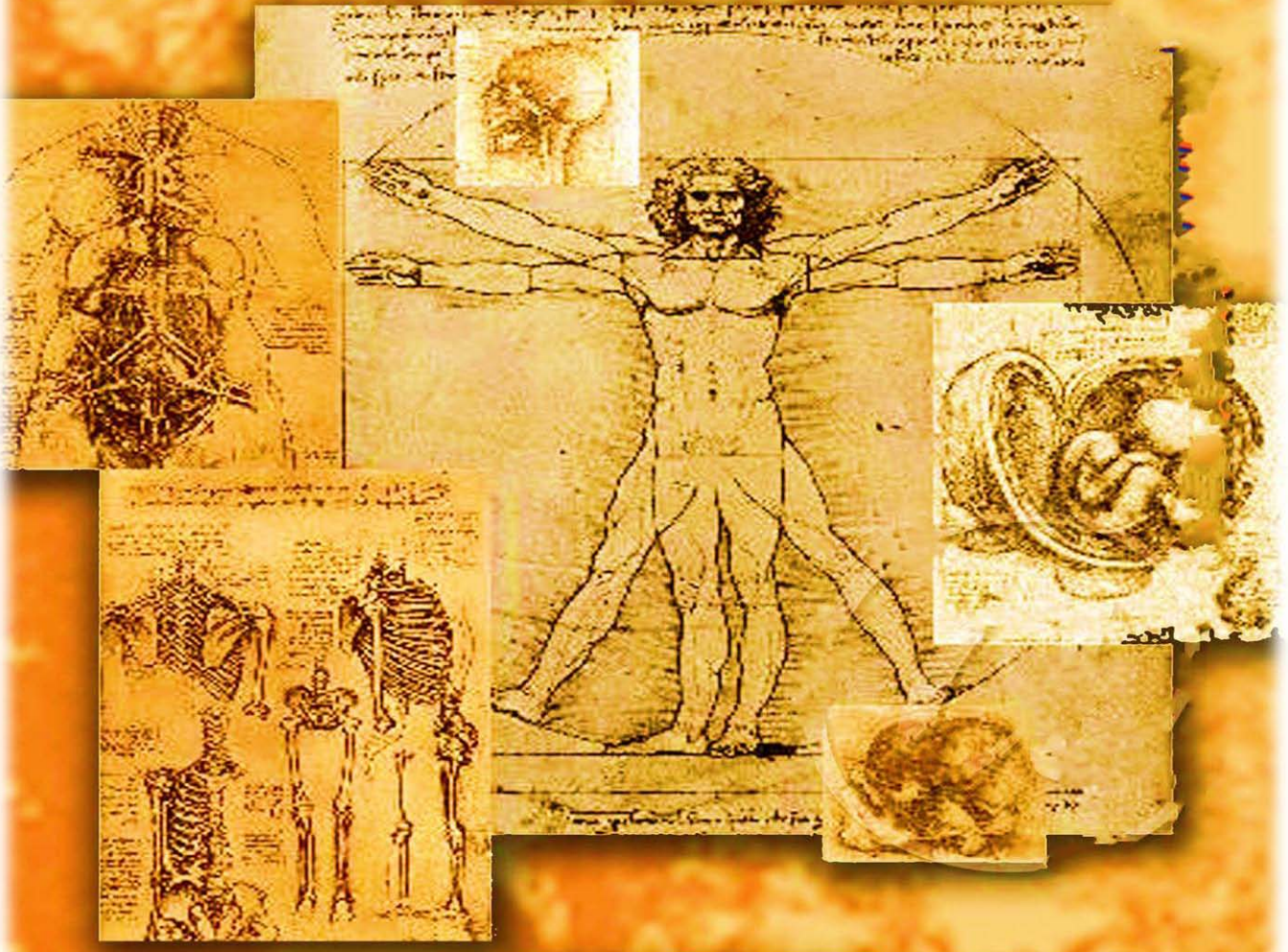
alexandra.ahlamontada.com

منتدى مكتبة الإسكندرية

# مبادئ الفسيولوجي

## علم وظائف الأعضاء



د. سعد كمال طه

# مبادئ الفسيولوجي

"علم وظائف الأعضاء"

alexandra.ahlamontada.com
منتدى مكتبة الأسكندرية

دكتور

## سعد كمال طه

بكالوريوس الطب والجراحة

دبلوم الدراسات العليا في الأمراض الباطنة

ماجستير العلوم الطبية الأساسية

دكتوراه في الطب

أستاذ بطب الأزهر

## الفـــهـــــرس


علم الفسيولوجي ..... ٥

مقـــدمـــة ..... ٧

**الباب الثاني**

**العضلات** ..... ٢٢

**الباب الثالث**

الجهاز الدوري ..... ٤٩

**الباب الرابع**

الجهاز التنفسي ..... ٨٤

مقدمة ..... ٨٥

**الباب الخامس**

الجهاز العصبي ..... ١١٠

**الباب السادس**

الجهاز الهضمي والتغذية ..... ١٣٨

**الباب السابع**

الإخراج ..... ١٥٦

**الباب الثامن**

إنتاج الطاقة وتحولاتها .....١٧٢

**الباب التاسع**

الدم .....١٨٣

**الباب العاشر**

الغدد الصماء.....١٩٦

**الباب الحادي عشر**

أعضاء الحس .....٢١٨

# علم الفسيولوجي

علم الفسيولوجي أو علم وظائف الأعضاء هو العلم الذي يدرس وظائف جميع أعضاء الجسم، وكيفية تنظيم هذه الوظائف، ومدى الارتباط الوظيفي بين كل عضو من أعضاء الجسم، والأعضاء الأخرى، والعوامل التي تؤثر على أداء أعضاء الجسم، ومدى تكيف الأداء الوظيفي لأعضاء الجسم المختلفة للمتغيرات التي يتعرض لها الجسم، ومدى تأثير هذا التكيف في مجابهة الظروف المختلفة التي يتعرض لها الجسم.

ومن المعروف أن الكائن الحي متعدد الخلايا، مثل الإنسان يتكون من البلايين من الوحدات التركيبية التي تعرف بالخلية، وأن الخلايا تكون الأنسجة، والأنسجة تكون الأعضاء، والأعضاء تكون الأجهزة، مثل الجهاز الدوري والجهاز التنفسي والجهاز العصبي.... إلخ. ويلاحظ أن أداء عمل معين يقع العبء الأساسي له على جهاز معين، ولكن باقي أعضاء الجسم تساعد هذا الجهاز في تحقيق هذا الأداء على الوجه الأكمل، وعلى سبيل المثال فالعبء الأساسي للنشاط الرياضي يقع على العضلات، ولكن باقي أجهزة

الجسم تعمل على مساعدة العضـــلات علـــى تحقيـــق الأداء الأمثل، وذلك بتوفير عناصر الطاقة والتخلص من الفضلات، ونجد أن تحقيق ذلك يحتاج لجميع أجهزة الجسم، فمنها مـــن يعمل أثناء الأداء أو قبله أو بعده، ويتم ذلك بطريقة متكاملـــة ومنظمة، وذلك عن طريق الدور القيادي الـــذي يقـــوم بـــه الجهاز العصبي من خلال الإشارات العصبية، والانعكاسات العصبية، وجهاز الغدد الصماء عن طريق إفراز مجموعـــة من الهرمونات يحملها الدم إلى أجهزة الجسم؛ لتحقيـــق هـــذا التكامل الوظيفي، وعلى ذلك يمكن القول بأن جميع أجهـــزة الجسم تعمل كوحدة متكاملة، لتحقيق الأداء الوظيفي الأمثـــل لتحقيق مصلحة ورفاهية الكائن الحي.

