربه الإنسان من المأكولات أو المشروبات الحارة أو الباردة.

### استجابات الجسم لتعديل الحرارة

يستعمل الجسم عدة وسائل للحفاظ على درجة حرارة ثابتة عند إرتفاع أو إنخفاض درجة حرارته أو حرارة المحيط من حوله.

أ- في حالة التعرض للبرودة:

- 1- إنتصاب الشعر في الجسم بفعل العضلة الناصرية للشعر.
- 2- تضيق الأوعية الدموية وقلة وصول الدم إلى الأطراف لمنع فقدان الحرارة.



- 3- زيادة الدهون تحت الجلد في المناطق الباردة لمنع فقدان الحرارة.
- 4- زيادة معدل الأيض وزيادة إستهلاك المواد الغذائية لإنتاج الطاقة.
- 5- زيادة إفراز هرمون الإدرينالين والنور أدرينالين والهرمون المحرض الدرقي TSH.
  - ب: في حالة التعرض للحرارة:
- 1- إستلقاء الشعر على سطح الجسم لغرض طرح الحرارة عن طريق النقل والإشعاع.
- 2- توسيع الأوعية الدموية فيصل الدم إلى الأطراف ويزيد من فقدان الحرارة.
- 3- قلة الدهون تحت الجلد في المناطق الحاره مما يزيد من فقدان الحرارة.
- 4- قلة معدل الأيض وقلة إستهلاك المواد الغذائية مما يقلل من إنتاج الطاقة.
- 5- زيادة التعرق مما يزيد من تبخر العرق من الجلد الذي يعمل على تبريد الجسم.
- 6- قلة إفراز هرمون المحرض الدرقي.

**دور تحت المهد في تنظيم حرارة الجسم;**  
**يوجد في منطقة تحت المهد في الدماغ مركز خاص للتنظيم الحراري Thermo-regulatory Center**

وينظم الجزء الخلفي تحت المهد المنعكسات التي تثار في حالة البروده. بينما ينظم الجزء الأمامي تحت المهد المنعكسات التي تثار في حالة الحرارة مما يؤدي إلى توسيع الأوعية الدموية وزيادة التعرق وغيرها.

وتنشر المستقبلات Receptors الحساسة للحرارة على سطح الجسم، وترتبط بالمركز الخاصة للتنظيم الحراري في تحت المهد بواسطة أعصاب وارده Afferent لتنقل للدماغ التغيرات الحاصلة في حرارة الجسم. ويعمل تحت المهد عمل المنظم Thermostat حيث يتاثر بتغيرات درجة الحرارة الواردة إليه ويستجيب بإرسال سيالات عصبية Nerve impulses إلى المؤثر المناسب Efferent لتعديل الحرارة.

# 8

الفصل الثامن

فسيولوجيا الجهاز البولي

*Physiology of Urinary System*



## الجهاز الإخراجي والكلية Excretory System & The Kidney

**التوازن المائي والملحي:**

- \* المحتوى المائي والملحي للأنسجة يبقى ثابت عادةً ولا تغير وإن تغير فبحدود ضعيفة.
- \* كمية الماء تحدد فعالities الخلايا لأن الأفعال الحيوية والفسيولوجية تتطلب وسط سائل هو الماء.
- \* يزلف الماء حوالي ثلث وزن الجسم، وإن انخفضت النسبة يؤدي ذلك إلى انخفاض الفعالities الحيوية.
- \* النسب المئوية للماء في الجسم:

اللبان:	%65	الضفادع :	%78
الإنسان :	%70	سمك البحر :	%82
الدجاج :	%74	قنديل البحر :	%95

\* والحيوان المتمتع بصحة جيدة هو الذي يستطيع تنظيم وسطه الداخلي ويعكسه يكون مريضاً بسبب عطل في بعض الأعضاء والأجهزة المسؤولة عن تنظيم وхран الماء مثل مرض:-

\* **السكري الكاذب Diabetes insipidus:** ينتج عن قلة إفراز الهرمون مانع التبول Antidiuretic H. (ADH)

1 - يقلل من تكوين البول.

2 - يزيد من ضغط الدم في الشرايين لأنه يضيق الأوعية.

\* وسبب المرض هو عطل أو تحطم في قسم من منطقة تحت المهاد Hypothalamus حيث يصنع هذا الهرمون ويحزن في الفص الخلفي للغدة النخامية Posterior Petiutary

\* يؤدي إلى زيادة في التبول وعطش شديد.

\* وسببه أيضاً أورام سرطانية في تحت المهاد Hypothalamus .



\* عجزه في قشرة الغدد الكظرية Adrenal cortical Insufficiency

\* أمراض الكلية Renal disease

\* التهاب الأمعاء Interitis

\* عدم انتظام عمل الجزء الهضمي لمعدة المجرات Disorders of abomasum.

الكحول :- مضاد فعال لـ ADH لذلك يتبول الشخص بكميات كبيرة بفعل تأثيراته المثبطة لإفراز هذا الهرمون، وتنتوس الأوعية الدموية (يحمر الوجه).

\* يجب أن نفرق بين السكري الكاذب ومرض السكري Diabetes Mellitus الذي يتميز بـ

\* زيادة في سكر الدم 0.2 - 0.5 % وسكر البول (Normal 0.1%)

معدل السكر في الدم = من 120 إلى 180 ملغم / 100 سم<sup>3</sup> في الدم

\* زيادة سكر الدم تسمى Hyperglycaemia

\* ويزدي إلى زيادة التبول وعطش شديد

سبب المرض :

إزالة أو عطل جزيرات لانجرهانس Islets of Langerhans في البنكرياس التي تفرز هرمون الأنسولين Insulin

تنظيم كمية الماء والأملاح في الجسم يتم بواسطة:

الكريات، والجلد في الإنسان بالإضافة إلى الخياشيم والغدد الخضر في الحيوانات.

يتم التنظيم بطريقة: التناقذ (Osmosis) بالنسبة للماء

{ التقل الفعال Active transport

بالنسبة للأملاح Diffusion

تطلق كلمة Osmoregulation أو التنظيم الأوزموري على عملية تنظيم المحتوى المائي أو

المحي.



## التوازن المائي Water Balance

يفقد الجسم الماء وينتسبه بطرق مختلفة، ولكن تبقى كمية الماء ثابتة في الجسم يجب أن تكون كمية الماء المكتسبة تساوي كمية الماء المفقودة.

### ١ - طرائق اكتساب الماء من قبل الجسم

#### (١) ماء التأكسد oxidation water

\* ينتج من اكسدة المواد الغذائية داخل الخلايا وتحوילها إلى ماء و $\text{CO}_2$  (كل غرام من الجلوكوز ينتج 0.60 ملي / لتر ماء وكل غرام من الشحوم ينتج 1.00 ملي لتر ماء، وكل غرام من البروتينات ينتج 0.42 ملي / لتر ماء)، ويسمى الماء الناتج من الأفعال الحيوية Metabolic water ويشكل حوالي 5 - 10% من مجموع الماء في الجسم.

\* يكون ماء تأكسد الشحوم أكثر من ماء تأكسد البروتينات إضافة إلى أن طرح الفضلات النايتروجينية للبروتينات يحتاج إلى فقدان كمية من الماء في البول بينما الشحوم لا تنتج فضلات نايتروجينية.

\* تقدر كمية ماء التأكسد في الإنسان بحوالي 340 غم في اليوم

\* بعض الحيوانات مثل جرذ الكنغر Kangaroo Rat تستغني تماماً عن تناول الماء وتكتفي بماء التأكسد لسد حاجتها.

#### (٢) ماء الموجود في الطعام Food Water

يختلف باختلاف نوع الطعام فمثلاً الخضر، والفواكه، واللحوم تحتوي على 60 - 90% ماء، الحيوانات التي تعيش في مراعي خضراً لا تحتاج أحياناً إلى شرب الماء.

#### (٣) ماء الشرب Drinking water

مهم لأنّ الوسيلة الوحيدة التي تنظم كمية الماء في الجسم حيث ليس للإنسان والحيوان السيطرة على تحديد كمية ماء التأكسد أو ماء الطعام تحت الضروف الاعتية.

يشرب الإنسان الماء استجابة لحافز العطش Thirst stimulus: إن ظاهرة العطش غير مفهومة فسيولوجياً ولكنها تؤدي إلى :



- \* جفاف الفم والبلعوم نظراً لقلة إفراز اللعاب (ويكون الشعور بالجفاف مؤلماً وقوياً في الإنسان).
  - \* لقد أظهرت الدراسات وجود مركز متخصص للعطش Thirst center يقع في القسم الداخلي من تحت المهداد medial part of the hypothalamus في قاعدة المخ.
  - \* تحفيز خلايا هذا المركز كهربائياً يجعل الحيوان يفترش عن الماء بالرغم من عدم حاجته إليه.
  - \* حقن محلول ملحي في هذه المنطقة للدماغ يحفز الحيوان على شرب الماء بالرغم من عدم حاجته إليه.
  - \* عند انخفاض ماء الجسم يزداد الضغط الأوزموزي للدم ويؤدي إلى زيادة تحفيز خلايا مركز العطش فيؤدي إلى الشعور بالعطش.
- ب) طرق فقدان الماء من قبل الجسم:
- (1) في هواء الزفير والرئتان:
    - \* خروج هواء مشبع بالماء عند الزفير نتيجة التبخر الحاصل في سطح الحويصلات الرئوية والمجاري التنفسية.
    - \* تزداد كمية الماء المفقودة في الزفير بزيادة الحركات التنفسية وانخفاض رطوبة الهواء الجوي.
    - \* كمية الماء المتبخّر من سطح الرئتين = كمية الماء في هواء الزفير - كميته في هواء الشهيق (في الإنسان = 300 غم في اليوم).
  - (2) التبخر من سطح الجسم (التعرق)
    - \* يتبخّر الماء من سطح الجسم بصورة دائمة وبكميات قليلة عن طريق التعرق غير المحسوس Insensible perspiration (كميتها لا تتجاوز 1/2 لتر في الإنسان في اليوم).
    - \* عند التعرق الشديد تصل الكمية إلى حوالي 10 - 15 لتر في اليوم في الإنسان.
    - \* يزداد التبخر في الجو الحار وعند ممارسة الأعمال الشاقة ووجود ريح عالية.



### (3) الماء المطروح مع البراز:

- \* تعتمد كميته على نوع الطعام وتزداد مع الطعام النباتي.
- \* في الإنقمار تصل كمية الماء المطروحة إلى 20 - 40 لترًا في اليوم.
- \* عند الإسهال تزداد كمية الماء المطروحة ويعرض الجسم إلى حالة الجفاف نتيجة فقدان كميات كبيرة من الماء كما في مرض البهضة (الكولير).

### (4) الماء المطروح عن طريق التبول:

- يتحكم الجسم فسيولوجيًّا بكمية البول حيث يبقى كمية الماء في الجسم ثابتة لذلك يجب أن يكون حجم الماء المكتسب = حجم الماء المفقود.
- \* لا يمكن للجسم التحكم إلا بكمية ماء الشرب وفسيولوجيًّا بكمية البول لتنظيم ماء الجسم.
  - \* عند حرمان حيوان من الماء تطرأ تغيرات للاحتفاظ بأكبر كمية من الماء في الجسم وانخفاض في معدل البول وتلعب المواد الذائية في البول وقابلية خلايا الكلية على تركيز البول دوراً كبيراً في تحديد حجم البول.

#### تنظيم طرح الماء في البول:

- \* يتم طرح البول عن طريق الكليتين وينظم عن طريق هرمون مانع التبول ADH.
- \* يصنع ADH في منطقة تحت المهاد Hypothalamus في الدماغ.
- \* يخزن في الغص الخلفي للغدة النخامية Posterior pituitary.
- \* يعمل الهرمون من خلال تأثيره على نفرونتات الكلية Nephrons مسببًا زيادة في إعادة امتصاص الماء Reabsorption مقللاً بذلك حجم البول.
- \* عند حرمان الحيوان من الماء يتحفز الغص الخلفي للغدة النخامية لإفراز الـ ADH الذي ينقل عن طريق الدم إلى الكلية فيسبب انخفاض البول لإعادة امتصاص كميات من الماء وبالعكس عند إعطاء كميات كبيرة من الماء.

#### موازنة الماء في الجسم

لكي يعيش الإنسان في حالة صحة دائمة يجب أن تكون:



**كمية الماء المكتسبة = كمية الماء المفقودة.**

### الماء المكتسب Water input

الحد الأعلى	الحد الأدنى	
5650	750	- السوائل والمشروبات
1750	250	- ماء الطعام
400	50	- ماء التمثيل
<u>7800 ملليلتر</u>	<u>1050</u>	<b>المجموع</b>

### الماء المفقود Water output

2000	600	- الكلى (مع البول)
200	50	- القولون (مع البراز)
700	350	- الجلد والرئتان (تبخر)
4000	50	- الغدد العرقية (عرق)
<u>900</u>	<u>0</u>	- الغدد اللبنية (حليب)
<u>7800 ملليلتر</u>	<u>1050</u>	<b>المجموع</b>

### ماء الدوران المتكرر الاستعمال Water Turnover

1500	500	- الغدد اللعابية
2400	100	- المعدة
3000	700	- جدار الامعاء
1000	700	- البنكرياس
400	100	- المرارة (الصفراء)
1500	700	- الغدد اللمفية
<u>9800 ملليلتر</u>	<u>3700</u>	<b>المجموع</b>



مجموع الماء الكلي في الجسم	
9800	3700
7800 +	1050+
<hr/>	<hr/>
17600	4750
الحد الأعلى	المجموع : الحد الأدنى

## السوائل الجسمية Body Fluids

إن نسبة عالية من وزن الجسم يكونها الماء مذابة فيه مواد مختلفة ويسمى الماء والمواد المذابة فيه بالسوائل الجسمية. للسوائل الجسمية أهمية كبيرة في حالة صحة الإنسان والحيوان أو مرضه. تبقى السوائل الجسمية ثابتة الحجم والتراكيب وإن تغيرات انحرفت صحة الفرد (ما يدل على وجود مرض). في الكوليرا يفقد الجسم كمية كبيرة من سوائله على شكل قيء، أو إسهال، وفي مرض الإسهال الصيفي Summer diarrhea في الأطفال يفقد الجسم كمية من سوائله.

### أقسام السوائل الجسمية Fluid compartment of the body

تقسم إلى ما يلي:

1 - السائل داخل الخلايا : Intracellular fluid يبلغ 50% من وزن الجسم.

اغشية الخلايا تملك قابلية عالية في النفاية بشكل يسمح بمرور بعض الأيونات ويعمل مرؤد أخرى.

2 - السائل خارج الخلايا Extracellular fluid يبلغ 20% من وزن الجسم. ويقسم إلى :

أ - مصل أو بلازما الدم Plasma يبلغ 5%

ب - السائل البيني Interstitial يبلغ 15% يفصل بين القسمين جدار الأوعية الدموية.

ج - السوائل الجسمية الخاصة مثل:

1 - السائل الدماغي الشوكي Cerebrospinal fluid

2 - السائل المفصلي Synovial fluid



### 3 - السائل العيني Aqueous humor

4 - سائل القناة الهضمية (العصارات الهاضمة)

5 - سائل الصفراء

6 - البول

### **أغشية الخلايا الجسمية**

تتمتع أغشية الخلايا (عدا بطانة الأوعية الدموية) على قابلية إنتخابية عالية في مرور الأيونات Active transport إضافة إلى النقل الفعال High selective permeability . أما بطانة الأوعية الدموية فتتميز بأنها:

أ- لا تسمح بمرور كل من خلايا الدم الحمر RBC ونسبة عالية من بروتينات مصل الدم Plasm proteins والماء ذات الوزن الجزيئي العالي.

ب- تسمح بمرور الأيونات غير العضوية Inorganic ions والماء Water والمواد ذات الوزن الجزيئي الواطيء . وتتأثر عملية التبادل المستمر بين مصل الدم والسائل بحركة القلب وضغط الدم . ويتأثر تركيز السوائل داخل وخارج الخلايا بما يلي:

أ- النفاذية الإنتخابية التي تتمتع بها أغشية الخلايا.

2- النقل الفعال (مضخة ايونية Electrolyte pump) بواسطتها يمكن نقل الأيونات من الخلايا ذات التركيز الواطيء إلى التركيز العالي) مثل إخراج أيون الصوديوم  $Na^+$  من داخل الخلايا (تركيز واطيء) إلى خارجها (تركيز عالي). أو إدخال أيون البوتاسيوم  $K^+$  من خارج الخلايا (تركيز واطيء) إلى داخلها (تركيز عالي).

أما حركة الماء فتتم حسب ما يأتي:

\* تختلف جزيئات الماء معظم الخلايا بسهولة (حسب الضغط).

\* عند حقن حيوان بكمية من الماء في الوريد (I.V) يلاحظ :

\* إن زيادة ضغط الدم نتيجة وجود الماء تؤدي إلى انتقاله إلى المسافات البينية ثم إلى داخل الخلايا وبعدها ( يحدث توازن في التركيز لكافة السوائل الجسمية).



\* حقن الماء بكميات كبيرة في الوريد يمكن أن يؤدي إلى موت الحيوان نتيجة لتشبع الخلايا بالماء ويعرف ذلك بالقسم المائي Water intoxication

\* يحدث نفس الشيء عند حقن محلول مخفف من ملح الطعام NaCl Hypotonic Nacl .

\* أما عند حقن محلول متعادل من ملح الطعام Isotonic Nacl (متعادل مع مصل الدم) فيسبب توزيع الماء بشكل منتظم في الأجزاء المختلفة التي تحوي سائل خارج الخلايا والسائل الخلوي.

\* أما حقن محلول مركز من ملح الطعام Hypotonic Nacl فيؤدي إلى سحب الماء إلى مصل الدم وحصول نقص في الماء الخلوي وجفاف الخلايا cellular dehydration مما يسمى **تركيز السوائل الجسمية** إن تحديد أنواع وتركيز المواد المختلفة في:

- 1 - مصل الدم أو الكريات الحمر (سهل) بالحصول على عينات من هذه المواد.
- 2 - السائل البيني (معدن) نظراً لصعوبة الحصول عليه لأن المسافات بين الخلايا لا يتجاوز سمكها 1.5 مايكرومتر (أقرب شيء إليه هو اللمف).
- 3 - السائل داخل الخلايا أكثر تعقيداً لأن التناقض التي تحصل عليها من النسبي لا تمثل السائل داخل الخلايا فقط وإنما السائل البيني أيضاً.

ت تكون السوائل الجسمية من:

\* الماء والمواد المختلفة المذابة فيه.

\* يختلف تركيب السائل داخل الخلايا عن السائل خارج الخلايا وبقية السوائل الجسمية.

\* السائل داخل الخلايا غني بـ: الأيون الموجبة مثل أيونات البوتاسيوم (تشكل معظم الأيونات الموجبة)  $K^+$

وأيونات الصوديوم والكالسيوم والمغنيسيوم  $Na^+$  ،  $Ca^{++}$  ،  $Mg^{++}$  على التوالي.

الأيونات السالبة العضوية - كالاحماس الأمينية والبروتينات والأحماس العضوية واللاعضوية مثل الكلور والبيكربونات والفوسفات والكبريت.

## **البلازماء والسائل البيني**

يتشاربهان في التركيب عدا وجود الماء البروتينية في السائل البيني وتتكون من ايونات موجبة:  $Mg^{++}$ ,  $Ca^{++}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$

وأيونات سالبة  $Cl^-$  (بصورة رئيسية) و  $HCO_3^-$  وقليلًا من الأيونات العضوية .  
اما السوائل الجسمية الخاصة فت تكون من الدم وهي في توازن ديناميكي مع الدم لكنها تختلف عن تركيب المصل . مثلًا العصارة المعدية: شديدة الحموضة (الجزء الأعظم منها ايونات موجبة مثل  $H^+$  إضافة إلى  $Na^+$  وهذا الأيونان الموجبان يتعادلان بواسطة  $Cl^-$  وكذلك  $Na^+$  (حسب قانون تعادل الكهربائية)

## **المحيط الخارجي والمحيط الداخلي**

المحيط الخارجي ويشمل:-

الهواء بدرجة حرارته ورطوبته وكمية الأوكسجين فيه حيث يؤثر على الكائن الحي.

المحيط الداخلي وهو:

المحيط الذي يحمله الكائن الحي داخل جسمه . يتمثل بالسائل البيني الذي يحيط بكل خلية من خلايا الجسم والسوائل الأخرى التي في تبادل مستمر مع السائل البيني مثل السائل داخل الخلايا، ومصل الدم، والسوائل الجسمية الخاصة.

وأي إرباك في كمية وتركيب هذه السوائل تؤدي إلى المرض و اختلال التوازن.

أول من وضع فكرة السائل البيني العالم الفرنسي كلودير نارد Claude Bernard الذي عاش في القرن الماضي حيث أشار إلى أن:

\* المحيط الخارجي كالهواء والماء لا يمثل المحيط الحقيقي لخلايا الجسم . لأن المحيط الحقيقي هو السائل البيني الذي يحيط بالخلايا وكذلك مصل الدم الذي هو في تبادل مستمر معه وقد سمي السائلين بالوسط الداخلي ليميزه عن الوسط الخارجي.

\* وبالرغم من تغير المحيط الخارجي من وقت لآخر يبقى الوسط الداخلي ثابتاً بواسطة وسائل تنظيمية مختلفة.

\* اطلق العالم الامريكي والتر كانون Walter Cannon كلمة ثبوت داخلي Homeostasis على ثبات الوسط الداخلي للجسم مثل:

- ١ - درجة حموضة الدم pH ثابت = 7,4 عند انخفاضها عن هذا الحد يصاب الشخص بزيادة حموضة الدم Acidaemia عند ارتفاعها عن الحد يصاب الشخص بزيادة قاعدية الدم Alkalaemia وكلتا الحالتين مصحوبة باعراض شديدة مرضية كاضطراب التنفس والغيبوبة.
- ٢ - تركيز الكالسيوم في الدم (10 ملغم / 100 سم<sup>3</sup>) إذا تغير عن هذا الحد أو أدى إلى اعراض مرضية حادة.
- ٣ - كذلك تغير مستوى الكلوكوز في الدم ومستوى الصوديوم والبوتاسيوم في السوائل الجسمية وكمية الماء في الجسم.

تعتبر جميع هذه الحالات المرضية إرباك في السوائل الجسمية وتغير ثبوتيه الوسط الداخلي للجسم اي تغير في التوازن Homeostasis

**التبادل بين السوائل الجسمية المختلفة**  
هناك تبادل مستمر بين مصل الدم والسائل البيني (وتفصل بينهما جدران الأوعية الدموية) وبين السائل البيني والسائل داخل الخلايا (ويفصل بينهما غشاء الخلية اللازمي).

وبالرغم من ان التبادل يشمل الماء والمواد المذابة فيه فتبقى السوائل الجسمية مختلفة ومتميزة عن بعضها في التركيب لوجود الأغشية.

- (١) غشاء بلازمي يفصل بين السائل داخل الخلايا والسائل البيني.
- (٢) جدران الأوعية الدموية وتفصل بين مصل الدم والسائل البيني.

التبادل بين المصل والسائل البيني سهل لذلك يتشابه تركيب المصل والسائل البيني عدى خلو السائل البيني من البروتينات. ولا يتم تبادل البروتينات لصعوبة اخترافها للأغشية الخلوية. أما التبادل بين المصل والسائل البيني فيتضمن:



إيصال الأكسجين والمواد الغذائية من الدم إلى الخلايا وإيصال الفضلات من الخلايا إلى الدم تمهداً لطرحها إلى الخارج.

والتبادل بين السائل البيني والسائل داخل الخلايا يضمن: إختيار المواد الضرورية للخلية وبكميات لازمة والاحتفاظ بتركيب خاص للخلية ضروري لحدوث الأفعال الحيوية المختلفة.

### I) التبادل بين المصل والسائل البيني:

يحدث التبادل عن طريق جدران الأوعية الشعرية الدموية الحاوية على صفر واحد من الخلايا الطلائية المسطحة Endometrium لأن جدران الأوردة والشرايين عضلية لا تسمح بمرور أي مادة خاللها.

تسمح جدران الأوعية الشعرية الدموية بمرور الماء والمواد المذابة فيه بسهولة عدي البروتينات وتسمح بمرور الأيونات غير العضوية inorganic ions والممواد ذات الوزن الجزيئي لواطى، Substance of low molecular weight

ولكنها لا تسمح بمرور كل من خلايا الدم الحمر RBC ونسبة عالية من بروتينات مصل الدم Plasma proteins والممواد ذات الوزن الجزيئي العالي Substance of high molecular weight. ويتأثر التبادل بقوتان:

#### 1 - الضغط الشعيري Capillary pressure

يعمل على دفع مصل الدم إلى خارج الأوعية الشعرية وتدعى العملية فوق الترشيح UItrafiltration ويكون الراسخ حال من البروتينات.

#### 2 - الضغط الأزموزي الغروي Colloid Osmotic Pressure لمصل الدم في الإنسان:

\* يبلغ الضغط الشعيري في النهاية الشريانية 35 ملم زئبق.

\* يبلغ الضغط الشعيري في النهاية الوريدية 15 ملم زئبق.

كذلك فإن معدل الضغط الشعيري في الإنسان هو 25 ملم زئبق ولكنه غير متتجانس على طواه وعاء الشعيري حيث يتضائل من النهاية الشريانية إلى النهاية الوريدية.



الغشاء. أما الأيونات مثل أيونات الصوديوم والبوتاسيوم فإنها تلقي صعوبة كبيرة في العبور خلال الغشاء اللازمي بينما تخترق جدران الأوعية الشعيرية الدموية بسهولة.

### التوازن الحامضي القاعدي للجسم Acid - Base balance

يعني الجسم عنابة خاصة بتركيز أيون الهيدروجين  $H^+$  في السوائل لما له من أهمية لحياة الكائن الحي. تتراوح حدود الأس الهيدروجيني pH لمختلف اللبان بين (7 - 7.8) وي معدل (7.4). إن الثبات النسبي لكمية  $H^+$  في السوائل خارج الخلايا هي نتيجة التوازن الحامضي القاعدي.

الحامضي : هو المادة التي لها القابلية على إعطاء أيونات الهيدروجين (أي إعطاء بروتون). القاعدة: هي المادة التي بها القابلية على قبول أيونات الهيدروجين والإتحاد بها.

تختل الموازنة بين الحوامض والقواعد في الجسم بين فترة و أخرى نتيجة لعمل الخلايا التي تتطلب إضافة أو طرح كميات من هذه المواد من الجسم بشكل مستمر. تضاف كميات من الحوامض أو القواعد نتيجة لتناول الإنسان الطعام او الشراب أو نتيجة للأفعال الحيوية.

يحدث فقدان او اكتساب الحوامض او القواعد نتيجة بعض الحالات المرضية. إذا انخفض الأس الهيدروجيني للدم Blood pH أقل من الحدود الاعتية. فتسمى الحالة بـ الحموضة الدموية Acidaemia وإذا ارتفع الأس الهيدروجيني للدم فتسمى الحالة بـ القاعدية الدموية

Alkalaemia

### التوازن الحامضي القاعدي في حالة المرض

\* يسبب المرض اختلالاً في التوازن الحامضي القاعدي للجسم لذلك يجب على الأجهزة المسؤولة على هذا التوازن العمل بإعادته إلى الوضع الطبيعي.

\* إذا كان المرض شديداً فيؤدي إلى استنزاف قابلية هذه الأجهزة وانخفاض قدرتها عن العمل لإعادة التوازن الطبيعي وتنتج عن ذلك استمرار في اختلال التوازن وبقاء معاناة الإنسان ويكون اختلال التوازن على نوعين:



1) زيادة الحامضية Acidosis في الجسم ويكون فيها المجموع الكلي للحامض في السوائل الجسمية أكثر من الكمية الاعتيادية. يرافق زيادة حامضية الجسم زيادة حامضية الدم Acidaemia

2) زيادة القاعدة Alkalosis في الجسم ويكون فيها المجموع الكلي للقواعد في السوائل الجسمية أكثر من الكمية الاعتيادية ويجب أن نتذكر هنا بأن وجود الهيموغلوبين بدون الأكسجين يكون أكثر قاعدية مما هو عليه عندما يكون الهيموغلوبين متهدماً مع الأكسجين. ويرافق زياده قاعدية الجسم زيادة في قاعدية الدم Alkalemia

\* وتشمل زيادة الحامض الناتجة من تجمع حامض الكابوتنيك  $H_2CO_3$  بالحموسة التنفسية Respiratory acidosis.

\* وتشمل زيادة القاعدية الناتجة من تجمع غاز  $CO_2$  بالقاعدية التنفسية Respiratory alkalosis.

\* وإذا كان سبب الحموسة زيادة في حامض آخر غير  $H_2CO_3$  أو نتيجة انخفاض القاعدية فتشمل الحالة بـ الحموسة الأيضية Metabolic acidosis

\* وإذا كان سبب القاعدية إضافة أية قاعدة أو انخفاض في أي حامض عدا  $H_2CO_3$  فتشمل الحالة بـ القاعدية الأيضية Metabolic Alkalosis.

\* كما يحدث اختلال التوازن الحامضي القاعدي في بعض الحالات المرضية مثل:

\* انخفاض التهوية التنفسية Insufficient Respiratory Ventilation

\* هبوط في عمل الكلية والتقيؤ والإسهال.

ولغرض السيطرة على عدم اختلال التوازن يستعين الجسم بما يأتي:

1) المواد الكيميائية المعادلة الدارنة Chemical Buffers

2) تنظيم تركيز حامض الكاريونيك  $H_2CO_3$  في الدم عن طريق التنفس.

3) طرح أيونات الهيدروجين والبيكربونات ( $H^+$ ,  $HCO_3^-$ ) عن طريق الكليتين.

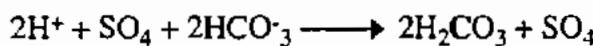
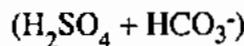


## أولاً : المواد الكيميائية المعادلة Chemical Buffers

تتكون هذه المواد من خليط من الحواضن الضعيفة والقواعد مثل حامض الكاربونيك  $\text{H}_2\text{CO}_3$  وأيونات البيكربيونات  $\text{HCO}_3^-$  حيث ان وجودها يمنع أي تغيير كبير في الاس الهيدروجيني عند إضافة حامض او قاعدة.

عند إضافة حامض قلوي مثل  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (الناتج من تمثيل بعض البروتينات الحاوية على حواضن أمينية تحتوي على الكبريت).

فإن الجزء القاعدي من الجهاز يرتبط مع أيون  $\text{H}^+$  الناتج من الحامض القوي ليكون حامض ضعيف (أي ان  $\text{HCO}_3^-$  تأخذ  $\text{H}^+$  من الحامض القوي لتحويله إلى حامض ضعيف هو  $(\text{H}_2\text{CO}_3)$  :



أذن تنتج عن التفاعل قلة في القاعدة نتيجة استهلاك  $\text{HCO}_3^-$

عند إضافة كميات إضافية من الحامض القوي: يحصل انخفاض إضافي في القاعدة وتتحفظ نسبة القاعدة إلى الحامض. لذلك يجب إرجاع نسبة القاعدة إلى الحامض إلى حدودها الطبيعية ويعكس ذلك تحصل زيادة في حموضة الدم والتي يمكن معادلتها عن طريق طرح أيون  $\text{H}^+$  مع البول.

أما عند إضافة قاعدة قوية: فإنها تستبدل أولاً بقاعدة ضعيفة ثم تقوم الكلية بالإحتفاظ بآيون  $\text{H}^+$  وزيادة طرح المواد القاعدية عن طريق البول لغرض المحافظة على التوازن.

ويكون الجهاز المعادل للدم Blood Buffer من:

\* البيكربيونات  $\text{HCO}_3^-$  : أكثر مكونات الجهاز المعادل للدم أهمية

\* خضاب الدم Hb

\* بروتينات بلازما الدم Plasma Proteins

\* الفوسفات  $\text{HPO}_4^{2-}$



لو أضيفت كمية من حامض قوي إلى الدم في أنبوبة اختبار *in vitro* فإن معادلته تتم حسب النسب الآتية:

$$\text{HCO}_3^- \% 65$$

$$\text{Hb \% 28}$$

$$\text{Plasma protein \% 6}$$

$$\text{HPO}_4^{2-} \% 1$$

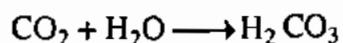
\* ويستطيع الدم الاعتماد على هذه المعادلة لمنع أي تغيير في الأس الهيدروجيني.

\* أما الموارد الكيميائية المعادلة الموجودة في السوائل خارج الخلايا *Extracellular Buffers* فتحتمل قسطراً كبيراً بمعادلة الحوامض قبل وصولها إلى الدم.

وتعمل الرئتين والكليتين بصورة سريعة للتخلص من زيادة الحامضية أو القاعدية.

### ثانياً: التنظيم التنفسـي لحامض الكربونيك $\text{H}_2\text{CO}_3$

تغير كمية  $\text{HCO}_3^-$  المعادلة (لأن  $\text{H}_2\text{CO}_3$  هو مصدرها الوحيد) من خلال انخفاض معدل التهوية التنفسـية (لأن ضغط غاز  $\text{CO}_2$  في محلول يؤدي إلى تفاعل جزء منه مع الماء لتكوين  $(\text{H}_2\text{O}_3)$ :



لذلك فإن كمية  $\text{H}_2\text{CO}_3$  تتناسب طرديـاً مع كمية غاز  $\text{CO}_2$  المذابة وهذه تتأثر بمعدل التهوية التنفسـية.

تؤثر زيادة أو انخفاض كمية  $\text{CO}_2$  المذابة على المراكز التنفسـية في المخ (نتيجة تغير الأـس الهيدروجيني) لذلك فعند انخفاض الأـس الهيدروجيني نتيجة زيادة  $\text{CO}_2$  يزداد التنفسـ لطرح الكـميات الفائضة منه إلى الخارج.

لذا فإن زيادة  $\text{CO}_2$  تؤدي إلى انخفاض الأـس الهيدروجيني و تؤدي إلى زيادة معدل التنفسـ لطرح الزائد من  $\text{CO}_2$ .

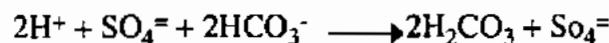


**ثالثاً : طرح أيونات  $H^+$  و  $HCO_3^-$  عن طريق الكليتين:**

### Excretion of hydrogen & bicarbonate ions by the kidney

كما قلنا سابقاً، عند إضافة حامض قوي أو قاعدة إلى السوائل الجسمية فإن المعادلات الكيميائية ستتحرك لموازنة الأس الهيدروجيني وينتج استنزاف لـ  $HCO_3^-$  و  $H^+$ .

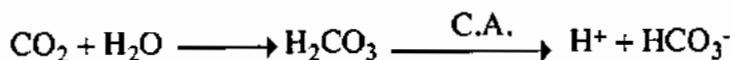
فعند إضافة  $H_2SO_4$  فإن  $HCO_3^-$  ستقوم بمعادلته وتنتج عن ذلك تكوين حامض الكاربونيک الضعيف الذي يتخلص الجسم منه بسهولة عن طريق التنفس أما أيونات الكبريتات ( $SO_4^{=}$ ) فيتم طرحتها عن طريق البول.



ويؤدي هذا التفاعل إلى استنزاف كميات من  $HCO_3^-$  المستهلكة إضافة إلى خسارة أيونات موجبة تطرح عن طريق البول بفرض موازنة ( $SO_4^{=}$ ) لمعادلة الكهربائية للجسم مثل أيونات  $Na^+$  المهمة.

لذلك تقرم الكلية بطرقها الخاصة بتعويض  $HCO_3^-$  المفقودة عن طريق تكوينها من غاز  $CO_2$  الناتج من الأفعال الحيوية.

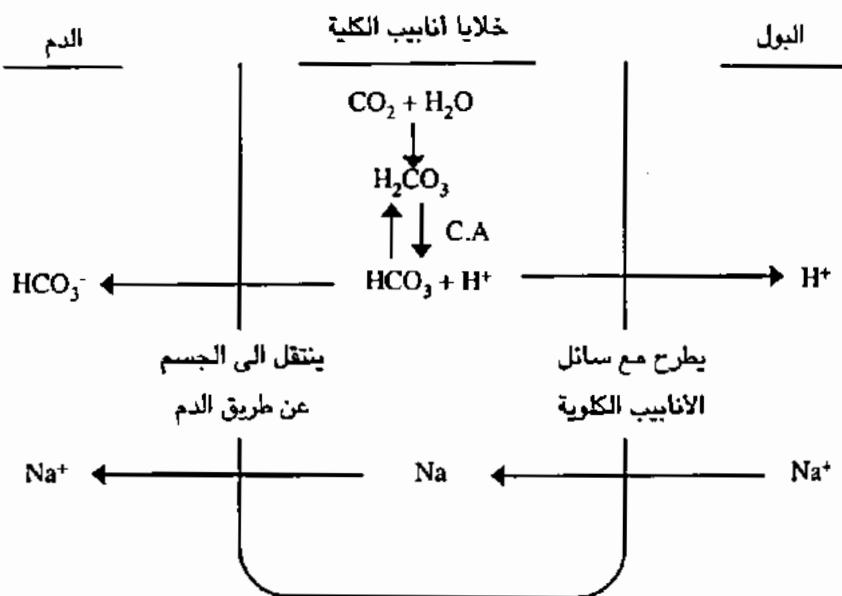
يدروب  $CO_2$  في الماء مكوناً  $H_2CO_3$  الذي يتحلل سريعاً بفعل إنزيم خاص متواجد في خلايا الكلية يسمى Carbonic anhydrase مكوناً  $H^+$  و  $HCO_3^-$



يحتفظ الجسم بأيون  $H_2CO_3$  وينقله عن طريق الدم.

أما أيون  $H^+$  فإنه يطرح مع سائل الأنابيب الكلوية لاستبداله بأيون  $Na^+$  الذي يعادل امتصاصه عن طريق النقل الفعال.

لذلك فإن كمية من أيون  $H^+$  متساوية لكمية  $H_2SO_4$  التي أضيفت سيتخلص منها الجسم عن طريق البول وسيحصل على ما فقده من أيونات  $HCO_3^-$  و  $Na^+$  (شكل رقم 8 - 1).



شكل رقم (١٠٨)

يبين كيفية طرح ايونات الهيدروجين والبيكربونات عن طريق الكليتين

## الكلية The Kidney

تعتبر الكلية العضو المسؤول عن تنظيم السوائل الجسمية للمحافظة على الوسط الداخلي للجسم. لذلك فإن أي اضطراب في السوائل الجسمية (حجماً وتركيزها) قد يؤدي إلى حدوث حالات مرضية خطيرة.

ومثلاً بينما سابقاً فإن الجسم يفقد باستمرار كمية معينة من الماء عن طريق هواء الزفير (الرئتين)، والتبخر من سطح الجسم (الغدد العرقية)، والتبرز (الغائط) وأخيراً عن طريق البول (بواسطة الكليتين). أما كمية الماء المفقود عن طريق العرق فتغير قيمتها تبعاً لتغير درجة حرارة المحيط وتتراوح بين  $1/2$  - 10 لتر في اليوم الواحد في الإنسان.

إن التباين الكبير في كمية الماء المفقودة بواسطة العرق مرتبط بتنظيم درجة حرارة الجسم، وتكون أحياناً على حساب توازن السوائل الجسمية. لذلك تعتبر الكليتين العضوان الوحيدان



الذان يستطيعان تنظيم كمية السوائل الجسمية وتركيبها.

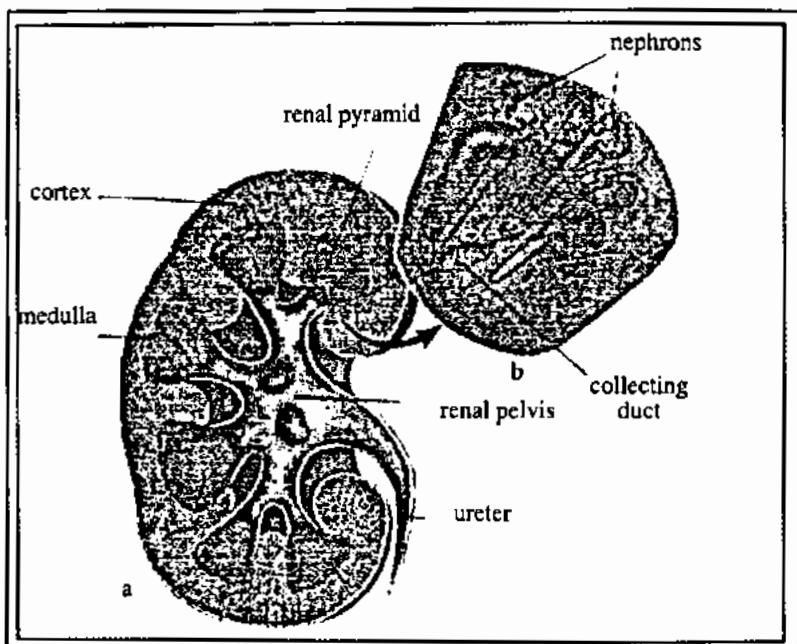
تسلم الكلية إشارات خاصة بحصول التغيرات في مكان ما من الجسم والتي تتطلب إجراء بعض التغيرات الضرورية في تركيز الأيونات المهمة (مثل  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{H}^+$ ) . وتعتبر الكلية العضو الإفرازي الرئيسي في الجسم ومهمتها التخلص من الفضلات والمواد الذائبة في الماء وكذلك الفضلات غير الطيارة (Non volatile) حيث يمتص منه أو تضاف إليه بعض المواد قبل أن يتحول إلى ما نسميه البول (Urine) لذلك يختلف تركيب وحجم البول في الإنسان نفسه من وقت لآخر.

### تشريح الكليتين Anatomy of the kidney

توجد في جسم الإنسان كليتان تشكلان حوالي 1% من وزن الجسم الكلي. تتصل الكليتان بالجدار الظهري من البطن Dorsal wall of the abdomen خلف الحاجب الحاجز Diaphragm. ويحيط كل كلية من الخارج محفظة Capsule (شكل رقم 8-2) ويكون نسيج الكلية من قسمين:

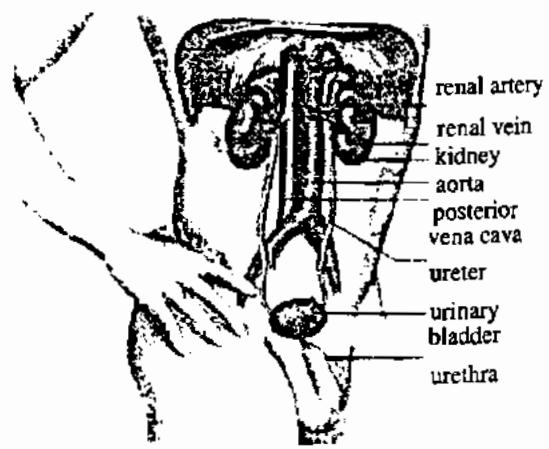
- 1 - القشرة Cortex إلى الخارج.
- 2 - اللب Medulla إلى الداخل.

يتكون اللب من كتل مخروطية Cone - shaped تسمى الفصوص الكلوية Papillae حيث تكون قاعدة كل فص من نسيج القشرة بينما تتجه القمم المسماة بالحلمات Minor calyces نحو حوض الكلية. ويسبب بروز الحلمات في حوض الكلية ظهور خلجان صغيرة . lyses



(2 - 8)  
تركيب الكلية في الإنسان

واتحاد مجموعة من الخلجان الصغيرة يكون خلجاناً كبيرة Major calyces. واتحاد مجموعة من الخلجان الكبيرة يكون حوض الكلية Renal Pelvis. ويوجد حوض الكلية في الخنازير والخيول والقطط والكلاب بالإضافة إلى الإنسان (شكل رقم 8 - 3) .



شكل رقم (3 - 8)  
كلية الإنسان ويتصل بها الحالب  
والثانية وتؤلف الجهاز الخارجي  
للأنسان



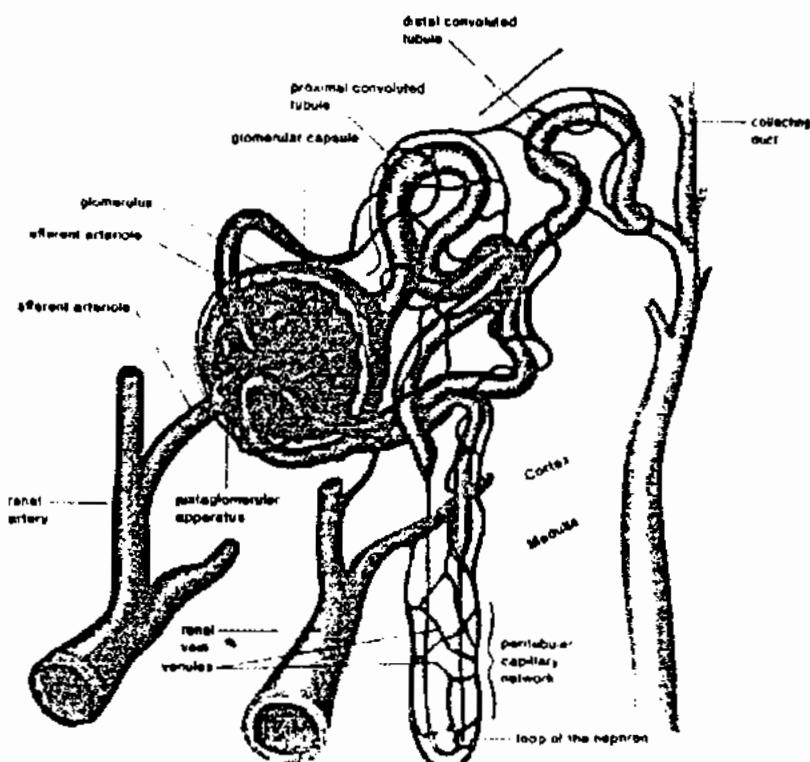
أما في الدجاج والبقر فلا يوجد حوض كلية لأن الخلجان الكبيرة تتحد مع بعضها لتكون الحانب Ureter. وهناك نوعان من الحيوانات نسبة لتفصص الكلية وهما :

- أ- مفصص Lobulated مثل الدجاج والأبقار.
- ب - غير مفصص non Lobulated مثل الخرفان والقطط والكلاب والخيول والإنسان.

يوجد انحساف في الجانب الداخلي للكلية يسمى بالنقير Hilum أو

#### تركيب الكلية:

تتألف الكلية من حوالي مليون أو أكثر وحدة وضيفية فعالة تسمى بالنفرونتات Nephrons يتتألف كل نفرون من أنبوبة بولية أو كلورية Renal or uriniferous tubule (شكل رقم 8).



شكل رقم (4 - 8)  
أحد نفرونتات الكلية



تمتد الأنابيب البولية أو الكلوية بما فيها القنوات المجمعة Collecting Ducts من القشرة عبر اللب وتفتح في حوض الكلية على شكل خطوط شعاعية مستقيمة ray - like striation مما يجعل اللب يبدو وكأنه مخطط striated.

تبدأ الأنابيب البولية بتركيب قمعي الشكل هو محفظة Bowman's Capsule توجد في داخلها كتلة من الأوعية الشعرية الدموية تسمى الكربة الكلوية Renal corpuscle وتعرف بالكببية Glomerulus أو كربة مالبيجي Malpighian.

وتقسم الأنابيب البولية إلى عدد من المناطق المتميزة فسيولوجياً ونسيجياً وهي:

- الأنابيب المتقوية العليا أو القريبة (الدانية) Proximal Convoluted tubule.
- وإنقاذه هنلي أو Loop of Henle.

والأنابيب المتقوية السفلية أو البعيدة (القاصية) Distal Convoluted tubule. وتصب التفروقات محتوياتها في القنوات المجمعة، وتعمل التفروقات مع القنوات المجمعة لمحافظة على:

- 1 - التنظيم الأوزموري
- 2 - التنظيم الحامضي - القاعدي
- 3 - إفراز أيون البوتاسيوم K

وتتميز التفروقات الكلوية بأطوالها المختلفة فتكون التفروقات الواقعة في الجزء الداخلي من قشرة الكلية طويلة نسبياً بسبب زيادة طول التواد هنلي، أما التفروقات الواقعة في الجزء الخارجي من قشرة الكلية ف تكون قصيرة بسبب قصر طول الإنقاذه هنلي. وهناك علاقة وثيقة بين طول التواد هنلي ومعدل تركيز البول في الكلية حيث يكون الحيوان الذي يحرث نسبة عالية من التفروقات طويلة الإنقاذه أكبر قابلية على تركيز البول من الحيوان قصير الإنقاذه.

**عمل الكلية:**  
يعتبر التفرون الوحدة الوظيفية الفعالة في الكلية بالإضافة إلى كونه الوحدة التركيبية. كما إن عمل الكلية هو حصيلة فعاليات المليون أو أكثر من تفروقات الكلية



## وظائف الكلية:

1) المحافظة على الحجم الكلي للسوائل الجسمية: عند زيادة حجم السوائل الجسمية تطرح الكليتان كمية من البول المخفف (Hypotonic urine)

اما عند جفاف الجسم فان حجم البول ينخفض ويصبح عالي التركيز Hypertonic urine اي ان تركيز البول يكون أعلى من تركيز مصل الدم.

ويتراوح الضغط الأوزموزي للبول المطرود بين 1/6 إلى أربعة اضعاف الضغط الأوزموزي لمصل الدم. اي بين 50 - 1200 ملي اوسمول / لتر للبول و 3000 ملي اوسمول/لتر لمصل الدم.

2) تنظيم التركيز الكلي للسوائل الجسمية:

تحاول الكلية إبقاء الضغط الأزمولي للسوائل الجسمية حوالي 300 ملي اوسمول/لتر.

ويتم هذا التنظيم بطرح كميات مختلفة من الماء والأملالح بواسطة الكليتين حسب الحاجة.

3) تنظيم تراكيز المواد المذابة:

ليس المهم أن يكون الضغط الأوزموزي للسوائل الجسمية ثابتًا فقط وإنما يجب أن تبقى تراكيز المواد المختلفة ثابتة لاتغير إلا قليلاً. فمثلاً توجد ايونات الصوديوم والبوتاسيوم والكلاسيوم والبيكربونات في الدم بتركيز مختلف. وعند ارتفاع تراكيز أحد هذه الأيونات تقوم الكلية بطرح الزائد منه إلى الخارج وبالعكس عند انخفاض ترکیز هذه المواد تقل سرعة طرحه عن طريق الكليتين.

4) تنظيم تركيز ايون  $H^+$  في الدم:

يعبر عن تركيز ايون  $H^+$  بالأس الهيدروجيني pH وهو حوالي 7.4 كما ذكرنا بالنسبة للدم. وعند ارتفاعه عن هذا الحد تسمى قاعدية الدم alkalaemia وعند انخفاضه تسمى الحموضة الدموية Acidaemia.

يتم هذا التنظيم بطرق عديدة منها طرح ايونات  $H^+$  او طرح وامتصاص  $HCO_3^-$ .

5) طرح الفضلات والسموم:

تقوم الكلية بطرح بعض الفضلات مثل اليوريا، وحامض اليوريك، والأمونيا، والأملالح الصفراوية Bile salts.



ذلك تطرح الكلية السموم المكونة في الجسم نتيجة الفعاليات الحيوية المختلفة او الداخلة للجسم عن طريق الأطعمة. كما تقوم الكلية بطرح الأدوية والعقاقير او المواد الناتجة عن تحللها وبذلك تمنع تراكمها في الجسم.

### وظائف التفروذات الكلوية:

تقوم الكلية بوظائفها عن طريق ثلاثة فعالities مهمة يمارسها التفرون وهي:-

(1) الترشيح Filtration

(2) إعادة الامتصاص Reabsorption

(3) الإنفراز Secretion

### أولاً : الترشيح Filtration

\* الترشيح هو عبور جزء من مصل الدم من المجرى الدموي إلى محفظة بومان.

\* يقدر السطح الذي يتم عن طريق الترشيح في الكليتين بحوالي  $1.5 \text{ m}^2$ .

\* أما الضغط الشعيري في الكبيبة فيبلغ حوالي 70 ملم زئبق مقارنة مع الضغط الشعيري في الأوعية الشعيرية الدموية في سائر أنحاء الجسم البالغة حوالي 25 ملم زئبق وبذلك يعمل الضغط الشعيري على دفع الراسخ إلى محفظة بومان.

\* تقابل ذلك قوتان هي الضغط الأوزموزي الغروي الذي يبلغ حوالي 30 ملم زئبق وضغط السائل في الأنوية البولية ويبلغ 15 ملم زئبق ولذلك تصبح القوة الدافعة للتترشيح هي حوالي 25 ملم زئبق  $70 - (15 + 30)$ .

\* تحت هذه القوة تفترق جدران الأوعية الشعيرية الدموية وجدران محفظة بومان جزيئات الماء وجميع المواد المذابة فيه عدى تلك التي لها وزن جزيئي عالي.

\* إن الحد الأعلى للوزن الجزيئي الذي يمكن الترشيح هو حوالي 35.000.

\* مثلاً يتم ترشيح البومين البيض ( $\text{و. ج} = 34.000$ ) بينما لا يمكن ان ترشيح البومين المصل ( $\text{و. ج} = 67.500$ ). Serum albumin

- \* يبلغ مقدار السائل المترشح في جميع نفرونت الكليتين في الإنسان حوالي 125 سم<sup>3</sup>/ الدقيقة وهو ما يعادل 170 لتر يومياً.
- \* ويشبه هذا الراشح تماماً مصل الدم ما عدى خلوه عادة من البرتنيات التي لا يمكن ترشيحها لكبر جزيئاتها.
- \* يحتوي الراشح على كمية كبيرة من الجلوكوز و  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  وغيرها من المواد التي لا يمكن ان يستغنى الجسم عنها، لذلك يعاد امتصاص هذه المواد من قبل جدران الانابيب البولية.
- \* وبين الجدول التالي كمية المواد المترشحة والتي يعاد امتصاصها وكثافتها المطروحة في الكليتين في اليوم الواحد عند الإنسان.

الكمية المطروحة	الكمية التي يعاد امتصاصها	كمية الراشح	المادة
1.5 لتر	168.5 لتر	170 لتر	الماء
-	170 غم	170 غم	جلوكوز
5 غم	555	560 غم	$\text{Na}^+$
2 غم	27 غم	29 غم	$\text{K}^+$
0.2 غم	16.8 غم	17 غم	$\text{Ca}^{++}$
-	255 غم	255 غم	$\text{HCO}_3^-$
30 غم	21 غم	51 غم	بيوريا

### ثانياً : إعادة الامتصاص Reabsorption

- \* يتم عملية إعادة الامتصاص بواسطة النقل الفعال وتبين الصيغة في المخطط المختلفة من الانابيب البولية وتشمل الماء ومعظم المواد المذابة فيه.

#### إعادة امتصاص الماء:

- تبلغ كمية الماء المترشح خلال كلية الإنسان حوالي 125 سم<sup>3</sup>/ دقيقة. يعاد امتصاص حوالي 88% من الماء المترشح في الأنوية اللتوية العليا (تبلغ 110 سم<sup>3</sup> / دقيقة) أما 12% الباقية فتتابع سيرها إلى المناطق الأخرى للأنوية البولية (تبلغ 15 سم<sup>3</sup> / دقيقة).



إن عملية امتصاص الماء في الأنبوية الملتوية العليا هو نتاج لعملية امتصاص الصوديوم بالنقل الفعال حيث يعاد امتصاص 88% من الصوديوم أيضاً.

ويؤدي امتصاص الصوديوم إلى جعل السائل البيني خارج الأنبوية البولية أعلى تركيزاً من السائل داخل الأنبوية. لذلك ينفذ الماء من الأنبوية إلى السائل البيني حسب القوانين الأوزموزية. وبانتقال الصوديوم من السائل البيني إلى داخل الأوعية الشعرية الدموية المحيطة بالأنبوية البولية ينفذ الماء إلى داخل الأوعية الدموية.

إن عملية امتصاص الصوديوم عملية إيجابية بينما عملية امتصاص الماء فعملية سلبية. ويؤلف امتصاص كل من الماء والصوديوم حوالي 90% من الحالات الملحية للمحص والراشح ويمتص بنفس الدرجة (88%) في الأنبوية الملتوية العليا.

لذلك فإن تركيز الراشح الذي يترك الأنبوية الملتوية العليا والذي يدخل التواه هنلي يبقى ثابتاً ومساوياً لتركيز الراشح الأصلي وتتركيز البلازمـا.

ويعتقد أن التواه هنلي غير ناضج للماء. لذلك فإن السائل الذي يترك التواه هنلي ويدخل إلى الأنبوبي الملتوبي السفلي يساوي أيضاً 15 سم<sup>3</sup> / دقيقة.

يتم في الأنبوية الملتوية السفلى وفي الأنابيب الجامدة امتصاص 14 سم<sup>3</sup> / دقيقة من الماء. لذلك لا يتجمع في حوض الكلية سوى 1 سم<sup>3</sup> في الدقيقة وهذا يعادل 1.5 لتر من البول في اليوم الواحد.

### ثالثاً : الإفراز Secretion

الإفراز هو النقل الفعال للأيونات والمواد المختلفة من الدم عبر خلايا الأنبوية البولية إلى تجويفها وتقوم خلايا الأنبوية البولية وخاصة الأنبوية الملتوية السفلية والبعيدة بهذه العملية.

#### إفراز اليهدروجين $H^+$

\* ت تكون في الجسم كميات كبيرة من المركبات الحامضية نتيجة تمثيل المواد الغذائية. فتمثل الكاريوهيدرات والدهون والبروتينات ينتج  $CO_2$ . كما أن تمثيل الأحماض النوويـة والمركبات الفوسفاتية العضوية ينتج حامض الفوسفوريـك.



\* يطرح  $\text{CO}_2$  عن طريق طرح الرتتين (حوالى 300 لتر في اليوم) ويعتمد طرحوه على سرعة التنفس.

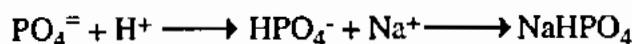
\* اضطراب التنفس يؤدي إلى حموضة الدم acidaemia عند انخفاض التهوية.

\* اضطراب التنفس يؤدي إلى قاعدية الدم Alkalaemia عند ارتفاع التهوية.

\* لذلك فإن الرتتين لا تستطيع تنظيم درجة حموضة الدم Blood pH بصورة مطبقة وإنما يعتمد في ذلك على الكليتين عن طريق طرح أيون  $\text{H}^+$ .

\* ويفرز جميع أيون  $\text{H}^+$  عن طريق الأنبوة الملتوية السفلية. ويرتبط إفراز  $\text{H}^+$  مع عملية امتصاص  $\text{Na}^+$  و $\text{HCO}_3^-$  كما ذكرنا سابقاً.

يطرح الهيدروجين من البول بواسطة المواد المعادلة Buffers وأهمها  $\text{HCO}_3^-$  والفوسفات



### إفراز الأمونيا:

يتم فصل الأمونيا مع الأحماض الأمينية وخاصة من الجلوتامين glutamine في خلايا الأنابيب البولية وتسمى عملية الفصل Deamination

إن الأغشية الحية ناضجة بالنسبة للأمونيا ولكنها تتحدد بعد إفرازها مع أيون  $\text{H}^+$  لتكوين الأمونيوم  $\text{NH}_4^+$  الذي لا يستطيع النفاذ إلى الدم. ويتحدد أيون  $\text{NH}_4^+$  مع أيون سالب مثل  $\text{Cl}^-$  داخل تجويف الأنابيب البولية ويطرح مع البول. إن عملية إفراز الأمونيا متعلقة بإفراز  $\text{H}^+$  وامتصاص  $\text{Na}^+$  وذلك يساعد على طرح الأيونات السالبة الفائضة على حاجة الجسم.

### إفراز مواد أخرى:

تقوم الأنبوة الملتوية السفلية بإفراز كثير من الفضلات مثل الاليوريا، وحامض الاليوريك، والكرياتين. يتم أيضاً إفراز السموم الناتجة من التمثيل الغذائي أو الداخلة من الخارج. تفرز أيضاً العقاقير أو المواد الناتجة منها مثل البنسلين.



## العوامل التي تساعد الكلية على إنجاز وظائفها الأساسية:-

### 1) ضيق الأنابيب الكلوية وطولها:

يسهل عملية التبادل بين الراشح البولي وخلايا هذه الأنابيب لصغر المسافة بينهما. كما أن طول الأنابيب يعطيها المجال الكافي للامتصاص.

### 2) زيادة المساحة السطحية للأنبوب الملتوي العلوي:

تكون خلايا هذه الأنابيب المبطنة مهدبة **Brush like** كما أن وجود الطيات **Infolding** في قاعدة الغشاء البلازمي **Basal cell membrane** لكل من الأنابيبتين العليا والسفلى يساعد على زيادة مساحة قاعدة الخلايا السطحية. وجود الميتوكوندريا **Mitochondria** بأعداد كبيرة في مناطق الطيات تكون مصدراً للطاقة المساعدة في النقل الفعال في المنطقة.

إن زيادة المساحة السطحية يسرع عملية الانتشار **diffusion** وإعادة الإمتصاص والإفرار.

3) موقع إلتواه هنلي وطبيعة تركيبه يسمح بتكوين مجال اوزموزي تزداد عند تحرك البول من القشرة إلى الحالب.

4) قابلية القنوات المجمعة على تسهيل أو منع التبادل الأزموزي يساهم في تركيز البول أو تخفيفه.

5) تسلم الكلية لكميات كبيرة من الدم أكثر من اي عضو في الجسم (ربع كمية الدم الذي يضخه القلب) يضمن قيامها بتنظيم حجوم وتركيب السوائل الجسمية.

كما أن تجهيز الكبيبة الكلوية مباشرة بالدم عن طريق أوعية قصيرة واسعة القطر يساعدها على تكوين ضغطاً ترشيجياً عالياً **High Filtration pressure**.

## النواتج النهائية لعمل النفروذات

ان النواتج النهائية لجمل عمل نفروذات الكلية يتضمن تنقية الدم من كافة العناصر غير المرغوبة وخاصة النواتج النهائية لايض الجسم والتي تشمل اليوريا **urea** وحمض البول **uric acid** والبيوريت **urates** بالإضافة الى الكرياتينين **Creatinen**. وكذلك تعمل النفروذات على تخليص الجسم من الايونات الزائدة مثل الصوديوم والبوتاسيوم والكلور والهيدروجين وغيرها.



## **معدل الترشيح الكبيبي Glomerular Filtration Rate, GFR**

يسمى السائل الذي يترشح من الكبيبة الى محفظة بومان بالراشح الكبيبي **Filtrate**. أما الغشاء الذي يتم عبره الترشيح فيشابه بقية اغشية الاوعية الشعيرية الدموية ما عدا ان نقوذيته اكثر منها بما يقارب ما بين 100 - 1000 مرة.

اما الراشح فيشابه في تركيبه السوائل المترشحة في نهايات الاوعية الشعيرية الشريانية الى السائل البيني حيث لا يحتوي على كريات الدم الحمر ولا البروتينات ذات الوزان الجزيئية الكبيرة. كما انه يحتوي على نفس الايونات والكهارل الموجودة في السائل البيني.

ويطلق على كمية الراشح الذي يعبر خلال نفروتونات الكليتين باجمعها في الدقيقة الواحدة **GFR**.

ويبلغ معدل الترشيح الكبيبي في الانسان صحيح الجسم حوالي 125 ملليلتر في الدقيقة الواحدة.

وتقدير كمية الراشح الكبيبي بحوالي 180 لتر في اليوم الواحد وهو ما يعادل ضعف وزن الشخص العادي. يعاد امتصاص ما يقارب 99% منها في النبيبات الكلوية، بينما يستمر 1% فقط منها بالمرور نحو المثانة مكوناً البول.

## **قياس معدل الترشيح الكبيبي**

يمكن قياس معدل الترشيح الكبيبي باستعمال بعض المواد التي تترشح بحرية تامة خلال كبيبات الكلية مثل مادة انيولين **Inulin** التي تستعمل على نطاق واسع في الانسان وبقية الحيوانات. وتمتاز هذه المادة بأنها خاملة فسيولوجياً حيث لا تشارك في الأفعال الحيوية ولا تقرز ولا يعاد امتصاصها من قبل النبيبات الكلوية.

## **التصفية المصورية للبلازما Plasma Clearance**

ويستعمل مصطلح المصورية **Clearance** للتعبير عن قدرة الكلية في تصفية البلازما وما تحويه من مواد مختلفة عند مرورها. فمثلاً مرور بلازما تحوي على 0.1 غم في كل 100 ملم<sup>3</sup> من البلازما من مادة معينة وطرح 0.1 غم من تلك المادة البول في الدقيقة الواحدة يعني ان 100 ملم<sup>3</sup> من المصورية تصفى من هذه المادة في الدقيقة الواحدة.



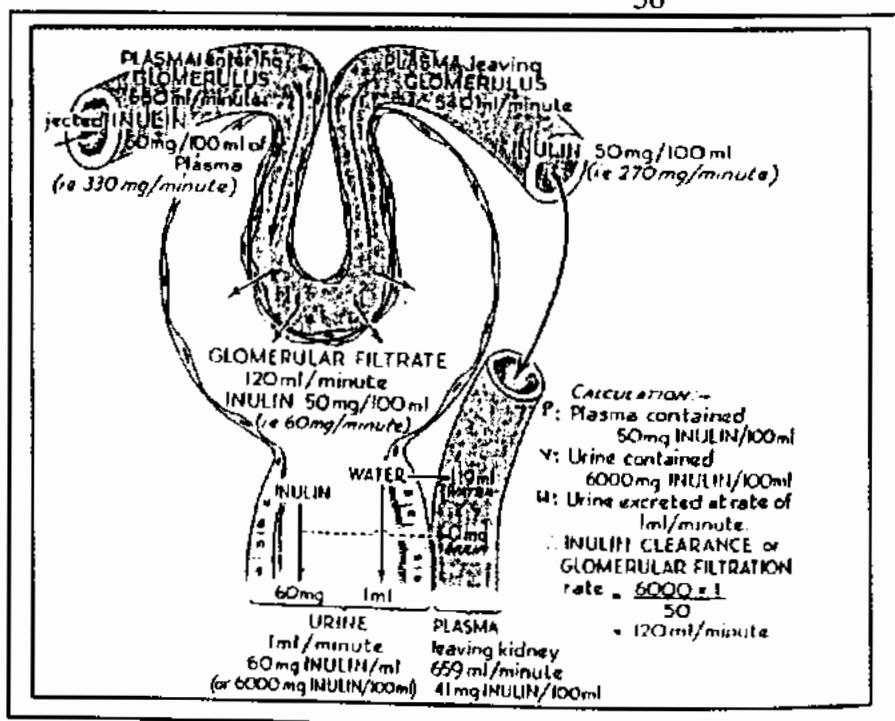
وللفرض قياس التصفية المتصورة Clearance تستعمل المعادلة التالية:

$$\text{التصفية المتصورة} = \frac{\text{تركيز المادة في البول}}{\text{تركيز المادة في بلازما الدم}} \times \text{حجم البول}$$

$$\frac{U}{P} \times V = C$$

وعند قياس التصفية المتصورة، تحقن المادة المستعملة عن طريق الوريد I.V مثل مادة انيلين Inulin. وبعد فترة تسحب عينة من الدم. ثم يحسب تركيز المادة في بلازما الدم وكذلك في البول (شكل رقم 8 - 5) وتطبق المعادلة السابقة. وكما نلاحظ في هذا المثال فإن البلازما يحتوي على 50 ملغم انيلين في كل 100 ملم<sup>3</sup> ، بينما يحتوي البول على 6000 ملغم انيلين في كل 100 ملم<sup>3</sup>. اما البول فيخرج بما معدله ملم<sup>3</sup> واحد في الدقيقة. ويتطبق المعادلة فان

$$\text{التصفية المتصورة} = \frac{6000}{50} = 120 \text{ ملم}^3 \text{ في الدقيقة.}$$



(5 - 8)

استعمال الانيلين لقياس معدل الترشيح الكبيبي في الكلية



## التبول Micturition

وهو عملية افراغ المثانة البولية عند امتلاءها بالبول. فعند امتلاء المثانة بالتدريج يرتفع التوتر في جدرانها. وعند وصوله الى العتبة يحدث منعكس التبول الذي يسبب الرغبة في التبول.

فعدنما لا يكون هناك بول في المثانة يكون الضغط داخلها صفرأً. ولكن تجمع ما مقداره 100 ملم 3 من البول يرفع الضغط داخلها والذي يبقى ثابتا على الرغم من زيادة كمية البول حتى يصل ما بين 300 - 400 ملم 3 . اما ازيداد كمية البول عن هذا الحد فتؤدي الى رفع الضغط بشكل سريع.

ويشعر الانسان بالرغبة بالتبول عندما يصل حجم البول في المثانة ما مقداره 150 ملم 3 . اما عندما يبلغ حجم البول 400 ملم 3 فيشعر الانسان بالامتلاء الشديد، وعندما يصبح الحجم 700 ملم 3 يشعر بالالم وعدم الراحة.

ويحدث منعكس التبول Micturition Reflex عندما تقترب المثانة من وضعية الامتناء بالتبول. وتبدأ التقلصات نتيجة حدوث منعكسات التمدد Stretch Reflexes نتيجة اثاره مستقبلات التمدد Stretch Receptors الموجودة في جدار المثانة والمنطقة القريبة من الاحليل. وتتم سيارات عصبية عبر الاعصاب الحوضية الى القطع العجزية وتعود مرة اخرى عبر الاليف نظير الودية الى نفس الاعصاب مسببة الرغبة في التبول.

ويشكل منعكس التبول دوره كاملة تعيد نفسها لمرات عديدة حتى تصل المثانة الى درجة قوية من التقلص وعندها يحدث التبول. اما عدم حصول التبول فيؤدي الى ضعف المنعكس الذي يحدث بعد ثوان عديدة ويستمر لأكثر من دقيقة وبعدها تتوقف دورة التبول الناشئة من المنعكس وينخفض الضغط داخل المثانة لمدة تصل ما بين عدة دقائق الى ساعة ليبدأ منعكس جديد.

ومنعكس التبول هو السبب الرئيس في حصول التبول، ولكن السيطرة على هذا المنعكس تتم بشكل طبيعي عن طريق المراكز العصبية العليا. و تستطيع هذه المراكز ابقاء التبول مثبتاً حتى عند حصول منعكس التبول. كما تعمل هذه المراكز على ابقاء منعكس التبول مثبتاً جزئياً



طيلة الوقت حتى تحصل الرغبة بالتبول. وعندما يحين وقت التبول فان هذه المراكز تستطيع اثارة منعكس التبول ليحصل تفريغ المثانة.

### الخواص العامة للبول

- 1 - حجم البول Volume : وتقدر في الانسان البالغ بحوالي 1.5 لتر في الرجل و 1.2 لتر في المرأة في اليوم.
- 2 - الوزن النوعي Specific gravity : ويبلغ ما بين 1.001 - 1.040 وتزداد عن ذلك عند الاصابة بمرض السكر.
- 3 - تفاعل البول Reaction : ويكون للبول تفاعل حمضي بسيط حيث يصل pH البول حوالي 6 تقريباً ويزداد او يقل تبعاً للغذاء المتناول.
- 4 - اللون Colour : ويكون لون البول في الحالات الطبيعية اصفر بسبب وجود صبغة يوروكروم urochrome . ويكون اكثر تركيزاً واعمق لوناً في الصباح الباكر. ويتغير اللون عن الاصابة ببعض الامراض حيث يصبح اصفر مخضراً عند الاصابة باليرقان واحمراً عند وجود الدم مثلاً.
- 5 - الرائحة Odour : تكون رائحة البول الطبيعي عند الانسان خاصة ومتميزة نتيجة وجود مركبات اوروماتيكية Aromatic عند جمعه في البداية، ولكنه يميل الى اظهار رائحة الامونيا عند مضي بعض الوقت بسبب فعل البكتيريا التي تحول اليوريا الى امونيا.
- 6 - شفافية البول: ويكون للبول مظهر شفاف لكنه يتغير اذا ترك لفترة من الزمن بسبب ترسب مادة المخاطين Mucin وترسب اليوريت urate .
- 7 - مركبات البول Urine composition  
ويحتوي البول على ما نسبته 96% من الماء ومواد لا عضوية مثل الصوديوم والكلور والبوتاسيوم والكالسيوم والفوسفات والسلفات وغيرها ومواد عضوية مثل اليوريا وحامض البيريك والكرياتينين Creatinine والامونيا وغيرها.

**الاصابات المرضية ووجود بعض المواد في البول :**

- 1 - البروتينات: ويزداد وجودها في حالات الاصابات الكلوية كالالتهابات.
- 2 - الدم: ويظهر في حالة البيلة الدموية Haematuria نتيجة وجود الحصيات والأورام والملاريا وغيرها.
- 3 - سكر العنب : وتسمى الحالة Glucosuria وتظهر عند الاصابة بالسكري او عند تناول كميات كبيرة من الحلويات والمواد السكرية.
- 4 - الفركتوز: وتسمى الحالة Fractosuria وتظهر عند الاصابة بالسكري ايضاً.
- 5 - لاكتوز: وتسمى الحالة Lactosuria وتظهر عند النساء في الايام الاخيرة من الحمل.
- 6 - اجسام كيتونية : وتسمى الحالة Ketonuria وتظهر عند الاصابة بالسكري.
- 7 - رواسب مواد محلية وخلوية وغيرها.

9

الفصل التاسع

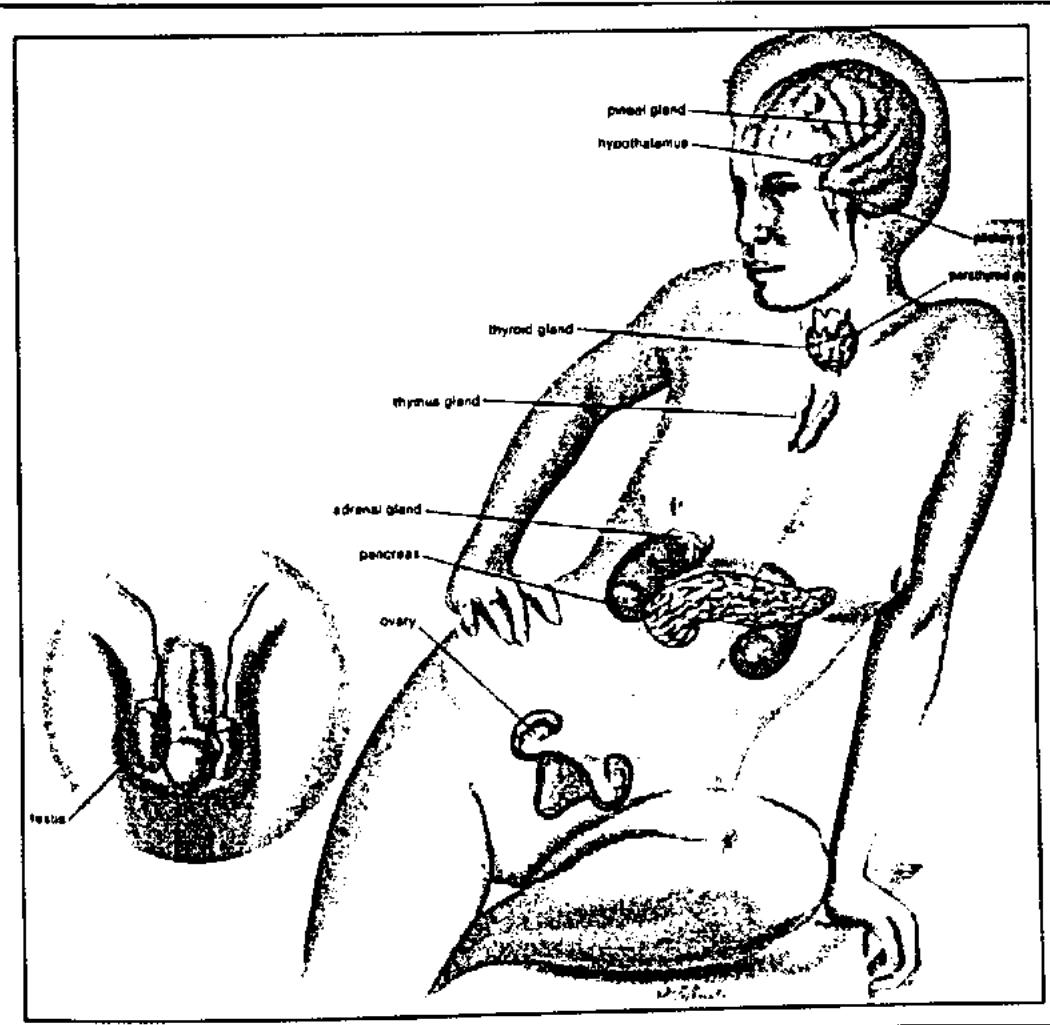
فسيولوجيا الغدد الصماء

*Physiology of Endocrine Glands*



## الغدد الصماء

يتكون الجسم من ملايين الخلايا التي يجب أن تعمل بانتظام ليبقى الجسم معافى. وتقع مهمة تنسيق عمل هذه الخلايا على عاتق الغدد الصماء المنتشرة في داخل الجسم (شكل رقم 9 - 1) التي لها دور رئيس في تنظيم فسيولوجيا النمو والتكاثر فضلاً عن ضرورتها في المحافظة على صحة جسم الإنسان أو الحيوان.



شكل رقم (9 - 1)  
مواقع انتشار الغدد الصماء في الجسم.



وقد استهدف البحث عن الغدد الصم في البداية أغراض أساسية لا تتعدي تربية الحيوان والسيطرة على الأضطرابات الوظيفية التي قد تصيبه ثم تحسين نموه وانتاجه لسد حاجة الإنسان المتزايدة للنوجات، ثم توسيع بعد ذلك توسيعاً كبيراً ليشمل كيمياء الجسم في الإنسان والحيوان باكمله.

ويكون مصطلح الغدد الصم Endocrine من جزئين، الأول هو Endon ويعني الداخلي Internal، والثاني هو Krinen ويعني تفرز Secrete. لذلك سميت الغدد الصم بالغدد نزارات الأفراز الداخلي، وعدت «صمماً» لتميزها بعدم وجود قنوات تنقل افرازاتها، أي أنها تفرز محتوياتها إلى سوائل الجسم المختلفة مباشرة.