# مقدمة

يتميز الإنسان كغيره من الكائنات الحية بصفة الحياة، وهذه الصفة تبدو من خلال عدة عمليات وصفات؛ تميز الكائنات الحية من الكائنات الغير حية.

## خصائص الكائنات الحية:

١- التمثل الغذائي: ويشمل كل المراحل التي تبدأ من لحظة تناول الغذاء حتى لحظة التخلص من الفضلات، ويشمل تناول الطعام – الهضم – الامتصاص – التمثيل الغذائي.

٢- النمو: ويبدأ من بداية تكوين الجنين وينتهي بانتهاء الحياة.

٣- التكاثر والتناسل: وذلك للمحافظة على النوع، ويتم ذلك بالانقسام في الكائنات الحية البدائية وبالتزاوج في الكائنات الحية الراقية.

٤- الحركة: وذلك للبحث عن الطعام والدفاع عن النفس، فتتحرك الكائنات الحية وحيدة الخلية

بالأقدام الكاذبة، والكائنات الراقية بأعضاء الحركة.

٥- القدرة على التكيف للظروف البيئية: بخلاف الكائنات الحية الأخرى، فإن الإنسان ككائن اجتماعي يملك خواص تخليقية ذات كفاءة عالية جدًا؛ تميزه بجلاء عن الحيوانات، والصفة المميزة الرئيسية هي النشاط الكبير للجهاز العصبي، وصلة هذا النشاط بالتخاطب الإنساني، فالكلمة والتخاطب تساعد قدرة الإنسان في تكوين أفكار ومفاهيم عامة استطاع بها التغلب على الطبيعة، وتغيير الظروف المحيطة به طبقًا لرغبته الخاصة.

والإنسان كجهاز حيوي مترابط ومعقد ومثل كل الكائنات عديدة الخلايا، فإن الإنسان يتكون من مجموعة من الخلايا التي تمثل الوحدة الأساسية من الناحية الوظيفية، ومن الناحية التكوينية تتحد هذه الخلايا مع بعضها، وتكون الأنسجة المختلفة التي تكون بدورها الأعضاء التي تتحد، وتكون

الأجهزة، وأخيرًا فإن تلك الأجهزة تكون الكائن الحي، ومن بين هذه الأجهزة:

١- الجهاز العصبي.

٢- الجهاز الدوري.

٣- الجهاز التنفسي.

٤- الجهاز الهضمي.

وغيرها من الأجهزة، ونجد أن أجهزة الجسم المختلفة تتعلق إلى حد كبير بتركيب الإنسان، ولكن من الناحية الفسيولوجية (الوظيفية) لا تعمل هذه الأجهزة كل منها مستقلة عن غيرها، ولكن هناك صلات وثيقة ومتفاعلات مختلفة بين تلك الأجهزة سواء كانت أجهزة بأكملها، أو وحدات أقل من ذلك في الكائن الحي، ويمكن توضيح تلك العلاقة بين الأجهزة المختلفة في الكائن الحي بالتغيرات في أنشطتها. فالنشاط المكثف لعضو أو جهاز يصحبه تغيرات في الأجهزة الأخرى، وعلى سبيل المثال فالعمل العضلي يلعب دورًا كبيرًا في كل أنواع الأنشطة الرياضية، ولكن هذا العمل العضلي يصاحبه زيادة في التمثيل الغذائي لإطلاق الطاقة اللازمة للعمل الميكانيكي، وكذا يصاحبه زيادة في نشاط

القلب والتنفس لإمداد العضلات بالـــدم والأكســـجين، أيضًـــا يصاحبه زيادة في نشاط الجهاز الإخراجـــي للـــتخلص مـــن الفضلات الزائدة، ومثل هذه التغيرات والمتفـــاعلات تنـــتظم وتترابط عن طريق الجهاز العصبي، وجهاز الغدد الصـــماء، وهذا هو الأساس في علم وظائف الأعضاء.

# الخلية

## الخلية:

كتلة برتوبلازمية حية محاطة بجدار خلوي سليولوزي ميت كما في النبات، أو غشاء بلازمي حي كما في الحيوان، والخلية هي الوحدة التركيبية للكائنات الحية، وتتركب الخلية من جزء برتوبلازمي حي (وهو خليط من مواد عضوية ومواد غير عضوية) وجزء من برتوبلازمي يعرف بالميتابلازم.

## تركيب البروتوبلازم:

يتكون بروتوبلازم الخلية من خليط من المواد العضوية والغير عضوية.

### أ) المواد العضوية:

تمثل المواد العضوية الجزء الأكبر من برتوبلازم الخلية والمواد العضوية الموجودة في الخلية هي:

١- أحماض نووية.

٢- بروتينات.

٣- دهون.

٤- أحماض عضوية.

٥- أنزيمات.

٦- فيتامينات.

## ب) المواد غير العضوية:

## محتويات الخلية:

تنقسم محتويات الخلية إلى تراكيب حية وتراكيب غير حية:

## أولاً: التراكيب الحية:

وتشمل الأغشية البلازمية والميتوبلازم وعضيات الخلية.

## ١- الأغشية البلازمية:

عبارة عن غشاء بلازمي حي يغلف السيتوبلازم من الخارج، ويرى هذا الغشاء تحت المجهر كغشاء رقيق جدًا، ولكن إذا فحص تحت الميكروسكوب الالكتروني، فإنه يظهر في شكل تركيب سندوتش يتكون من طبقتان من البروتين اللبيدي، بينهما طبقة من اللبيد.

ويتميز الغشاء البلازمي أو الأغشية البلازمية بخاصية النفاذية الاختيارية التي تساعد الخلية على امتصاص ما تحتاج إليه من عناصر غذائية.

### ١- السيتوبلازم:

مادة هلامية نصف شفافة تملأ معظم فراغ الخلية الناشئة النشطة، ولكن في الخلية البالغة يكون طبقة رقيقة تبطن جدار الخلية من الداخل، وقد تعلق النواة في وسط الخلية بواسطة خيوط سيتوبلازمية، ويتميز السيتوبلازم بظاهرة الحركة الانسيابية للزوجته وليونته.

### ٢- عضيات الخلية:

تشمل عضيات الخلية الشبكة الأندوبلازمية والقينات الدقيقة والريبوزمات والميتوكوندريات، وأجسام جولجي والجسيمات الدقيقة والجسم المركزي والنواة.

### أ- الشبكة الأندوبلازمية:

عبارة عن مجموعة من القينات الغشائية المتفرعة المغلقة تخترق السيتوبلازم، وتصل بين الغشاء النووي وغيره من الأغشية المحيطة بالسيتوبلازم.

**الوظيفة:**

نقل المواد الغذائية بين أجـزاء الخليـة وخاصـة مـن السيتوبلازم إلى النواة والأغشية البلازمية.

**ب- القينات الدقيقة:**

وهو قينات مفتوحة متوازية وعموديـة علـى المسـطح الداخلي لجدار الخلية، وتفتح القينات الدقيقة في السـيتوبلازم عن طريق ثقوب في أطرافها.