وعلم الغدد الصم هو العلم الذي يدرس عمل الغدد الصم وتاثيراتها في الجسم ولا بد من الاشارة هنا إلى أن الجهاز العصبي يشترك والغدد الصم في تنسيق وظائف الجسم المختلفة. وتفرز الغدد الصم مواد كيميائية قوية جداً تعرف بالهرمونات.

**الهرمونات Hormones :**  
ويقصد بالهرمونات، المواد الكيميائية التي تفرزها الغدد الصم الموجودة في داخل الجسم بكميات قليلة، حيث تنتقل بعد افرازها بوساطة سوائل الجسم المختلفة ومنها الدم إلى الأعضاء المستهدفة Target organs لغرض تنسيق وظائفها.

ولكل هرمون تركيب كيميائي خاص. وهذا التركيب مهم جداً في عمل الهرمون لأنه يتبع له أن يتفاعل وعددًا من الخلايا فقط التي تعرف بالخلايا المستهدفة. وحين تصل الهرمونات إلى هذه الخلايا يتأثر معدل وظائفها الحيوية حيث يتسرع بعضها بينما يتباطأ البعض الآخر. لذلك لا تبدأ الهرمونات التفاعل كما تفعل الانزيمات وإنما تكتفي بتنظيمه فقط تحفيزاً أو تثبيطاً. كما تختلف الهرمونات عن الفيتامينات بكون الأخيرة تكون ذات دور في تكوين الطاقة إضافة إلى أن معظمها يحصل عليه الجسم من المحيط، بينما ينتج الجسم جموع هرموناته تقريباً.

وتوجد في الجسم بعض المواد الكيميائية الأخرى التي تعمل على تنسيق وظائف المتمعددة التخصص إلا أنها لا تتطبق عليها جميع صفات الهرمونات بشكل أو بأخر ومنها المؤثرات أو



البروستكلاندينات Prostaglandins والهستامين Histamin والإدينوسين احدى الفوسفور الحلقي cAMP. ويفرز بعض الهرمونات في مكان معين من الجسم ليؤثر في المنطقة المجاورة لافرازه مباشرة من غير أن ينقل بوساطة سوائل الجسم أو الدم مثل التور اينفرين No- repiniphrine الذي يفرز من الأعصاب الودية الذي يؤثر من الجوار المباشر لمكان افرازه فقط وهو النهايات العصبية.

وقد عرفت الهرمونات وتأثيراتها منذ قديم الزمان. فقد وصفها الطبيب اليوناني أبو قراتط Hippocrates والفيلسوف اليوناني ارسطو Aristotle منذ حوالي 322 - 460 قبل الميلاد وأشارا إلى احتمال وجود سيطرة داخلية على بعض وظائف الجسم وفعالياته. ووصف ارسطو تأثير عملية الاصناء Castration في الطيور والانسان على الرغم من عدم معرفته بميكانيكية حدوث هذا التأثير.

ولم تعرف الصورة الحقيقة لكيفية حدوث هذه السيطرة إلا بعد أن بين العالم بوردن Borden عام 1775م بأن الخصية تكون مادة ينقلها الدم لتؤثر في الجسم

اما أول من درس تأثير عملية الاصناء تجريبياً فهو العالم الانجليزي بيرثولد Berthold من خلال تجاريه على الديكة الصغيرة Cockerels. وبين أهميتها في نمو وتطور الاعضاء الجنسية الإضافية واظهار الصفات الذكرية مثل نمو العرف والغثب وغيرها.

وفي منتصف القرن التاسع عشر اطلق الباحث الفرنسي برنارد Bernard مصطلح الافراز الداخلي Internal Secretion في وصف تحرر سكر العنب من الكبد إلى الدم ثم إلى الانسجة. واستعمل لفظ هرمون Hormone لأول مرة عام 1905. استعمله العمالان ستارلنك وبايليس Starling & Bayliss لوصف هرمون الافرازین Secretin الذي يفرز من الغشاء المبطن للاثني عشر استجابة لحتوياته المعدة الحامضية ولتحفيز افراز عصارة البنكرياس.

وتعني كلمة هرمون الاغريقية «انا احفز Excite I» لذلك سميت الهرمونات بالمواد المحفزة رغم أن عملها لا يقتصر على التحفيز وإنما يشمل التثبيط أيضاً.

ويمروء السنين اكتشفت هرمونات عديدة وتم استخلاصها وتمييزها كيميائياً ثم تم تصنيعها مثل هرمون الكورتيزون Cortisone من قشرة الغدة الكظرية الذي يستعمل في



علاج التهاب المفاصل الروماتزمي Rhumatic Arthritis . كما استعملت مادة البروجستيرون المستخلصة من الصفار المكسيكي "Mexican yam" في منع الحمل عند نساء الهند والهنود، ولتصنيع الكثير من المواد الصيدلانية المهمة. واكتشفت هرمون الادrostيرون -Al dosterone الضروري لبقاء الانسان والحيوان على قيد الحياة من قشرة الغدة الكظرية. ولم يمض وقت طويل حتى تم اكتشاف وتصنيع الكثير من الهرمونات التي تكللت في الستينيات باكتشاف وتصنيع هرمونات تحت المهاد Hypothalamus. كما عرفت طرق قياس وتقدير مستويات هذه الهرمونات في سوائل الجسم وانسجاته التي ساعدت كثيراً في دراسة الهرمونات.

### عمل الهرمونات : Hormone Action

تمتلك الاعضاء التي تستهدفها الهرمونات مستقبلات Receptors لنوع الهرمون المؤثر ضمن غشاء الخلية الخارجي. ويعزى تأثير الهرمون إلى تخصص المستقبلات واختلاف تركيبها. فمثلاً تستهدف الهرمونات الستيرويدية الرحم لوجود مستقبلات خاصة في اغشية خلاياه يمكنها الاتحاد بهذه الهرمونات. ويستهدف الغدة الدرقية Thyroid Gland الهرمون الحفز للغدة الدرقية "TSH". Thyroid Stimulating Hormone,

ويعمل الهرمون بعد اتحاده بالمستقبل على تغيير نشاط الخلية بطريقتين وهي :

1- تحفيز او تثبيط نشاط انزيمات سبق أن تكونت في الخلية. فمثلاً ينشط هرمون الأبنقرين Epinephrine عمل انزيم الفوسفوريлиз phosphorylase الذي يعمل على تحليل الكلايكوجين. وينشط انزيم الليبيز Lipase تحل الشحوم الثلاثية الا انه يتثبيط نشاط انزيم اخر هو Glycogen Synthetase الذي يجمع جزيئات سكر العنبر ليعمل منها الكلايكوجين.

2- حد الحامض النووي الريبي منقوص الاوكسجين دنا DNA على انتاج الحامض النووي الريبي رنا RNA بتنوعه المختلفة. ويؤدي هذا إلى تكوين بروتينات بضمها انزيمات عن طريق الترجمة Translation التي تتم على سطوح الرايبوسومات Ribosomes. لذلك تحفز الهرمونات الخلية على تكوين انزيمات جديدة إضافة إلى تغيير نشاط الانزيمات

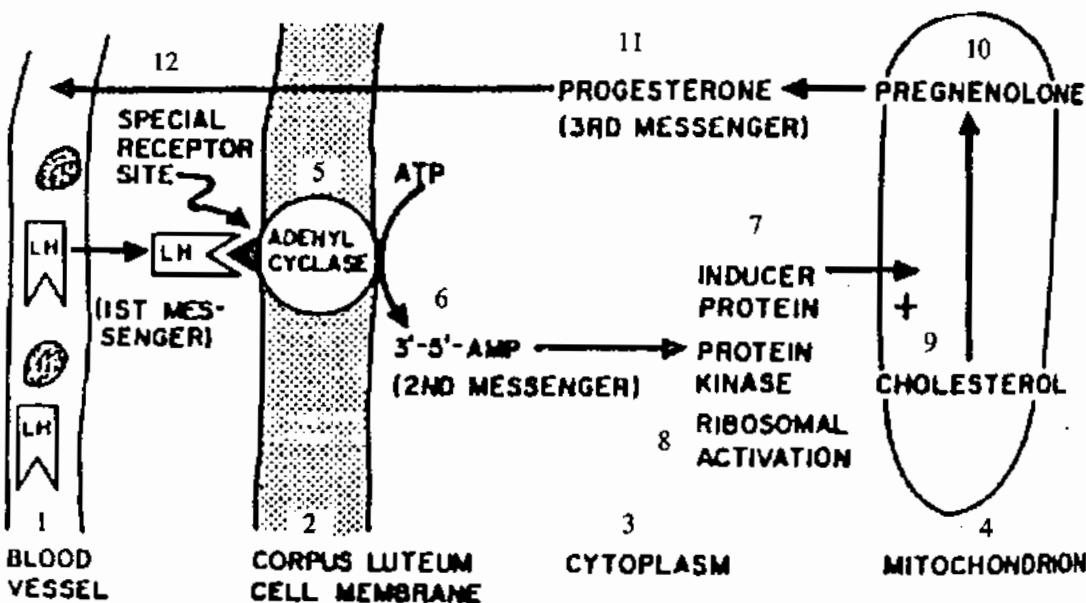


الموجودة في السايتوبلازم التي سبق أن تكوفت.

وتحتّل طبيعة الهرمونات في عملها باختلاف تركيبها الكيميائي ومقدار وزنها الجزيئي. فالهرمونات البروتينية التركيب ذات الوزن الجزيئي الكبير مثل الهرمون اللوتيني LH تبقى في خارج الخلية بعد اتحادها بمستقبلاتها ولا تدخل بل تكتفي بتحفيز أنزيم الأدينيل سايكليز Adenylate Cyclase الموجود في غلاف الخلية.

يمكن تلخيص اسلوب عمل الهرمونات بما ياتي :

- أ- يلتقي الهرمون المحدد بالمستقبلات ضمن العضو المستهدف ويكون اللقاء خطوة أولى ويسمي الهرمون الرسول الاول 1st messenger.
- ب- يعمل الهرمون (الرسول الاول) على تحفيز أنزيم الأدينيل سايكليز في السطح الداخلي لغشاء الخلية لغرض تحويل الأدينوسين ثلاثي الفوسفور ATP إلى الأدينوسين أحادي الفوسفور الحلقي cAMP كخطوة ثانية، والأخير يسمى بالرسول الثاني 2nd messenger ويوفر طاقة لتصنيع البروتين. وتعمل أكثر الهرمونات بالاسلوب المذكور سابقاً مثل الجلوكاجون، والابنفرين و ACTH, FSH, LH وغيرها (شكل رقم 9 - 2).



شكل رقم (9 - 2) مخطط بيّن طريقة عمل الهرمون اللوتيكي على الخلية لتحفيز انتاج الايديتوسين احادي الفوسفور الخلقي الذي يعمل كرسول ثانٍ لتحفيز افراز البروجستيرون (الرسول الثالث).

- |                            |                           |
|----------------------------|---------------------------|
| 1-وعاء دموي.               | 2-غشاء خلية الجسم الأصفر. |
| 3-سايتوبلازم.              | 4-مايتوكوندريا.           |
| 5-اديتوسين احادي الفوسفور. | 6-اديتابيل سايكلين.       |
| 7-بروتين مستحدث.           | 8-منشط الريبيوسوم.        |
| 9-كوليسترول.               | 10-برجستيرون.             |
| 11-برجستيرون.              | 12-موقع المستلم الخاص.    |

جـ- وأخيراً يؤثر cAMP المتكون في تصنيع البروتين الذي يؤثر في الميتوكوندريا لانتاج هرمون يسمى الرسول الثالث 3rd messenger. ولما كانت الخلايا المختلفة تحتوي على مستقبلات مختلفة للهرمونات، افترض أن يكون cAMP هو القاسم المشترك لكل افعال الهرمونات، لأن لكل خلية انزيماتها المختلفة على cAMP.

وعلى الرغم من أن الطريقة السابقة توضح عمل معظم الهرمونات، هناك بعض الاحتمالات الأخرى لفعل بعض الهرمونات مثل مجموعة الهرمونات الستيرويدية Steroids التي تكون صافية وسريعة النفاذ عبر غلاف الخلية وبغير الحاجة إلى الرسول الثاني، حيث تنقل هذه



الهرمونات بوساطة ناقلات Carriers متخصصة في ارجاء السايتوبلازم حتى تصل إلى الكروموسومات لتتحدد بعد ذلك بالبروتينات النوية للكروموسومات فترفع الكبح عن الدنا DNA وتحفز استنساخه.

وهناك طريقة أخرى تحديد عمل الهرمون "عضو معين" وهي حالة سلف الهرمون - Pro-hormone. حيث يفرز الهرمون بحالة غير فعالة ويستمر بالدوران في الدم حيث يتطلب تحويله إلى هرمون فعال وجود إنزيمات خاصة تكون موجودة في المستقبلات نفسها ومثال ذلك إنزيم 5-reductase الذي يحول هرمون الشحمون الخصوي Testosterone غير الفعال إلى هرمونه الثنائي الهايدروجين Dihydrotestosterone الفعال. ويترکز وجود الإنزيم في البروستات أو الغدد اللاحقة الأخرى. وإن بعض المواد الفعالة مثل البروستكلاندينات أو الموثينات تتحطم بسرعة لخضن تأثيرها على بقية أجزاء الجسم إلى أدنى مستوى، وذلك عند دورانها في الدم ووصولها إلى الرئتين مرة واحدة.

### تنظيم تكوين وأفراز الهرمونات :

ينظم الجسم نشاط الغدد الصماء وتكون الهرمونات وأفرازها بحسب حاجته وضمن حدود معينة وبطرق مختلفة تلخيصها بما ياتي :

#### 1- التنظيم الخلطي : Humoral regulation

ويقصد بذلك اختلاف مستويات تركيز المادة المنتجة. فمثلاً يؤدي ارتفاع مستوى سكر العنب في الدم إلى إفراز الانسولين Insulin (الخافض لمستوى سكر الدم) من البنكرياس. أما انخفاض مستوى سكر العنب عن المستوى الطبيعي فيؤدي إلى إفراز الجلوكاجون - Glucagon (الرافع لمستوى سكر الدم) الذي يسبب انطلاق السكر من موقع خزنه في الكبد (على شكل جلايكوجين) ليرفع مستوى سكر الدم.

ويؤثر اختلاف مستويات هرمونات معينة في الدم في تنظيم مستويات هرمونات أخرى عن طريق ما يعرف بمكتنة التغذية الاسترجاعية Feedback Mechanism التي تكون على نوعين، فاما أن تكون موجبة Positive أو سالبة Negative . فلو أخذنا مثلاً تنظيم مستوى الهرمون المحفز للدرقية TSH بوساطة الثايروكسين، لوجدنا أن نقص الثايروكسين في الدم يؤدي إلى



انطلاق بعض الهرمونات المحررة من الدماغ تحت الغدة النخامية على إفراز الهرمون المحفز للدرقية الذي يحفز الغدة لافراز الثايروكسين.

بينما نجد أن زيادة الثايروكسين تؤثر في تحت المهد لخفض الهرمونات المحررة المفرزة وبذلك ينخفض إفراز الهرمون المحفز للدرقية ثم ينخفض إفراز الغدة من الثايروكسين.

والمثال الآخر على التغذية الاسترجاعية هو ما يحدث في الإناث بعد حصول عملية الإباضة Ovulation، حيث يتكون الجسم الأصفر Corpus luteum الذي يبدأ بإفراز هرمون البروجستيرون الذي يمنع عند إفرازه مدة طويلة عودة الدورة التناسلية وهذا ما يحدث عند حصول الحمل.

في زيادة البروجستيرون في الدم تؤثر في الغدة النخامية وتمنعها من إفراز هرمون محفز الجريبات FSH والهرمون اللوتيني LH فتقل الاستجابة لهذين الهرمونين وبذلك يمنع تكون البيوض وتتوقف الدورة. لذلك تمثل العلاقة بين البروجستيرون والغدة النخامية علاقة تغذية استرجاعية سالبة.

## 2- التنظيم العصبي Neural regulation

ويتم عن طريق الأعصاب المجهزة للغدد الصماء التي تسيطر على تنظيم إفراز الهرمونات فيها. ومثال ذلك ما يحدث في لب الغدة الكظرية التي تحفز لافرازه هرمون الابنقررين عند تحفز الأعصاب الودية المجهزة لها عند حدوث حافز عصبي في حالة الانفعالات العاطفية أو حالات الخوف والهلع وغيرها.

كما أن هناك طريقة أخرى تتمثل في اسلوب توسط منطقة ما تحت المهد Hypothalamus مثل ما يحدث من تأثير للضوء على فسيولوجيا التناسل في بعض الحيوانات.

فالموجات الضوئية تصل عن طريق الأعصاب إلى الغدة الصنوبية Pineal Gland وتؤثر في نشاط ما تحت المهد. فقصر النهار في فصل الشتاء مثلاً يؤدي إلى إفراز الغدة الصنوبية هرمون الميلاتوتين Melatonin الذي يربط بدوره إفراز هرمون محفز الجريبات FSH والهرمون اللوتيني LH من الغدة النخامية.

ويختلف تأثير السيطرة العصبية عن تأثير السيطرة الهرمونية بناحيتين هما :



أ- يستغرق زمن التنسيق العصبي فترة قصيرة جداً مقارنة بزمن التنسيق الهرموني.

ب- يكون اثر التنسيق العصبي موضعيًا في حين يأخذ تأثير الهرمون مجالاً اوسع تقريباً.

### 3- التنظيم الوراثي Genetic regulation

لقد اظهرت البحوث أن للتركيب الوراثي تأثيراً على مستوى الهرمونات المختلفة وأفرازها. فقد وجد مثلاً أن مستوى هرمون النمو في دم الخنازير من الأنواع الكبيرة الحجم أكثر منه في الخنازير من الأنواع الصغيرة الحجم.

#### طرائق دراسة الهرمونات ،

هناك عدد من الطرائق المستعملة لدراسة الهرمونات والغدد أو الأعضاء التي تقوم بأفرازها وهي باختصار كما يأتي :

1- طريقة استئصال الغدة أو العضو جراحياً، ثم دراسة التغيرات والصفات التي تطرأ على الحيوان نتيجة هذا الاستئصال.

2- طريقة زراعة الغدة أو العضو المستأصل سابقاً، ثم دراسة وملاحظة عودة الصفات التي فقدت نتيجة الاستئصال أولاً.

3- استخلاص مادة الغدة أو العضو ودراسة تأثير هذه الخلاصة Extract بعد تصفيتها وتنقيتها وحقنها في بعض الصفات في الحيوانات المختبرية. وتعتبر هذه الطريقة سهلة، وتعطي نتائج سريعة وقيمة.

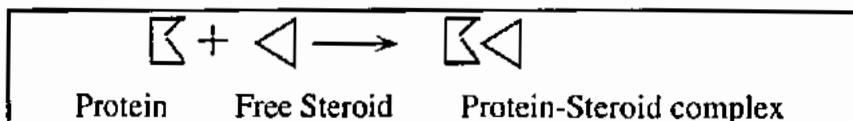
#### نقل الهرمونات

تخزن الهرمونات البروتينية في الغدد التي تكونها لاستعمالها عند الحاجة. أما الهرمونات الستيرويدية فابنها لا تخزن وإنما تفرز حال انتاجها. وتنتقل الهرمونات بعد افرازها، في سوائل الجسم المختلفة التي يشكل الدم جزءاً منها الأكبر.

ويحتوي بلازما الدم على بروتينات متخصصة لنقل الهرمونات مثل الكلوبيلين الناقل للثايروكسين "TBG" Thyroxin Binding Globulin، والكلوبيلين الناقل للهرمونات القشرية "CBG" الكلوبيلين الناقل للهرمونات الجنسية "SHBG" وغيرها.



ويزيد ارتباط الهرمون بالبروتين من قابلية ذوبانها في الوسط المائي ويمنع خروجها من الأوعية الدموية، كما يطيل بقائها في الدم ويزيد من عمرها. ويكون الهرمون فعال ما دام مرتبطاً بالبروتين لحين تحرره لتسلیط فعله على العضو المستهدف.



### الأصناف الكيميائية للهرمونات :

تصنف الهرمونات حسب تركيبها الكيميائي إلى ما يأتي :

1- هرمونات تتكون من حومان الأمينية Amino acids وتشمل :

أ- هرمونات بروتينية بسيطة Simple proteins مثل هرمون الحليب وهرمون محفز قشرة الغدة الكظرية وهرمون النمو والأنسولين والباراثارمون والهرمون المرخي.

ب- هرمونات بروتينية كاربوهيدراتية Glycoprotein مثل الهرمون اللوتيني وهرمون محفز الجريبات وهرمون محفز الدرقية.

ج- هرمونات لا يتعدى تركيبها سلسلة قصيرة من الأحماض الأمينية الببتيدية Peptides مثل الهرمونات المحررة من تحت المهد المحفزة والثبيطة وهرمونات المعدة والأمعاء والثايروكسين والابنفرین والنورابنفرین.

2- الهرمونات الستيرويدية Steriod Hormones

وتمتلك جميع هذه الهرمونات نواة ستيرويدية تتكون من أربع حلقات (4 Rings) ثلاثة منها سداسية، والرابع خماسي وتشتت هذه النواة

الهرمونات الجنسية الذكورية (الأندروجينات) والأنثوية (الاستروجينات والبروجستينات). الهرمونات Cyclopentanoperhydrophenanthrene

## هرمونات تحت المهاي المنظمة للغدة النخامية

### Hypothalamic Hypophyseal Regulating Hormones

تفرز هذه الهرمونات خلايا متخصصة موجودة في ما تحت المهاي، وتتميز بكونها أما هرمونات محررة "RH" Releasing Hormones أو مثبطة "IH" Inhibiting Hormones. وتعود هذه الهرمونات حلقة الوصل بين التأثيرات والافعال العصبية الخارجية وتحويلها إلى تأثيرات هرمونية. وتتميز هذه الهرمونات بما يأتي :

- 1- يمكن استخلاصها مما تحت المهاي.
- 2- يمكن للهرمون المستخلص تغيير افراز هرمون نخامي خاص به في الخارج عند ذرع نسيجه وابطال مفعوله عند ازالته.
- 3- وجود توافق بين الهرمونات المحررة وافراز الهرمونات في الغدة النخامية. فمثلاً زيادة الهرمونات المحرضة للقند "Gn RH" ترافق زيادة الهرمون اللوتيني في الوقت نفسه.

اما عمل هذه الهرمونات فيمكن تلخيصه بما يأتي :

تنتج هذه الهرمونات ضمن الخلايا العصبية مما تحت المهاي، ثم تنقل عبر محاور هذه الخلايا الى النهايات العصبية، حيث تطلق من هذه النهايات استجابة لتأثير حافظ عصبي معين، وتنقل بعد ذلك عن طريق اوعية بابية متخصصة الى خلايا الفص الامامي للغدة النخامية الذي يستجيب بإطلاق الهرمون الملائم لعمل الهرمون المحرر. أما أهم الهرمونات أو العوامل المحررة والمثبطة التي تم الكشف عنها فهي :

- 1- هرمون محرر هرمونات محرضة القند Gn RH أو الهرمونات المحررة لغذيات المناسل.
- 2- هرمون محرر هرمون محفز الدرقية TRH.
- 3- عامل محرر هرمون حليب PRF.
- 4- عامل مثبط افراز هرمون الحليب PIF.
- 5- عامل محرر هرمون النمو SRF أو GRF.

6- هرمون مثبط هرمون النمو GH أو SIH.

7- العامل المحرر لمغذي قشرة الكظر CRF أو ACTH - RF

8- هرمون محرر هرمون محفز خلايا  
الميلانين MRH - RH أو

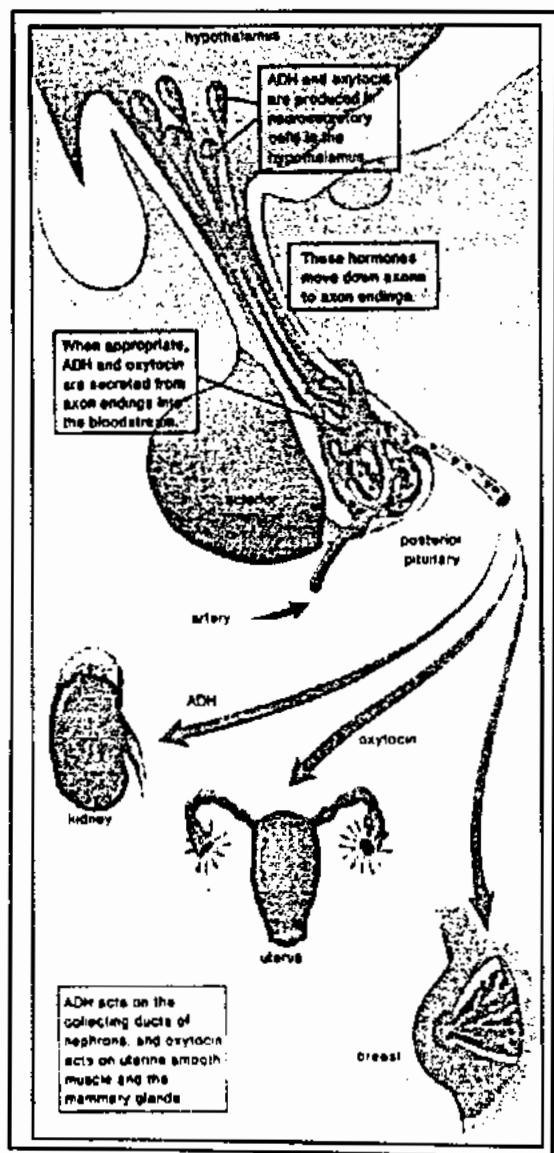
9- هرمون مثبط هرمون محفز خلايا  
الميلانين MIH - IH أو

### الغدة النخامية Pituitary Gland

الغدة النخامية هي سيدة الغدد في الجسم، وتسمى باللاتينية Hypophysis Cerebri تقع في انخفاض عظمي على قاعدة الدماغ يعرف بالحفرة النخامية. وقد عدت هذه الغدة امتداداً تشريحياً ووظيفياً للجهاز العصبي المركزي. كما أنها تكون مع ما تحت المهاد جهاز واحد يرحل المعلومات من أجزاء الدماغ العليا إلى الجهاز الصمي. وتشمل الغدة النخامية جزأين متميزين هما :

1- الجزء النخامي العصبي-  
hypophysis

ويشمل الفص الخلفي Posterior Lobe من الغدة، حيث يبقى متصلاً بما تحت المهاد بساقي عصبي Stalk.



شكل رقم (3 - 9)

ويتكون هذا الجزء من خلايا نخامية يمثل بين كثافة تكوين الهرمونات في تحت المهاد ثم خزنها في الجزء



والباف عصبية غير مغمدة رفيعة تنشأ من النواة فوق البصرية Supraoptic Nucleus ونواة تحت البطين "PVN" Paraventricular Nucleus "SON" تحت المهد، لتنتهي بالجزء العصبي للغدة. لذلك تكون هرمونات هذا الجزء من نواتي ما تحت المهد المذكورتين، حيث تنتقل هذه الهرمونات متحدة ببروتين النيروفيفيزين Neurophysin المكون في النواتين على طول محاور ما تحت المهد والغدة النخامية إلى الجزء العصبي لتخزن هناك بإنتظار الحاجز (شكل رقم 9-3).

## 2- الجزء النخامي الغدي Adenohypophysis

ويشمل الفص الامامي Anterior Lobe والفص الوسطي Intermediate Lobe، (شكل رقم 9-4) حيث يعمل هذا الجزء على الاحاطة بالجزء العصبي من الغدة. ويكون الجزء النخامي الغدي من نوعين من الخلايا وهي الخلايا اليفة الصبغة Chromophils التي تتقبل حبيباتها الصبغة بسهولة والخلايا النافرة الصبغة Chromophobes التي لا تتقبل حبيباتها الصبغة. وتكون الخلايا نافرة الصبغة مصدراً للخلايا اليفة الصبغة. وتشمل الخلايا اليفة الصبغة نوعين من الخلايا :

أ- خلايا حمضية Acidophils وتقسم الى :

1- خلايا جسمية Somatotrophs وتفرز هرمون النمو "GH".

2- خلايا لبنية Lactotrophs وتفرز هرمون الحليب Prolactin.

بـ- خلايا قاعدية Basophils وتقسم الى :

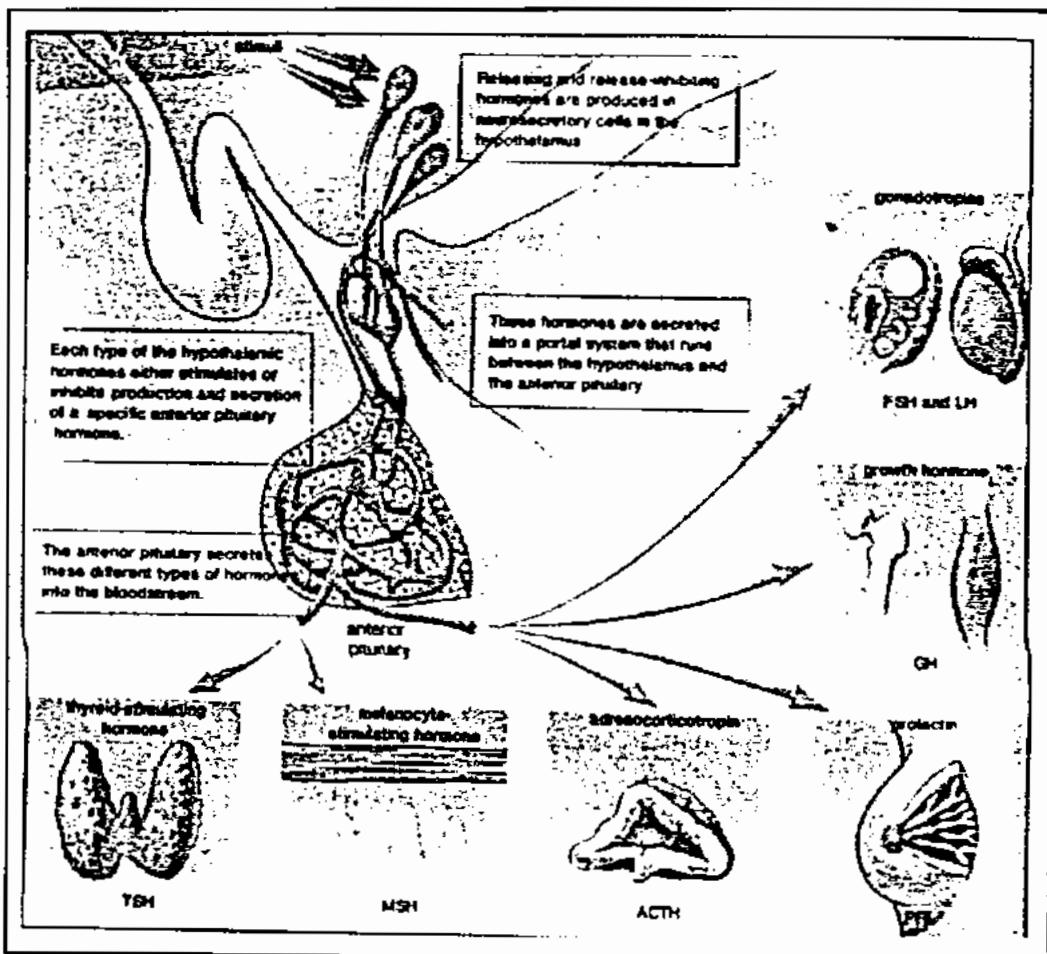
1- خلايا منسلية Gonadotrophs وتفرز هرمونين FSH و LH.

2- خلايا درقية Thyrotrophs وتفرز هرمون محفز الدرقية TSH.

3- خلايا قشرية Corticotrophs وتفرز هرمون محفز قشرة الكظر ACTH.

**هرمونات الجزء الخلفي العصبي :**

وهذه الهرمونات لا تصنعا الغدة النخامية نفسها وإنما خلايا عصبية من الدماغ تجارب الغدة، ثم تخزن الهرمونات في الفص الخلفي لتطلق عند الحاجة وهذه الهرمونات هي :



شكل رقم (4-9): الجزء النخامي الغدي للغدة النخامية وهرموناته

#### ١- هرمون معجل الولادة Oxytocin

ويصنع هذا الهرمون في النوى جنوب البطين "PVN" لما تحت المهد وينقل على طول محاور المسار العصبي فوق البصري النخامي ليخزن في الفراغات المجاورة للفص الخلفي متحداً ببروتين رابط.

ويسبب هرمون معجل الولادة تقلصاً في العضلات الملساء للجهاز التناسلي الأنثوي حيث يساعد على تعجيل عملية الوضع عند الحوامل وكذلك يزيد من نقل النطف خلال قناتي الرحم إلى مكان الأخصاب.



ويعمل هذا الهرمون على تحفيز تقلص الخلايا الطلائية لعنبات الغدد اللبنيّة مسبباً ادرار الحليب. ويتحفز افراز الهرمون بوساطة الرضاعة اضافة إلى أن توسيع المهبل في أثناء الولادة يمكن أن يسبب تحفيز افراز الهرمون.

## 2- هرمون مانع التبول "ADH". Antidiuretic Hormone "ADH"

ويصنع هذا الهرمون في النوى فوق البصرية "SON" لما تحت المهد. ويسمى أيضاً بالفازوبريسين Vasopressin لتأثيره على حجم الاوعية الدموية عند اعطائه بكميات كبيرة. وي العمل هذا الهرمون على زيادة اعادة امتصاص الماء المترشح من الكبيبات الكلوية عن طريق زيادة امتصاصه في الانابيب الملتوية السفلية ثم انه يزيد من ضغط الدم عند اعطائه بجرع عالية عن طريق الاوعية الدموية.

ولتشابه هذا الهرمون بهرمون معجل الولادة في التركيب الكيميائي يكون عملهما متتشابهاً تقريباً ولا يختلف احدهما عن الآخر الا بمقدار الجرعة.

**هرمونات الجزء الأمامي الغدي :**  
ويصنع الفص الأمامي للغدة النخامية هرموناته التي يفرزها وهي :

### 1- هرمون النمو : Growth Hormone

ويحفز هذا الهرمون نمو انسجة الجسم الرخوة كالعضلات والصلبة كالعظم. وبعد من الهرمونات الابتنائية Anabolic للأنسجة. ثم انه يكون مع هرمون الحليب جزءاً من المنظم النخامي لإدرار الحليب ويسهم في تكوين الثدي للحليب. وي العمل الهرمون على تقليل استثمار انسجة الجسم للسكر ويزيد من مستوىه في الدم، وكذلك يحفز تحمل الدهون مجهزاً عضلات الجسم بالأحماض الشحمية.

وتؤدي قلة الهرمون إلى توقف النمو أو حالة القرزامة "Dwarfism" بينما تؤدي زيادة مستوىه قبل البلوغ إلى ما يعرف بالعملقة Giantism (شكل رقم 9 - 5). أما زيادة مستوى الهرمون بعد البلوغ فتؤدي إلى حصول نمو غير متناسب في الجسم تدعى ضخامة الأطراف . Acromegally



شكل رقم (٩ - ٥)

الفرق في الطول بين القراءة والمعلقة والتي يمكن تفسيرها بقلة أو زيادة هرمون النمو من الجزء الامامي الغدي للغدة النخامية

ومن البديهي أن يتوقف نمو الجسم بعد البلوغ نتيجة زيادة إفراز الهرمونات الجنسية وهي الاستروجين في الإناث والأندروجين في الذكور التي تقلل من مستوى هرمون النمو.

### 2- هرمون الحليب : Prolactin

وهو من الهرمونات الابتنائية للأنسجة، ويسمى أيضاً بهرمون محفز تكوين الحليب، كما يتميز في اللبائن بعاملين مهمين هما اشتراكه وهرمون النمو وهرمون محفز قشرة الغدة الكظرية ACTH بوصفهما جزءاً من المنظم النخامي لادرار الحليب. ويعمل متعاوناً والاستروجين والبروجستيرون في نمو وتطور الغدد اللبنية.

كما أن له تأثيراً محفزاً لنمو وبقاء الجسم الأصفر في بعض أنواع الحيوانات كالفار والجرذ وذلك من خلال تعاونه والهرمون

اللويجي LH. ويعمل هرمون الحليب في الإنسان عمل هرمون النمو. ويعتقد أن هذا الهرمون هو الذي يحفز عاطفة الأمومة في الدواجن ويدفعها لاحتضان البيض حتى التفقيس.

### 3- الهرمونات محرضة القدر أو المنسل :

وتشمل هرمونين هما الهرمون المحفز للجريبات FSH والهرمون اللويجي أو هرمون الباخصة LH. ويتم إفراز هذين الهرمونين تحت سيطرة هرمون محرر الهرمونات محرضة القدر Gn RH بوساطة آلية التغذية الاسترجاعية. لذلك وصفت العلاقة بين الغدة النخامية والغدة التناسلية مثل الخصى بأنها عملية خدمة متبادلة. فوجود مستويات واطنة من الهرمونات الذكرية تحفز الغدة النخامية لإفراز الهرمونات محرضة القدر بصورة أكثر. وفي



مقابل ذلك يثبّط وجود كميات عالية من هذا الهرمون الغدة النخامية وإفرازها من الهرمونات المحرضة للقند ويندّي إلى هبوط نشاط الخصي، وبذلك يؤثّر في عملية نشأة النطفة وفي إفراز الهرمونات الذكورية. ويفرز هرموني  $\alpha$ -FSH والـLH من الغدة النخامية للذكر حيث يسمى الهرمون اللوتيكي LH المفرز عند الذكر بالهرمون محفز الخلايا البينية "ICSH".

كما تفرز بعض الهرمونات المشابهة في إناث الحيوانات مثل هرمون مصل الفرس الحامل "PMSG" ما بين اليوم 40 - 140 من الحمل الذي يشبه فعله هرمون محفز الجريب FSH. ويفرز هرمون آخر من مشيمة الأم الحامل يظهر في البول ويعرف بالهرمون محرض القند الكوريوني البشري "HCG" وهو الهرمون الذي يكشف عنه في البول لغرض تشخيص الحمل في النساء ويعمل على ادامة الجسم الاصفر في بداية الحمل.

ويعمل FSH في الإناث على نمو وتطوير جريبات المبيض بما في ذلك نمو الخلايا الحبيبية Granulosa Cells. أما في الذكور فيعمل FSH على نمو ونضوج النطف في النبيب النسوية ولا سيما في مرحلة تحويل طلائع النطف إلى نطف إضافة إلى تحفيز خلايا سرتولي.

اما الهرمون اللوتيكي فله عدد من الأفعال المميزة في الإناث حيث يعمل على تحفيز صنع الستيرويدات بوساطة خلايا المبيض. كما أنه يسبب زيادة جريان الدم في المبيض وكذلك زيادة وزنه إضافة إلى احداث الإباضة، لذلك سمي بهرمون الإباضة. ويمكن إحداث الإباضة في إناث الحيوانات بإعطاء FSH لوحده أو متحداً مع LH في التجارب المختبرية. كما يعمل LH على تحفيز تكون الجسم الاصفر بعد الإباضة.

أما في الذكور فيحفز ICSH إفراز الهرمونات الذكورية Androgens من خلال الخلايا البينية للخصية (خلايا ليدك) إضافة إلى أنه يساعد على نشأة النطفة. كما أظهرت التجارب أن LH و FSH أساسيان لتصنيع الاستروجين .