**الوظيفة:**

١- قد يكون هناك ارتباط بين القينات الدقيقة وحركة الكائنات الدقيقة.

٢- يعتقد أنها تحرك المواد الغذائية خـلال الخلايـا الناقلة للغذاء.

٣- قد يكون هناك ارتباط بين القينات الدقيقة، ونقـل المؤثرات الخارجية إلى أجزاء الخلية.

**جـ- الريبوزمات:**

حبيبات دائرية دقيقة لا تـرى إلا تحـت ميكروسـكوب الكتروني تتصل بالشبكة الأندوبلازمية، كما توجد مبعثرة في

السيتوبلازم، وتحتوي حمض ريبوزي ولبيدات فوسفورية وبروتينات، كما تحتوي كذلك على أنزيمات لازمة لبناء المواد البروتينية.

**الوظيفة:**

مراكز لتكوين المواد البروتينية بالخلية.

**د- السيتوكندريات:**

توجد في جميع الخلايا النباتية والحيوانية على هيئة حبيبات صغيرة عضوية خيطية، أو بيضية الشكل، ويمكن رؤيتها بالمجهر الضوئي.

**الوظيفة:**

مراكز الأيض التنفس في الخلية ومراكز إمداد الخلية بالطاقة.

**هـ- البلاستيدات:**

توجد في الخلايا النباتية عامة وتظهر تحت المجهر الضوئي على هيئة أجسام بروتوبلازمية صغيرة مختلفة الشكل.

**الوظيفة:**

١- تقوم بعملية البناء الضوئي (البلاستيدات الخضراء).
٢- تعتبر مولدات لفيتامين أ (البلاستيدات الخضراء).
٣- منع التأكسد الضوئي (البلاستيدات الملونة)
٤- تختزن النشا والزيت (البلاستيدات عديمة اللون)

## و- أجسام جولجي:

توجد في الخلايا الحيوانية والنباتية وهي مجموعة من الحويصلات المرصوصة في صفوف متوازية، تتصل ببعضها بخيوط دقيقة تسمى الخيوط الشبكية.

**الوظيفة:**

١- تكوين الهرمونات والأنزيمات (في الخلية الحيوانية).
٢- تكوين مواد معقدة مثل بكيتات الكالسيوم (في الخلية النباتية).

## ز- الجسيمات الدقيقة (الميكروسومات):

توجد في معظم الخلايا النباتية والحيوانية حجمها مساو أو أقل كثيرًا من حجم السيتوكوندريات، وهي تحتوي على عدة أنزيمات.

**الوظيفة:**

تحتوي على بعض الأنزيمات التي تخرج بعد موت الخلية تخرج الأنزيمات الميكروسومات وتذيب الخلية.

## ح- الجسم المركزي (النتروسوم):

يوجد بالقرب من النواة في النبات والحيوان.

**الوظيفة:**

يفصل مجموعتي الصبغيات الناتجة عن انقسام النواة.

## ط- النواة:

توجد نواة واحدة في جميع أنواع الخلايا الحية، وقد توجد أكثر من نواة في كثير من الطحالب والفطريات.

**الوظيفة:**

١- مركز نشاط الخلية.

٢- تساعد على انقسام الخلية.

٣- تحمل وتنقل الصفات الوراثية للكائن الحي من جيل إلى جيل.

# الأنسجة

تتكون الأنسجة من الخلايا والمواد التي بين الخلايا، وتنقسم أنسجة الجسم الأساسية إلى أربعة أقسام هي:

## ١- النسيج الضام:

وهو النسيج الذي يربط خلايا النسيج الواحد، أو الأنسجة المختلفة ببعضها، ويقع في صور مختلفة منها:

### أ- النسيج الليفي:

أكثر أنواع الأنسجة الضامة شيوعًا في الجسم، ويتكون من جملة ألياف بيضاء مجتمعة، بعضها إلى بعض في شكل حزم.

### ب- النسيج المرن:

يحتوي على نسبة كبيرة من الألياف المرنة، ويوجد في القصبة الهوائية والشرايين.

### جـ- النسيج الشبكي:

خلايا متشابكة وغير متماسكة، ويوجد بين خلاياه الغدد والكبد والطحال.

## ٢- النسيج العضلي:

وهو نسيج خاص قابل للانكماش والارتخاء وينقسم إلى:

### أ- عضلات إرادية:

وهي وسيلتنا في الحركة كما أنها العامل الأول في حفظ واتزان الجسم أثناء الحركة وأثناء السكون، وتتحكم في نشاط هذه العضلات الأعصاب الشوكية والأعضاء المخية.

### ب- عضلات غير إرادية:

غير خاضعة لسيطرتنا وغير مخططة كعضلات الأوعية الدموية، وعضلات القناة الهضمية، وتتميز خلاياه بأنها مغزلية الشكل، ويتحكم فيها الجهاز العصبي الذاتي.

### جـ- عضلة القلب:

عضلة خاصة غير إرادية وتتميز بالقدرة على الانقباض، وتتكون عضلة القلب من عضلات متشعبة، ومتشابكة مع بعضها البعض.

## ٣- النسيج العصبي:

وهو النسيج الذي يكون الجهاز العصبي، والوحدات العصبية تنقسم إلى ثلاثة أنواع:

أ- وحدات مستقبلة.

ب- وحدات موصلة.

جـ- وحدات باعثة أو محركة.

## ٤- النسيج الظهاري:

وهو النسيج الذي يكسو أو يغطي كثيرًا من الأنسجة بالجسم من الداخل ومن الخارج، وهي أنواع عدة منها:

### أ- نسيج طلائي من طبقة واحدة:

يتكون من طبقة واحدة من الخلايا، يبطن الأوعية الدموية والأمعاء وحويصلات الرئة.

### ب- نسيج طلائي متعدد الطبقات:

يتكون من أكثر من طبقة من الخلايا، يغطي مسطح الجلد مثل بشرة الجلد، ويبطن فتحات الجسم، وقنواته مثل الغشاء المخاطي في الفم والأنف والمريء... إلخ.

**جـ- نسيج طلائي هدبي:**

خلاياه السطحية مزودة بأهداب لطرد الأتربة والمخاط في الجهاز التنفسي.

**د- نسيج طلائي غدي:**

يوجد في المعدة والأمعاء والغدد العرقية والغدد الصماء والكبد.

# الباب الثاني

## العضلات

# أنواع العضلات

## ١) العضلات الهيكلية:

سميت بهذا الاسم نظرًا لاتصالها بالهيكل العظمي، وكذلك فإنها تسمى بالعضلات الإرادية، وذلك نتيجة لخضوعها لسيطرة وإرادة الإنسان، ويعرف هذا النوع من العضلات المخططة؛ نظرًا لظهورها بهذا الشكل تحت الميكروسكوب.

## ٢) العضلات الملساء:

غير خاضعة لسيطرتنا أي عضلات غير إرادية وغير مخططة تدخل في تكوين الجزء العضلي في الأوعية الدموية والقناة الهضمية، وتتميز العضلات الملساء بأن خلاياها مغزلية الشكل، ويتحكم فيها الجهاز العصبي الذاتي (السمبثاوي والبارسمبثاوي).

## ٣) عضلة القلب:

غير خاضعة لإرادتنا وغير إرادية وتتميز بالقدرة على الانقباض والتوصيل للتيار الكهربائي، وكذا على الانقباض الذاتي، وتخضع لسيطرة الجهاز العصبي الذاتي، وهي تتكون من عضلات متشعبة ومتشابكة بعضها مع بعض. ونشاط

عضلة القلب ذاتي يبدأ في العقدة الجيب أذنية الموجودة في الأذين الأيمن، والتغذية العصبية للقلب، والجهاز العصبي الذاتي يعمل على تنظيم هذا النشاط.

## العضلات الهيكلية

عضلات إرادية متصلة بالهيكل العظمي وعددها ٤٣٤ عضلة في الإنسان، وعلى هذا النوع من العضلات يقع العبء الرئيسي في النشاط الرياضي، والحركة والاتزان، وهذا الأداء العضلي يحدث عن طريق تفاعل الجهاز العضلي بأجهزة الجسم المختلفة، فالطاقة الكيميائية اللازمة لإنتاج العمل الميكانيكي تأتي عن طريق الهضم والتمثيل الغذائي، ثم تأتي أجهزة نقل خاصة لتحمل المواد الغذائية إلى العضلات، والفضلات إلى أعضاء الإخراج، ثم يأتي الأكسجين اللازم للاحتراق؛ نتيجة للترابط الوظيفي بين الجهاز الدوري والجهاز التنفسي، وإخراج الفضلات الزائدة والغازية، يعتمد على السعة والقدرة الوظيفية لأجهزة الإخراج، مثل الجهاز البولي والجلد والرئتين. كل هذه العمليات تنتظم وتترابط عن طريق الجهاز العصبي وجهاز الغدد الصماء.

## الخصائص التكوينية الأساسية للعضلة:

تتكون العضلة من مجموعة من الخلايا (الألياف) العضلية، والخلية العضلية أو الليفية العضلية هي أصغر وحدة تركيبية وظيفية في العضلة الهيكلية، وهي طويلة ويختلف طولها في الأجزاء المختلفة من الجسم، ففي بعض الأماكن يكون طولها عدة سنتيمترات، وأحياناً يصل طولها إلى ٣٠ سم، كذلك يتراوح قطرها بين ٥٠ – ١٠٠ ميكرون.

- وتتكون العضلة من عدة أنواع من الأنسجة كغيرها من الأعضاء، ولكن العنصر الغالب من الأنسجة فيها هو النسيج العضلي، بالطبع ويوجد بين مجموعة النسيج العضلي هذه نسيج ضام، وشبكة من الشعيرات الدموية والأعصاب. تكون كل مجموعة من النسيج العضلي حزمة عضلية التي تكون بدورها العضلة، ويختلف عدد وحجم الحزم العضلية تبعًا لحجم العضلة، لكل عضلة طرفان أحدهما المنشأ: وهو الأكثر ثباتًا، والثاني الاندماغ وهو الأكثر حركة أثناء انقباض العضلة.

- يتحول النسيج العضلي عند طرفي العضلة إلى نسيج ليفي يسمى وتر العضلة، يتصل بالعظام ويعمل على توصيل القوة الميكانيكية من العضلات إلى المفاصل والعظام.
- تنشأ العضلات من العظام وتتدعم إليها بواسطة الأوتار.
- يختلف شكل العضلة العام تبعًا لاتصالها بالعظام، فتكون مستطيلة أو مربعة أو مسطحة، وربما تكون ذات رأسين أو أكثر.
- تتكمش العضلة عند الانقباض ويقل طولها، فتعمل على تقريب الاندفاع إلى المنشأ، وذلك يحدث الحركة عند المفاصل.

## التركيب المجهري لليفة العضلية:

تظهر الليفة العضلية تحت الميكروسكوب (المجهر) المعتاد مخططة تخطيطًا منتظمًا نتيجة لتوالي الحزم المضيئة (الباهتة) التي تتكون من مادة الاكتين والحزم المعتمة التي تتكون من مادة الميوسين، ويمكن ملاحظة قوية تحت الميكروسكوب العادي أن نرى خطًا قاتمًا خلال الحزمة

المضيئة يعرف بخط زد، ومنطقة مضيئة في الحزمة المعتمة تعرف بحزمة اتش.

## الاتصالات العصبية بالعضلة الهيكلية:

هناك ثلاثة أنواع من الأعصاب تربط العضلة الهيكلية بالجهاز العصبي هي:

### ١- الأعصاب الحسية:

تنقل الإحساس من العضلة إلى الجهاز العصبي.

### ٢- الأعصاب المحركة:

تنقل الأوامر والإشارات من الجهاز العصبي إلى العضلة لكي تنقبض، وكل مجموعة من الألياف العضلية تتصل بفرع من العصب المحرك، ويسمى هذا الفرع ومجموعة الألياف العضلية التي تتحكم فيها بالوحدة المحركة.

### ٣- الأعصاب اللاإرادية:

وهي التي تتحكم في اتساع وضيق الأوعية الدموية المغذية للعضلة، وتلعب دورًا هامًا في قوة وسرعة انقباض العضلة.

## تعريفات:

### الوحدة الحركية تتكون من:

خلية حركية في القرن الأمامي للحبل الشوكي ومحورها، عدد الألياف العضلية التي تغذيها فروع المحور.

### البحيرة الحركية تتكون من:

عدد الخلايا الحركية التي تغذي ألياف عضلة ما بالكامل، وقد توجد بعض هذه الخلايا في قطعة واحدة في الحبل الشوكي أو في قطع متجاورة.

# خصائص العضلات

## ١- القدرة على الامتداد:

وهي تلك القدرة التي تمكن العضلة من التمدد بين المنشأ والاندماغ، ويلاحظ أن هذه الصفة أوضح في الصغار من الكبار، وزيادة قدرة العضلة على الامتداد تقلل من حدوث التمزق العضلي، ونتيجة لذلك يلاحظ حدوث التمزق العضلي في الكبار أكثر من الصغار.

## ٢- المرونة:

وهي صفة من صفات العضلات التي تمكنها من العودة بشكلها، وحجمها الطبيعي بسرعة بعد زوال المؤثر المسبب لامتداد العضلة بين المنشأ والاندماغ.

## ٣- الانقباض:

وهي الصفة التي تمكن العضلة من الاستجابة للمؤثرات المختلفة حتى تستطيع القيام بعمل معين، وتعمل كل وحدة حركية كوحدة مستقلة تخضع في عملها لقانون الكل أو العدم،

ويعتمد قوة الانقباض العضلي على عدد الوحدات الحركية المشاركة فيه، فكلما زادت عدد الوحدات، كلما زادت قوة الانقباض.

# وظائف العضلات

## أولاً: وظائف العضلات الهيكلية:

### ١- الحركة:

تعمل العضلات الهيكلية بتعاون وثيق مع بعضها البعض، ومن بقية أعضاء الجسم وأجهزته، حتى يتمكن الإنسان من أداء الحركة المطلوبة بكفاءة ودقة.

### ٢- حفظ واتزان الجسم:

العضلات الهيكلية هي العامل الأساسي في حفظ واتزان الجسم أثناء الحركة وأثناء السكون، وذلك عن طريق النغمة العضلية الدائمة.

### ٣- المحافظة على درجة حرارة الجسم:

من وظائف العضلات الهيكلية إنتاج الطاقة الحرارية التي تساعد في المحافظة على درجة حرارة الجسم ثابتة، وعن طريق تغير قوة النغمة العضلية الدائمة.