إن الهرمونات المحرضة للقند شأنها شأن كل الهرمونات التي يفرزها الفص الأمامي للغدة النخامية ذات طبيعة بروتينية وتركيب كيميائي معقد. لذلك تختلف عن الهرمونات الذكورية



(الأندروجينات) والهرمونات الانثوية (الاستروجينات والبروجستينات). فأساس تكوين أو تصنيع هذه الهرمونات جميعاً هي الخلات أو الأسيتات Acetates التي تحول بعد ذلك إلى مركب هرموني خامل يسمى الكوليسترون Cholesterol الذي يتحول في كلا الجنسين إلى بريكتينولون Progesterone وبروجستيرون Pregnenolone.

ويفرز البروجستيرون في الأنثى من الجسم الأصفر للمبيض، ويوجد بكميات كبيرة خلال فترة الحمل أيضاً. أما في الذكور فيصنع البريكينولون إلى هرمون ذكري ضعيف هو الاندروستينيديون Androstanidion الذي يتحول راجعاً إلى الهرمون المعروف بالشحومون "Testosterone".

#### 4 - هرمون محفز الدرقية TSH

ويتكون هذا الهرمون من بروتين كاربوهيدراتي، ويتألف من وحدتين ثانويتين هما الفا وبيتا، ويعمل هرمون محفز الدرقية على تحفيز الغدة الدرقية لتكوين وافراز هرموناتها وهي "T<sub>3</sub>" Thyroxin و "T<sub>4</sub>" Tetraiodothyronine Triiodothyronine و يعرف الأخير بالثايروكسين بالثايروكليوبولين Thyroglobulin المخزون في جوف عنبات الغدة الدرقية لغرض تحرير هذه الهرمونات إلى الدم.

وقد وجد أن الكبت والكافة والانفعالات النفسية والعصبية وانخفاض درجة الحرارة تزيد من افراز هرمون محفز الدرقية مما تحت المهاد وبذلك يرتفع مستواه في الدم.

وتشترك هرمونات الغدة الدرقية ومنها الثايروكسين في تنظيم هرمون محفز الدرقية في الدم عن طريق التغذية الاسترجاعية السالبة على مستوى ما تحت المهاد والغدة النخامية.

#### 5- هرمون محفز قشرة الكظر ACTH

لقد تم حديثاً العثور على هذا الهرمون في الجزء الأسفل مما تحت المهاد وكذلك الفص الأمامي والوسطي للغدة النخامية. وتسهم أجزاء الدماغ وما تحت المهاد في تنظيم هذا الهرمون. كما ظهر أن الكبت النفسي والانفعالات العصبية تحفز افراز هذا الهرمون من الغدة النخامية.

ويعمل الهرمون على تحفيز قشرة الغدة الكظرية لافراز الهرمونات القشرية الجلوكونيزية Glucocorticoids، وكذلك الهرمونات الجنسية الستيرويدية. كما يعمل الهرمون على افراز هرمون مكون كريات الدم الحمر Erythropoietin من الكلية الذي يحفز تخاع العظام لتكوين الكريات الحمر.

اما زيادة مستوى الهرمون فتسبّب اعطاء الجلد لوناً داكناً حيث يشابه عمله في هذه الحالة عمل هرمون محفز خلايا الميلانين MSH نظراً لتشابه تركيبها الكيميائي.

اما اضطرابات مستوى هرمون محفز قشرة الكظرية فتسبّب مرض اديسون Addison disease في الإنسان، حيث يتلون جلد المصاب بلون داكن اضافية إلى انخفاض سكر الدم وقلة الضغط. وقد تظهر في بعض المصابين اعراض كثثناً واعراض كون نتيجة لاضطراب مستوى الهرمون في الجسم التي ستتكلم عليها لاحقاً.

## 6- هرمون محفز خلايا الميلانين MSH

وهو الهرمون الوحيد الذي ينشأ من الفص الوسطي للغدة النخامية ويكون من نوعين هما الفا وبيتا. وينظم مستوى الهرمون بوساطة الهرمونات المحررة والمثبطة من تحت الماهاد.

كما يزيد هذا الهرمون من عمق لون جلد الأسماك والبرمائيات بسبب انتشار صبغة الميلانين Melanin في خلايا الجلد والسماء Melanophores. كما قد تسبب الكميات الكبيرة من هذا الهرمون اسوداد لون البشرة في الإنسان كما يفعل هرمون محفز قشرة الكظرية.

## الغدة الدرقية Thyroid Gland

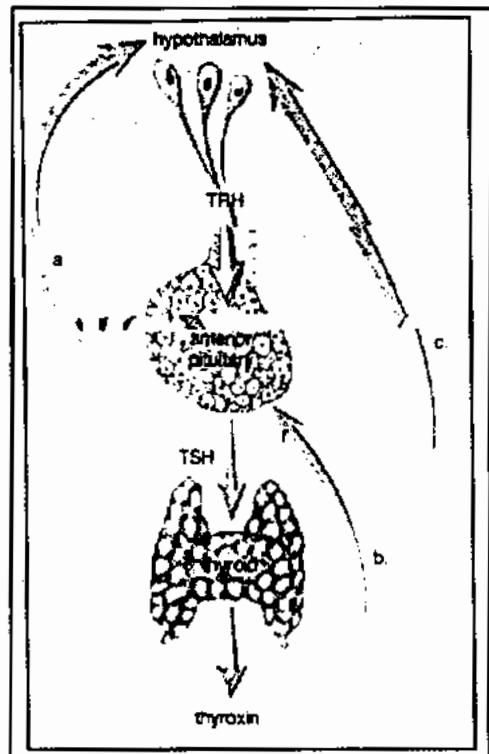
تقع الغدة الدرقية في الرقبة تحت الحنجرة، وتكون أكبر من الغدة النخامية وتحتوي على فصين يغطيان السطح البطني الاعلى للقحصة الهوائية (الرغامي). وتعني كلمة ثايرويد "Shield-shape Thyroid" لانها تشبه الدرع في مظهرها الخارجي. كما ان حالة تضخم الغدة الدرقية Goiter المعروفة، تنتج من قلة نشاط الغدة بسبب نقصان اليود في الطعام حيث أن للغدة - الدرقية القابلية على التقاط أيون اليود وذلك ساعد على دراستها



باستعمال اليود المشع (شكل رقم ٩ - ١٦ و ب)

وت تكون الغدة من جريبات Follicles تتكون في داخلها الهرمونات حيث تخزن في التجاويف التي تحيطها طبقة طلائية تبطن الجريبات. ويحتوي التجويف على مادة غروية تصبغ باللون الأصفر المائل إلى الحمرة.

وتقع الخلايا التي تفرز هرمون كالسيتونين الدرقي "TCT" Thyrocalcitonin والمعروفة بخلايا س (C-Cells) بين خلايا الجريبات، وتتميز بكثرة حبيباتها الأفرازية تحت المجهر.



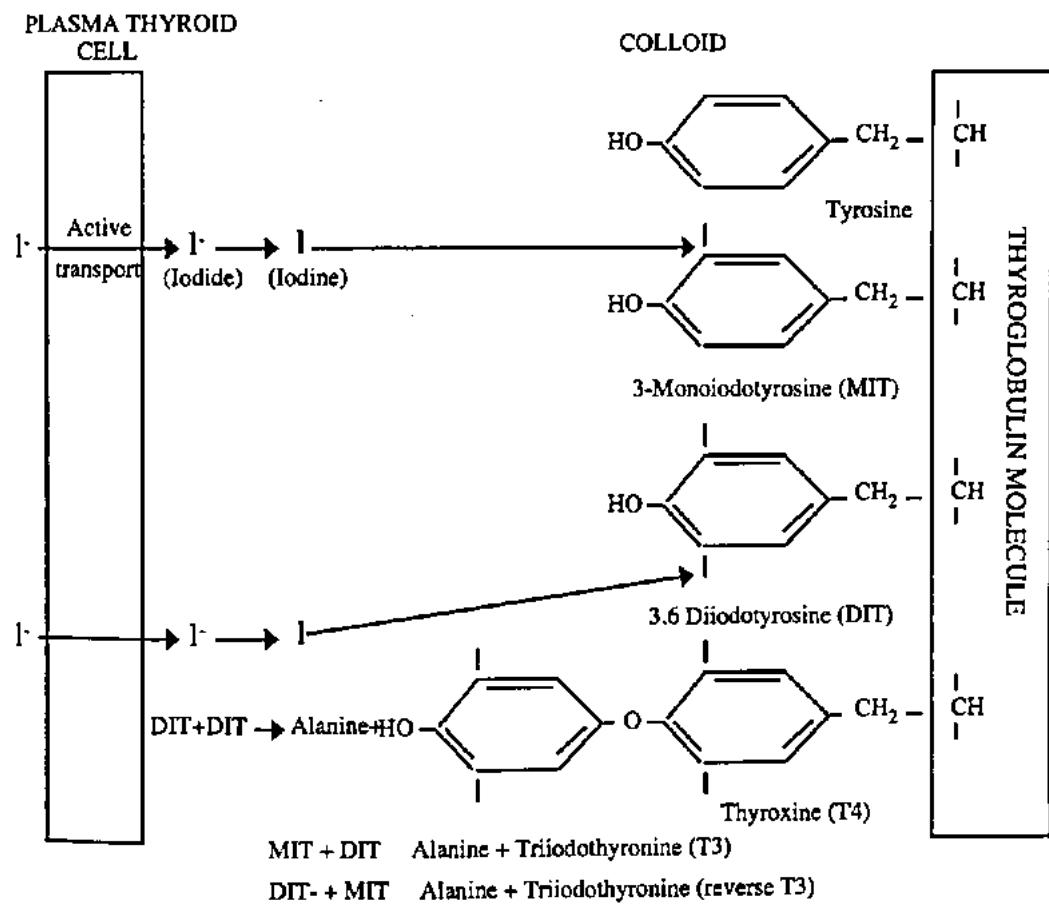
شكل رقم (٩ - ١٦)

كيفية تنظيم هرمونات الغدة الدرقية في الإنسان



شكل رقم (٩ - ٩ ب)

امرأة مصابة بتضخم الغدة الدرقية (الدراق)



(7 - 9)

مخطط بيبي كييفية تكون هرمونات الغدة الدرقية نتيجة تجمع أيونات اليود من البلازماء وربطها بحامض اميني هو التايروسين لتكوين جزيئه التايروكلوروبيلين.

وتعمل الغدة الدرقية على تجميع أيونات اليود من بلازما الدم (شكل رقم 9 - 7) وربطها بحامض اميني هو التايروسين Tyrosine حيث يتركز اليود في داخل الخلايا الطلائية ويتم 300 - 500 مرة عما هو عليه في الدم لتكوين هرمونات الغدة كما يأتي :





$\text{MIT} + \text{I} \longrightarrow \text{Diiodotyrosine (DIT)}$

$\text{MIT} + \text{DIT} \longrightarrow \text{Triiodothyronine (T3)}$

$\text{DIT} + \text{DIT} \longrightarrow \text{Tetraiodothyronine or Thyroxin (T4)}$

وتخزن هرمونات الغدة الدرقية المكونة بهذه الطريقة وهي  $T_3$  و  $T_4$  في داخل تجاويف الجريبات بعد ارتباطها بكتلوبيلين الدرقية Thyroglobulin الذي يتحلل عند الحاجة بوساطة إنزيم البروتينase الموجود في الخلايا الطلائية ومحرراً هرمونات الغدة.

ويعد هرمون الثايروكسين ( $T_4$ ) أقل فعالية من الناحية البايولوجية من ( $T_3$ ) وذلك لسهولة انفصال الأخير من البروتينات واتحاده بالمستقبلات الموجودة في جدران خلايا الأعضاء المستهدفة.

وتعمل هرمونات الغدة الدرقية على تنظيم نمو وتخصيص خلايا الجسم. كما أن ارتفاع مستوياتها في الدم يساعد على زيادة استهلاك الأوكسجين المستعمل في أكسدة الغذاء مما يسبب قلة إنتاج الطاقة.

وتعمل هذه الهرمونات على زيادة الأيض الأساسي في الجسم واستهلاك الكاربوهيدرات وزيادة تهديم البروتينات Protein Catabolism واستهلاك الدهون Lipolysis وبذلك تؤدي إلى قلة وزن الجسم ونحافته. واظهرت الدراسات أن نقص هرمون الثايروكسين يسبب الخمول العقلي والبلامة والسمنة المفرطة لذلك عولج نقص نشاط الغدة «نقص الدرقية» - Hypothyroidism في الإنسان باستخدام مستخلص الغدة من الأغنام.

وتحتاج خلايا الجسم إلى هرمون الثايروكسين لاتمام وظائفها، وهو ضروري لنمو العظام وتكوين الحليب وأفرازه وقيام أعضاء التناسل بوظائفها الطبيعية. كما أن نقصه يسبب فقدان الرغبة الجنسية والاجهاض في الحوامل.

اما زيادة مستوى الهرمون فتؤدي إلى ارتفاع ضغط الدم وسرعة النبض والتنفس وزيادة سرعة حركة الأمعاء والإسهال وزيادة كمية الطعام المتناول وارتفاع العضلات وقلة الوزن، إضافة إلى سرعة التهيج والانفعال نتيجة تهيج الدماغ. وهناك عدد من المواد التي تثبط عمل الغدة الدرقية نتيجة منها من اصطياد ايون اليود مثل اللهاة Cabbage وفول الصويا - Soy.



اما قلة اليود في طعام الإنسان والحيوانات غير البالغة فتسبب قصر القامة Dwarfism أو حالة القرزامة واضطرابات الجهاز العصبي المركزي والبلاهة وجفاف الجلد وزيادة تقشره والسمنة المفرطة أحياناً وارتفاع كمية الكوليستيرون في الدم وتسمى هذه الحالة بالقمامـة-Cretinism.

وتسبب قلة اليود في الإنسان والحيوانات البالغة إلى ظهور أعراض مرض الخربـة Myxedema المشابهة لأعراض مرض القمامـة edema.

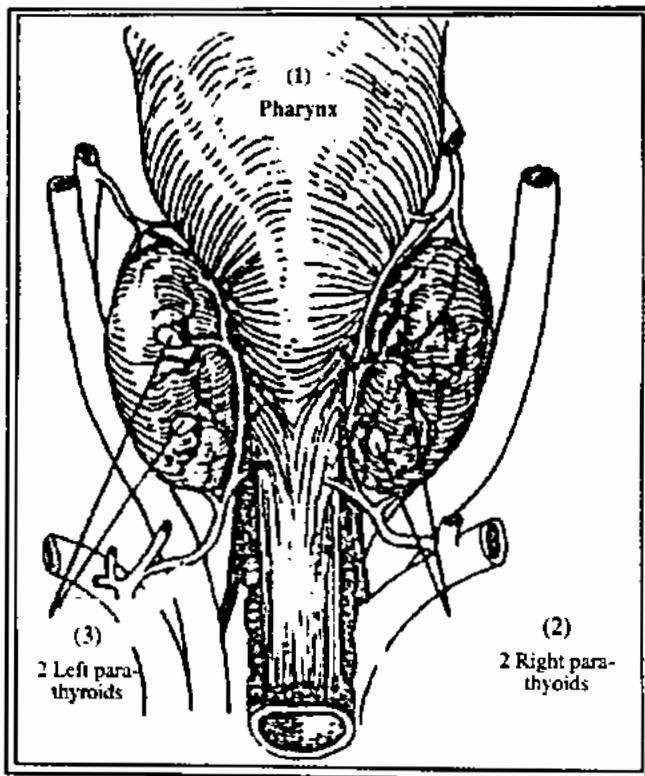
اما زيادة فعالية الغدة الدرقية «فرط الدرقية» Hyperthyroidism او ما تعرف بتسمم الدرقية Thyrotoxicosis فيسبب النحافة نتيجة زيادة استهلاك البروتينات والدهون حيث يصبح المصاب ضعيفاً وكثير التعرق وذا عينين جاحضتين وجافتين من الدمع وهو ما يعرف بمرض كريف Grave disease.

وتسسيطر الغدة النخامية على الهرمونات التي تفرزها الغدة الدرقية بوساطة آلية التغذية الاسترجاعية، حيث يؤدي نقص الثايروكسين في الدم إلى انطلاق هرمونات محررة مما تحت المهد تحت الغدة الدرقية لافراز هرمون محفز الدرقية TSH الذي يحفز الغدة على افراز الثايروكسين. أما زيادة الثايروكسين فيؤثر في الهرمونات المحررة المفرزة ويقلل من افرازها وبذلك يقل افراز هرمون محفز الدرقية ويقل انتاج الثايروكسين وهكذا.

اما هرمون كالسيتونين الدرقية Thyrocalcitonin فيتكون من خلايا س (C Cells) الموجودة في الغدة الدرقية للبيان وسوف نتكلم عنه ضمن الهرمونات المنظمة للكالسيوم.

## الغدد جنـب الدرقـية Parathyroid Glands

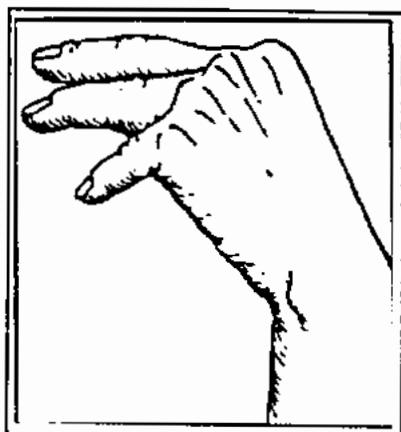
وهي عبارة عن أربعة عناقيد من الخلايا تشكل زوجين من الغدد التي تقع على الجزء الامامي من الرقبة، وهي أصغر الغدد في الجسم (شكل رقم 9 - 8).



شكل رقم (٩ - ٨) منظر خلفي للغدد جنوب الدرقية.  
١- البلعوم. ٢- الغدد جنوب الدرقية اليمنى. ٣- الغدد جنوب الدرقية اليسرى.

في عام 1897 وجد العالم كلي Gley أن إزالة جنوب الدرقية تسبب ما يعرف بالتكزز Tetany في الحيوانات الذي يتصف بارتتجاف العضلات التشنجي. أما في عام 1909 فقد تم معالجة هذا التكزز بإعطاء مستخلص هذه الغدد أو الكالسيوم (شكل رقم ٩ - ٩).

وفي عام 1961 تم اكتشاف هرمون كالسيتونين الدرقية الذي اعتقد في بادئ الأمر أنه ينشأ من الغدد جنوب الدرقية. إلا أنه في سنة 1963 تماثبات منشأة بصورة أكيدة من الغدة الدرقية.



شكل رقم (٩ - ٩) وضع اليد عند الإصابة ببنخس الكالسيوم التكززي.



وفي سنة 1917 تم اكتشاف فيتامين D<sub>3</sub> (Vit. D<sub>3</sub>) و أهميته في علاج مرض الكساح Rickets في الأطفال الذي اظهرت البحوث العملية أنه يتوافر بكميات كبيرة في زيت كبد الحوت إضافة إلى تكونه في الجسم بصورة طبيعية نتيجة التعرض للأشعة فوق البنفسجية.

### **الهرمونات المنظمة للكالسيوم**

يلعب أيون الكالسيوم دوراً رئيساً في وظائف الجسم المختلفة مثل تكوين العظام والأسنان وتحثر الدم وتقلص العضلات وتحفيز الجهاز العصبي إضافة إلى تحرر افرازات العديد من الغدد ومن ضمنها الهرمونات. كما أنه ضروري لنشاط الانزيمات ونقل المعلومات بين الخلايا. لذلك فإن تنظيم مستوى الكالسيوم في الجسم وبحدوده الطبيعية (9 - 11 ملغم في كل 100 سم<sup>3</sup> من الدم) ضرورية لاداء وظائف الجسم المختلفة. أما منظمات الكالسيوم في الجسم فهي كما يأتي :

- 1- هرمون جنيب الدرقية (أو الباراثورمون) (Prathormone (PTH))
- 2- كالسيتونين الدرقية (TCT).
- 3- فيتامين D<sub>3</sub> (Cholecalciferol)

### **هرمون جنيب الدرقية PTH**

ويتكون من 84 حامضاً «أمينياً»، وينظم هذا الهرمون أيض الكالسيوم والفوسفور في الجسم. كما أن مستوى أيون الكالسيوم تأثيراً سلبياً في مستوى هذا الهرمون، حيث تحفز قلة الكالسيوم الغدد جنيب الدرقية لافراز هذا الهرمون وبالعكس.

ويعمل الفوسفور بصورة غير مباشرة على هذا الهرمون، حيث أن زيادة مستوى الفوسفور في الدم تؤدي إلى زيادة الهرمون عن طريق قابلية الفوسفور على خفض مستوى الكالسيوم في الدم. ويعمل أيون المغنيسيوم عمل أيون الكالسيوم في تنظيم مستوى هرمون جنيب الدرقية، لذلك فإن أهم وظائف الهرمون تتمثل في دوره الاساس في المحافظة على مستوى أيون الكالسيوم والفوسفور الطبيعي في الدم.



أما الأعضاء المستهدفة من قبل هرمون جنib الدرقية فهي العظام والكليتين إضافة إلى الأمعاء. كما أن للهرمون القابلية على خفض مستوى أيون الفوسفور عن طريق طرحة بواسطة الكلية ومن ثم المحافظة على المستوى الطبيعي للكالسيوم ومنع ترسب أملاح فوسفات الكالسيوم في الأنسجة الرخوة والحد من تكثس الأحشاء الداخلية الحيوية.

### كالسيتونين الدرقية TCT

ويسمى أيضاً كالسيتونين Calcitonin. ويكون في الخلايا S (C Cells) الموجودة في الغدة الدرقية، حيث يحتوي على 32 حامضاً أمينياً.

ولمستوى الكالسيوم تأثير إيجابي على مستوى هذا الهرمون، حيث أن زيادة الكالسيوم تحفز إفراز الهرمون وذلك ما يحدث في أثناء تناولوجبة غذائية غنية بالكالسيوم وبالعكس. ويعمل الهرمون على ترسيب الفائض من أيون الكالسيوم في العظام لمنع اضطرار ترسبه في الأنسجة الرخوة. كما يعمل هرمون جنib الدرقية وكالسيتونين الدرقية معاً على عدم ترسب الكالسيوم في الأنسجة الرخوة عن طريق زيادة طرح الفوسفور في البول. ومن الملاحظ أن مستوى الكالسيوم في الدم يتنااسب عكسياً ومستوى الفوسفور.

### فيتامين D<sub>3</sub>

ويمكن الحصول على هذا الفيتامين من الغذاء مباشرةً أو عن طريق التعرض لأشعة الشمس فوق البنفسجية، حيث ينقل الفيتامين المتصن من الأمعاء أو المكون في الجلد بعد ذلك عن طريق الدم متحدداً بالكلوبيلين.

ويعمل الفيتامين بصورة رئيسية على تحفيز امتصاص الكالسيوم والفوسفور لغرض ترسيبها في العظام والأسنان. لذلك يؤدي نقص الفيتامين في صغار الحيوانات والأطفال إلى الإصابة بمرض الكساح المعروف الذي يتميز بتشخيص غير منتظم في غضاريف أطراف العظام وعدم تكسسها بصورة طبيعية، وسهولة انتهائتها. وهناك بعض المركبات المشابهة لفيتامين D<sub>3</sub> تماماً التي تتكون في النباتات مثل فيتامين D<sub>2</sub> (Calciferol).

ويؤدي نقص فيتامين D<sub>3</sub> والكالسيوم إضافة إلى مرض الكساح في الأطفال إلى لين



الظام Osteomalacia في البالغين. ويقل مستوى الكالسيوم في الأطفال الحديثي الولادة عند رضاعتهم بحليب الأبقار نتيجة احتواء هذا الحليب على كميات عالية من الفسفور الذي يمنع امتصاص الكالسيوم.

أما نقص الكالسيوم في علائق الأبقار الحلوى ذات الانتاج الغزير فيؤدي إلى الإصابة بمرض حمى الحليب Milk Fever. الذي يتميز بشلل جزئي في الاطراف ولا سيما في فترة الوضع Parturition أو ما بعدها.

### **البنكرياس Pancrease**

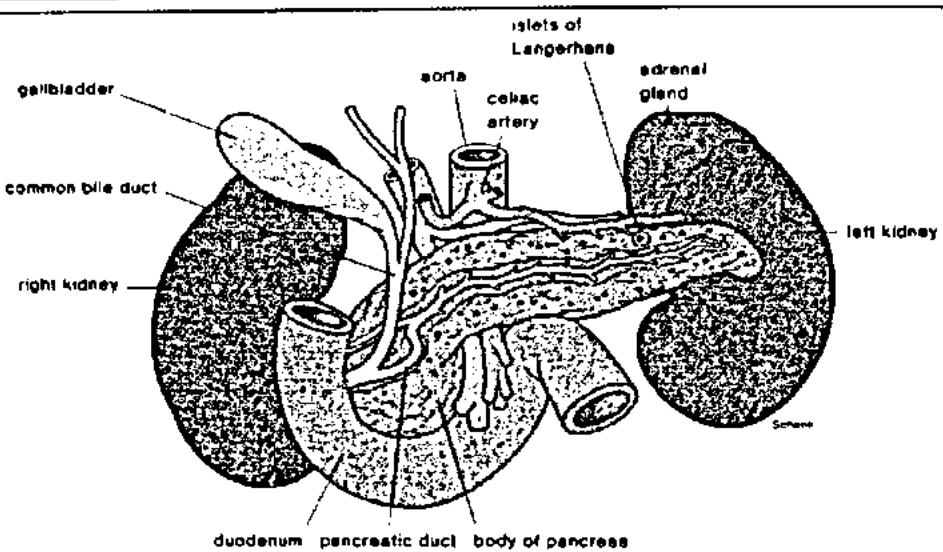
وتكون غدة البنكرياس من جزأين متداخلين تشريحياً ولكنها منفصلان وظيفياً وهما :

#### **1- جزء خارجي الافراز Exocrine Part**

ويتكون من عنبات Acini مبطنة الخلايا افرازية تصب افرازاتها في تجويف هذه العنبات ثم تفرغ الافرازات في الأمعاء الدقيقة عن طريق قناة البنكرياس لتعمل على هضم الغذاء بعد وصوله إلى الأمعاء (تم التحدث عن هذه الافرازات عند دراسة الجهاز الهضمي).

#### **بـ- جزء داخلي الافراز Endocrine Part**

ويتكون هذا الجزء من جزيرات لنكرهانز Islets of Langerhans التي تشكل حوالي مليون عنقود صغير من الخلايا المختلفة. وتنشأ هذه الجزر في الأصل من قناة البنكرياس إلا أنها تفقد اتصالها بها لتصبح بدون قناة (شكل رقم 9-10) وتحتوي جزيرات لنكرهانز على عدة أنواع من الخلايا وهي :



(شكل رقم 9 - 10)

البنكرياس هي غدة مزدوجة الإفراز حيث تفرز الهرمونات وكذلك الأنزيمات

- 1- خلايا الفا Alpha Cells: وتفرز هرمون الجلوکاجون Glucagon الذي يعمل على رفع مستوى سكر العنب في الدم.
- 2- خلايا بيتا Beta Cells: وتفرز هرمون الانسولين Insulin الذي يعمل على خفض مستوى سكر العنب في الدم.
- 3- خلايا D: وتفرز هرمون موضعي Local Hormone هو الهرمون الجسمي Somatostatin يعمل على تنظيم نشاط خلايا أخرى من البنكرياس حيث يثبط الخلايا التي تفرز هرموني الانسولين والكلوكاكون.
- 4- خلايا F: وتفرز هرمون موضعي هو هرمون الببتيدات المتعددة للبنكرياس Pancreatic Polypeptide ي العمل على تثبيط الإفرازات اللاصميه للبنكرياس.

### هرمون الجلوکاجون Glucagon

ويعمل هرمون الجلوکاجون اساساً على رفع مستوى السكر في الدم، حيث يتم تأثيره



بتحفيزه إنزيم Phosphorylase في الكبد وتحويله إلى إنزيم Dephosphorylase الفعال الذي يعمل على تنشيط عملية تحل الجلايكوجين المخزن في الكبد وتحويله إلى سكر العنبر. كما يزيد هرمون الجلاكاجون في معدل تكون سكر العنبر من مصادر غير كاربوهيدراتية (من بروتينات الكبد أو الأحماض الشحمية في البلازماء).

ويعمل الهرمون على تحرير الأحماض الشحمية الحرة من الأنسجة الشحمية ويزيد من اكسدتها لتكوين الأجسام الكيتونية Ketone bodies إضافة إلى خزن كميات من الأحماض الشحمية الثلاثية Triglycerides.

وله رمون الكلوكاكون تأثير هدمي Catabolic في البروتينات حيث يحولها إلى سكر العنبر والبيوريا إضافة إلى عمله على تخفيض مستوى الكالسيوم في الدم. ويجب هنا التفريق بين كلوكاكون البنكرياس الذي يفرز من خلايا الفا من جزيرات لنكرهانز، وجلوكاكون الأمعاء Intestinal Glucagon الذي يفرز من الاثني عشر والصائم.

### **هرمون الأنسولين Insulin**

ويعمل الأنسولين أساساً على خفض مستوى السكر في الدم. وتوجد مستقبلات الأنسولين في جدران كريات الدم الحمر. ويزداد أخذ العضلات والنسيج الدهني والنسيج الضام لسكر العنبر تحت تأثير الأنسولين. وهو يخفض مستوى البوتاسيوم في بلازما الدم وذلك بزيادة دخول أيونات البوتاسيوم في خلايا العضلات.

ويزيد الأنسولين من تكوين الشحوم ويقلل من تحللها، وله تأثير ابتنائي لتكوين البروتينات في العضلات. وكلما ارتفع مستوى السكر في الدم ازداد افراز الأنسولين. أما نقصان الأنسولين في الدم فيسبب الإصابة بداء السكر أو البول السكري Diabetes Mellitus.

### **الغدد الكظرية أو الغدد فوق الكلوية Adrenal or Suprarenal Glands**

وهما غدتان تقعان أمام الكليتين في الحيوانات وفوقهما في الإنسان. وتقسم الغدة الكظرية في اللبائن على قسمين متميزين يختلفان من ناحية المنشأ الجنيني والتركيب النسيجي والوظيفة وهي : قسم داخلي وهو اللب Medulla وقسم خارجي وهو القشرة Cortex.



ويفرز لب الغدة الكظرية هرمونات من نوع Catecholamines تعمل بالطريقة التي يعمل فيها تحفيز الأعصاب بعد الودية الادرينالية.

اما قشرة الغدة الكظرية فتفرز الهرمونات القشرية المستيرويدية Corticosteroids تعمل اساساً على تنظيم أيض الكاربوهيدرات والابيونات.

ويعمل اللب والقشرة على مساعدة الجسم في التكيف للتغيرات المفاجئة التي تحدث في المحيط. كما ينشط الاجهاد افراز الغدة الكظرية.

### لب الغدة الكظرية Adrenal Medulla

ويفرز نوعين من الهرمونات هما :

- الابنفرين (EP) أو ما يعرف في علم الصيدلية بالادرينالين.
- النوراينفرين (NEP) Norepinephrine

ولتشابه تركيب الهرمونين السابقين من الناحية الكيميائية تكون وظائفهما متشابهة تقريباً لكنها مختلفة كمياً. ويختلف هرمون الابنفرين عن نظيره النوراينفرين باحتواه الأول على مجموعة ميثيل Methyl group، وكذلك يمكن تحويل النوراينفرين إلى ابنفرين بإضافة هذه المجموعة إلى تركيبه الكيميائي. ويعمل الكبد على تقليل نشاط الهرمونين وطرحهما مع مادة الصفراء Bile.

وهرمون الابنفرين هو المسؤول بالدرجة الأولى عن احداث التغيرات اللازمة في أيض الجسم لمواجهة تغيرات المحيط المفاجئة. وهو مهم في عملية تحلل الجلايكوجين.

اما النوراينفرين فمسؤول اساساً عن تكيفات جهاز الدوران. وتفرز نهايات الاعصاب بعد العقدية الادرينالية هرمون النوراينفرين بصورة رئيسة اضافة إلى كميات قليلة من الابنفرين.

ويعمل الهرمونين على زيادة سرعة النبض وارتفاع ضغط الدم التقلصي اضافة إلى توسيع القصبة الهوائية، مما يسهل استنشاق كميات كبيرة من الهواء في أثناء الانفعالات والهلع والفرار، أي انهما يكيفان الجسم لحالة الكرا والفر Fight or Flight. كما تعمل هذه الهرمونات على ارتخاء أو بسط عضلات المعدة والأمعاء والحالبين والمثانة اضافة إلى توسيع



البؤبؤ Mydriasis وانتصاب الشعر بغية منع تبدد حرارة الجسم.

كما يعمل الابنفرين على عضلات الرحم وبحسب ما اذا كانت الانثى حاملاً أم لا. ويحفز قشرة المخ مؤدياً إلى ظهور أعراض حالات القلق وعدم الاستقرار والتعب، ويحفز إفراز الهرمونات المحرضة للقند.

وينظم إفراز الهرمونين بوساطة الجهاز العصبي الودي. كما أن لنوع المحفز تأثيراً على إفراز الهرمونين أكثر من الآخر، حيث يزداد مثلاً إفراز هرمون الابنفرين في أثناء الالم أو قلة السكر في الدم بينما يزداد إفراز هرمون النور ابتنفرين عند انسداد الشريان السباتي.

### **قشرة الغدة الكظرية Adrenal Cortex**

وتقسم تشريحياً ووظيفياً على ثلاث طبقات مختلفة هي :

- 1- الطبقة الكببية Zona Glomerulosa: وتشمل الطبقة الخارجية من القشرة وتفرز الهرمونات القشرية المعدنية (Mineralocorticoids).
- 2- طبقة الحزمة Zona Fasciculata: وتشمل الطبقة الوسطى من القشرة وتفرز الهرمونات القشرية الجلوكوزية (Glucocorticoids).
- 3- الطبقة الشبكية Zona Reticularis: وتشمل الطبقة الداخلية من القشرة وتفرز كميات من الهرمونات الجنسية الستيرويدية (Sex Steroid Hormones).

**الهرمونات القشرية المعدنية :**  
وتشمل نوعين من الهرمونات هما :

1- الألدوستيرون Aldosterone

2- الديوكسي كورتيكosterone (DOC). Deoxycorticosterone

ويعمل الهرمونان السابقان على زيادة قابلية أنابيب الكلية على استرجاع أيون الصوديوم ( $\text{Na}^+$  Retention)، وكذلك في الغدد اللعابية والعرقية وغدد المعدة والأمعاء.

ويعتبر هرمون الألدوستيرون الهرمون الرئيس من بين الهرمونات القشرية المعدنية حيث يمتلك قوة مقدارها 30 - 100 مرة أكثر من الهرمون الثاني في استرجاع أيون الصوديوم.



وتعمل الهرمونات على زيادة قابلية نبيبات الكلية على طرح ايونات البوتاسيوم، وكذلك الفوسفور والكالسيوم والهيدروجين. لذلك تعد هذه الهرمونات ضرورية لادامة الحياة، لأنها تنظم الايونات في الجسم وبخاصة ايون الصوديوم الضروري للحياة. كما أن تنظيم ايون البوتاسيوم يعتمد أساساً على تبادل الصوديوم أو الهيدروجين في النبيبات الملتوية الدانية والقاصية للوحدات الكلوية Nephrones.

ويرجع اكتشاف أهمية الهرمونات القشرية العدنية في ادامة الحياة إلى العالم اديسون "Addison" الذي اكتشف المرض المسمى باسمه والذي يتميز بتلون الجلد نتيجة قلة افراز هذه الهرمونات. وظهر أن استئصال الغدة الكظرية من عدد من الكلاب قد أدى إلى موتها جميعاً.

وقد اظهرت الدراسات أن انخفاض مستوى ايون الصوديوم وارتفاع مستوى ايون البوتاسيوم في الدم يؤدي إلى ارتفاع مستوى هرمون الaldosterrone. كما أن افراز انزيم renin من الخلايا مجاوبة الكبيبة Juxtaglomerular في الكلية يؤدي إلى ارتفاع مستوى الaldosterrone في الدم. ويعمل انزيم renin على تحليل البروتينات وتكون مادة تعرف بالانجيوتين Angiotensin من كليبيولين مصل الدم التي تعمل على تحفيز الخلايا الكبيبة لافراز هرمون الaldosterrone.

### الهرمونات القشرية الجلوكوزية :

وتشمل هرمونين هما :

1- الكورتيزول Cortisol أو الكورتيزون المهرج .Hydrocortisone

2- الكورتيكosterone .Corticosterone

ويمثل الكورتيزول الهرمون الرئيس في الانسان والكلاب والخنازير. اما الهرمون الثاني فهو جد في الأرانب والفئران والجرذان بصورة رئيسة. ويفرز الهرمونان بصورة متتساوية تقريباً في الحيوانات المجترة.

ويعمل الهرمونان في أيض الكاربوهيدرات والبروتينات والشحوم، حيث تزيد من تكون سكر العنب من المصادر البروتينية في الكبد، وتكثر من هدم البروتينات والشحوم، ولها



مفعول معاكس لعمل الانسولين.

وتعمل الهرمونات القشرية الجلوكوزية كمضادات للالتهابات Antiinflammatory حيث تقلل من عدد الخلايا اللمفاوية والخلايا البيض الحامضية وتزيد من عدد الخلايا المتعادلة، وتقلل من درجة التهاب الموضعي وبذلك تستعمل في علاج حالات التهاب الموضعي في العين والجلد والمفاصيل ولا سيما في حالات التهاب المفاصيل الروماتزمي Rhumatic Arthritis. وستعمل في علاج تصلب المفاصيل بسبب مفعولها المحلول للالياف Fibrolytic وأن هذه الهرمونات فعلاً مضاداً للهستامين Antihistaminic، لذلك تستعمل لعلاج الحساسية Allergy وحالات ضيق التنفس وبخاصة حالات الربو Asthma. ويؤدي استعمالها بكثرة إلى ظهور أعراض كشط Cushing's Syndrome التي سنتكلم عنها لاحقاً.

### **الهرمونات الجنسية الستيرويدية :**

وتشمل :

1- الهرمونات الأنوثية : وهي الاستروجينات والبروجستينات.

2- الهرمونات الذكورية : وهي الأندروجينات.

(سوف نتكلم عنها ضمن الهرمونات الجنسية).