### ٤- رجوع الدم للقلب:

تعمل العضلات الهيكلية كمضخات طرفية، وبذلك تساعد رجوع الدم للقلب من الأوردة؛ حيث يؤدي انقباض العضلات الهيكلية على الضغط على الأوردة ودفع الدم في اتجاه القلب.

### ٥- عضلات هيكلية لها وظائف خاصة:

مثل دور الحجاب الحاجز في عملية التنفس، ودور العضلات الهيكلية المكونة للبوابات الخارجية للمثانة البولية، والمستقيم في عملية التبول والتبرز.

## ثانيًا: عضلة القلب:

تعمل عضلة القلب كمضخة ماصة كباسة، ويستقبل الدم من الأوردة أثناء انبساطها، وتدفع الدم في الشرايين أثناء انقباضها.

## ثالثًا: العضلات الملساء:

تقوم العضلات الملساء بوظائف متعددة تبعًا للمكان الموجودة فيه، وعلى سبيل المثال:

أ- تقوم العضلات الملساء الموجودة في الأوعية الدموية، بتنظيم المقاومة الطرفية التي تساعد في المحافظة على ضغط الدم.

ب- تقوم العضلات الملساء الموجودة في الجهاز الهضمي بتنظيم عملية الهضم والامتصاص؛ حيث تقوم العضلات الملساء الموجودة في الجهاز التنفسي بتنظيم دخول وخروج الهواء للجهاز التنفسي.

## ميكانيكية الانقباض العضلي:

يحدث الانقباض العضلي نتيجة لانزلاق الحزم المضيئة (حزم الاكتين) على الحزم المعتمة (حزم اليوسين)، وذلك نتيجة لوصول الإشارة العصبية التي تحول الطاقة الكهروكيميائية إلى طاقة ميكانيكية تمكن العضلة من تأدية عمل ميكانيكي، وتعتبر مادة الأدينوزين ثلاثي الفوسفات هو المنبع المباشر للطاقة، وكذلك فإن الجسم يعمل باستمرار على إعادة تكوين مادة الأدينوزين ثلاثي الفوسفات عن طريق اتحاد مادة الأدينوزين ثنائي الفوسفات، ويلاحظ أيضًا أن الارتخاء العضلي يحتاج أيضًا للطاقة، ومادة التروبونيين الذي يفصل الاكتين والميوسين.

## فرق الجهد الغشائي أثناء الراحة:

يختلف التركيب الأيوني على جانبي جدار الخلية بحيث يكون تركيز الأيونات الموجبة على السطح الخارجي أكثر من تركيز الأيونات السالبة، بينما يحدث العكس على السطح الداخلي مما يخلق فرقًا في الجهد الكهربي بين المسطحين أثناء الراحة موجبًا في الخارج وسالبًا في الداخل، وهذا ما يسمى بـ "فرق الجهد الغشائي أثناء الراحة" ونجد على السطح الخارجي تركيزًا عاليًا لأيونات الصوديوم التي لا يسمح لها الجدار بالنفاذ إلى الداخل، كما يوجد على السطح الداخلي تركيزًا عال لأيونات البوتاسيوم، ولكي يحتفظ جدار الخلية بفرق التركيز ثابتًا بين المسطح الخارجي والداخلي، فإنه يبذل طاقة لدفع الصوديوم للخارج، والبوتاسيوم للداخل، ويبلغ فرق الجهد الكهربي بين خارج وداخل الخلية العصبية حوالي ٧٠ مللي فولت الموجب في الخارج والسالب في الداخل، ويلاحظ أن السطح الخارجي لجدار الخلية العضلية أثناء الراحة موجبًا لوجود كثرة من شحنات الصوديوم الموجبة، والسطح الداخلي يكون سالبًا لوجود كثرة من شحنات البروتين السالبة.

## الاستثارة:

يؤدي وصول الإثارة العصبية إلى نهايات المحور عند نقطة الاشتباك العصبي (وهي نقطة الاتصال بين خليتين عصبيتين) إلى انفجار بعض الحويصلات الموجودة في نهاية المحور، وتخرج منها مادة الاستيل كولين (الناقل الكيميائي) التي تذهب إلى مستقبلات خاصة على جدار الخلية العصبية التالية مسببة انطلاق أيونات الكالسيوم من الثقوب الموجودة في الجدار، فتنتج زيادة في اتساع هذه الثقوب مما يؤدي إلى دخول مادة الصوديوم الموجبة، فيصبح السطح الخارجي سالبًا والداخلي موجبًا؛ أي ينعكس فرق الجهد الكهربي أثناء الراحة ويزول الاستقطاب، ثم تخرج أيونات البوتاسيوم؛ حيث يتكون ما يسمى بالشوكة الكهربية التي تستغرق وقتها يتراوح بين ١٥ – ١٠٠ مللي ثانية، ثم ما تلبث مضخة الصوديوم النشطة أن تتولى طرد الصوديوم، ويستعيد الغشاء فرق جهده الأول (– ٧٠ مللي فولت) أثناء الراحة.

وقد لا يصل انخفاض الاستقطاب إلى حد كاف ويفشل في إيجاد الإثارة العصبية في منطقة التشابك العصبي. وهذا ما

يسمى بحالة استثارة موضعية. وقد تتراكم وتتجمع لتتحـــول إلى إثارة عصبية.

## انتقال الإشارة العصـــبية مـــن المحـــور إلـــى العضلة:

يتفرع المحور العصبي للخلية العصبية الحركية إلى عـــدة فروع يغذي كل فرع منها عددا من الألياف العضلية، ويسمى موضع الاتصال هذا بالصفيحة النهائية الحركية، ويطلق على المحور العصبي والألياف العضلية التي يغذيها وحدة حركية تتبع في تشغيلها قاعدة الاستجابة القصوى عند إثارتها بمؤثر كاف أو عدم الاستجابة على الإطلاق عند إثارتها بمؤثر غير كاف (قانون الكل أو العدم).

## خواص انتقال الإشارة العصبية مـــن المحـــور إلى العضلة:

١- هذا الانتقال يأخذ وقتًا نتيجة إفراز مادة الاســـتيل كولين من النباتات العصبية للمحور وتجميعها، ثم تأثيرها على المستقبلات الموجودة في الصـــفيحة النهائية الحركية.

٢- هذا الانتقال يأخذ طريقًا واحدًا من المحور للعضلة وليس العكس.

٣- الصفيحة النهائية الحركية تتعرض للتعب أسرع من المحور أو العضلة.

٤- يتأثر انتقال الإشارة من المحور إلى العضلة بالعديد من الأدوية والعقاقير.

# الرسم الكهربائي

هو تسجيل النشاط الكهربائي الذي يحدث في العضلة بواسطة جهاز رسام النشاط العضلي الكهربائي، ويتم ذلك باستخدام الأقطاب الكهربائية، وهي الأقطاب التي تنقل الذبذبات الحادثة عن تغيرات النشاط الكهربائي داخل العضلة.

## القطب السطحي:

وهو القطب الكهربي الذي يوضع فوق العضلة مباشرة على السطح الخارجي للجسم لاستقبال النشاط الكهربائي.

## القطب الأبري:

القطب الكهربائي الذي يدخل في ألياف العضلة لاستقبال النشاط الكهربائي.

## السعة:

هي قوة الذبذبة الكهربائية مسجلة بالمللي فولت.

## التردد:

هو عدد الذبذبات الكهربائية المسجلة لوحدة زمنية.

# الخلجة العضلية

## (الانقباضة العضلية البسيطة)

تستجيب العضلة أو الليفة العضلية لإثارة عصبية واحدة تصل إليها عن طريق تنبيه العصب أو العضلة نفسها كهربائية، ويحدث الانقباض العضلي الواحد نتيجة لنشاط العناصر الانقباضية التي تستدعى وضع درجة التوتر في العضلة وتقصيرها، وبذلك يحصل على ما يسمى بالخلجة العضلية (الانقباضة العضلية البسيطة) التي تتكون من:

**أ- فترة كمسون:**

وتمثل فترة استعداد، وهي الفترة ما بين وصول المؤثر للعضلة، وبداية الانقباض العضلي.

**ب- فترة الانقباض:**

يقصر فيها طول الألياف العضلية.

**جـ- فترة انبساط:**

تستعيد فيها الألياف العضلية طولها.

## العوامل التي تؤثر على الخلجة العضلية:

١- الطول الابتدائي للألياف العضلية: يلاحظ أنه كلما زاد الطول الابتدائي للألياف نتيجة لشدها، فإن الانقباض العضلي الناتج يكون أقوى، وتستمر هذه العلاقة إلى درجة معينة من الطول إذا تم تجاوزها تقل في الانقباض.

٢- الحرارة: بسبب ارتفاع درجة الحرارة المحيطة بالعضلة زيادة في قوة انقباضها وسرعة في زمن الخلجة العضلية، وذلك نتيجة زيادة سرعة التغيرات الكيميائية المنتجة للطاقة، هذا ويحدث تقليل درجة الحرارة أثرًا عكسيًا.

٣- التعب العضلي: يسبب التنبيه المستمر للعضلة ضعفًا في قوة الانقباض مع طول في زمن الخلجة.

## تأثير الإشارات العصبية المتكررة على الانقباض العضلي:

إذا تم تنبيه العصب بعدة صدمات كهربائية متتالية بحيث تصل إلى العضلة إشارات عصبية متتالية أثناء فترة

انقباضها، فإن الخلجات العضلية الناتجة تتداخل مسببة حالة تشنج كامل للعضلة، ولقد ثبت فسيولوجيا أن الانقباضات الإرادية لعضلاتنا على انقباضات تشنجية تسمح بأداء شغل عضلي لفترة كافية.

أما إذا تم تنبيه العصب بصدمات كهربائية أقل سرعة من الحالة الأولى؛ بحيث لا تصل الإشارات العصبية إلى العضلة إلا أثناء فترات الانبساط، فينتج انقباض تشنجي غير كامل.

أما إذا وصلت الإشارات العصبية بعد انبساط العضلة مباشرة، فإنها تؤدي إلى خلجات منفصلة تزداد قوة حتى تصل إلى حد أقصى، وهذا ما يسمى بظاهرة "السلم" أو "الدرج".

## نغمة العضلة الدائمة (الانقباض العضلي المستمر):

يلاحظ أن العضلة دائمًا تكون في حالة انقباض جزئي؛ نتيجة وجودها باستمرار في حالة شد سلبي، وذلك لسببين أساسيين هما:

١- إن طول الألياف العضلية أقل من المسافة بين بداية العضلة ونهايتها، فهي مشدودة عند اتصالها بالعظام.

٢- شد الجاذبية الأرضية على العضلات المقاومة للجاذبية.

وهذا الشد على العضلة يثير المغزل العضلي فيرسل إشارات إلى الجهاز العصبي المركزي، الذي بالتالي يؤدي إلى انقباض الألياف العضلية حول المغزل على العضلة الذي يؤدي إلى النغمة العضلية الدائمة.

## أنواع الانقباض العضلي:

### أ- الانقباض متشابه التوتر:

هو الانقباض الذي تقصر فيه العضلة ولا يزيد توترها، وتتمكن العضلة خلاله من تأدية عمل خارجي مثل قذف كرة بالقدم.

### ب- الانقباض متشابه الطول:

وهو الانقباض الذي لا يصاحبه تغير في الطول بحيث لا تقصر العضلة، ولكن يزيد التوتر فيها، ولا يؤدي عمل خارجي بواسطة هذا النوع من الانقباض مثل الضغط على الحائط.

## التغيرات التي تحدث فـــي أثنـــاء وبعـــد الانقبـــاض العضلية:

### ١- تغييرات كهربائية:

تحدث هذه التغييرات قبل وأثناء وبعد الانقباضة العضلية، وذلك نتيجة لزيادة نفاذية الخلية العضلية الذي يؤدي بـــدوره إلى زيادة دخول الأيونات الموجبة والســـالبة مـــن الخلجـــة العضلية.

### ٢- تغييرات في استجابة العضلة:

يحدث هذا النوع مـــن التغييـــرات ملازمًـــا للتغييـــرات الكهربائية ونتيجة لها.

### ٣- تغييرات كيميائية (تغييرات في التمثيل الغذائي):

وذلك لإمـــداد العضـــلة بالطاقـــة اللازمـــة لانقباضـــها وارتخائها.

### ٤- تغييرات حرارية:

وهي نتيجة للتغيرات الكيميائية التي تحدث فـــي العضـــلة لإمدادها بالطاقة.

**٥- تغييرات ميكانيكية:**

وتشمل انقباض وارتخاء العضلة. شكل ٣.

## الكفاءة الميكانيكية للعضلة:

يمكن حساب الكفاءة الميكانيكية للعضلة كالآتي:

$$\text{الكفاءة الميكانيكية} = \frac{\text{الشغل المبذول} \times ١٠٠}{\text{معدل استهلاك الأكسجين أثناء الشغل} - \text{معدل استهلاك الأكسجين أثناء الراحة}}$$

ففي حالة انقباض العضلة المصاحب يقصر في طول العضلة تتراوح الكفاءة الميكانيكية للعضلة بين ٢٠ – ٤٠ % أي يتحول من الطاقة الناتجة داخل العضلة حوالي ٣٠ % إلى شغل و٧٠ % إلى حرارة، وفي حالة الانقباض غير المصاحب يتغير في الطول تساوي الكفاءة الميكانيكية صفرًا في المائة؛ حيث لا يؤدي شغل خارجي.

## العوامل التي تؤثر على الكفاءة الميكانيكية للعضلة:

١- نوع الانقباض.

٢- تمرين العضلة: يزيد من كفاءة العضلة الميكانيكية.

٣- سرعة التمرين: التمرين الأبطأ أو الأسرع من اللازم لا يزيد من كفاءة العضلة.

٤- نوع الغذاء: يزيد الغذاء المحتوي على المواد الكربوهيدراتية من كفاءة العضلة.

٥- درجة حرارة الجو: تزيد كفاءة العضلة عند انخفاض درجة حرارة الجو، وذلك إلى حد معين.

## التعب أو الإرهاق العضلي:

ينشأ الإرهاق العضلي بعد فترة طويلة من المجهود العضلي الثقيل، الذي يشكل عبئًا على الجهاز الدوري والتنفسي، فضلاً عن الجهاز العصبي والعضلي، ويختلف الشعور بالإرهاق من شخص لآخر.