### **اضطرابات افراز هرمونات قشرة الكظرية :**

نظراً لأهمية الهرمونات التي تفرزها قشرة الغدة الكظرية في الجسم، فقد يسبب أي اضطراب في مستوى افراز هذه الهرمونات زيادة أو نقصاناً بعض الحالات المرضية التي يمكن تلخيصها فيما يأتي :

1- خمول نشاط قشرة الغدة :

ويكون هذا الخمول على نوعين :

أ- خمول حاد : ويحدث نتيجة عدم افراز القشرة لهرموناتها، ويؤدي هذا إلى الضعف العضلي وقلة التبول وارتفاع مستوى اليوديا في الدم لاسترجاعها نبيبات الكلية وقلة مستوى أيون الصوديوم وارتفاع مستوى أيون البوتاسيوم في بلازما الدم وانخفاض

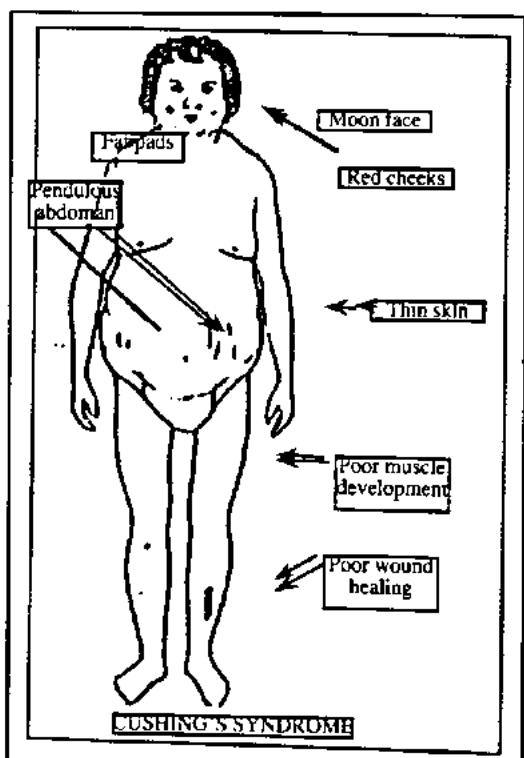
## درجة حرارة الجسم والتقيؤ المصحوب بجفاف الفم

بـ- خمول مزمن : ويحدث نتيجة قلة افراز هرمون الكورتيزول والادوستيرون يؤدي إلى الاصابة بمرض اديسون الذي يتميز بالضعف العضلي وسرعة التعب واصطدام بعض مناطق الجلد واحاطة الفم بحببات سوداء وانخفاض ضغط الدم وانعدام الشهية والتقيؤ المصحوب بالاسهال ونقصان وزن الجسم والجفاف وقلة مستوى السكر والصوديوم والكلور وارتفاع مستوى البوتاسيوم في الدم.

### - ٢- زيادة نشاط قشرة الغدة :

ويسبب زيادة نشاط قشرة الغدة ثلاثة أنواع من الأعراض المرضية هي :

#### ا- متلازمة كشنك Cushing's Syndrome



وتحدث نتيجة زيادة افراز هرمون الكورتيزول الذي يؤدي إلى اعراض تتميز بنحافة الجسم ودوران الوجه وتلونه باللون الاحمر وتثخن الرقبة وتدللي البطن وجود خطوط بنفسجية عليها وظهور حب الشباب ونعومة الجلد وزيادة شفافيته وظهور اعراض داء السكر وخمول نشاط الأعضاء التناسلية وزيادة ضغط الدم وبطء النتام الجروج وقلة عدد الخلايا المفاوية والخلايا الحامضية وزيادة عدد كريات الدم الحمر (شكل رقم ١١ - ٩).

شكل رقم (١١ - ٩) اعراض متلازمة كشنك.



### **بـ المتلازمة الكظرية الجنسية المكتسبة Acquired adrenogenital Syndrome**

وتحدث نتيجة زيادة افراز القشرة للهرمونات الجنسية الذكورية أو الأنوثوية. فزيادة الهرمونات الذكورية الاندروجينية في الإناث يؤدي إلى أعراض الذكورة Virilism التي تتميز بظهور الشعر وتضخم الصوت. أما زيادة افرازات الهرمونات الأنوثوية مثل الاستروجينات في الذكور فتؤدي إلى أعراض التخثث Feminization التي تتميز بضمور الخصيتيين وكبار الثديين وقلة الرغبة الجنسية.

### **جـ متلازمة كون Conn's Syndrome**

وتحدث نتيجة زيادة افراز هرمون الألدوستيرون. يؤدي إلى اعراض اولية تتميز بارتفاع ضغط الدم وقلة مستوى أيون الصوديوم والبوتاسيوم في الدم اضافة إلى زيادة قاعديته وضعف العضلات وكثرة التبول والعطش الشديد. أما الاعراض الثانوية فهي الاستجابة للإصابة بامراض التهاب الكلية Nephrosis وتليف الكبد Liver cirrhosis وتسمم الدم عند الحمل Pregnancy Toxemia.

### **الغدة الصنوبرية Pineal Gland**

وتقع هذه الغدة بين فصي المخ في الثنائي وتحتفظ شكلها وحجمها وزنها في الحيوانات المختلفة، حيث تشبه المخروط ويتراوح وزنها بين 100 و 180 ملغم في الإنسان، بينما تكون على شكل خيط نحيف وطويل في الأرانب ولا يتعدي وزنها الغرام الواحد في الجرذان.

وقد وصفت هذه الغدة في الحضارات الشرقية القديمة وسميت بالعين الثالثة حيث تعودت الفتيات الهندية على وضع بقعة حمراء في وسط الجبهة بعد الزواج ترمز إلى هذه العين التي يعتقد أنها تجلب الحظ وتكشف المستقبل.

وبعد الغدة الصنوبرية بمثابة المحول Transducer الذي يتوسط بين الجهاز العصبي والغدد الصماء حيث تحول الإيعاز العصبي إلى افراز صمي.

كما أن لهذه الغدة أهمية فسيولوجية كبيرة وخاصة في تنظيم الجهاز التكاثري فالضوء وشدة يعملان من خلال تأثيرهما في الغدة الصنوبرية في تنظيم هرمونات ما تحت المهاد



الحررة للهormونات المحرضة الفند GnRH التي يوجد فيها نوعان أحدهما محفز والآخر مثبط. وتقرز الغدة الصنوبيرية هرموناً يعرف بالميلاتونين Melatonin الذي له تأثير محفز أو مثبط للهormونات المحرضة الفند في حيوانات التجربة وبحسب كمية الجرعة المستعملة وطريقة اعطائها وفترة الاضاءة ومرحلة البلوغ التي يمر بها الحيوان.

ويحفز الظلام تكوين هرمون الميلاتونين، لذلك يتاخر البلوغ الجنسي في الحيوانات التي لا تنعم بالضوء لفترات طويلة. كما اظهرت التجارب أن استئصال الغدة الصنوبيرية Pine-alectomy يبكر البلوغ الجنسي عند الحيوانات وكذلك يزيد من نوبات الصرع والتشنج في حيوانات التجربة. واكتشفت مادة في الغدة الصنوبيرية سميت Arginine Vasopressin لها مفعول مثبط للهormونات محرضة الفند ويتم العلاج بمعدل 60 مرة أكثر من هرمون الميلاتونين.

أما في الحيوانات ذات التكاثر الفصلي Seasonal Animals فقد عزا العلماء اسباب تأثير الفصول على تكاثرها إلى اختلاف شدة الضوء وفترة تعرض الجسم له باختلاف الفصول. فقد وجد مثلاً أن النعاج تنشط جنسياً في الفصل الذي يطول فيه النهار ويقصر فيه الليل بعكس ما هو موجود عند الفرس حيث يعمل الضوء من خلال تأثيره في الغدة الصنوبيرية على تنظيم الميلاتونين وربما عوامل أخرى تنتقل في الدم.

وقد وجد أن للميلاتونين تأثيراً مهديناً عند حقنه، وهو يغير من نمط التخطيط الكهربائي للدماغ "EEG". ويعزى سبب انفصام الشخصية Schizophrenia إلى وجود هذا الهرمون. ووجد أن استئصال الغدة الصنوبيرية تثبط الاستجابات المناعية للحيوانات البالغة ولكنه لا يؤثر في الحيوانات غير البالغة. وقد لاحظ بعض العلماء أن لهذه الغدة تأثيراً في قابلية الغدة الدرقية للتقطاط ايونات اليود وتجميدها في الدم اضافة إلى تحفيزها الكلية لامتصاص ايونات الصوديوم. وللغاية تأثير مثبط لعضلات المجرى التنفسية والأمعاء والرحم.

### التوكة أو الغدة الزعترية Thymus Gland

وهي غدة غير منتظمة الشكل تقع خلف عظم القص في أعلى الصدر. وتكون كبيرة الحجم نسبياً عند الاطفال وتستمر بالكبر حتى تبلغ اقصى حجمها عند البلوغ في الانسان ليصل



وزنها إلى حوالي 45 غم ثم تبدأ بعد ذلك بالاضمحلال لتتحول إلى أنسجة دهنية في المراحل المتقدمة من العمر.

وتتشبه هذه الغدة الغدة اللمفاوية تقريباً من حيث التكوين النسيجي حيث تحتوي على القشرة التي تتكون من عدد كبير من الخلايا الزعترية Thymocytes واللب الذي يحتوي على عدد أقل من هذه الخلايا، وتحتوي على عدد كبير من الجريبات.

وللغدة تأثير مهم في تكوين المناعة. وقد وجد أن استئصالها من فأر صغير غير بالغ يسبب عدم تطور انسجتها اللمفاوية بصورة طبيعية وبؤدي إلى انخفاض عدد الخلايا اللمفاوية Lymphocytes ونقص في تكوين الأجسام المضادة وانخفاض في تطور التفاعلات المناعية للبروتينات الغريبة وغيرها.

وتفرز الخلايا الطلائية للغدة الزعترية هرمون الثايموسين Thymosin الذي ينتقل عن طريق الدم إلى الأعضاء اللمفاوية فيحفز خلاياها لتكوين الأجسام المضادة الخاصة-Specific antibodies ic التي لا يمكن أن تكون من غير هذا الهرمون.

## الهرمونات الجنسية Sex Hormones

ويقصد بها الهرمونات التي تفرز أساساً من المناصل Gonads وهي المبايض في الانثى والخصي في الذكر. كما أن هناك مصادر أخرى لهذه الهرمونات مثل قشرة الغدة الكظرية Adrenal Cortex والمشيمة أو السخت Placenta . وتشمل الهرمونات الجنسية الانثوية الاستروجينات Oestrogens والبروجستينات Progestins، والهرمون المرخي Relaxin، بينما تشمل الهرمونات الذكورية الأندروجينات Androgens .

وتشترك جميع الهرمونات الجنسية (عدا الهرمون المرخي) كيميائياً في كونها تنشأ من تحورات النواة الستيرويدية، وتتكون من مركبات دهنية تعرف بالستيرويدات Steroids. كما أن التأثير المختلف للهرمونات الجنسية في الأجهزة التناسلية يعود إلى التعقييدات التي تتكون بوساطة الأفعال المداخلة لهذه الهرمونات إضافة إلى مراحل الدورة التناسلية التي يمر بها الإنسان والحيوان.

## الهرمونات الذكورية أو الاندروجينات Androgens

وهي مجموعة من الهرمونات الستيرويدية التي عرفت بمسؤوليتها عن اظهار الصفات الجنسية الذكرية رغم افرازها بكميات قليلة في الإناث ايضاً. وتقرن هذه الهرمونات من الخصيتين وقشرة الغدة الكظرية في الذكور اضافة إلى المبيض والمشيمة في الإناث. ولكن تأثيرها في الإناث يكون طفيفاً في الأحوال الاعتيادية لتفسب فعل الهرمونات الأنوثية على فعلها.

ويعد هرمون الشحمون الخصوي Testosterone الهرمون الرئيس في الهرمونات الذكورية الذي يتحول إلى هرمون فعال يعرف بـ التيستوستيرون الثنائي الهيدروجين-Di-hydrotestosterone في سايتوبلازم خلايا غدة البروستات أو الغدد الجنسية اللاحقة الأخرى في الذكر بفعل الإنزيم المسمى 5 $\alpha$ -reductase الموجود في البروستات بتراكيز عالية. ويتحول الشحمون الخصوي في الجهاز العصبي إلى مركب استروجيني.

وتعد الخلايا البينية للخصية والمسماة بخلايا ليدك Leydig Cells المصدر الرئيس لهرمون الشحمون الخصوي. حيث ينظم نشاط هذه الخلايا بوساطة الهرمون محفز الخلايا البينية ICSH المفرز من الغدة النخامية.

ويساعد هرمون الشحمون الخصوي على نمو وافراز اعضاء التناسل الذكورية الاضافية وهو المسؤول عن تطور وبقاء الصفات الجنسية الذكرية مثل ضخامة الصوت وتوزيع الشعر الجنسي ونموه ونمو شعر الذقن وكذلك سقوط شعر فرورة الرأس اضافة إلى تخضم الاعضاء التناسلية.

وتحفز الهرمونات الذكورية الغدد الزهمية Sebaceous Glands بعد البلوغ. ويسبب ظهور حب الشباب Acne والدمامل Boils وحتى ظهور الحجرات Carbuncles عند بعض الشباب اضافة إلى أنها مسؤولة عن تحفيز الروائح الجنسية الخاصة أو الفيرومونات Pheromones التي تفرزها بعض الحيوانات.

وتجهز الهرمونات الذكورية النطف بالطاقة بعد خروجها من البربخ، اضافة إلى المحافظة على السائل المنوي من التغيرات في تركيز الاس الهيدروجيني فيه. وتحفز هرمون الشحمون الخصوي النسيج الطلائني للنبيبات المنوي لانتاج النطف والسيطرة على عملية نشأة النطفة



## في الخصية اضافة إلى تحفيز الرغبة الجنسية. Spermatogenesis

ويعود الشحمون الخصوي هو المسؤول عن اظهار السلوك العدائي Aggressive behavior عند الذكور. و تستعمل الهرمونات الذكرية مواد ابتدائية لأنها تعمل على الاحتفاظ بالنيدروجين والبوتاسيوم والفوسفات ولذلك تستعمل لأغراض التسمين لما لها من تأثير في نمو العضلات الهيكالية وتخصص العظام.

ويعتقد أن الاندروجينات هي المسؤولة عن وجود القرون في الحيوانات ونمو العرف والغبب في الذكور.

تدخل الهرمونات الذكرية غالباً إلى الدورة الدموية حال افرازها، حيث تدور في كل أنحاء الجسم مرتبطة بالكليوبولين Globuline (البروتين الموجود في بلازما الدم) الذي يتحول عند ارتباطه بالهرمونات الذكرية إلى مركب يصعب على الكبد تحطيمه، ويكون عندها خاماً باليوجينياً. وكل هرمون ذكري كليوبولين خاص بترتبط به وهذا يسهل تقدير وحساب كميته.

إن تحويل الشحمون الخصوي إلى ستيرويد آخر في العضو المستهدف هو نتيجة لعملية الأيض Metabolism لذلك يمكن اعتبار الشحمون الخصوي في مثل هذه الحالة سلف للهرمون Pre-hormone لأن منتوج تحويله الأيضي يكون أكثر فعالية منه وبخاصة في نسيج العضو المستهدف. ويمكن الشحمون الخصوي من أن يتحول إلى هرمونات استروجينية بواسطة العمليات الأيضية، وهذا ما يحدث في قشرة الغدة الكظرية وانسجة معينة أخرى مثل الجلد.

وتفرز الخصية كذلك كميات قليلة من الاستروجينات بصورة منفصلة عن تلك التي تشقق من التيستوستيرون نتيجة العمليات الأيضية. كما أن موضع انتاج هذه الهرمونات الاستروجينية من الخصية كان موضع نقاش طويل في السنوات الأخيرة، ولكن اغلب البحوث بينت أنها تفرز من خلايا غير نطفية تدعى خلايا سرتولي Sertoli cells تقع داخل النبيبات الناقلة المنية. لذلك ظهر أن ورم خلايا سرتولي الشائع في الكلاب يسبب انوثة ظاهرية تجعل الكلب الذكر يكتسب عدداً من الصفات الأنثوية.

## الاستروجينات Oestrogins

يعد المبيض في الإناث غير الحوامل المصدر الرئيس لافراز الاستروجينات



والبروجستينات. ويعتقد أن الجراب الداخلي Theca interna هو المسؤول عن إنتاج الاستروجينات بينما تقوم الخلايا المحببة Granulosa Cells بإنتاج البروجستينات. وتحتوى الاستروجينات من تمثيل الاندروجينات في الغدد الصماء وأماكن أخرى من الجسم مثل الجلد. ويحتوى سائل الجريبات على كميات من الاستروجينات. ويفرز الجسم الأصفر في الإنسان واللبان العلية كميات من الاستروجين وليس هناك دليل على وجود مثل هذا الإفراز في الأبقار والخيول والاغنام.

وتفترز الغدة الكظرية والخصية إضافة إلى المشيمة في الحوامل الاستروجينات بكميات قليلة، كما تكون بعض النباتات البقولية مصدراً للاستروجينات.

وتعد الاستروجينات الهرمونات المسئولة عن ظهور علامات الشبق في إناث الحيوانات. كما أنها المسئولة عن ظهور الصفات الجنسية الأنثوية في الإنسان مثل نعومة الصورت ونمو الصدر وتطور الرحم والميبل وظهور الشعر الجنسي وشكل الجسم الخاص في النساء. وتعمل الاستروجينات عند البلوغ على تكلىس غضاريف اطراف العظام وبذلك تحد من نمو الإناث بعد البلوغ.

وتزيد الاستروجينات من حساسية الرحم لتأثير هرمون معجل الولادة وكذلك المؤثثات أو البروستكلاندينات. وللاستروجينات فعل ابتدائي كما للأندروجينات لذلك تستعمل في التسميم. وينتظر أن الاستراديل - 17 ب (Oestradiol - 17 B) هو الاستروجين الأكثر فعالية في معظم الحيوانات ومنها الإنسان إضافة إلى وجود الاستروجينات قليلة.

### البروجستينات Progestins

وتشتهر البروجستينات أيضاً Gestogens or Progestagens Or Luteoids . وأكثر البروجستينات فعالية من الناحية البايولوجية هو البروجستيرون Progesterone الذي يتكون من تاكسرد البريكينولون Pregnenolone. ويتحقق البروجستيرون في الجسم الأصفر وسائل الجريبات والمشيمة. ويعامل الكبد مع البروجستينات والاستروجينات أكثر من تعامله مع الاندروجينات أو هرمونات القشرة الكظرية حيث يحولها إلى مواد أقل فعالية.

ويسبب استئصال المبيضين الإجهاض في جميع مراحل الحمل في الحيوانات التي تعتمد



في حملها على البروجستيرون في ادامة الحمل مثل الجرذان والفتنان والارانب والماعز والخنازير وغيرها. أما في الكلاب والانسان فلا يتاثر الحمل لأن المشيمة والغدة الكظرية تتکفل بافراز كميات من البروجستيرون كافية لادامته.

ويعمل البروجستيرون على مساعدة الاستروجين لاظهار علامات الشبق في اناث الحيوانات. وي العمل على تهدئة الرحم في أثناء الحمل، ومنع تقلصاته. ويثبت المستوى المرتفع من البروجستيرون في الدم افراز هرمون محفز الجريبات FSH والهرمون اللوتيني LH. وتستعمل البروجستينات مانعات للحمل في النساء ومنظمات للشبق في الحيوانات عن طريق منع افراز الهرمون اللوتيني من الغدة النخامية.

ويساعد البروجستيرون على اكمال نمو الغدد اللبنيّة وتطورها اضافة إلى مساعدته في نمو وتطور بطانة الرحم ويسط عضلاته. وتعمل الاستروجينات والبروجستينات اما متعاونتين او متضادتين في الكثير من الأفعال التناسلية.

### **الهرمون المركزي Relaxin**

وهو الهرمون الجنسي الثالث في الاناث، وقد عزله العالم هيزو Hisaw عام 1959. ويفرز اعتيادياً في المراحل الأخيرة للحمل، وقد ظهر أن الهرمون المركزي تنتجه مبايض الحيوانات التي تحتاج مبايضها لافراز البروجستيرون طوال مدة الحمل. ومن المشيمة في الحيوانات التي لا تحتاج مبايضها لابقائها حوامل. ويعتقد أن الجسم الاصفر يفرزه من الرحم والمشيمة في بعض الحيوانات.

ويعمل الهرمون المركزي على بسط الانسجة التي سبق أن كانت تحت تأثير البروجستيرون والاستروجين. أما الانسجة التي لم يسبق لها أن كانت تحت تأثير هذين الهرمونين فإنها تكون أقل استجابة له.

ويزيد الهرمون من ليونة النسيج الضام لعضلات الرحم خلال المراحل الأخيرة من الحمل ليسمح بتتوسيع الرحم لاستيعاب الجنين الثامني في أثناء الحمل.

ويعمل الهرمون على بسط روابط عظم الحوض مسبباً توسيع قناء الولادة ومسهلاً قذف الجنين إلى الخارج، لذلك كان مهمًا في إحداث المخاض Parturition ويمكن أن يسبب نمو وتطور الغدد اللبنيّة في بعض الحيوانات بعد إزالة مبايضها ولا سيما عندما تكون تحت تأثير الاستروجين والبروجستيرون.



## الموئيلات أو البروستكلاندينات Prostaglandins

تصنيف البروستكلاندينات الان مع الثروبيوكسينات على أنها من صنف بروستاكنويدي Prostanoid Class التي تتكون من مشتقات الاحماض الدهنية والتي بدورها تعود إلى الصنف الثاني ايوكوسنويدي eicosanoid Subclass التي تتكون طبيعياً باختلافات واسعة في الأنسجة والموقع الحيوية في الجسم. ففي عام 1930، لاحظ اثنان من اطباء التنااسل الاميركان أن رحم المرأة يستجيب بتقلصات شديدة عند معاملته بالسائل المنوي. وبعد هذا التاريخ بثلاث سنوات اكتشف العالم السويدي «فون اوبل» أن هناك مادة في السائل المنوي تؤدي إلى تقلص العضلات الملساء بصورة عامة ومنها عضلات الرحم إضافة إلى تضييقها للأوعية الدموية.

وتعد البحوث التي قام بها «فون اوبل» الاساس في فهم كنه هذه المادة بعد اكتشافها في السائل المنوي التي اطلق عليها اسم البروستكلاندينات اعتقاداً منه أن السائل المنوي يفرز من غدة البروستاتة Prostate او المولثة. وقد حاول بعض الباحثين تغيير هذا الاسم بعد أن وجدوا أن الحويصلات المنوية تفرز كميات من البلازمما المنوية أكبر بكثير مما تفرزه البروستات ولكن رغم ذلك بقي اسم البروستكلاندينات هو الثابت في البحث ولم يتغير لحد الان. وفي السويد أيضاً اظهرت البحوث أن مستخلص الدهون المأخوذة من السائل المنوي لحيوانات أخرى مثل الأكباش والماعز والقرود وكذلك مستخلص الحويصلات المنوية نفسه في الأكباش يحفز التقلصات الشديدة للعضلات الملساء، وأطلق اسم «الحوامض الدهنية الذاتية» على هذه المركبات النشطة التي ثبت أن لها دوراً مهماً وأساسياً في التكاثر.

أما طبيعة البروستكلاندينات وتركيبها فقد بينه الباحث «برجستون» عام 1949 بصورة نباتية بأنها عبارة عن حواامض شحامية نشطة حيوياً وغير مشبعة واستطاع عزل نوعين منها العرة الأولى على شكل بلورات سماها بروستكلاندين F و E.

وقد استمرت البحوث والاكتشافات بعد ذلك حتى أصبحنا نعرف الان ما يقارب 14 نوعاً من البروستكلاندينات في الأقل. وهي تتميز كيميائياً وت تكون طبيعياً ولكنها تختلف في فعاليتها الفيزيولوجية فقد اظهر أن البروستكلاندينات من نوع A و E لها القابلية على كبح نقل السيالة العصبية في الجهاز العصبي الذاتي أما البروستكلاندينات من نوع F فتب

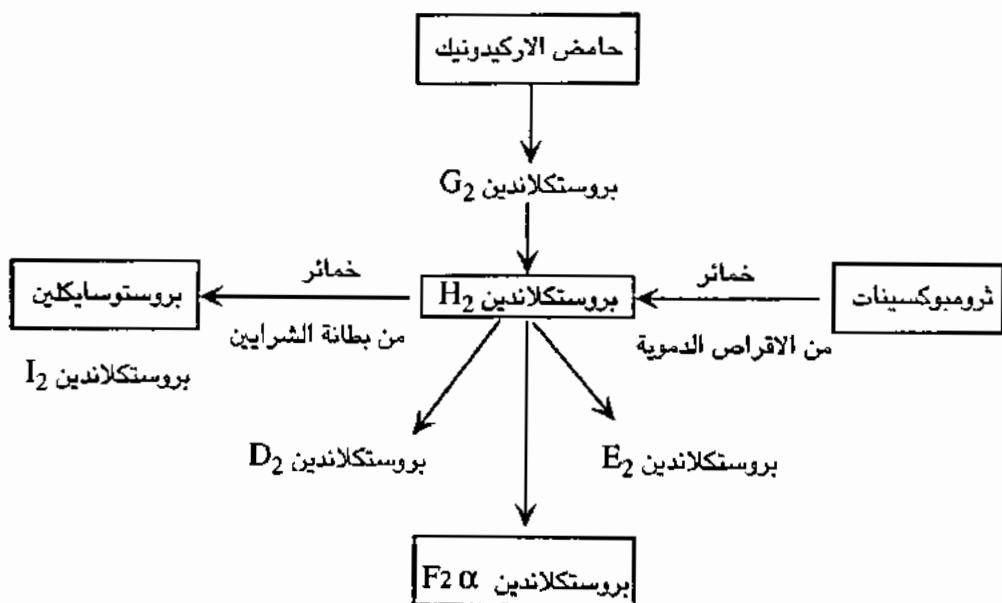


القابلية على تسريع نقل السيالة العصبية اضافة إلى قابليتها على تقلص الرحم، والبروستكلاندينات من نوع F تأثير مثبط للرحم غير الحامل ولكنها تسبب تقلص الرحم الحامل. وتم دراسة تأثير البروستكلاندينات في مختلفة الحقول البايولوجية ولا سيما فيما يتعلق بالقنوات التناسلية والهضمية والتنفسية والقلب والأوعية الدموية والكلية والأمراض الجلدية والالتهابات وأوجاع الرأس وغيرها. وظهر أن لقسم منها تأثيراً على أيض الكاربوهيدرات في الجسم ولبعضها علاقة في اظهار الالم ونشاطه الجسم الأخرى. وفي كل يوم نشهد اكتشافات جديدة ومنها الاكتشاف الكبير الذي اعلنه العالم الانكليزي «فان وجماعته» من جامعة ادنبره باستعمال البروستكلاندينات في علاج الجلطة الدموية.

وتم في الوقت الحاضر ادخال بعض البروستكلاندينات ضمن المواد الصيدلانية وحضرها الكثير من شركات الادوية العالمية. وصنعت كذلك مركبات مشابهة لفعلها البيولوجي ومضادات لهذا الفعل ومانعات لتكوينها وبالنظر لأهمية البروستكلاندينات في الجسم ونتيجة الابحاث المكثفة التي اجريت عليها منذ اكتشافها وفي الثمانينات بصورة خاصة فقد حصل بعض الباحثين وهما كل من سون برجستروم وبينكت ساميلسون وجون فان على جائزة نوبل في الفسيولوجي والطب العام 1982 بسبب ابحاثهم التي تضمنت هذه المواد المهمة.

وتنشأ البروستكلاندينات من الاحماض الشحمية الاساسية حيث يعد حامض الاركيدونيك Arachidonic Acid المصدر المباشر لها ولنوع آخر من المركبات المعروفة بالثرومبوكسينات Thromboxane التي تشبهها في التركيب وتختلفها في الفعل الفسيولوجي (شكل رقم 9 - 11).

وقد اعطيت البروستكلاندينات حروف مختلفة لتميزها بعضها من بعض وصنفت هذه الحروف بحسب قابلية البروستكلاندينات على الذوبان في بعض المواد فالبروستكلاندين A مثلًا يذوب في الاسيتك Acetate، والبروستكلاندين E يذوب في الايثر Ether، والبروستكلاندين F يذوب في الفوسفات Phosphate والذي يكتب Fosfat باللغة السويدية وهذا. كما اعطيت البروستكلاندينات المتشعبة من نوع واحد ارقاماً في اسفل الحروف وهي تشير إلى عدد الاواصر الثنائية في السلسلة الدهنية لتركيبها الكيميائي مثل بروستكلاندين F2 وبروستكلاندين E2 وغيرها.



(11 - 9)

محطمد بين نشوء البروستكلاندينات المختلفة وكذلك الثرومبوكسينات.

### **البروستكلاندينات والجلطة الدموية**

على الرغم من أن البروستكلاندينات والثرومبوكسينات تنشأ من مصدر واحد فإن لهما فعالين متضادين فسيولوجيًّا. يحدث تخثر الدم نتيجة تكون الثرومبوكسينات التي تحفز تجمع الأقراص الدموية وتساعد على تقلص الأوعية الدموية، بينما يقوم أحد أنواع البروستكلاندينات المعروفة بالبروستوسايكلين Prostacyclin أو بروستكلاندين 2 I<sub>2</sub> بمنع تجمع الأقراص الدموية وتتوسيع الأوعية الدموية وبذلك يحفظ الدم داخل الأوردة والشريانين طبيعياً من غير أن يتخثر. لذلك لا يحدث تخثر للدم في داخل الأوعية الدموية للجسم في الحالات الاعتيادية نتيجة تغلب انتاج البروستوسايكلين على الثرومبوكسين.

أما حدوث التخثر أو الجلطة الدموية فيكون سببه قلة انتاج البروستوسايكلين وزيادة انتاج الثرومبوكسين نتيجة تحطم الصفائح الدموية التي تجتمع عند ارتطامها بجدار الأوعية الدموية.



وقد اثبتت الدراسات الحديثة أن الاسبرين له القدرة على منع تكوين أو تحرير البروستكلاندينات في الجسم فضلاً عن عمله على منع تكوين الترومبوكتينات وهذا يجعل تفسير اسلوب منع الاسبرين المختثر واستعماله في علاج بعض حالات الجلطة الدموية غير واضح.

**البروستكلاندينات وجهاز التكاثر الانتئوي :**

لقد اظهرت البحوث أن البروستكلاندينات الموجودة في السائل المنوي تستطيع أن تسبب انضاج جريبات المبيض وتحرر البريضة. لذلك قد يكون السائل المنوي المحتوى على البروستكلاندينات كافياً لتنبه التبrier وحدوث الاصداب عند قذفه في المهبل.

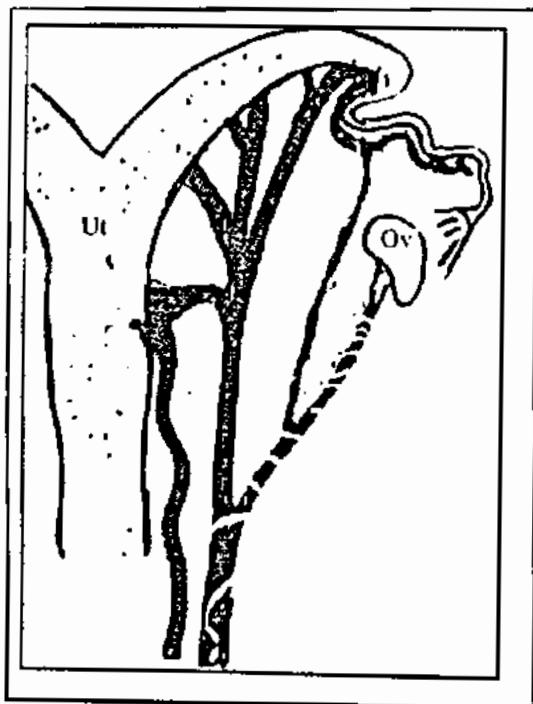
وقد جلبت البروستكلاندينات الانتباه إلى دورها في تنظيم عملية التكاثر من خلال الوظائف التي اتصف بها في نهاية السنتين وأهمها دورها في تنظيم عمر الجسم الأصفر الذي يتكون في المبيض بعد حصول الاباضة ليفرز البروجستيرون الذي يهدى، الرحم في النصف الثاني من الدورة الشهرية أو الشقيقة ويراقب على الحمل بعد حصول التلقح.

ويعود الرحم المسؤول الأول عن تحمل الجسم الأصفر وأضمهاله عند عدم حصول الحمل، وهذا ما عرف منذ سنة 1922 حيث بين العالم «لويب» أن أحد منتجات الرحم (الذي عرف أخيراً بأنه البروستكلاندين) هو المسؤول المباشر عن اضمحلال الجسم الأصفر وأن إزالة الرحم Hysterectomy تزيد من طول عمر هذا الجسم.

وقد اثبت العلوجي وجماعته في عام 1979 أن البروستكلاندينات تتكون فعلاً في طبقات الرحم بحسب مختلفة وكثافات أكبر مما هي عليه في مناطق الجسم الأخرى. ولما كانت البروستكلاندينات تتحطم في دورة دموية واحدة عند مرورها في الرئتين، أي أن عملها موضعى لا يتعدى مكان افرازها، تبادر إلى الذهن سؤال عن كيفية انتقال هذه البروستكلاندينات من الرحم إلى المبيض.

ولغرض الاجابة عن هذا السؤال يجب أن تكون ملمين بالصفة التشريحية للرحم والمبيض واعييهما الدموية. وقد اثبتت التجارب أن البروستكلاندينات تصل إلى المبيض عن طريقين أولهما ميكانيكية التيار المضاد Counter-Current Mechanism حيث تنتقل من الوريد

الرحمي إلى الشريان المبكي الذي يلتقي حوله ثم تصل إلى المبيض. أما الطريق الثاني فهو ما اثبته الطولوجي وجماعته لأول مرة عام 1981، حيث تنتقل بواسطته البروستكلاندينات عن طريق وريد قناة المبيض (Oviductal vein) (شكل رقم 9 - 12).



شكل رقم (9 - 12) شكل تخطيطي يبين كيفية انتقال البروستكلاندينات من الرحم (Ut) إلى المبيض (Ov) بواسطة الأوعية الدموية المختلفة (العلوجي، 1981)

لقد كانت نتيجة البحوث المستفيضة التي اجريت للكشف عن البروستكلاندينات هو تصنيع بعض الشركات لأنواع منها لاستعمالها مواد صيدلانية في انهاء الحمل غير المرغوب فيه أو احداث الاجهاض نتيجة تحلل الجسم الأصفر وخاصة عند اعطائها في الاشهر الثلاثة الأولى من الحمل. واستعملت في احداث الولادة عند اعطائها في المراحل الاخيرة من الحمل نتيجة تأثيرها في عضلات الرحم مسببة حدوث تقلصات شديدة يتبع عنها طرح الجنين إلى الخارج.



## البروستكلاندينات ولوالب منع الحمل :

منذ قرون كثيرة كان اصحاب الجمال العرب يضعون حصاة صغيرة مدوره في ارحام جمالهم لغرض حمايتها من الحمل عندما تكون في سفر طويل عبر الصحراء، ولم تظهر اهمية هذه الطريقة الا عندما استعملت اللوالب في منع الحمل حديثاً في النساء وبعد أن اجريت عليها تجارب كثيرة قبل أن تصبح على اشكالها الحالية.

وقد اثبتت البحوث أن هذه اللوالب تعمل من خلال تهييجها لبطانة الرحم الذي يحثها على افراز كميات من البروستكلاندينات بصورة مستمرة، وهذه تزيد من حركة قناة البيض والرحم وتمنع انبات الخصبة وبذلك تمنع الحمل.

## البروستكلاندينات وجهاز التكاثر الذكري :

على الرغم من اكتشاف البروستكلاندينات في السائل المنوي للذكر منذ القديم، لا يزال تأثيرها في الجهاز التكاثري يلفه الكثير من الغموض. وقد اكدت البحوث أن 30 - 40% من الرجال عديمي الاخصاب اظهروا انخفاضاً في كمية البروستكلاندينات في السائل المنوي.

وظهر أن تناول الاسبرين أو الاندوميثاسين مدة طويلة بجرعات عالية عند المصابين بمرض التهاب المفاصل الروماتزمي خاصية قد أدى إلى انخفاض مستوى البروستكلاندينات وإلى عدم الخصوبة الجنسية عند هؤلاء المرضى.

اما تقلص الرحم وقناة البيض نتيجة للبروستكلاندينات فيمكن أن يكون له دور في التأثير في معدل مرور النطف خلال القناة التناسلية الأنثوية باتجاه البويضة، وبذلك تؤثر في قابلية الخصوبة الجنسية. ولهذا تؤثر البروستكلاندينات في الاخصاب ولكن طريقة عملها ما زالت غير واضحة بصورة كاملة لحد الان.

ويعتقد أن اهمية البروستكلاندينات الموجودة في السائل المنوي ينشأ من خلال تأثيرها في مخاط عنق الرحم Cervical mucus افرازات المهبل وتأثيرها في عملية انتقال النطف في الرحم وقنوات البيض.



وظهر أن البروستكلاندينات تساعد على حركة النطف عند اختراقها لخاط عنق الرحم في خارج الجسم *in vitro* ، لذلك اقترح بعض الباحثين امكانية استعمالها في علاج بعض حالات العقم الحاصلة، عن صعوبة اختراق النطف لخاط عنق الرحم في الرجال.



# 10

الفصل العاشر

فسيولوجيا التناسل

*Physiology of Reproduction*



## فسيولوجيا التناول

لقد أثارت ظاهرة تكاثر الأحياء، اهتمام الإنسان وشففه منذ أقدم العصور وشهدت المجتمعات نشوء نظريات متناقضة وممتعدة إعتماداً على الأساطير والخرافات وكان السبب في نشوئها هو غموض الحقائق الأساسية لعملية التكاثر أولاً ثم تعلق هذه الظاهرة بالإنسان بشكل مباشر ثانياً وإرتباطها بانتقال الصفات الوراثية من الآباء إلى الأبناء وما يعنيه ذلك من تمييز الأقوام والعوائل بعضها من بعض. ولم يتمكن الإنسان إلا في القرن الماضي من حل بعض الغاز التكاثر والأسرار المتعلقة به، وتحققت قفزات نوعية في فهم هذه العملية المعقّدة في السنين القريبة الماضية، وبقى البعض الآخر يلفه الغموض وينتظر الحلول الناجعة.

وقد كان لمعرفة طبيعة الخلايا المسؤولة عن التكاثر والمتمثلة بالنطف والبويضات ودراسة صفاتها وتمييزها في الذكور والإثاث على التوالى أثره الكبير في فهم أسرار عملية التكاثر. وساعد فهم عمل الهرمونات ودورها في تنظيم هذه العملية كثيراً في إستيعاب الكثير من جوانب هذه الظاهرة الفسيولوجية المهمة يقول عالم الوراثة الإسكتلندي بيتي (Beatty) إن جسم الإنسان أو الحيوان عبارة عن شيء يشبه الوحدة الأنثوية حتى يتدخل شيء ما مثل الكروموسومات الجنسية الذكرية والهرمونات لتطوير توجهه نحو الذكورة. ولو أخذنا حيواناً ما قبل البلوغ أو الحيوان المخصي لوجدناه يحمل الصفات الأنثوية بصورة عامة ذكرأً كان أو أنثى. وسوف نحاول في هذا الفصل دراسة فسيولوجيا التكاثر وسنبدأ بجهاز التكاثر الأنثوي لتفقد عمله بعض الشيء بما هو عليه في جهاز التكاثر الذكري.

### جهاز التناول الأنثوي Female Reproductive System

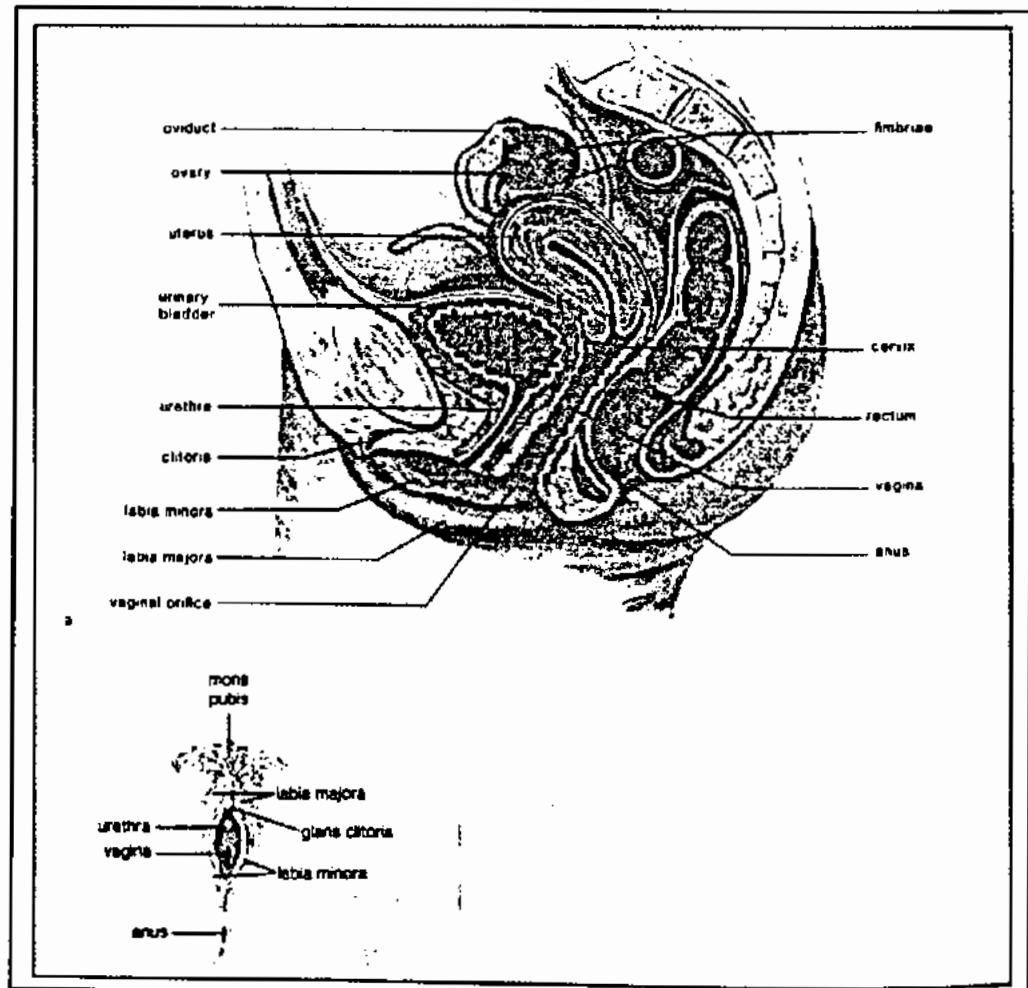
يتكون جهاز التكاثر الأنثوي من الأعضاء الآتية (شكل رقم 1-10):

- 1- المبيضان: وهما العضوان الجنسيان الأوليان في الأنثى.
- 2- أنابيب الرحم أو قنوات البيض: ومهما هما نقل البويضة من المبيض إلى الرحم، وتم في داخليها عملية الإخصاب.
- 3- الرحم: وفيه تتطور البويضة المخصبة
- 4- عنق الرحم: وهو الباب المؤدي إلى الرحم.



5- المهبل: وهو الممر الرئيس المطاط الذي من خلاله تدخل النطف وكذلك يطرح الجنين من الرحم عند الولادة.

6- الفرج أو السوأة: وهو العضو التناسلي الخارجي للأنثى ويشمل منطقة العانة والشفرين الكبارين والصغارين والتراكيب الواقعة بينهما ويطلق عليها «الأعضاء التناسلية الخارجية». أما أنابيب الرحم والرحم وعنق الرحم والمهبل فيطلق عليها «الأعضاء التناسلية الأنثوية».



شكل رقم (1-10) مخطط يمثل الجهاز التناسلي الأنثوي للإنسان



## المبيضان (Ovaries)

يوجد في أنثى الإنسان وأغلب الحيوانات إثنان من الغدد التكاثرية المهمة هما المبيضان أحدهما في الجهة اليمنى والآخر في الجهة اليسرى. ويعمل المبيضان عمليين مهمين هما تكوين البوويضات أو الجميات (Gametogenic) وإفراز الهرمونات الستيرويدية (Steroidogenic). وبعد كل عمل منها مكملاً للآخر، حيث أن تكوين البوويضات يحتاج إلى تغيرات في القناة التناسلية التي تكون الهرمونات مسؤولة عنها.

كما تستجيب الأعضاء التناسلية اللاحقة (Accessory reproductive organs) في الذكر للهرمونات الذكورية التي تفرزها الخصية. وتعتمد الأعضاء اللاحقة للأنثى في نشاطها على الهرمونات الأنثوية التي يفرزها المبيض. وفي حالة إزالة المبيضين معاً تتداعى الأعضاء التناسلية اللاحقة وتضمحل ويختلف المبيض في موقعه عن الخصية حيث يبقى المبيضان في التجويف البطني بينما ترحل الخصيتان في الإنسان وجميع الحيوانات في أثناء التطور الجنيني ل تستقر في الصفن عند البلوغ وهو أقصى حد لها. أما في الطيور فتبقى في التجويف البطني ويختلف الشكل الخارجي للمبيض بإختلاف جنس الحيوان ومرحلة الدورة الشبقية (Oestrous cycle) التي يمر بها أو دورة الطمث (Menstrual Cycle) في الإنسان، وكذلك فيما إذا كانت الأنثى من النوع المتعدد الولادات (Polytocous) أو الأحادي الولادات (Monotocous).

في الإنسان والحيوانات الأحادية الولادات مثل الأبقار والنعاج والفرس يكون المبيض بيضوي الشكل، بينما يكون في الحيوانات المتعددة الولادات مثل القطط والكلاب والخنازير مشابهاً لعنقود العنب لاحتوائه على عدد من الجريبات Folicles والأجسام الصفر مشابهاً لعنقود العنب لاحتوائه على عدد من الجريبات Folicles والأجسام الصفر Corpora lutea مشابهاً لعنقود العنب لاحتوائه على عدد من الجريبات Folicles والأجسام الصفر Ovulation fossa. ويكون المبيض متصل باللمس ويحتوي نسيجياً على خلايا طلائية Germinal epithelium تكون طبقة واحدة تغطي المبيض وتتكون من خلايا مكعبية أو عمودية Cuboidal or low columnar cells. ويكون المبيض أيضاً من الغلالة البيضاء Tuncia albugenia. ومن كتلة كبيرة من الجريبات المبيضية Ovulation fossa.

أما من الناحية التشريحية فيكون المبيض من ثلاثة أنواع مهمة من الأنسجة هي الجريبات المسئولة عن تكوين البوويضات وإفراز هرمون الاستروجين Oestrogen والجسام الصفر Interstitial tissue المسئولة عن إفراز البروجستيرون Progesterone ثم الأنسجة البينية Interstitial tissue التي يعتقد أنها تقوم بإفراز الهرمون المرخي Relaxin وهرمون البروجستيرون وكميّات قليلة من الهرمونات الذكريّة أو الأندروجينات Androgens.

### **جريبيات المبيض (Ovarian Follicles)**

يتكون مبيض الأنثى البالغة من أنواع من الجريبات تصنف بحسب حجمها وشكلها الخارجي إلى ما يأتي:

#### **1- الجريبات الإبتدائية أو الأساسية Primary or Primordial Follicles**

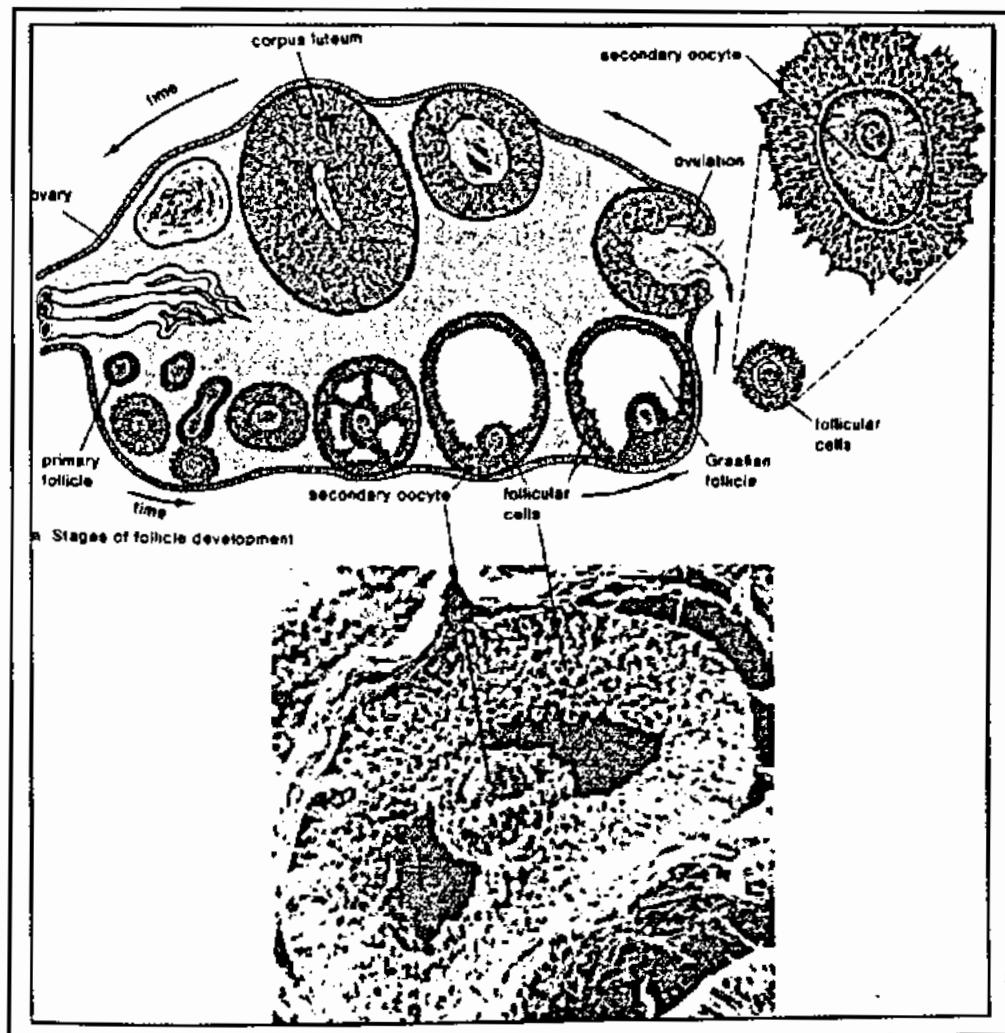
وت تكون هذه الجريبات من البووية Oocyte التي تحيط بها طبقة واحدة من الخلايا الطلائية من نوع الخلايا الحبيبة Granulosa Cells. ويحتوي كل مبيض على أعداد كبيرة من الجريبات الإبتدائية حيث يتطور عدد قليل منها فقط فوق هذه المرحلة في كل دورة طمثية.

#### **2- الجريبات النامية Growing Follicles**

وهي الجريبات التي تترك مرحلة الحضانة Resting Stage بوصفها جريبات إبتدائية لتنمو وتتطور، حيث تمر خلاياها بالانقسام الخطيبي Mitosis وبذلك يزداد عدد طبقاتها الطلائية لتصبح طبقيتين أو أكثر من الخلايا الحبيبة. ويحتوي كل مبيض قبل البلوغ على عدد من الجريبات النامية التي قد تصل إلى 200 جريب نام عند البلوغ.

#### **3- جريبات جراف Graafian Follicles**

وتشتهر هذه الجريبات أيضاً بالجريبيات الحويصلية Vesicular follicles وتكون من الجريبات المحتوية على الغار Antrum التي تتميز فيها الطبقة الشفافة Zona pellucida وكذلك طبقة القراب Theca (شكل رقم 10-2).



شكل رقم (2-10) صور توضيحية تراحل نمو الجريبات في البيض

ويقوم البيض في هذه المرحلة من نمو الجريبات بممارسة عملين مهمين هما تكثيف البوopies و إفراز الهرمونات. تبرز جريبات جراف من سطح البيض بإزدياد حجم الغار وتتفصل الطبقة المحببة عدا منطقة المراكمة الخلوي Cumulus oophorus أو التفير الجرثومي Germ hillock حيث تستريح البوopies على عشر من الخلايا المحببة وتحيط بها محفظة من



الخلايا هي الطبقة الشفافة. أما السائل الجريبي Folricular fluid فيملأ التجويف ويعمل واسطة لنقل البويضة من الجريب المتفجر Ruptured Follicles ومخزناً للهرمونات التي تكونها خلايا طبقة القراب ( وهي الإستروجينات والإندروجينات) والخلايا الحببة ( وهي البروجستينات).

#### ٤- الجريبات الضامرة Atretic follicles

هي الجريبات الناتجة من جريبات جراف التي لم يحدث فيها إباضة وتسمى الجريبات غير الإباضية أو الجريبات المتحللة Degenerating follicles.

#### الأجسام الصفرية Corpora lutea

ومفردتها الجسم الأصفر Corpus luteum الذي يعد غدة صماء مؤقتة تعمل لعدة أيام فقط عند عدم حصول الحمل. بينما تعمل مدة طويلة عند حصول الحمل.

ويتكون الجسم الأصفر نتيجة حدوث الإباضة وحصول تشقق في قشرة البيض ينبع عنها نزف دموي يملأ التجويف الجريبي Follicular cavity فتتكون الخثره الدموية Blood clot التي يطلق عليها الجسم النزفي Corpus Haemorrhagicum الذي يقوم بوظيفة شبكة فيزيائية وواسطة غذائية نتيجة التداخل السريع بين الخلايا الحببة وخلايا القراب. وخلال ثلاثة أو أربعة أيام يهاجم الجسم النزفي بوساطة الخلايا اللوتينية الجديدة New Luteal Cells فيفقد صبغته الغامقة ليصبح بعد ذلك عضواً جديداً يعرف بالجسم الأصفر CL الذي يستمر في عمله عند حصول الحمل ويسمى C.L. Verum أو يتقطع عن العمل عند نهاية الدورة عند عدم حصول الحمل ويسمى عندها C. L. Spurium. ويضمحل الجسم الأصفر عند إنتهاء الحمل أو بعد انتهاء الدورة. فتوقف أفعاله الفسيولوجية ليصبح لونه أبيض لعدم تجهيزه بالدم ويعرف هنا بالجسم الأبيض Corpus Albicans.

إن إزالة الجسم الأصفر في الفترة الأولى من الحمل قد تؤدي إلى حدوث الإجهاض في الحوامل، كما إن وجود كميات مناسبة من هرمون البرجستيرون في الدم تمنع حويصلات جراف من النمو والتطور وتوقف الدورة.



## **(Tubular Genital Tract) القناة التناسلية الأنبوية**

وتشكل أنابيب الرحم والرحم وعنق الرحم والمهبل. وتستخدم هذه القناة طريق مواصلات مرور النطف. وتقوم هذه القناة بمسك البويضات عند إنطلاقها من المبيض بوساطة النهايات المشربة Fimbriates end لأنابيب الرحم. ويحدث الإخصاب Fertilization داخل أنابيب الرحم نتيجة إندماج النطفة الناضجة بالبويضة لتكوين البويضة المخصبة Zygote التي تتحرك بعد ذلك ل تستقر في الرحم الذي يعد حاضنة لهذه البويضة. وتتضمن مدة الحضانة التي تعرف بالحمل سلسلة معقدة من الأفعال الفسيولوجية حيث تمر البويضة المخصبة خلالها بمراحل تطويرية مهمة تكون بعدها الجنين Fetus. ويتحرك الجنين بعد إكمال نموه خلال عنق الرحم والمهبل عند حدوث الوضع Parturition حيث يسمى بعد ذلك بالمولود newborn . وعند القيام بمقارنة تشريحية للقناة التناسلية الأنبوية في الأنواع المختلفة من الحيوانات نجد أن الإناث مثلاً تمتلك رحماً مضاعفاً Duplex uterus يستخدم لأغراض ثنائية منفصلة بينما تحتوي القطط والكلاب والخنازير على أرحام ثنائية القرن Bi- cornuate uterus وتكون هذه القرن متطرفة وطويلة. أما النعاج والأبقار فهي من الحيوانات الأحادية الولادات Monotocus). ويكون شكل الرحم في الفرس مشابهاً لأرحام المقدمات Primates ولكنه يفتقر إلى الحدود المميزة للقرنيين وهذا يجعله غير مناسب لنمو التوائم كما هو الحال عند المرأة.

## **أنابيب الرحم Uterine Tubes**

إن أول من وصف أنابيب الرحم أو قنوات البيض Oviducts هو العالم جبرائيل فالوبis عام 1561 لذلك عرفت بـ أنابيب فالوب Fallopian tubes، وهو أنبوبان من الأنابيب المتواوية التي توصل بين المبيض والرحم.

وتعد أنابيب الرحم مهمة جداً لأن عملية الإخصاب تتم في داخلها إضافة إلى أنها تقوم بنقل البويضة المخصبة باتجاه الرحم. لذلك تكون نتيجة أي إنسداد في هذه الأنابيب العقم، أما بمنع وصول النطف إلى البويضة وتلقيحها أو بمنع مرور البويضة بالاتجاه المعاكس. وتنتهي الأنابيب عند نهايتها الخارجية الجانبية في داخل تجويف الخلب Peritoneal Cavity



حيث تكون هذه الفتحة قريبة الصلة بالببيض الواقع بجانبها وتكون مشرشبة Fimbriated ومتشابهه لشكل القمع "Funnel-Shaped" ويختلف حجمها وشكلها من حيوان لأخر ففي إناث الفتران والجرذان مثلاً، تستطيع نهاية القناة من جهة الببيض حفظ جميع الببيض في داخلها مكونة كيساً يعرف عادة بالجراب المبويضي Ovarian Bursa . وفي إناث الكلاب، يكون هذا الكيس من الكبر بحيث يسمح للببيض بالحركة في داخله. كما يضم القمع في إناث الخنازير جميع الببيض في داخله تقريباً. أما في بقية الحيوانات الأخرى فلا تضم النهاية المشرشبة لقناة الببيض جميع الببيض في داخلها فنرى الجراب في الأبقار وانعاج غير متكامل بينما لا يضم هذه الجراب في الفرس إلا منطقة فسحة الإباضة Ovulation Fossa فقط. ومع ذلك أظهرت البحوث الحديثة أن الجراب المبويضي غير ضروري لسلك البووية الناضجة عند إنطلاقها وقت الإباضة، حيث أن قابلية سحب البووية ومسكها لا تختلف بالنسبة للأجناس المختلفة من الحيوانات سواء أكانت حاوية على الجراب أم لا. كما ظهرت إمكانية سحب البووية المكونة في الببيض من جهة معينة إلى قناة الببيض في الجهة الأخرى ولا سيما عندما تكون قناة الببيض في الجهة الأولى عاطلة عن العمل أو غير موجودة أصلاً لسبب ما وتتوفر أنابيب الرحم طرقاً يصل بين التجويف الخبي وخارج الجسم، ويسمى الجزء الأوسط منها الأنبورة "Ampulla" بينما يطلق على الجزء المجاور للرحم بالبربخ "Isthmus" .

إن زيادة مستوى الإستروجين في أثناء حصول الإباضة يحفز نشاط الأهداب Cilia الموجودة في بطانة أنابيب الرحم، إضافة إلى إفراز هرمون معجل الولادة Oxytocin نتيجة عملية الجماع الذي يزيد من تقلص الأنابيب ويسرع من نقل البووية من النهاية المشرشبة إلى الأنبورة خلال ساعتين تقريباً.

ويحدث الإخصاب Fertilization في منتصف أنابيب الرحم تقريباً وتبقى البووية المخصبة (الزيجة) فيما بين إتصال الأنبورة بالبربخ Ampulla - Isthmus Junction فترة 3-6 أيام، وهذه المدة ضرورية لتطوير البووية المخصبة قبل أن تدخل الرحم، حيث أن دخولها إلى الرحم قبل هذه المدة أو تأخيرها يسبب موتها.



وتعد قناة البيض أكثر من نفق حب Tunnel of Love ملائمة لانتقال واحتضان البويضة والنطفة والبويضة المخصبة، لأنها توفر لهما مواد غذائية وحومامض مثل Pyroavate و Pyroavate Lactate إضافة إلى الأيونات الضرورية.

### **الرحم Uterus or Womb**

يتكون الرحم في الإنسان وبقية الحيوانات الالية من قرنين Two horns وجسم الرحم Uterine body. وتكون قرون الرحم طويلة ومتطرفة في إناث بعض الحيوانات مثل الكلاب والخنازير، مما يساعد على تعدد الولادات في مثل هذه الحيوانات. ويزرع النصف الأسفل من عنق الرحم في النساء في داخل الجزء الأعلى للمهبل، وتحيط به قنوات المهبل Vaginal For-nices. أما الخلب Peritoneum فيغطي الجزء العلوي والخلفي للرحم ويستمر إلى الأسفل بين المهبل والمستقيم. ويكون الرحم على صلة وثيقة بالثانية من الأمام والمستقيم من الخلف، لذلك تساعد المثانة على بقاء الرحم في موضعه الطبيعي. يسند الرحم عادة بأربطة Ligaments تختلف في طبيعتها عن الأربطة الموجودة في أجزاء الجسم الأخرى، حيث تكون عبارة عن تجمعات دقيقة لمكونات ليفية مطاطية Fibroelastic من النسيج الخلوي الحوضي. وتقوم الأربطة العريضة Broad Ligaments بثبيت الرحم في المنطقة العلوية للحوض، وهذه الأربطة ضرورية في حالة الحمل. ويكون جدار الرحم سميكًا لتكون أغلب أنسجته من عضلات ملساء، تسمى بعضلة الرحم Myometrium التي تتكون من ثلاثة طبقات عضلية يغلفها من الخارج غشاء مصلي يتكون من إمتداد الخلب. أما البطانة الداخلية للرحم Endometrium فتتكون من أنسجة طلائية ورابطة وغدد.

ويجهز الرحم عادة بكمية كبيرة من الدم، لذلك تكون التغيرات الحاصلة في عضلة الرحم تحت التأثير المباشر لهرمونات البيض وهي الإستروجين والبروجستيرون. كما إن الطبقة العضلية والبطانة الداخلية للرحم تتغير خلال الدورة الشهرية للمرأة والدورة الش卑قية في الحيوانات. ويمكن إيجاز وظائف الرحم بما يأتي:

- 1- يكون الرحم حاضنة Incubator للبويضة المخصبة (الزيجة).



2- يكون طريقاً لانتقال النطف إلى قناة البيض، حيث أن جدار الرحم يكون غنياً بالغدد التي تفرز بعض السوائل المخاطية التي تساعده على تقلص الرحم ونقل النطف إلى قناة البيض بسرعة.

3 - تقوم بعض الغدد الرحمية بإفراز الحليب الرحمي Uterine Milk أثناء المدة الأولى للحمل حيث تساعده على تغذية البويضة المخصبة الطليقة عدة أسابيع قبل إنغراسها في الرحم.

4- يعمل الرحم على المحافظة على الجنين أو الأجنة النامية داخله.

5- يعمل الرحم على طرح الجنين أو الأجنة إلى الخارج في أثناء عملية الولادة أو المخاض .Parturition

### عنق الرحم Cervix

ويعد يمثابة الباب المؤدي إلى الرحم وهو يمثل حاجزاً فسيولوجياً يفصل بين المحيط الداخلي والمحيط الخارجي. ولعنق الرحم فتحتان، الأولى داخلية وفتح في الرحم والثانية خارجية وتفتح في المهبل الذي يكون ملوثاً عادة. ويكون عنق الرحم من عضلات سميكة متصلة تستطيع التقلص لسد هذا المر و التمدد لاستيعاب حجم الجنين المار عند الولادة. ويحتوى عنق الرحم على جسور مستعرضة أو حلقات دائرية وتكون النهاية المهبلية لعنق الرحم منطبقه جداً لتكون العظم الرحمي Os uteri ويكون عنق الرحم من خلايا طلائية عمودية تداخل فيما بينها خلايا جوبيل Goblet Cells التي تعمل على إفراز مخاط عنق الرحم تحت تأثير هرمون البروجستيرون. ويتخذ مخاط عنق الرحم دور حارس الباب الذي يسمح فقط للنطف الطبيعية بالمرور إلى تجويف الرحم مانعاً دخول الأجسام الغريبة وبروتينات البلازمما المنسلية.

أما الطبيعة الفيزيائية لمخاط عنق الرحم فلها دور مهم في الخصوبة الجنسية حيث يمنع المخاط ذو القوام الكثيف للزوجة بصورة فعالة إختراق النطف ودخولها إلى الرحم وهو ما يشاهد في الطور الإفرازي للدورة الشهرية. كما أن لزوجته تعود إلى تأثير هرمون البروجسترون المفرز خلال هذا الطور أو تعاطي حبوب منع الحمل.



## Vagina المهبل

المهبل عضو إتصال جنسي تمر خلاله النطف ويكون ممراً للجنين في أثناء عملية الوضع أو المخاض. وتكون الخلايا الطلائية المبطنة للمهبل تحت تأثير هرمونات البيض في أثناء الدورة الشبقية، لذلك تستخدم اللطخات المهبلية Vaginal smears في بعض الحيوانات لتشخيص مراحل الدورة الشبقية في إناث الفنار والجرذان والكلاب وغيرها.

تنسلخ الخلايا السطحية من داخل التجويف المهبل ب بصورة مستمرة حيث تكون مع المخاط الذي تفرزه الغدد العنقية ما يعرف بالإفرازات المهبلية. وتوجد في المهبل أنواع من الأحياء المجهرية الدقيقة تعرف بالاكتويوباسيلس دودرلين Lactobacilli Doderlein تقوم بتحويل الجلايكوجين الموجود في خلايا إلى حامض اللبنك Lactic Acid لذلك يكون محيط المهبل حامضياً في العادة. أما الغدد الدهليزية Vestibular Glands المعروفة بـغدد بارثولين Bartholin's Glands التي تكافىء الغدد البصيلية الإحليلية المعروفة بـغدد كويرزCowper's Glands في الذكور، فتفتح في الدهليز وتعمل إفرازاتها على تزييته. وبعد غشاء البكارة طية أفقية من القسم الأمامي للمهبل حيث يتمزق هذا الغشاء في المرة الأولى للإتصال الجنسي.

## Vulva الفرج أو السوأة

وهو نهاية الجهاز التناسلي للأنثى وفيه عدد من العضلات الضاغطة الدائرية التي تحكم في فتحه وإغلاقه. ويحتوي الفرج على البظر Clitoris والشفرين الصغيرين والكبيرين وتفتح فيه فتحتا المهبل والإحليل. وبعد الفرج أغنى أعضاء الجهاز التناسلي بالأعصاب الحسية.

## الدورة الشهرية أو دورة الطمث Menstrual Cycle

ما إن تصل الفتاة إلى سن البلوغ حتى يبدأ تدفق الطمث خلال فترات قد تكون غير منتظمة في البداية، ولكنها تأخذ بالإنتظام بعد فترت من الزمن ويحدث الطمث مرة في كل شهر عند أغلب النساء (عند عدم حدوث الحمل) وحتى تصل المرأة إلى سن الخامسة والأربعين تقريباً (الأياس Menopause) حيث تبدأ بعدم الإنتظام مرة أخرى.

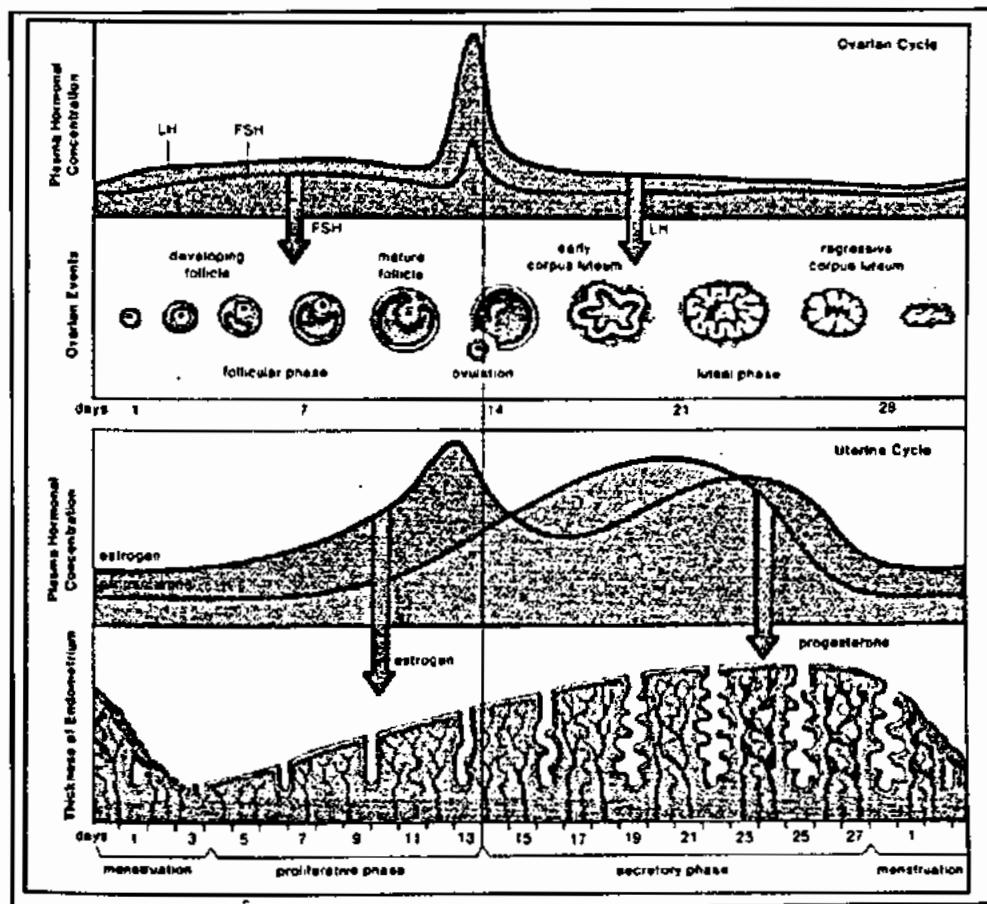


وتعرف المدة الواقعة بين اليوم الأول لحدوث الطمث واليوم الذي يسبق حدوث الطمث التالي بالدورة الشهرية أو الدورة الطمثية. لذلك تشمل الدورة الطمثية أيام حدوث النزف الدموي إضافة إلى الفترة الواقعة بين الطمث وأخر. ويتراوح طول هذه الدورة عند معظم النساء بين 24-32 يوماً ويمعدل 28 يوماً، أما بالنسبة للحيوانات الأخرى مثل الشمبانزي فتبلغ حوالي 35 يوماً. ويمثل حدوث الطمث الذي يحصل من جراء تفتت بطانة الرحم ذروة الأحداث المغلقة المتسلسلة التي تهيء الرحم لاستقبال البويضة المخصبة عند حصول الحمل. أما عند عدم حصول الحمل، فإن بطانة الرحم تنسلخ وبذلك تعاد سلسلة الأحداث بكمالها مرة أخرى.

ويسطير ما تحت الماء بصورة رئيسية ومطلقة على سلسلة الأحداث هذه كما يتأثر هذا الجزء من الدماغ بلإفتعالات والإضطرابات العصبية والشعورية النفسية. فقد تتأخر الدورة الشهرية في بعض الأحيان عن الظهور لفترة قد لا تتجاوز السنة وهي الحالة التي تعرف بغياب الطمث أو الظمهي (Amenorrhoea). يقوم ما تحت الماء خلال الطمث بارسال كميات من الهرمون المحرر لهرمون محفز الجريبات FSH-RH لتحفيز خلايا الغدة النخامية لإنتاج هرمون محفز الجريبات FSH وعندما تزداد كمية هذا الهرمون في الدم تقوم بتحفيز 20-25 جريب من جريبات المبيض. وفي أثناء نمو هذه الجريبات ينبع هرمون الإستروجين وتزداد كميته في الدم (شكل رقم 3-10). وللإستروجين عدة تأثيرات على أنسجة القناة التناسلية وخاصة بطانة الرحم التي تتهيأ عند وجوده. وفي نهاية دورة الطمث ينسليخ الجزء الأكبر من هذه البطانة بعد تفتها يختلط مع الدم ويخرج من الرحم مكوناً ما يعرف بجريان الطمث Menstrual Flow. وت تكون بطانة الرحم من أنابيب ضيقة تسمى غدد البطانة وتستقر هذه الغدد في عدة طبقات من الخلايا تسمى لحمة البطانة Endometrial Stroma Cells ويساعد الإستروجين على نمو هذه الغدد. وتزداد خلايا اللحمة بوساطة التووالد Proliferation، ولذلك تطلق على هذه التغيرات في الرحم التغيرات التووالدية وتسمى المدة التي فيها بمرحلة التووالد Proliferation Phase أو المرحلة الإستروجينية Oestrogenic Phase. وعند نمو الجريبات يستمر مستوى الإستروجين بالإزدياد في الدم حيث يصل في اليوم الثالث عشر من بدء الطمث إلى ستة أضعاف كميته عند البداية. وهذه الزيادة في كمية الإستروجين تؤثر في ما



تحت المهد بوساطة التغذية الإسترجاعية السالبة مسببة خفض الهرمون المحرر لهرمون محفز الجريبات FSH-RH. وفي الوقت نفسه تحفز ما تحت المهد لإفراز هرمون آخر هو الهرمون المحرر للهرمون اللوتيني LH-RH. ويتم حمل هذا الهرمون بوساطة دم الأوعية التي تربط ما تحت المهد بالغدة النخامية وبذلك تحفز بعض الخلايا المخصصة في الغدة النخامية



شكل رقم (3-10) مخطط يبين نشوء الجسم الأصفر في البيض بعد الإباضة وإفراز هرمون البرجستيرون والإستروجين وتغيرات بطانة الرحم خلال الدورة الشهرية.

لإفراز الهرمون اللوتيني LH حيث تحدث الإباضة بسبب إنفجار أحد جريبات البيض طارحاً محتوياته الحاوية على البويضة، ثم يقوم بعد ذلك بتغيير الخلايا التي تكون الجريب المنفجر إلى اللون الأصفر البراق وهو ما يعرف باللاتينية Luteus ومن هنا جاءت تسميته بالهرمون



اللويوني. وتحدث هذه التغيرات في اليوم الرابع عشر من بدء الطمث في الفتاة ذات الدورة الشهرية الطبيعية، حيث يتدفق الهرمون اللويوني ويندفع خلال الدورة الدموية ليصل إلى المبيض فيسبب إنفجار الجريب الذي وصل إلى أعلى درجة من النمو والذي إنتفع كامنطاد وظهر على سطح المبيض على شكل كيس يرى بالعين المجردة. وعند إنفجار هذا الجريب، تندفع البويضة الموجودة في داخله مع السائل الذي تنسلخ إلى خارج المبيض، لتمسك عندها بوساطة النهايات الإصبعية لقناة المبيض. وتسير بعد ذلك بيته خلال تجويف قناة المبيض لتصل إلى مكان حدوث الإخصاب وحالاً تطرح البويضة، ينكش الجريب الفارغ. ويعمل الهرمون اللويوني على خلايا جدران الجريب محوّلاً لونها إلى الأصفر، حيث يسمى الجريب المنكش عندها بالجسم الأصفر *Yellow Body* أو ما يعرف باللاتينية *Corpus Luteum*. ويعزى سبب تغير لون خلايا الجسم الأصفر إلى تغير نشاط هذه الخلايا حيث لا تستمر في إفرازها لهرمون الإستروجين فقط وإنما تبدأ بصنع هرمون آخر هو البروجستيرون *Progesterone* وهي تسمية لهرمون يهيئ الرحم لحالة الحمل التي تدعى باللاتينية *Progesteros* أما بقية الكلمة فتدل على نوع المادة الكيميائية الداخلة في تركيبه.

ويعد البروجستيرون ثاني الهرمونات الجنسية أهمية، وله فعاليات ووظائف كبيرة في جسم الأنثى. وتتضمن هذه الوظائف بصورة رئيسية، العمل على بسط العضلات الإلارادية، وزيادة الإنزيمات الدهنية للجلد، ورفع درجة حرارة الجسم وهذا يفسر وصول درجة حرارة جسم المرأة إلى 37.6 درجة مئوية في النصف الثاني من الدورة الشهرية.

كما أن أهم التأثيرات التي يتجلّى فيها عمل البروجستيرون هو تأثيره على الرحم حيث يجعل جداره سميكًا ويحفز الغدد لإفراز سائل مغذي حيث تصبح ذات قابلية على الإرضاع، وهذا يساعد على تفريز البويضة المخصبة قبل الإنفراش. وتدعى المدة التي تتم فيها هذه التغيرات بعد حدوث الإباضة بالمرحلة اللويونية *Luteal phase* أو المرحلة البروجستينية *Progestational phase*. وعند عدم إنفراش البويضة المخصبة في بطانة الرحم يض محل الجسم الأصفر وبذلك ينخفض مستوى البروجستيرون والإستروجين في الدم وهذا له تأثيران مهمان هما:



أولاً: زوال الضغط على الهرمون المحرر لهرمون محفز لاجربات FSH-RH من تحت المهد فيزيد إنتاج هرمون FSH بوساطة الغدة النخامية.

ثانياً: تبدأ بطانة الرحم السميكة بالإنكماش نتيجة قلة الإستروجين والبروجستيرون فتتخدش الأوعية الشعرية وتتمزق مسبباً حدوث بقع نزفية في الطبقات العميقة لهذه البطانة، وتنفصل وتتفتت وتشسلخ داخل تجويف الرحم مختلطة بالدم، وخلال ساعات قليلة تكون كمية الدم من داخل الرحم بدرجة تجعل الرحم يتقلص طارحاً هذه المحتويات خلال عنق الرحم إلى المهبل وبذلك يبدأ جريان الطمث. وتعاني نسوة عديدات من الآلام خلال فترة الطمث ويطلق على هذه الحالة عسر الطمث Dysmenorrhea وتمثل بتشنجات في المنطقة السفلية للبطن تبدأ قبل 24 ساعة من الطمث وتستمر مدة 12 ساعة أخرى ثم تعود إلى حالتها الطبيعية.

### **عملية نشأة البويضات Oogenesis**

تجري عملية نشأة البويضات ضمن قشرة البيض Cortex الذي يشمل الطبقة الخارجية ويحيط باللب Medulla. وتجهز كل أنتي حاجتها من الخلايا الجرثومية Germ Cells منذ الولادة التي تمو بمراحل نضوج دورية خلال الحياة. وعلى الرغم من أن هذه العملية لا تصبح ذات وجود كامل إلا بعد البلوغ، فهناك إنخفاض متزايد في مثل هذا العدد من الخلايا الجرثومية بين الولادة والبلوغ ويمثل 50%. ويحتوي البيضان عند البلوغ في النساء مثلاً على حوالي نصف مليون خلية جرثومية وفي كل شهر تحاول الكثير من هذه الخلايا المرور بعملية النضوج لتكوين البويضة ولكن واحدة فقط من هذه الخلايا تستطيع الإستمرار في مراحل النضوج بينما تمرباقي بمراحل التنسك والإضمحلال في العادة.