## ومن أهم أسباب الإرهاق العضلي:

### ١- أسباب فرعية:

أ- أسباب خاصة بالأعصاب الحسية: وينتج الإرهاق العضلي في هذه الحالة من تراكم حمض اللاكتيك أثر

الانقباض الطويل للعضلة في غياب الأكسجين؛ مما يؤدي لاستثارة المستقبلات الحسية على أطراف الأعصاب الحسية.

ب- أسباب خاصة بالألياف العضلية: وينتج الإرهاق العضلي في هذه الحالة؛ نتيجة نفاذ مواد الطاقة بالعضلة أثر المجهود الشاق وتتابع الانقباض والانبساط.

**٢- أسباب مركزية:**

أ- قد يكون سبب الإرهاق هو استنفاد مادة الاستيل كولين المفرزة في نقط التشابك العصبي.

ب- وقد يكون السبب هو قصور في وظائف الخلايا العصبية الحركية؛ نتيجة الإرهاق العام، ويمكن تلافي هذا عن طريق توفير فترات راحة أثناء الإعداد الرياضي.

**الألم العضلي:**

هو الإحساس بالألم الشديد في العضلات وزيادة في توترها؛ نتيجة التعرض لمجهود شاق لم تؤهل هذه العضلات لمثله من قبل، وتصل هذه الأعراض ذروتها بعد ١٢ – ٢٤ ساعة، وتتلاشى تدريجيًا في ٤ – ٦ أيام.

وسبب هذه الحالة هو تهتك في النسيج العضلي خاصة عند مناطق اتصاله بالعظام، وقد تكون هذه الحالة نتيجة خروج مادة الهيتامين التي تحدث ألمًا مصحوبًا بتورم.

وهذه الحالة تحدث غالبًا للناشئين أو اللاعبين القدامى في أول الموسم الرياضي، وعادة ما تكون هذه العضلات أكثر قوة بعد الشفاء.

## التقلص العضلي:

ينتج التقلص العضلي من زيادة استعمال العضلات أو نقص في كمية كلوريد الصوديوم بالجسم، أو أحياناً يحدث لا إراديًا أثناء النوم، وهو يأخذ شكل زيادة التوتر في عضلة أو أكثر، مما يؤدي إلى انقباض مفاجئ يزول بالتدليك.

## نمو العضلات وضمورها:

يزيد نمو العضلة مع زيادة استعمالها؛ نتيجة حجم الألياف العضلية، وليس نتيجة لزيادة عدد هذه الألياف.

وبالنسبة للرياضيين يصاحب ذلك نمو في الأنسجة الضامة للعضلات أيضًا، وزيادة في ترسيب الجليكوجين ومواد الطاقة بها.

وعلى العكس من نمو العضلة بالاستعمال فهي تضمر بإهمال استعمالها، كنتيجة لقطع العصب المغذي لها أو اضطراب الإمداد الدموي الخاص بها.

**التعلم:**

إزاء الحركات المعقدة أو غير المألوفة يتم الأداء العضلي بطريقة غير دقيقة وبصعوبة، ولكن بعد التدريب على مثل هذه الحركات فإن الأداء يتحسن دقة وسهولة، نتيجة التوافق العصبي العضلي الذي يمكن في الاستفادة من عملية نشوء التوتر العضلي المناسب لأداء الحركة من مجموعة من العضلات؛ بحيث ينشط بعضها ويثبط البعض الآخر، فنرى إن أداء الطفل الصغير لحركة ما يتحسن بنمو جهازه الحركي، وتطور العمليات العصبية الانعكاسية فيه ما يمكنه عند البلوغ من أداء الحركات الدقيقة المتوافقة.

# الباب الثالث

## الجهاز الدوري

يتكون الجهاز الدوري من القلب والأوعية الدموية التي يجري فيها الدم تحت تأثير ضغطه المنتظم من القلب؛ حيث يبدأ الدم رحلته من القلب مندفعًا في الشرايين، وينتهي رحلته عائدًا إلى القلب عن طريق الأوردة.

## تركيب الجهاز الدوري:

يتركب الجهاز الدوري مما يأتي:

### أ- القلب:

عضو أجوف مخروطي الشكل يوجد في منتصف الصدر تقريبًا بين الرئتين؛ حيث يقع ثلث منه على يمين خط منتصف الجسم والمثلثان والباقيان على يساره.

ينقسم تجويف القلب إلى أربع تجويفات ففي أعلى يوجد الأذينان، وأسفلهما البطينان، وينقسم القلب بحاجز طولي إلى نصفين أيمن وأيسر؛ حيث يمتلئ النصف الأيمن بالدم الوريدي غير المؤكسد، والأيسر بالدم الشرياني المؤكسد.

وكل نصف يتكون من أذين وبطين بينهما فتحة محكومة بصمام، واتجاه سريان الدم في القلب من الأذين الأيمن إلى البطين الأيمن الذي يدفع الدم في الشريان الرئوي غير

مؤكسد، فيعود مؤكسدًا عن طريق الأوردة الرئوية إلى الأذين الأيسر، ومنه إلى البطين الأيسر الذي يدفع الدم في الأورطى إلى الشعيرات الدموية التي توجد في كافة أنحاء الجسم؛ حيث يتجمع الدم في رحلة العودة إلى الأذين الأيمن عن طريق الوريد الأجوف العلوي، بالإضافة إلى الوريد الأجوف السفلي.

وتلعب صمامات القلب دورها المهم في تنظيم دفع الدم في اتجاه واحد هو الاتجاه الذي ذكرناه آنفًا.

ونسيج عضلة القلب في رؤيته ميكروسكوبيًا يتكون من خلايا تظهر فيها خطوط عريضة تتوسطها الأنوية، وتتصل بعضها ببعض مما يتيح لعضلة القلب كلها أن تعمل كخلية واحدة عند استثارة أي جزء منها، وتغذى عضلة القلب شرايين تسمى الشرايين التاجية.

ويتجمع الدم منها في أوردة تصب معظم دمها في الأذين الأيمن، ويغذي القلب نوعان من الأعصاب يؤثران على نشاطه: النوع الأول منشط ويسمى العصب السمبثاوي، والآخر يهبط ويسمى الباراسمبثاوي.

ونشاط القلب ظاهرة خاصة بعضلته؛ حيث يوجد في نسيج القلب خلايا خاصة تأخذ على عاتقها توليد ونقل نبضة النشاط الكهربائي التي تؤدي إلى حركة القلب الميكانيكية. هذه الخلايا تكون العقدة الجيب أذنية، ومعدل نشاط وخروج هذه النبضات من العقدة الجيب أذنية هو ٦٠ – ٨٠ نبضة في الدقيقة، ويمكن قياس فروق الجهد الكهربائي المنبعثة من القلب نتيجة مرور نبضات النشاط الكهربائي عن طريق جهاز رسم القلب.

## ب- الأوعية الدموية:

هي عبارة عن قنوات تنقل الدم من القلب إلى الأنسجة (الشرايين) والعكس (الأوردة) وتنقسم الأوعية الدموية إلى الشرايين والشرينات والأوردة والوريدات، بالإضافة إلى الشعيرات الدموية.

## أولاً: الشرايين:

هي قنوات تنقل الدم من القلب إلى الأنسجة وعادة تحمل دم مؤكسد، فيما عدا الشريان الرئوي الذي يحمل دم غير مؤكسد، وجدار الشريان أسمك من جدار الوريد، وأضيق منه

في قطره الداخلي، ويتغير القطر الداخلي للشـــريان نتيجـــة لانقباض وانبساط الألياف العضلية الموجودة فـــي جدرانـــه، وتنقسم الشرايين إلى الشرينات التي تنتهي فـــي الشـــعيرات الدموية التي يحدث خلال جدارها الرقيق المكون من طبقـــة واحدة من الخلايا تبادل المواد والغازات.