وتكون الخلية الجرثومية الطبيعية في البداية، خلية البويضة الأولية Primary Oocyte التي يحدث فيها انقسام إختزالي أو ما يعرف بالإنقداد Meiosis لت تكون خلية البويضة الثانية Secoondary Oocyte . في أثناء حدوث هذه التغيرات، تتخصص الخلايا التي تحيط بخلية البويضة لتكون جراب جراف Graffian Follicle. الذي يمتلك بالسائل. وقبل حوالي 14 يوماً من تدفق الطمث، ينفجر جراب جراف ليتحرر منه خلية البويضة الثانية التي تمر بالانقسام الخطي Mitosis حيث تتحول بعده خلية البويضة الثانية إلى بويضة تكون

مستعدة للإخصاب، تضم محل خلية البويبية وتموت عند عدم حدوثه. ويعقب تحرر خلية البويبية الثانية من المبيض في عملية الإباضة تغيرات خلوية في جريب جراف الواهط حيث يتحول إلى الجسم الأصفر.

وتفرز الخلايا الموجودة عند حواشي جريب هرمونات إستروجينية بينما تفرز خلايا الجسم الأصفر هرمون البروجستيرون. لذلك يمكن تقسيم دورة الطمث إلى مرحلة ما قبل الإباضة Pro-ovulatory ومرحلة ما بعد الإباضة Post-ovulatory حيث تختل هذه المراحل النصفين الأول والثاني من الدورة الشهرية على التوالي.

لقد أوضحتنا سابقاً التغيرات التي تحدث في أثناء دورة الطمث في بطانة وطلاء أنابيب الرحم والتركيب الخلوي للمهبل وفقدان المواد المخاطية في قناة عنق الرحم. وهذه التغيرات تتزايد في بطانة الرحم. إن جميع هذه التغيرات تتضمن إزالة المخاط من قناة عنق الرحم لتعديل الظروف الملائمة لمرور النطف من خلاله وتحدث تغيرات كثيرة في الأنثى عند الوصول إلى عمر البلوغ الجنسي أو وقت إبتداء الطمث أو الحيض Menarche. كما أن بدء الحيض لا يعني أن الفتاة تصبح مخصبة، حيث أن هناك عادة مدة بين بدء الحيض ووقت القدرة على الإباضة، أو بتعبير آخر قدرة الأنثى على الحمل والتكاثر.

إن المدة الزمنية بين حدوث البلوغ وقابلية الفتاة على الحمل قد تمتد من شهر إلى عدة سنوات وتسمى بفترة اليفاعة أو المراهقة Adolescent Intervale . ومن الواضح أن الفتاة الشابة تكون عقيمة خلال المدة رغم حدوث الطمث حيث لا تحدث الإباضة وتكون الفتاة عندما غير قادرة على الإخصاب والحمل. ويمكن أن تغير إفرازات الغدد الصماء موعد الإباضة أو توقفها. وكما ذكرنا سابقاً تقلل المستويات العالية من الإستروجين أو البروجستيرون من إفراز الهرمونات المحرضة للقند ثم تؤدي إلى هبوط في وظيفة المبيض. وقد يحدث بصورة غير طبيعية أن تكون هناك فترات طويلة وفائضة لإفراز الأستروجين مع وجود إفراز نسبي من البروجستيرون تكون نتيجة زيادة غير طبيعية في سمك بطانة الرحم وتسمى هذه الحالة فرط تنفس بطانة الرحم Endometrial hyperplasia حيث لا تحدث الإباضة في مثل هذه الحالة عادة.



## جهاز التناسل الذكري Male Reproductive System

يتكون جهاز التناسل الذكري من الأعضاء الآتية (شكل رقم 10 - 4):



شكل رقم (4 - 10)

مخطط يمثل الجهاز التناسلي الذكري للإنسان

1. الخصيتان Testes
2. البربخ Epididymis
3. القناة الناقلة (الأسهر) Vas Deferens
4. الغدد اللاحقة Accessory Glands وتشمل:
  - أ- الحويصلات المنوية Seminal Vesicles
  - ب- البروستات (الموته) Prostate
- ج- الغدد البصلية الإحليلية Bulbo-Urethral Glands أو غدد كوير Cowper's Glands
5. القضيب Penis

## الخصية : Testis

يوجد في الإنسان وجميع ذكور الحيوانات غدتان من الغدد التكاثرية المهمة هما الخصيتان اليمني واليسرى، وهما العضوان الجنسيان الأوليان في الذكر ويسميان بالقند أو النسل Gonad ويقعان في داخل كيس من الجلد الرقيق يسمى الصفن Secretum ولهمما وظيفتان أساسيتان هما:

1- إنتاج النطف أو الحيامن Spermatogenic :

وتنتج النطف من النبيبات الناقلة للمني Seminiferous Tubules.

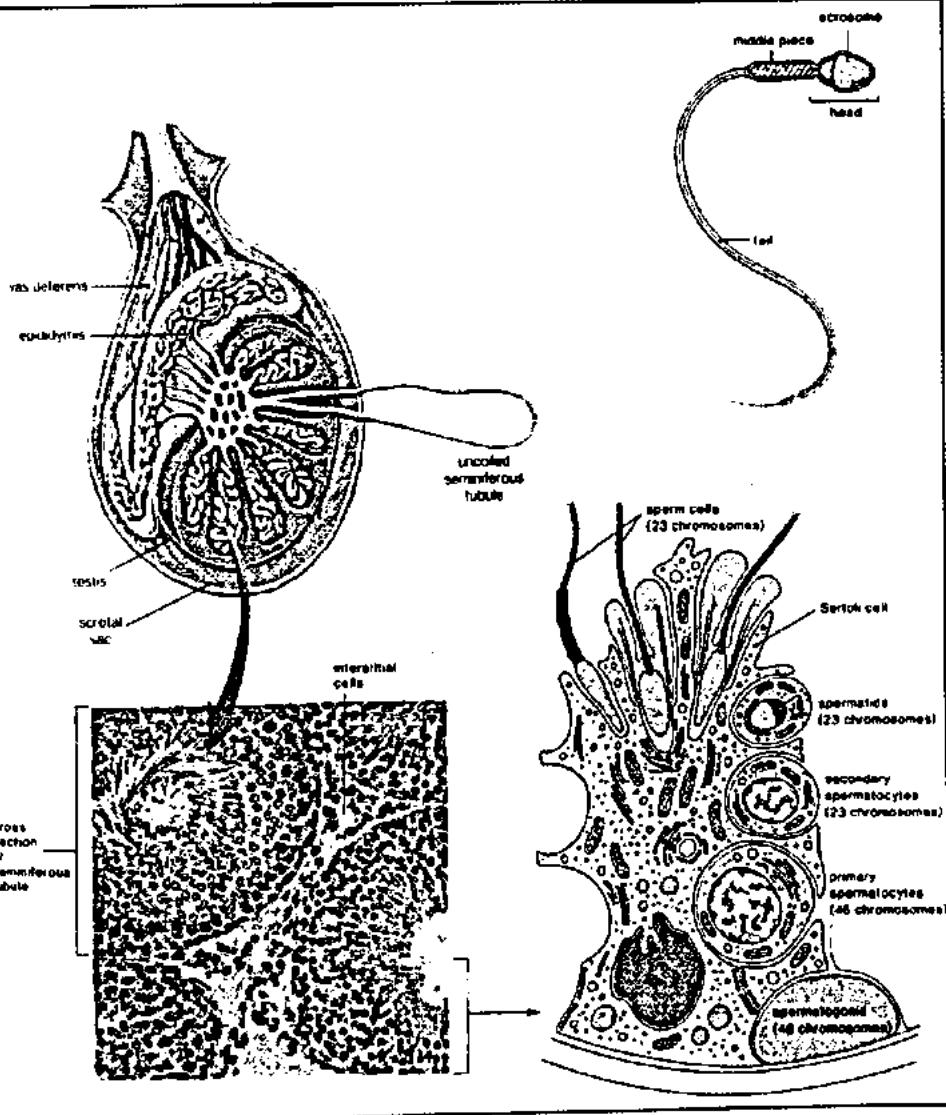
2- إنتاج الهرمونات الستيرويدية Steroidogenic :

وتشمل إنتاج الهرمونات الجنسية الذكرية وبخاصة هرمون الشحمون الخصوي Testosterone بوساطة الخلايا البنينية المسماة خلايا ليدك Leydig's cells تحت سيطرة الهرمون اللوتيني LH المفرز من الغدة النخامية الذي يعرف في الذكر بهرمون محفز الخلايا البنينية ICSH Interstitial Cell Stimulating Hormone وربما يساعده في ذلك هرمون محفز الجريبات FSH. وتقسم الخصية من الناحية التسيجية على قسمين هما:-

أ- القشرة Cortex : وتشكل الجزء الأكبر من الخصية التي تنتج النطف والهرمونات.

ب- اللب Medulla : ويشمل مركز الخصية وهو مليء بالأوعية الدموية واللمفاوية والأعصاب.

وتقسم الخصية على عدد من الفصوص Lobules يحتوي كل منها على عدد من النبيبات الناقلة للمني تتراوح بين 1 و 4 تحاط بنسيج رابط رقيق يحتوي على تراكيب صفاتية وأوعية دموية وأعصاب إضافة إلى الخلايا البنينية المسماة بخلايا ليدك التي توجد على شكل مجاميع (شكل رقم 5-10).



شكل رقم (5-10) الخصية ومكوناتها النسجية

ويبدأ كل نبيب من طرف القشرة بنهاية مسدودة، يتوجه نحو اللب مكوناً النبيب الملتوية Convoluted Tubules التي تتحدد مع بعضها ببعض مكونة نبيبات أكبر قطرًا وأكثر طولاً تدعى بالنبيب المستقيمة Recti Tubules . وهذه بدورها تتحدد مع بعضها مكونة شبكة



الخصية Rete Testis . أما الصفن Secretum فهو عبارة عن حقيبة من الجلد الرقيق التخصص الذي يحوي الخصيتين، ويكون مصمماً بصورة دقيقة لأداء وظيفته. ويكون الجلد ذا صبغات دائمةً ليسمح بالإشعاع الحراري ويكسوه شعر خفيف ولا يحتوي على انسجه دهنية تمنع فقدان الحرارة من الخصيتين وأوعيتهما الدموية. وينقسم الصفن إلى حجرتين ويفصل بينهما حاجز.

### البربخ Epididymis :

وهو عبارة عن تركيب أنبوبي يتصل ويرتكز على الجزء الخلفي للخصية حيث يتلتصق بالحافة البربخية للخصية ويميل بعض الشيء على السطح الجانبي لها. ويكون البربخ من ثلاثة أقسام تكون نهاية الأمامية متضخمة وتسمى الرأس Head بينما تكون النهاية الخلفية أقل تضخماً وتسمى الذيل Tail ويفصل بين النهايتين المذكورتين جزء وسطي ضيق بعض الشيء يسمى بالجسم Body . ويتصل رأس البربخ بالخصية بقنوات متعددة تسمى بالقنوات الصادرة Efferent ductules للخصية، وكذلك بالنسيج الضام والغشاء المصلي. أما القناة الناقلة أو الأسهر Vas deferens فتفتح عند ذيل البربخ. وتمر القناة الناقلة إلى الأعلى في داخل الجوف البطني خلال القناة الارببية Inguinal canal . ويكون ذيل البربخ مخزنًا للنطف ويعمل على نقل النطف بوساطة الخلايا الهدبة المبطنة له وتقلص عضلاته لذلك يمنع إنسداد هذا الجهاز العقد مرور النطف خلال الإحليل في أثناء عملية القذف وبذلك يؤدي إلى عدم وجود النطف في المنى حيث تعرف هذه الحالة بالانتفافية Azoospermia . ويعمل البربخ على تركيز النطف من خلال إمتصاص خلاياه الطلائية للماء الموجود في السائل المنوي.

### القناة الناقلة أو الأسهر Vas deferens :

وتبدأ هذه القناة من ذيل البربخ لتمتد نحو الأعلى خلال القناة الارببية حيث تستمر فوق المثانة وتقرب القناتان اليمنى واليسرى بعضهما من بعض قرب رقبة الحويصلات المقوية بفتحة مشتركة تسمى فتحة التدفق Ejaculatory Orifice . وللقناة الناقلة قطر منتظم يمتد في جميع طولها ما عدا التوسيع الواقع فوق المثانة المسمى بالأنبورة Ampulla .



## الحوبيصلات المنوية : Seminal Vesicles

وهي عبارة عن كيسين على شكل مخروط يقعان في جانبي السطح الظاهري للجزء الخلفي من المثانة داخل تجويف الإحليل مع القناة الناقلة بفتحة مشتركة هي فتحة التدفق. وتفرز الحويصلات سائلًا لزجاً يحتوي على نسبة عالية من الفركتوز Fructose وحامض الستريك Citric Acid وأيونات البوتاسيوم وبعض الأنزيمات. ويكون لون السائل مائل إلى الصفرة. وقد أظهرت البحوث العملية أن إفرازات الحويصلات المنوية تشكل حوالي 50% من حجم القذفة. وتكون الحويصلات صغيرة ومضغوطة في الإنسان إذا ما قورنت ببعض اللبان الأخرى. وتقوم الهرمونات الذكرية أو الأندروجينات بتنظيم كمية الفركتوز في السائل المنوي إلى حد كبير، لذا يعد مؤشرًا حساساً للنشاط الصحي للخصيتين لا سيما في اللبان التي تفرغ جميع إفرازات الحويصلات بقذفة واحدة مثل الإنسان والحصان. أما في الثور حيث تمتلك الحويصلات قدرة على الخزن فإن محتويات ثانوي قذفات متعددة يمكن جمعها خلال ساعة واحدة تحتوي على نسب مماثلة من الفركتوز تقريباً. لذلك يمكن تقدير كمية الفركتوز في الحيوان بمقدار ما تحويه الوحدة الحجمية وليس الكمية الكلية. ويكون الفركتوز مصدراً للطاقة التي تحتاجها النطف في السائل المنوي، لذا كان ضرورياً لتحديد طول المدة التي تعيشها هذه النطف. وتكون قناة كل حويصلة منوية قصيرة تتصل غالباً بالقناة الناقلة مباشرة لتكون القناة القاذفة، وعند إتصالها بقناة الحويصة المنوية يلاحظ وجود تمدد صغير في القناة الناقلة يسمى بالأنبورة Ampulla .

## المؤولة أو البروستات : Prostate

تقع غدة البروستات فوق عنق المثانة وفي بداية الإحليل، وتتكون من فصين جانبيين يوصل بينهما البرزخ Isthmus الذي هو عبارة عن شريط عرضي يقع فوق إتصال المثانة بالإحليل، ويعطي الجزء الأخير من القناة الناقلة، وقنوات الحويصلات المنوية. ولكل فص من فصوص البروستات قناة تفتح على جانبي الإحليل. وقد بينت البحوث أن لغدة البروستات أهمية بحيث أنها يمكن أن تنخفض حياة أي رجل بعد الخمسين من العمر، لذا من الواجب أن نذكرها بشيء من التفصيل.



تتكون البروستات من جزء غدي Glandular وجزء مخفي Fibrovascular الذي ينبع من المكونات النكية كما في إصابة غدة البروستات بالسرطان مثلاً يؤدي إلى صحة السنجق الغدي بالاستروجينات التي يستجيب لها علاج الاستروجينات أو تضليل البروستات فـ يمكن من تضليل البروستات Hyperstimulation لجزء البروستات وهي الحالة الشائعة بتضليل البروستات الحميد Non-neoplastic الذي يكون مصحوباً بـ حموضة في البول الاستروجينات أو الهرمونات النكية التي تسبب نوبات احتقان في البول الهرمونات النكية أو الخصيّة تسمى العبر أو زينة الاستروجين في الخصيّة أو من قشرة الغدة النكريّة وهذا كمثل لبروستات تحيط بالإحليل بعد خروجه من المثانة بـ سرقة كمثل أندر جنون تضليل بـ ضغط عصبية التي Called Neuro or Urination ويعتني بالبول البروستات في بعض الحالات على غير نزيف بـ تقويم يتحقق إثارة لحيوصلات مائية بعد تضليل لـ سرقة عصبية وهذا يؤدي إلى تكبير سدادة المجرى الحبيبي Prostata Enlargement التي تؤدي إلى انسداد المجرى الحبيبي بعد ذلك يتغير في المثانة لـ تصب الأداء منه لحيوصلات بذلك تحدث سدادة على المثانة مما في الإنسان في تلك المثانة تغييرات حافظة كـ جسم سدادة بعد ذلك ولا جسم في المثانة في تغيير آخر فيه تبديل سدادة لإحتفاظ بـ درجة حرارة المثانة

تعود البروستات في نسبتين غدي أصغر للذكور يمكن تضليله بـ تضليل البروستات Prostate Enlargement الذي يمكن شطب سدادة على جزء الأحبيبي ولكنه يختلف بـ تضليل البروستات سدادة خارجي إثارة البروستات في الإنسان على كمية من حمض الموريك غاما Gamma حمض بعد تضليل على لبروستات لـ الذي تـ يمكن استخدامه لـ الحفاظ على المثانة في المثانة في ذلك حفظ المثانة لـ الحفاظ وبـ حموضة معاذ يمكن حفظ حمض لـ تضليل المثانة بعد غسلة الأخت، وبـ حفظ المثانة والأوردة بعد علاج حموضة لـ تضليل المثانة كـ ذلك على تضليل المثانة والآوردة بعد تضليل المثانة وبـ حفظ المثانة البروستات كـ ذلك على تضليل المثانة والآوردة والآوردة وبعد تضليل المثانة وبـ حفظ المثانة المكبد لـ الحفاظ التي تـ يمكن لـ المثانة المثانة والتـ الحفاظ كـ ذلك بـ حفظ المثانة



لتشخيص وجود المني بوساطة التفاعلات الكيميائية المتّعة في أحد اختبارات الطب العدلي. ويحتوي السائل المنوي في البرستات على مواد شبيهة بالهرمونات هي الموثبنات أو البروستكلاندينات التي تكلمنا عنها سابقاً يوجد منها كميات كبيرة في إفراز المولثة أو البروستات.

### **الغدد البصلية الإحليلية : Bulbo-urethral glands**

وتسمى هذه الغدد بـ *Bulbo-urethral glands* نسبة إلى إسم مكتشفها. وهي زوج من الغدد توجد كل واحدة منها على جانبي الإحليل في الإنسان، وتحتوي كل غدة على عدد من القنوات الإفرازية تفتح في الإحليل على شكل حلقات Papilla صغيرة خلف البروستات. وتفرز الغدد البصلية الإحليلية في المراحل المبكرة للتهيئ الجنسي زيتا لزجا يفرغ في الإحليل على طول قناة دقيقة تثبت الغشاء الأسفل للحجاب البولي التناسلي. وكل غدة من الغدد البصلية الإحليلية تكون ذات لون بنى مائل إلى الصفرة بحجم الحمصة تقريباً. وتمتلك بعض اللبناني ثلاثة أزواج من هذه الغدد كما في الحيوانات ذات الجراثيم. وتكون الغدد كبيرة الحجم وذات تركيب إسطواني طويل في الخنزير. كما أن للسنناب غدة كبيرة الحجم ومعقدة نسبياً.

### **القضيب : Penis**

يتكون القضيب من ثلاثة أعمدة مننسج له القابلية على الإنتصاب يسمى بالنسج الناعم Body or shaft، وتحده هذه الأعمدة مكونة ما يسمى بجسم القضيب Root، ولكنها تنفصل بعضها عن بعض عند جذر القضيب Glans. ويحتوي القضيب على جزء ثالث إضافي إلى الجسم والجذر وهو الحشفة Prepuce. ويحفظ الجزء ما قبل الصفن من القضيب في جيب جلدي يسمى القلفة Cavernous Spaces. ويكون النسج الناعم من فراغات كهفية كبيرة Large Cavernous Spaces تمتلىء بالدم في أثناء إنتصاب القضيب. ويحيط جسم القضيب بمحفظة ليفية Sheath or Fibrous Capsule. أما حشفة القضيب فلا تكون مغطاة بمثل هذه المحفظة الليفية. كما يكون الجلد الذي يغطي جسم القضيب غير متماسك ويتحرك بحرية على الأنسجة التي تحته وينطوي على نفسه نحو الخلف عند الحشف مكوناً ما يسمى بالقلفة أو الجلد الأمامي Foreskin . أما في الجهة الخلفية للحشفة فتوجد طية غير سميكة من الجلد

تمر من القلفة إلى الحشفة فوهة الإحليل الخارجية مباشرة يسمى بالشكال Frenulum. أما عملية الختان Circumcision التي تمارس في بعض الأديان السماوية، وفيها يتم إزالة الجزء الفائض من القلفة أو الجلد الأمامي الذي يمتد ليغطي الحشفة كلياً. إن إنتصاب القضيب والقذف يقعان تحت سيطرة الجهاز العصبي نظير الودي والجهاز العصبي الودي على التوالي الذي يكونان الجهاز العصبي الذاتي أو اللاإرادي. فإن انتصاب القضيب يكون تحت سيطرة الجهاز العصبي نظير الودي ويتم نتيجة زيادة كمية الدم وتدفقه في شرايين القضيب وبكميات كبيرة. أما عملية القذف ف تكون تحت سيطرة الجهاز العصبي الودي وتكون من سلسلة من التقلصات المتناظمة المتزامنة التي تبدأ من البربخ وتمتد على طول القناة الناقلة ثم تقلص عضلات البروستات وكذلك العضلات الموجودة حول بصلة القضيب حيث يلفظ السائل المنوي على طول الإحليل من خلال القضيب إلى الخارج. وتفتكك بعض اللبائن ومنها الكلاب مثلاً عظماً في القضيب يسمى عظم القضيب Os penis، يقع في حاجز القضيب بين الأجسام الكهفية ويكون منظم الشكل عادة حيث يساعد على زيادة تصلب القضيب عند الإنتصاب، كما يوجد العظم أيضاً في عدد كبير من القرارض وأكلات اللحوم واللبائن المقدمة ولكنه غير موجود في الإنسان. ويكون من الكبر في عجل البحر Walrus وبعض الحيتان حيث يصل طوله إلى ستة أقدام تقريباً.

#### **النبيبات ناقلة المنوي : Seminiferous Tubules**

هناك تشابه نسيجي مدهش بين مختلف اللبائن في مظهر النبيبات الناقلة للمني فنصف قطر هذه النبيبات في الفيل هو نفسه في الفأر على الرغم من الاختلاف الكبير في حجم خصي الحيوانين.

وتكون النبيبات المنوية من طبقة خارجية تغطي النبيبات تسمى بالغشاء القاعدي Basement membrane. وتقع قرب الغشاء، الخلايا الأبوية Father Cells المسماة باسلاف الخلية النطفية Spermatogonia.

أما الطبقة الداخلية للنبيبات فهي عبارة عن خلايا طلائية جرثومية Germinal epithelium تشمل الخلايا الجرثومية (المولدة) وخلايا سرتولي (الساندة).



## خلايا سرتولي (الساندز) Sertoli Cells

وهي خلايا كبيرة مثمنة الشكل تنشأ من طلاء النبيبات وتكون قاعدتها مثبتة على الغشاء القاعدي وقمعها باتجاه تجويف هذه النبيبات.

ويحتوى سايتيلازم خلايا سرتولي على الميتوكوندريا وشبكة بلازمية محيبة أو غير محيبة ويكون غنياً بالجلايكوجين والبروتينات والدهون، وفيه نواة بيضوية الشكل تقع قرب قاعدة غشاء الخلية بجوار الغشاء القاعدي للنبيبات الناقلة للمني.

وقد اختلفت الآراء حول الوظائف الأساسية لخلايا سرتولي في عملية نشأة النطفة، ولكن تأكيد أنها تلعب دوراً كبيراً لاحتضان واسناد تطور الخلايا الجرثومية المولدة. كما أن لها دوراً في تنفسية النطفة غير الناضجة قبل مغادرتها النبيبات وانطلاقها بعد البلوغ إلى تجويف النبيبات.

ويعتقد أن خلايا سرتولي دوراً مهماً في التوسط والسيطرة على الهرمونات التي تؤثر في عملية نشأة النطفة وكذلك إفراز الهرمونات الستيرويدية وإنتاج السائل الخصوي Testicular Fluid. وتكون خلايا سرتولي حاجزاً بين الخصية والدم الداخل إليها حيث تمنع دخول الأجسام الغريبة إلى النبيبات الناقلة للمني.

## الخلايا الجرثومية (المولدة) Germ Cells

وهي الخلايا الجنسية المولدة للنطف في الذكر، وتنشأ من طلاء النبيبات الناقلة للمني أيضاً، وتكون بمراحل مختلفة من التطور.

وتحتوي الخلايا الجرثومية على نواة كبيرة نسبياً تحتوى على العدد الكامل من الكروموسومات (2n) الممثل لنوع الحيوان. كما أن فعالية هذه الخلايا لا تكتمل إلا عند بلوغ الحيوان. وقد ظهر أن الخلايا الجرثومية، قد تبدأ بالتطور منذ المراحل الجنينية، حيث ثبت ذلك جلياً في الفحوصات المجهرية التي أجريت للنبيبات المأخوذة من خصية العجل البالغة رغم أن أقصى درجات التطور تحدث بعد البلوغ.

## نشأة النطفة Spermatogenesis

تشابه خلايا نشأة النطفة داخل النبيبات الناقلة للمني في الأساس في الإنسان وجميع الحيوانات تقريباً. وتشمل عملية نشأة النطفة سلسلة معقدة من الانقسامات الخلوية والتخصيبية يختزل خلالها العدد الكامل من الكروموسومات الممثلة لنوع إلى النصف (n)، حيث تتضاعف الخلايا الجنسية وتترافق بدورها وتحورات مختلفة تؤدي بعد ذلك إلى إنتاج النطف.



وتبدأ عملية شأة النطفة بتطور وانقسام الخلايا الابوية المسماة اسلاف الخلية النطفية Spermatogonia ويرجعها من منطقة وجودها في الغشاء القاعدي للنبيبات إلى التجريف حيث تقسم انقساماً خطيطاً Mitosis مكونة نوعين من الخلايا، أحدهما خامل والآخر فعال ويستمر النوع الفعال من الخلايا بالانقسام لاعطاء خلتين ايضاً أحدهما خاملة والأخرى فعالة وستمر الخلايا الخامدة لاعطاء النتيجة نفسها في كل مرة وذلك لحفظ العدد الثابت من الخلايا الجنسية.

اما الانواع الفعالة من هذه الخلايا فتتبرك بالحجم وتنتظم مكونة الخلايا النطفية الاولية Primary spermatocytes التي تنتظم بدورها انقساماً اخترالياً Meiosis يختزل فيه العدد الكافى من الكروموسومات إلى النصف مكونة الخلايا النطفية الثانية Secondary spermatocytes وهذه تنتظم مرة اخرى لتتخرج عنها اروميات النطفة او ما يسمى بطلائع النطف Spermatids. وبعد ذلك تتحول اروميات النطفة وتنضج بدون انقسام لتكون النطف او الحيامن الناضجة Spermatozoa.

وبذلك اروميات النطفة نصف العدد الاصلی من الكروموسومات التي تحويها اسلاف الخلية النطفية. وبذلك نرى أن كل خلية ابوية قد انتجهت 64 خلية من اروميات النطفة اضافة إلى وجود المصدر المعمول الثابت والمستمر من الخلايا الجنسية الخامدة.

إن عملية انقسامات الخلايا الجرثومية المذكورة أعلاً التي يتضاعف فيها عدد الخلايا الجنسية الذكرية ثم يختزل عدد الكروموسومات في نواة الخلية إلى النصف تسمى بعملية نشأة الخلية النطفية Spermatocytogenesis.

اما عملية تطور طلائع النطف ونضجها لتكون النطف فتسمى بعملية تحور الخلايا النطفية (حؤول النطفة Spermogenesis). ولا يحدث أي انقسام خلال هذه المرحلة، وإنما تجري بعض التحولات في سايتوبلازم ومكونات الخلايا وتشمل فقدان معظم السايتوبلازم بما في ذلك الحامض النووي الريبي (RNA) والماء والكلاريكوجين وحدوث تغيرات في الشكل لانتاج خلايا متطاولة ومتراصة ومتحركة ذات رأس وذلك في النطف او الحيامن الناضجة.

وتتمر النطف باربعه مراحل متتالية لنصل إلى مرحلة النضج تتلخص بما يأتي :



1- مرحلة كولجي .Golgi Phase

2- مرحلة القبعة (القلنسوة) .Cap Phase

3- مرحلة الجسم الطرفي .Acrosomal Phase

4- مرحلة النضج .Maturation Phase

وتمتلك النطفة الناضجة شكلاً مميزاً حيث تحتوي على رأس Head وقطعة وسطية Middle Piece ونيل Tail تتحرك به يأخذ الحصة الكبرى من طول النطفة الكلي.

وستتغرق عملية نشأة النطفة في الرجل حوالي 10 - 11 أسبوعاً وتحتاج إلى أسبوعين آخرين لاتمام نضج النطف وانتقالها خلال البربخ إلى منطقة ذيل البربخ حيث تخزن هناك. وتشمل عملية نضج النطف التخلص من السايتوبلازم لتبقى النطفة بعد ذلك مكونة من رأس يحتوي على نواة وقليلًا من السايتوبلازم في القطعة الوسطية والذيل.

إن ما يجب ملاحظته هنا هو أن أي تأثير قد يصيب عملية نشأة النطفة، يؤدي إلى إنتاج نطف شاذة ومشوهه، ويظهر ذلك جلياً في النطفثناء مرورها في البربخ ثم يلاحظ على النطف التي تفзд خلال أسبوعين.

أما الخاصية التي تميز نشأة النطفة فهي كونها عملية مستمرة تحدث دوريًا في النبيبات ناقلة المنى بصورة غير متزامنة بحيث تنتج النطف من الخصبة وتقر إلى البربخ بصورة مستمرة. وعندما تترك النطف الخصبة لا تعتمد عليها في الحركة خلال قناة البربخ. كما أن إزالة أحدى الخصيتيين يؤدي إلى تضخم الخصبة الباقية وزيادة فعالية عملية نشأة النطفة فيها لتعويض عمل الخصبة المزالة.

### **السائل المنوي أو المنى : Seminal Fluid or Semen**

وهو السائل المتجمع في أثناء القذف الذي تسبح فيه النطف، وقد ظهر أن 60 - 90% من هذا السائل ينتج بوساطة الغدد اللاحقة أو الإضافية. ويتراوح حجم السائل المنوي في القذفة الواحدة بين 2 - 7 سم³ وبمعدل 3.5 سم³. ويحتوي كل سـم³ من السائل المنوي في الإنسان على 60 - 150 مليون نطفة يكون فيها ما لا يقل عن 80% طبيعية الحجم والمظهر الخارجي في الأحوال الاعتيادية.



وتقسم النطف غير الطبيعية أو المشوهة بصورة عامة على سبعة أنواع رئيسة، كأن تكون مثلاً أكبر من الطبيعية أو أصغر أو أقل سماكاً، أو بيضوية الرأس بدلاً من كمثيرة الرأس أو ثنائية الرأس، أو غير متchorورة، أو غير ناضجة وتمثل الخلايا غير الناضجة بعض الخلايا التي انسلخت من التبيبات الناقلة للمني قبل أن تصل إلى مرحلة النضج الكامل، وهي عادة خلايا في الأدوار الأخيرة لنشأة النطفة تعرف طلائع النطف Spermatids، وتكون أما مفردة أو متجمعة على شكل خلايا متعددة النواة. وتظهر مثل هذه الخلايا في الأحوال الбинية غير الطبيعية أو نتيجة أنواع معينة من الاجهاد.

أما في الظروف الاعتيادية والصحية فيكون حجم السائل المنوي ومظهر الخلايا ثابتين تقريباً في الأعمار التي تقع بين 20 و 40 سنة مع وجود نسبة قليلة من الانواع غير الطبيعية. كما تكون حوالي 80% من النطف بحالة الحركة Motile.

ويعد السائل المنوي للإنسان فريداً بين السوائل المنوية للبائن الأخرى في احتوائه على نسبة عالية من النطف المشوهة قد تصل إلى حوالي 20% في حيوانات المزرعة التي تظهر مثل هذه النسبة من التشوهات في نطفها لا يمكن الاستفادة منها في التلقيح وتذبح عادة.

إن وجود النطف بكثافة 30 مليون لكل سم<sup>3</sup> من السائل المنوي أو أقل تسمى حالة قلة النطف Oligospermia تكون صفة الذكر العقيم غالباً الذي لا يتعذر حجم قذفته أكثر من 0.5 سم<sup>3</sup> واحد. أما اختفاء النطف بصورة كاملة في السائل المنوي فتسمى بحالة اللالطافية Azoospermia وفيها لا يتم الإخصاب مطلقاً.

تتأثر حركة النطف بالحرارة وتتوقف النطف عن الحركة بعد حوالي 24 ساعة عند حفظ السائل المنوي في حاضنة درجة حرارتها مماثلة لدرجة حرارة الجسم، كما تموت النطف بسرعة بدرجة حرارة 48°C. وتعد حركة النطف واحدة من أهم الجوانب التي يجب توافرها في المنوي الطبيعي حيث يجب أن لا يقل مقدار النطف المتحركة فعلياً عن 60% لتكون العينة مخصبة. أما تبريد السائل المنوي الفجائي فيسبب موت النطف ومع ذلك يمكن حفظ نطف الإنسان والثور في ظروف التحضير والخزن الجيدة بدرجة 79°C تحت الصفر لعدة سنوات، وبعد ذلك يمكن إعادة تدفتها واستعمالها بنجاح في التلقيح الاصطناعي.

ـ طف كذلك بدرجة الحامضية Acidity أو القاعدية Alkalinity رغم كون السائل



المنوي قاعدية في الاحوال الاعتيادية. أما افرازات المهلل ف تكون حامضية كما ذكرنا وخاصة في وقت حدوث الاباضة Ovulation.

لقد رجى الباحثون عدة انتقادات للطريقة التي يحدد فيها مقدار قابلية الاخصاب في الذكر التي تعتمد في الاساس على عدد وحركة النطف. كما أن استعمال نموذج قياسي للمقارنة العددية للشخص الطبيعي البالغ 60 مليون نطفة في كل سم<sup>3</sup> يلقي الذنب في عدم الاخصاب على الذين تكون القيم العددية لنطفهم أقل من هذا العدد. ومع ذلك استطاع العديدون أن يكونوا أباء لعوائل كبيرة رغم القيم العددية لنطفهم التي لا تتعدي 15 مليون في كل سم<sup>3</sup> من السائل المنوي. كما وظهر أن وجود نطفة واحدة فقط ضروري لتلقح البويضة في الوقت الصحيح رغم أن زيادة القيمة العددية للنطف تعي زبادة احتمال حدوث الاخصاب.

أما القيم الأخرى التي استعملت مقاييساً للخصوبة الجنسية مثل محتويات السائل المنوي من الفركتوز Fructose فليست مقاييساً لنشاط منشأ النطفة، لأن الفركتوز يفرز من الحويصلات المنوية التي ينظمها النشاط الاصمي للخصبة وليس له علاقة بقابلية الخصبة على انتاج النطف.

اما البلازمـا المنوية Seminal Plasma فيقصد بها الجزء السائل من مكونات السائل المنوي الذي تكون فيه النطف في حالة عالقة. ويكون من افرازات الغدد اللاحقة مثل الحويصلات المنوية والموئة وله تركيب كيميائي معقد، حيث يحتوي على مركبات بسيطة مثل سكر العنب والفركتوز والبروتينات ومواد أخرى أكثر تعقيداً هي الموثيلات Prostaglandins التي ذكرناها سابقاً. ويمكننا تلخيص أهم وظائف البلازمـا المنوية بما يأتي :

1 - عمله على تنظيف أو غسل الاحليل بوساطة السائل الغني بالمخاط الذي يفرز من الغدد البصلية الاحليلية.

2 - عمله وسطاً أيضاً (Metabolizable Substrate) يكون غنياً بالاليونات المهمة والسكر وخاصة الفركتوز المكون لافرازات الحويصلات المنوية.

3 - عمله وسطاً عالقاً ومنشطاً، حيث اظهرت البحوث أن جمع النطف من الخصبة أو البربخ مباشرة ووضعها في البلازمـا المنوية يجعلها نشطة بصورة كاملة، كما يؤدي إلى زيادة حركتها.

4- تحفيز الرحم عن طريق بعض المواد الموجودة فيه وخاصة الموثبات التي تعد واحدة من المحفزات القوية لتنقلصات العضلات الملساء.

5- إن احتواء البلازمما المنوية على عوامل مانعة التكيف Decapacitation Factors تجعل النطف غير قادرة على هضم واختراق خلايا انسجة الجسم. كما لوحظ أن النطف في معظم اللبائن لا تستطيع اختراق أغشية البويضة وتلقيحها ما لم تتعرض لأفرازات الجهاز التناسلي الأنثوي لمدة تتراوح بين 2 و 4 ساعات لغرض مرورها في حالة التكيف Capacitaion الضرورية التي تشمل تنشيط الجهاز الانزيمي للنطف إضافة إلى حدوث تغيرات فسيولوجية وشكلية وكيميائية في النطف وانطلاق سلسلة من الانزيمات المحطة التي تكسب النطف القدرة على اختراق أغشية البويضة المختلفة.

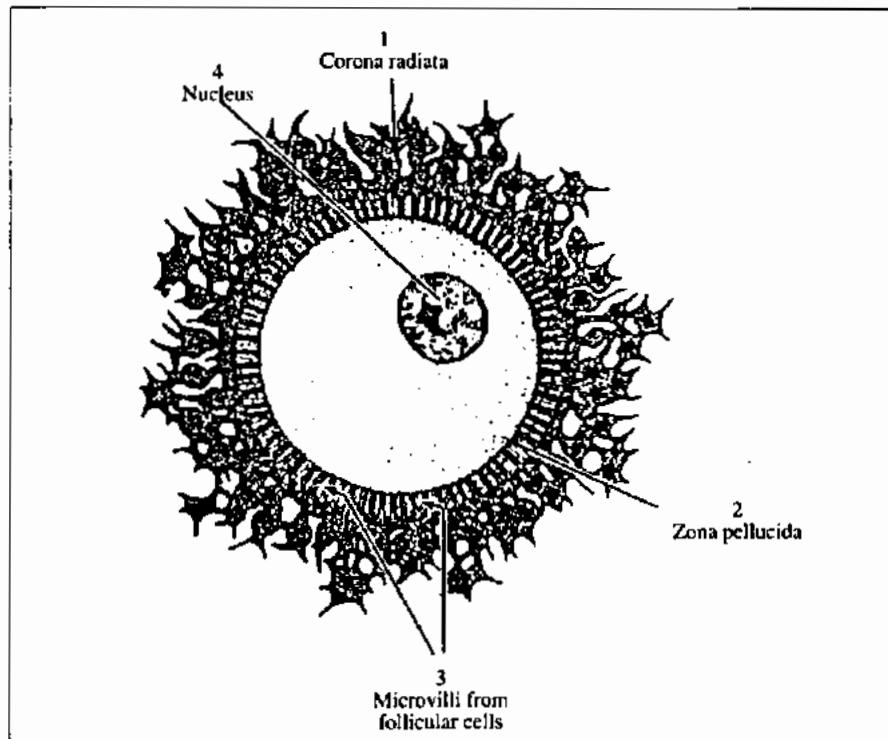
### **Ovum Transport : انتقال البويضة**

ويقصد بها انتقال البويضة من مكان انطلاقها من المبيض حتى وصولها إلى المنطقة الملائمة لحدوث الإخصاب وملاقاة النطفة. فعند تمرق جريب جراف، تلفظ كتلة من السائل الجريبي المحتوى على البويضة إلى المنطقة القريبة من النهاية المخملة لأنابيب الرحم حيث تنتقل بعدها إلى القمع ثم تدخل إلى أنابيب الرحم.

إن مرور البويضة خلال أنابيب الرحم وتوقفاتها تعد إحدى الظواهر المتشابهة بدرجة غريبة في جميع اللبائن تقريباً. وتستغرق هذه الرحلة حوالي 3 - 4 أيام قبل وصول البويضة إلى الرحم. ويظهر أن للإهداب المبطنة لأنابيب الرحم وحركتها باتجاه الرحم دوراً في نقل البويضة إضافة إلى السوائل المفرزة والتأثير الكبير لتنقلصات أنابيب الرحم.

وتسسيطر الهرمونات على حركة وانتقال البويضة كما هو الحال في انتقال النطف، حيث يسبب إفراز هرمون الاستروجين بطء في حركة البويضة خلال الأنابيب بعكس هرمون البروجستيرون الذي يسرع من هذه الحركة.

وتبقى البويضة نشيطة لمدة 12 ساعة تقريباً في معظم الحيوانات الاليفة حتى يتم إخصابها. وتحتوي البويضة وقت نزولها على فواه تحيط بها المخ Vitellus الذي يحدد الغشاء المحي Vitelline membrane. ويحاط الكل بغشاء رقيق يعرف بالطبقة الشفافة Zona Pellucida التي يحيط بها التاج الشعاعي Corona radiata (شكل رقم 10 - 6).



شكل رقم (٦) مقطع خالل بويضة تحيطها الخلايا الجريبية.

١- الناج الشعاعي. ٢- الطبقة الشفافة. ٣- زهابات مجبرية لخلايا الجريب. ٤- النواة.

وتمر البويضة خلال انبوب الرحم المختص ويكون مرورها سريعاً نسبياً خلال الانبوبة ثم تتوقف مدة يومين عند الاتصال الانبوري البرزخي. ويتدفق خلال هذه المدة وعند انتقال البويضة انزيم الفوسفيتاز الحامض Acid phosphatase الموجود في منطقة الاتصال مسبباً ازالة خلايا المتراكم الخلوي والناج الشعاعي. وبعد توقف البويضة في هذا الاتصال هو السبب في طول الوقت الذي تستغرقه في رحلتها. ثم تدخل البويضة بعد ذلك إلى البربخ لتبقى في المنطقة البعيدة منه لفترة معينة تمر بعد ذلك بسرعة لتدخل الرحم.

**التكيف Capasitazione:** يتحقق التكيف باندماج بروتينات الكافاسين على سطح البويضة مما يعطي لها قدرة على التعلق بالمنطقة المخصبة للرحم. ويقصد بالتكيف، فترة الحضانة الضرورية للنطف التي تقضيها داخل القناة التناسلية الأنثوية لتصبح بعدها قادرة على الاصحاح.



وتعني عملية التكيف ازالة الطبقة البروتينية الكاربوهيدراتية Glycoprotein Coat التي تغلف النطف حيث تكتسب بعدها القدرة على الاصحاب.

وقد اظهرت البحوث أن النطف المأخوذة من البريغ تحتاج لأن تعرض لمدة تكيف في الجهاز الانثوي حتى تكتسب القدرة على الاصحاب. وتشمل عملية التكيف حدوث تغيرات فسيولوجية وشكلية وكيميائية في النطف اضافة إلى انطلاق سلسلة من الانزيمات المحتلة (ربما Glucuronidase - β) حيث تصبح بعدها النطف قادرة على اختراق المتراكم الخلوي والغشاء الحي ثم الطبقة الشفافة للبويضة. وتزداد حركة النطف بعد التكيف حيث يزداد استهلاكها للأوكسجين وتكتسب وزناً جزيئياً أقل.

واقتراح بعض الباحثين أن التكيف يشمل تنشيط الجهاز الانزيمي للنطف نفسها حيث تتم العملية في داخل الجهاز الانثوي لوجود عامل مساعد فيه. وتم العملية بفقدان النطفة للجسم الطرفي (القبعة) Acrosome. بينما اقترح آخرون أن التكيف يشمل تجريد القبعة بطريقة تسهل عملية انتقالها معرضة انزيماتها المحتلة للعمل وتجعلها ذات قابلية على هضم الخلايا التي حولها.

وقد وصفت ظاهرة التكيف بأنها عملية تحضيرية يجب أن تعانيها جميع النطف خلال اقامتها المؤقتة في الجهاز التكاثري الانثوي وقبل عملية الاصحاب. وبكلمة أخرى، من الضروري أن تبقى النطف في الجهاز الانثوي فترة من الزمن قبل عملية الاصحاب. وتساعد الكميات القليلة من الاستروجين في تحفيز عملية التكيف في إناث الارانب التي ازيلت منها المبايض.

وبعد دخول أول نطفة واختراقها للطبقات المختلفة للبويضة يحدث تغير في الطبقة الشفافة يتكون بموجبه المح الساد Vitelline Block الذي يمنع النطف الآخرى من الدخول، وتسمى هذه العملية بتفاعل الطبقة Zona reaction.

اما عند دخول اكثرا من نطفة وهي من الحالات النادرة جداً واختراقها للطبقة الشفافة والمح فتسمى الحالة بتعدد النطف Polyspermy التي تؤدي إلى موت الجنين المتكون في المراحل الاولى لتطوره.

**الاصحاب Fertilization** تبدأ الحياة الجديدة عندما تلقي نطفة واحدة فقط من بين ملايين النطف التي يقذفها الذكر

البويضة. ويحدث الاخصاب في معظم اللبائن تقريرًا في منتصف انباب الرحم أو منطقة اتصال الانبورة بالر ZX - Ampulla Junction. وتصل النطف إلى هذه المنطقة قبل البويضة بعد ساعات وبعد حوالي 15 دقيقة من بعد التكيف وتحتفظ معظم نطف الحيوانات بقابليتها على الاخصاب مدة 24 ساعة تقريرًا وقد تطول هذه المدة في بعض الحيوانات مثل الفرس لتصل إلى خمسة أيام.

وتتضمن مكونة الاخصاب اختراق لمنطقة الاغشية الخلوية التي تحيط بالبويضة حيث تخترق المراكم الخلوي بوساطة الحركة، ثم تقوم النطفة بعد ذلك باختراق الطبقة الشفافة من منطقة صغيرة بعد تحليلها مكونة شقًا لمورها بوساطة انزيم الاكروسين Acrosin الذي يفرز من رأس النطفة بعد فقدان الجسم الطرفي أو القبعة Acrosome . ويظهر أن عملية الاخصاب تتأثر بالانزيمات المحلة وهي الهايلورونيديز Hyaluronidase نوع من البروتين يشبه التريپسين Trypsin الموجود في قبعة النطفة.

اما اختراق غلاف البويضة فيتم بوساطة اتحاد رأس النطفة بغلاف البويضة حيث تتكسر قبعة الجسم الطرفي وتندمج البويضة بالنطفة مكونة البويضة المخصبة Zygote . وبهذه الطريقة، تقوم نطفة واحدة فقط بتاقيق البويضة، وتبدأ الحياة الجديدة حالما تمتزج كرومومسومات البويضة بكرومومسومات النطفة لتبدا البويضة المخصبة بالانقسام بعد ذلك تحت سيطرة الجينات.

وستتفرق عملية اختراق النطفة لاغشية البويضة وحدوث الاخصاب حوالي 12 ساعة، ويعتمد تحرير انزيمات قبعة النطفة على حدوث ظاهرة التكيف التي تشمل تغيراً في استقرارية اغشية النطف والتخلص من الانزيمات من داخل القبعة بوساطة رد الفعل الذي يحدث فيها. حيث يتحول الغشاء الذي يغطي القبعة إلى تركيب وعائي.

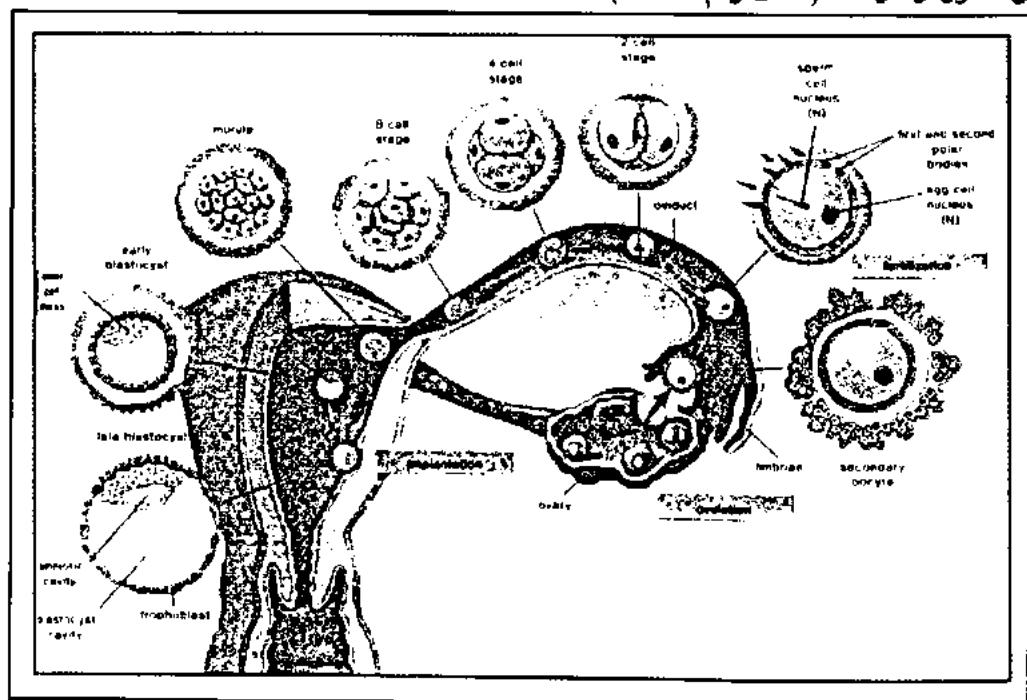
وتشمل عملية الاخصاب اتحاد النطفة والبويضة التي تحتوي كل منها على نصف العدد الاصلي من الكرومومسومات ضماناً لعودة العدد الاصلي الخاص بال النوع في الفرد. ولما كانت الجينات تقع على الكرومومسومات فإن هناك عطاء للعوامل الوراثية تسهم به الخليتان عند حدوث الاخصاب. إضافة إلى ذلك هناك سلسلة من التغيرات المعقّدة في الحالة الكيميائية



وتركيب البويضة تحدث عندما يتم الاصحاب. وقد اعتبرت هذه التغيرات بمجموعها وسائل تنشيط حيث درست بشكل مفصل من قبل الباحث لورد وتشكيلد عام 1956. وقد اظهرت نتائج هذه الدراسة أن هناك تغيراً في قابلية التوصيل الكهربائي للبويضة وزيادة في فاعليتها التنفسية وتغير في تركيز مكوناتها الكيميائية مثل املاح الكالسيوم يتم في اثناء عملية الاصحاب.

### الانغرسas : Implantation

تبدأ البويضة المخصبة، بعد حدوث الاصحاب بالتطور، وتمر بسلسلة من الانقسامات الخلوية حيث تنقسم بموجبها إلى خلتين متماثلتين وهذه تنقسم إلى أربعة خلايا ثم إلى ثمانية خلايا... وهكذا، وجميع هذه الانقسامات خيطية تحتوي فيها الخلايا على العدد الكامل من الكروموسومات (شكل رقم 10 - 7).



شكل رقم (7 - 10)

مخطط يبين الانقسامات المتتالية التي تمر بها البويضة المخصبة وتكون البلاستوني وتطور الجنين.

ونتيجة لهذه الانقسامات المترالية تكون كتلة خلوية شبيهة بشمرة التوت في داخل المنطقة السفافة للبويضة المخصبة، لذلك تسمى هذه المرحلة من التطور الجنيني الابتدائية بالمرحلة



التوتية Morula Stage. وبعد ذلك تستمر الانقسامات لت تكون كرة مجوفة تسمى بكيس العصيفة أو البلاستولي Blastocyst التي تحتوي على طبقتين تسمى الخارجية منها والمحيطة بالكيس بالخلايا الغازية أو الجرثومية Trophoblasts، وتعمل على تغذية الجنين النامي. أما الطبقة الداخلية فتحتوي على نكيل من الخلايا الداخلية.

وتعمل انزيمات السائل الرحمي على هضم النطاق الشفاف ليصبح عندها كيس العصيفة مستعداً للانفراش في بطانة الرحم الذي يصل إلى مرحلة افرازية كافية لقبول الانفراش. وتعمل انزيمات الطبقة الجرثومية النامية على هضم وتحضير تجويف مناسب للانفراش في بطانة الرحم. وعندما تحدث تغيرات في بطانة الرحم يتم بوساطتها انغلاق ما يعرف بالغشاء الساقط Decidua فرق قمة التجويف.

وتهاجر البويضة المخصبة مباشرة بعد حدوث الاصداب حيث تستغرق يوماً واحداً للوصول إلى البرزخ ثم تبقى هناك مدة ثلاثة أيام أخرى تتحرك بعدها نحو الرحم وتبقى فيه حرقة طلقة مدةً مختلفة بحسب نوع الحيوان، حتى تجد مكانها الملائم لتضطجع فيه على بطانة الرحم وبذلك يتم الانفراش.

ويعتمد الجنين النامي في بداية حياته على الحليب الرحمي Uterine Milk حتى تتحول تغذيته بعد ذلك لتصبح بوساطة المشيمة أو السخت Placenta التي ت تكون بعد الانفراش.

## الحمل والوضع Pregnancy and Parturition

يتهدأ الرحم لاستقبال الجنين النامي قبل حدوث الحمل بمدة من الزمن. ويشكل الرحم بالنسبة للجنين محيطاً واقياً ومظلماً ورطباً ومعقاً إضافة إلى توفيره الغذاء للجنين. وتحدد تغيرات هرمونية منتظمة في الجهاز التناسلي الأنثوي لاعداد الجهاز لقبول الحمل مثل حدوث تغيرات وعائية في الأعضاء المختلفة إضافة إلى نمو والتلاف الغدد الرحمية وترشيح الكريات البيض.

وإذا قدر للحمل أن يستمر، فإن الأحداث المتتالية يجب أن تتم في مواعيدها حتى نهاية الحمل. وتأثير مستويات هرمونات البيض في الرحم (لأنه العضو المستهدف لعمل هذه الهرمونات). ويعمل الاستروجين على بطانة الرحم مسبباً نمو طلائها وتطور قنوات الرحم والعضلات الرحمية.

اما عند حدوث الاباضة، فيبدأ فعل هرمون البروجستيرون نتيجة ارتفاع مستوىه في الدم، وبالتالي بين البروجستيرون والاستروجين الموجود تتأثر بطانة الرحم وعضلاته وتتشعب الغدد الرحمية وتزداد تفرعاتها والتواهاتها وتقوم بافراز مواد مخاطبة سميكة القوام تعمل وسطاً غذائياً للبويضة المخصبة لحين حدوث الانفراص.

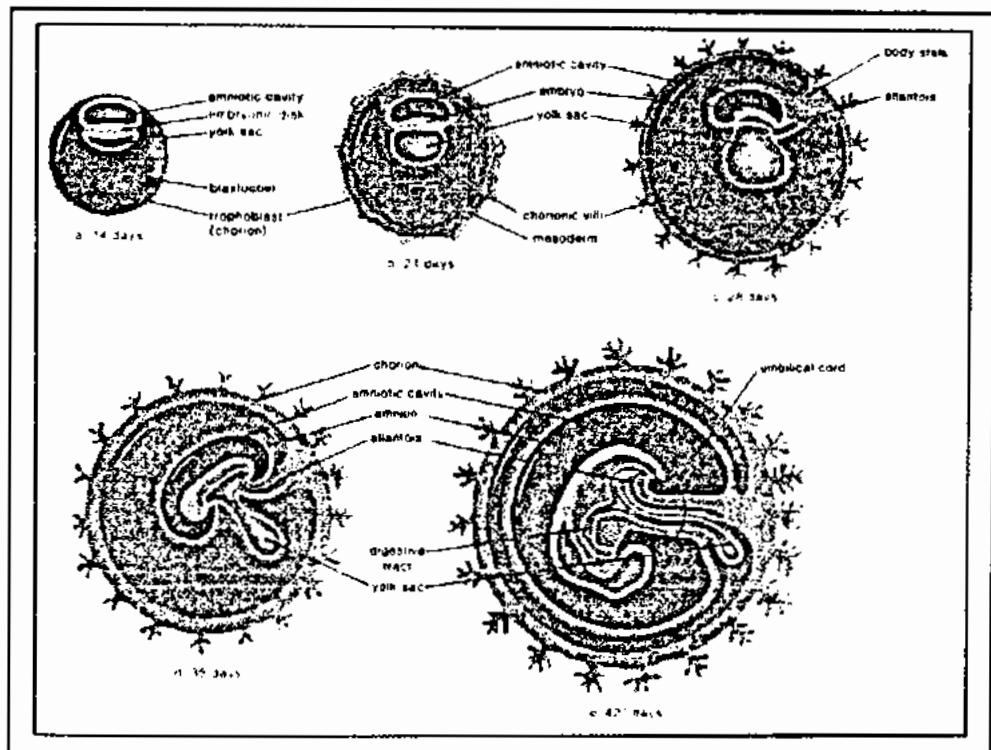
ويسبب افراز هرمون البروجستيرون بعد حدوث الاباضة هدوء عضلات الرحم لتجعله أكثر ملائمة لقبول البويضة المخصبة وحدوث الحمل.

ويؤثر وجود الجنين في الرحم في الغدة النخامية لافراز الهرمون اللوتيني LH لادامة الجسم الاصفر واستمراره في افراز البروجستيرون بدلاً من اضمحلاله. ويؤثر المستوى المرتفع للبروجستيرون والمستوى المنخفض للاستروجين في زيادة لزوجة وسمك الافرازات المخاطية لعنق الرحم التي تؤلف سدادة عنق الرحم Cervix Plug الذي يغلق هذه الفتحة باحكام ويعيق بذلك دخول الاجسام الغريبة طيلة فترة الحمل.

ويرافق الحمل بعض التغيرات التي تحدث في اعضاء محددة من جسم الانثى مثل الجهاز التناسلي والقناة الهضمية إضافة إلى زيادة الوزن وزيادة الوعائية والتورم في احياناً كثيرة. ويزداد حجم الرحم تدريجياً لغرض استيعاب الجنين النامي، وتنم هذه الزيادة عن طريق توليد خلايا جديدة بوساطة الطبقة المولدة في جدار الرحم أو بزيادة عدد خلايا الرحم نتيجة الانقسام أو بزيادة حجم الخلايا المفردة المكونة للرحم نفسها.

إن حرمان الأم الحامل من التغذية المتوازنة والجيدة الكافية لحصول هذه التغيرات وزيادة الوزن خلال فترة الحمل يجعلها تستهلك الطاقة الموجودة في جسمها لسد حاجة الجنين. لذلك يجب تغذية الأم بصورة ملائمة بأغذية تحوي العناصر الغذائية الرئيسية كالبروتينات والكاربوهيدرات والفيتامينات والمعادن والدهون وغيرها لحين انتهاء فترة الحمل وحدوث عملية الوضع Parturition.

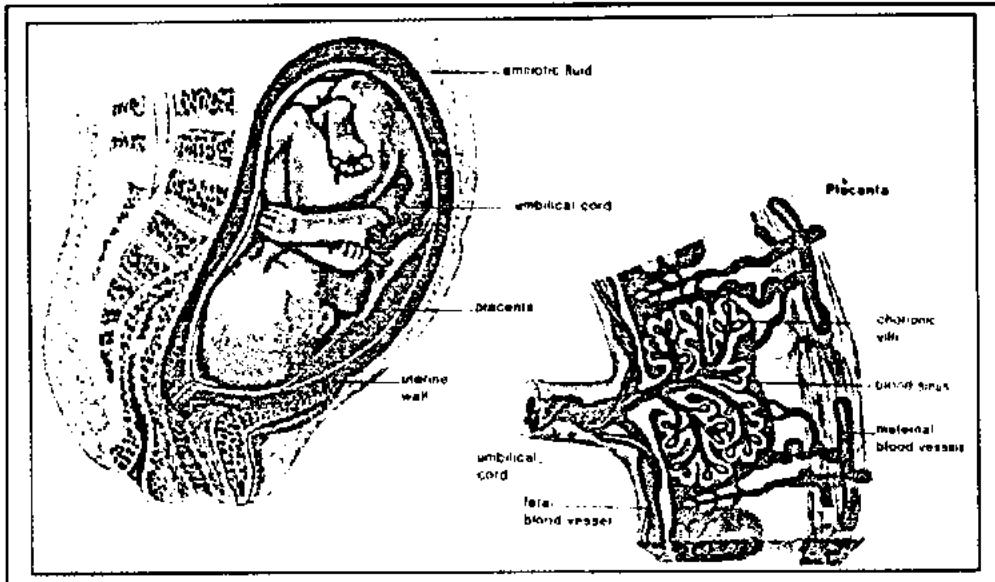
وتقدر الفترة الواقعية بين اخصاب البويضة والوضع في جنين الانسان الطبيعي بما معدله 266 يوماً (38) اسبوعاً. لذلك يمكن حساب يوم الوضع بمعرفة يوم حدوث الاصحاب. فاذا حصل الاصحاب في اليوم الرابع عشر من دورة الطمث، فإن الوضع المتوقع يكون بعد 280 يوماً من حدوث آخر طمث (شكل رقم 10 - 8):



شكل رقم (8 - 10)

شكل يبين مراحل تطور البويضة المخصبة وظهور العيل السري ثم تكون جنين الانسان

- وتعتبر فترة نمو الجنين من اسرع فترات النمو في حياة الكائن الحي، ويزداد حجم جنين الانسان بأكثر من 3 ملايين مرة بين فترة الاصحاب ووضع المولود الجديد. ويتطور الجنين خلال هذه الفترة التي يمكن تقسيمها على ثلاثة مراحل :
- 1- المرحلة ما بين اصحاب البويضة حتى نهاية الاسبوع الثاني. ويحاول الجنين خلال هذه المدة الانفراص بنجاح لضمان الحصول على الغذاء.
  - 2- المرحلة من الاسبوع الثالث حتى الثامن. وتظهر خلال هذه المرحلة جميع الاعضاء الاولية الرئيسية حيث تبدو الصفات البشرية على الجنين.
  - 3- مرحلة الجنين، وتبدأ من الشهر الثالث حتى نهاية الحمل. وتتطور اجهزة جسم الجنين خلال هذه المرحلة بصورة ملحوظة، كما يتحول الجنين من مرحلة التطفل للاعتماد على نفسه في المحيط المضيق. وتوضح معظم الدراسات أن كلمة (جنين) يجب أن تطلق على مرحلة النمو بعد الشهر الرابع والخامس فقط (شكل رقم 10 - 9).



شكل رقم (9 - 10)

جنين الانسان بعمر 6 - 7 أشهر ويلاحظ تطور المشيمة المتميّز

ومن الواضح أن الجنين يزداد في الوزن بسرعة أكبر من الزيادة في الطول، حيث يزداد وزنه لحد الضعف تقريباً خلال الشهرين الأخيرين من الحمل بينما لا يزداد طوله خلال المدة نفسها سوى 25% فقط.

ويزداد حجم الرحم خلال مراحل تطور الجنين والstrukture الجنينية وحتى الشهر الرابع حيث يبرز فوق الحوض ويمتد فوق عظم القص Sternum قبل الوضع.

ويحصل الوضع نتيجة التقلصات المتتالية لعضلات الرحم التي تؤدي إلى تمدد عنق الرحم وتمزق السلي Amnion طارحاً السائل السلوى Amniotic Fluid المحتوى على الجنين. ويدفع الجنين والسائل بعد ذلك بقوة للمرور خلال عنق الرحم والميبل لتبقى الأغشية الجنينية والمشيمة. وتعمل التقلصات الأخيرة للرحم على دفع الدم الباقي في المشيمة خلال الحبل السري Umbilical Cord نحو الجنين. لذلك يؤدي الشد وقطع الحبل السري إلى تجمع ثاني اوكسيد الكربون في جهاز الدوران وهذا يحفز المراكز التنفسية في مخ الجنين على استنشاق الهواء.

وفي الوقت نفسه تعمل التقلصات غير المنتظمة للرحم على طرح المشيمة والأغشية الجنينية بعد الولادة ويكون النزف شديداً في بعض الأحيان إلا أنه يقل تدريجياً بوساطة التقلصات السريعة للرحم.





## التأثير الفسيولوجي

## المختصر

## اسم الهرمون

هرمونات النخامية

<ul style="list-style-type: none"> <li>- يحفز نمو العظام والأنسجة والغضاريف.</li> <li>- يؤثر في أيض البروتينات والدهون والكاربوهيدرات.</li> <li>- يحفز تصنيع وتحرير هرمونات قشرة الكظرية.</li> <li>- يحفز تصنيع وتحرير هرمونات الدرقية.</li> <li>- يحفز نشأة النطفة في الخصية.</li> <li>- يحفز تكوين البويضات في المبيض.</li> <li>- يحفز إفراز الهرمونات الستيرويدية في الخصية.</li> <li>- يحفز إفراز الهرمونات الستيرويدية والاباضة في المبيض.</li> <li>- يحفز تكوين الحليب في الغدد اللبنية.</li> <li>- يحفز السمرة في الجلد.</li> <li>- يحفز انسكاب الحليب من الغدد اللبنية</li> <li>- يحفز تقلصات الرحم.</li> <li>- يسرع من امتصاص الماء في الكلية.</li> </ul>	STH, GH ACH TSH FSH LH, ICSH PRL MSH OT ADH	هرمون النمو هرمون محفز قشرة الكظر هرمون محفز الدرقية هرمون محفز الجنسيات. الهرمون اللوتيني هرمون الحليب هرمون محفز خلايا الميلانين. هرمون معجل الولادة هرمون مانع التبول
--	---	--

هرمونات البنكرياس

<ul style="list-style-type: none"> <li>- يؤثر في أيض الكاربوهيدرات والبروتينات والدهون.</li> <li>- يعمل على خفض مستوى سكر العنب في الدم.</li> <li>- يزيد من استثمار واستخدام سكر العنب.</li> <li>- يعمل على رفع مستوى سكر العنب في الدم.</li> <li>- يضبط هضم وامتصاص المواد الغذائية</li> <li>- يضبط إفراز جميع الهرمونات</li> </ul>	Insulin Glucagon Somatostatin	الإنسولين الجلوكاجون سوماتوستاتين
--	-------------------------------------	---

هرمونات الدرقية وجنب الدرقية

<ul style="list-style-type: none"> <li>- تؤثر في معدل أيض الجسم</li> <li>- يحافظ على مستوى الكالسيوم.</li> <li>- يؤثر في أيض الكالسيوم والمعادن.</li> </ul>	T4 T3 CT PTH	الثايروكسين الثايرونين ثلاثي اليود الكالسيتونين براشورمون
---	-----------------------	--



### هرمونات الكظرية

- يحفز تصنيع الكاربوهيدرات.	Cortisol or Corticosterone	كورتيزول أو كورتيكosterون
- مضاد للالتهابات والحساسية.	Aldosterone	الدستيرون
- يحفز الاحتفاظ بالصوديوم وفقدان البوتاسيوم.	E	ابنفرين
- يزيد من معدل ضربات القلب وبهـ، الجسم لحالة الطوارئ.	NE	نور ابنفرين
- يرفع ضغط الدم وتحول الكلايكتوجين.		
- يرفع ضغط الدم		
- ناقل عصبي كثري.		

### هرمونات الخصية

- تحفز وتدعم الصفات الجنسية الذكرية الثانوية.	T	الأندروجينات
- تحفز نشأة النسلة.	DHT	الشحمون الذكري
- لها دور في تنظيم آلية التغذية الاسترجاعية بين النخامية		والشحمون ثانوي.
- وما تحت المهاد.		البيدروجين
لها دور في تنظيم آلية التغذية الاسترجاعية بين النخامية	E1	الاستروجينات :
- وما تحت المهاد.	E2	
- ينظم إفراز هرمون محفز الجريبات في النخامية.	Inhibin	
- يزيد من إفراز هرمون محفز الجريبات في النخامية	Activin	

### هرمونات المبيض

- تحفز وتدعم الصفات الجنسية الأنثوية الثانوية.	E1	الاستروجينات :
- تحفز نمو وادمة الرحم.	E2	استرون واستراديلول
- لها دور في تنظيم آلية التغذية الاسترجاعية بين النخامية		البروجستينات :
- وما تحت المهاد.	P4	بروجسترون
تحفز ادامة الحمل.	HP4	هایدروکسی بروجسترون
- تحفز نمو وادمة الرحم.		
- يلعب دور مهم في تطور الجنين في الفقريات	Follistain	هرمون الجريبات



### هرمونات الكلية

- يعمل على توازن الكالسيوم والمعادن في الجسم .	Cholecalciferol	كولي كالسيفيرول
- يحفز تكوين الكريات الحمر في نقي العظام.	Erythropoetin	اريثروبويتين
- يحفز تصنيع الأدوستيرون.	Renin	رينين

### هرمونات الأمعاء والمعدة

- يحفز افراز الحوامض بوساطة الغدد المعدية .	Gastrin	كاسترين (معدين)
- يحفز تقلص كيس الصفراء وانبساط صمام اودي.	Cholecystokinin	كولي ستوكاينين
- يحفز الانزيمات الهضمية للبنكرياس.		
[ - يحفز افراز الماء والشرارة للبنكرياس - يبطئ حركة المعدة ]	Secretin	افرازين

### هرمونات المشيمة

- استروجين الجهاز البولي.	E3	استريول
- تحفز ادامة الحمل.	P4	بروجستيرون
- يعمل على ادامة الجسم الاصغر في بداية الحمل.	HCG	الهرمون محضر القند
- يحفز خلايا ليدك في الجنين.		الكورتيوني البشري
يحفز تحول الدهون وأيض الكاربوهيدرات	HPL	الهرمون اللاكتوجيني المشيمي البشري

### هرمونات متنوعة

- يفرز من الكبد	Somatomedin	سوماتوميدين
- يحفز انقسام الخلية والنمو	PG	الموثبات
- يتوسط تأثيرات هرمون النمو في العظام والغضاريف.		
- تحفز تقلصات العضلات النساء.	PMSG	هرمون مصل الفرس
- تتوسط عمل الهرمونات وغيرها.		الحامل
- يشبه فعله فعل هرمون محفز الجريبات.		



<b>لبتين</b> Leptin	<ul style="list-style-type: none"> <li>- يفرز من الانسجة الدهنية</li> <li>- يعمل على تحفيز الهاي لمنع الشهية</li> </ul>
<b>هرمون اذيني</b> Atrial natriuretic H.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- يفرز من القلب</li> <li>- يعمل على الكليتين لتحفيز ابراز الصوديوم في البول</li> </ul>
<b>ثايموبويتين</b> Thymopoietin	<ul style="list-style-type: none"> <li>- يفرز من الغدة السعترية ليعمل على الغدد اللعفية</li> <li>- يحفز تكوين كريات الدم البيض</li> </ul>
<b>ثنائي هيدروكسي فيتامين D<sub>3</sub></b> 1,25 - Dihydroxy vit - D <sub>3</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- يفرز من الجلد</li> <li>- يعمل على الامعاء الدقيقة لتحفيز امتصاص الكالسيوم</li> </ul>

## المصادر References

1. العلوجي، صباح ناصر، (2002)، علم الحياة، دار الفكر للطباعة والنشر، عمان، الاردن.
2. العلوجي، صباح ناصر، (2002)، الدليل لكل امرأة، دار الفكر للطباعة والنشر، عمان ، الاردن.
3. العلوجي، صباح ناصر، الحكيم، مرتضى كمال (1985)، الجنس وعدم الإخصاب، دار القاسية للطباعة، بغداد، العراق.
4. الياسين، ظاهر إبراهيم (1986). أنسس الفسلجة السريرية، مطبعة جامعة بغداد.
5. صالح، محمد سليم، عثیر، عبد الرحيم (1982)، علم حياة الإنسان، مطبعة جامعة الموصل، العراق.
6. عجاج، إسماعيل، والسعدي، حسين والحكيم ، مرتضى (1981)، فسلجة التناسل والتلقیع الإصطناعي، مطبعة جامعة الموصل، العراق.
7. Alwachi, S.N., Bland, K.P. & Poyser, N.L. (1980) Production of 6-oxo- prsostaglandin F<sub>1</sub>, PGF<sub>2</sub> and PGE<sub>2</sub> by uterine Tissue. Prostaglandins and Medicine 4, 329-332.
8. Alwachi, S.N., Bland, K.P & Poyser, N.L. (1981) Additional pathway of transfer of uterine prostaglandin F<sub>2</sub> to the ovary, Journal of Reproduction & Fertility 61, 197-200.
9. Anthong & Kothoff (1975) Texbook of Anatomy & Physiology, 9th Ed.The C.V. Mosby Co.
10. Bourne, Geoffry H. (1972), The Structure and Function of Muscles, 2nd Ed. Academic Press, New York and London.
11. Carlson, Francis.D and Douglas R., Wilkie (1974), Muscle Physiology, Printice- Hall, N.j.
12. Carpenter R.H.S, (1984), Neurophysiology, Edward Arnold, London.
13. Catherine, P.A & Gary, A.T.(1983), Textook of Anatomy and Physiology. 11th Edition, The C.V. Mosby Co., London.
14. Clark, R.P. & Edholm, O.G., (1985) Man & His Thermal Enviroment, Edward Arnold.
15. Clegg, C. (1981), Biology for Schools and Colleges, Heinemann Educational Books Ltd, London.



16. Cleveland, P.h., Larry, S.R. & Frances, M.H.(1982), Biology of Animals, 3rd Edition, The C.V. Mosby Company London.
17. Cleveland, P.H, Larry, S.R. & Frances, M.H. (1984), Integrated Principles of zoology, 7th edition, Times Mirror/ Mosby College publishing a (division) of the C.V. Mosby Company.
18. Davson H. (1970), A Textbook of General physiology, 4th ed. Vols Churhill, London, 1970.
19. Eckert, R. & Randall. D. (1978), Animal physiology, W.H. Freeman and Comapny, San Francisco.
20. Falvo, R. (1985), Endocrinology block, Southern Illinois, Universtity Schoor of Medicine.
21. Ganogy, W.F. (1983) Review of Medical Physiology, 11th edition Lange Medication, Los Altos, California.
22. Garrey, M.N. Govan, A.D.T., Hodge, Callander, R. (1972), Gynaecology Illistrated, Churchill Livingstone, Edinburgh.
23. Goldstein, L. (1977), Introduction to comparative phyisiology, Holt, Rinehart Winston.
24. Guyton, A. (2001), Medical physiology, Saunders, philadelphia.
25. Jubiz.W. (1985), Endocrinology, Second Edition, McGraw-Hill Book Co.
26. Kriagu, D.T. & Hughes, J.G. (1980), Neuroendocrinology Sonauer Associates Inc., Massachusetts.
27. McDonald, L.E. (1985), Veterinary Endocribiology and Reproduction 2nd edition, Lea and Febiger, Philadelphia.
28. Mc Naught, A.B. & Callander, R. (1975), Illustrarte Physiology, Churchill Livingstone, Edinburgh.
29. Phillips, J.B. (1975), Development of Vertebrate Anatomy, The C.V. Mosby Co., Soint Louis, U.S.A.
30. Raven, P.H.& Johnson, G.J. (1991), Understanding Biology. 2nd Ed. W.C.B. Publishers, England.



31. Rutishauser, R. (1994) physiology & Anatomy. Churchill Livingstone, Edinburgh, New York.
32. Schottelius, B.A., & Schottelius, D.D., (1978), Textbook of Physiology, 8th ed., The C.V. Mosby Co.
33. Strand, L., (1978), Physiology A Regulatory System approach, Collier MacMillan International Editions.



## المؤلف في سطور

- صباح ناصر حسين عبد الله واللقب العلوجي تبعاً لمهنة والده واعمامه وهم من قبائل شمر العربية المعروفة في العراق وبقية الدول العربية.
- ولد في العاصمة العراقية بغداد في 20/12/1949م واكمل الدراسة الابتدائية والمتوسطة والثانوية فيها وحصل على البكالوريوس من جامعة بغداد عام 1972م.
- ابتعث من قبل وزارة التربية والتعليم العالي والبحث العلمي العراقي الى بريطانيا عام 1975م وحصل على شهادة الدكتوراه من جامعة ادنبره عام 1979 في علم وظائف الاعضاء.
- عمل باحثاً علمياً ومحاضراً في جامعة ادنبره في المملكة المتحدة 1979 - 1980.
- عمل عضواً لهيئة التدريس في كلية العلوم - جامعة بغداد منذ عام 1980 ولحد عام 1999.
- رقي الى مرتبة استاذ مشارك في 20/12/1978م.
- نال لقب الاستاذية Professor في 20/12/1992م.
- حصل على اكثر من 30 كتاب شكر وتقدير من الوزارات والمؤسسات العلمية والبحثية.
- نشر 27 بحثاً علمياً في المجالات القطرية والعربية والعالمية باللغتين العربية والانجليزية.
- اشرف على 15 رسالة ماجستير و 4 رسائل دكتوراه وترأس لجان امتحان العشرات من طلبة الدراسات العليا.
- قام بتأليف 12 كتاب في المجالات العلمية والطبية في مجال اختصاصه.
- نشر ما يقارب 200 دراسة ومقالة علمية في المجالات والصحف العراقية والערבية.
- عضو لجان علمية ودراسات عليا لاكثر من خمسة عشر سنة.
- عضو الهيئة الادارية لجمعية البيولوجيين العراقيين والبيولوجيين العرب.
- عضو الهيئة المؤسسة والادارية لجمعية حماية وتحسين البيئة العراقية.
- عضو جمعية دراسة الاخشاب البريطانية منذ عام 1978 ولحد الان.
- عضو جمعية فسيولوجيا التكاثر الامريكية منذ عام 1979 ولحد الان.
- شارك والقى بحوث علمية في اكثر من 20 مؤتمراً علمياً عالمياً وقطرياً.
- أعد وقدم برنامج العلم والحياة الاسبوعي من تلفزيون العراق 1981 - 1991م.
- أعد وقدم برنامج البيئة والحياة الاسبوعي من اذاعة بغداد 1982 - 1991م.



- عضو الهيئة الاستشارية المشرفة على البرامج العلمية في تلفزيون العراق.
- عضو الهيئة العليا للإعلام العلمي في وزارة الثقافة والاعلام العراقية.
- عمل منذ حصوله على الدكتوراه استاذًا في قسم علوم الحياة في كلية العلوم بجامعة بغداد حتى عام 1999.
- عمل استاذًا ورئيساً لقسم الاحياء والكيمياء في كلية التربية بجامعة عدن عام 1999 - 2000م.
- عمل استاذًا ورئيساً لقسم البيولوجي في كلية العلوم بجامعة اب في اليمن عام 2000 - 2003م.



علم

وظائف الأعضاء  
PHYSIOLOGY

ISBN 9789957073427