وتنقسم الشرايين إلى ما يأتي:

## ١- الشرايين الرئيسية:

وهي الشرايين التي تخرج من القلب مباشرة وتفرعاتهـــا الكبرى، مثل الأورطى والشرايين الرئوية، وتتميز بوجـــود كمية كبيرة من الألياف المرنة بجدارها التي تعطيها خاصية التمدد أثناء دفع الدم والانكماش أثناء انبساط القلب.

## ٢- شرايين متوسطة الحجم:

مثل شريان الجسم ويمثل هذا النوع من الشرايين ٩٠ % من المقاومة التي يصادفها الدم عند السريان، ويوجـــد فـــي جدار الشرايين المتوسطة ألياف عضـــلية لا إراديـــة يمكـــن تنشيطها بواسطة الأعصاب الخاصة بها، أو مواد كيماويـــة أخرى وهذه الشرايين توجد في حالة انقباض جزئي نتيجـــة

لانقباض العضلات اللا إرادية الموجودة فيها ومن أهم وظائفها ما يلي:

١- تلعب دورًا هامًا في المقاومة التي يصادفها الدم عند سريانه، وينتج عن هذا تأثيرًا كبيرًا على ضغط الدم وشغل القلب.

٢- تلعب دورًا هامًا في توزيع الدم للأعضاء المختلفة للجسم على حسب ضيقها أو اتساعها.

## ثانيًا: الأوردة:

تبدأ عند نهاية الشعيرات الدموية في صورة أوردة صغيرة، ثم أوردة مجمعة ثم تصب في الأوردة الكبيرة حتى تتجمع، وتصب في الوريدان الأجوفان العلوي والسفلي.

وتختلف هذه الأوردة في كمية النسيج العضلي والنسيج الضام، ففي الأوردة الصغيرة يوجد قليل من النسيج العضلي اللا إرادي. وفي الأوردة الكبيرة يوجد طبقة عضلية سميكة لها القدرة على الانقباض، وتضيق قطر الوريد، فيوجد في الأوردة الطرفية صمامات تمنع رجوع الدم إلى الأنسجة، ومن أهم وظائف الأوردة أنها تحتوي على أكثر من ٢٥ – ٧٠ % من حجم الدم الكلي في الأحوال الطبيعية، ولذلك

يطلق عليها الخازنة، كما تشمل الأوردة الرئوية حـــوالي ١٥ % من حجم الدم الكلي.

## ثالثًا: الشعيرات الدموية:

توجد الشعيرات الدموية في الأنسجة المختلفة في الجســـم على أحد الأشكال الآتية:

١- عند نهاية شرايين المقاومـــة يوجـــد مجـــرى شـــبه شعيري.

٢- مجموعة من شرايين المقاومة.

٣- التشابك الشرياني الوريدي.

# قوانين عمل القلب

## ١- قانون الكل أو لا شيء:

إذا استثيرت عضلة القلب بمؤثر فإنها تعطي أقصى استجابة، أو لا تستجيب على الإطلاق تعطي أقصى استجابة مع المؤثرات الكافية، ولا تستجيب مع المؤثرات الغير كافية، وذلك تحت نفس الظروف، ويلاحظ أن الأذينين يعملان كوحدة والبطينين يعملان كوحدة.

## ٢- قانون ستارلينج:

تتناسب قوة انقباض عضلة القلب تناسبًا طرديًا مع حجم القلب أثناء الانبساط، وذلك حتى حدود معينة؛ بحيث إذا زاد حجم القلب من هذه الحدود تقل قوة الانقباض، وذلك لزيادة الشد على الألياف العضلية، فقد لوحظ أن زيادة كمية الدم الواردة إلى القلب تؤدي إلى اتساع القلب، وزيادة طول أليافه، مما ينتج عن ذلك من زيادة قوة الانقباض التي تؤدي إلى دفع كمية أكبر من الدم إلى الجسم، وهذا يفيد كثيرًا أثناء المجهود الرياضي.

## ٣- الإيقاع:

وهو قدرة عضلة القلب على الانقباض والانبساط بانتظام، والإيقاع الذي يعمل به القلب ينتج عن النبضات الكهربية التي تصدر من العقدة الجيب أذنية بمعدل ١٢٠ % نبضة في الدقيقة، تنتشر عن طريق الجهاز التوصيلي لعضلة القلب، فتؤدي إلى حدوث استجابة ميكانيكية متساوية في المعدل مع عدد النبضات الكهربية التي تصل إليه، ولكن الملاحظ أن معدل دقات القلب في الشخص البالغ الطبيعي أثناء الراحة هو ٧٠ دقة في الدقيقة فقط، وذلك نتيجة لتأثير العصب الخائر على نشاط العقدة الجيب أذنية.

# صفات عضلة القلب

## أولاً: الإيقاع: انظر ما سبق.

**ثانيًا: الانقباضية**: وهو قدرة عضلة القلب على الانقباض، يلاحظ أن عضلة القلب تتبع قانون الكل أو اللا شيء في الانقباض كما سبق ذكره.

**ثالثًا: الاستجابة**: وهو قدرة عضلة القلب في الاستجابة للمؤثرات المختلفة في الشدة، ويلاحظ أن استجابة عضلة القلب تتغير أثناء نشاطها، وتمر بالمراحل التالية:

## أ- مرحلة الخمول المطلق:

وهي المرحلة التي فيها تنقص درجة استجابة عضلة القلب إلى الصفر؛ أي لا تستجيب عضلة القلب لأي مؤثر مهما كان قويًا، وتحتل هذه المرحلة كل فترة انقباض عضلة القلب، والجزء الأول من انبساط عضلة القلب، وذلك لكي تمنع تعب وتشنج عضلة القلب.

## ب- مرحلة الخمول النسبي:

وهي المرحلة التي فيها تحول عضلة القلب أن تصل لمستوى الاستجابة الطبيعي، وخلال هذه المرحلة تكون درجة

استجابة عضلة القلب أقل من الطبيعي، وتستجيب عضلة القلب للمؤثرات القوية فقط، وتحتل هذه المرحلة الجزء المتبقي من مرحلة انبساط القلب.

### جـ- مرحلة زيادة الاستجابة:

وهي المرحلة التي فيها تستجيب عضلة القلب للمؤثرات الضعيفة، وتحتل هذه المرحلة نهاية مرحلة الانبساط.

## رابعًا: التوصيل:

وهي قدرة عضلة القلب على توصيل النبضات الكهربية الصادرة من العقدة الجيب أذنية إلى جميع أجزاء الجسم، ويتم ذلك عن طريق الجهاز التوصيلي لعضلة القلب الذي يشمل:

١- العقدة الجيب أذنية.

٢- عضلات الأذنيين.

٣- العقدة الأذين بطينية.

٤- الحزمة الأذين بطينية وفروعها.

٥- عضلات البطينين.

ويلاحظ أن سرعة انتقال النبضات الكهربية تختلف من جزء إلى آخر في عضلة القلب، وقد وجد أن أقل سرعة

توصيل هو التوصيل في العقد الأذين بطينية؛ حيث تكون السرعة هي ٠,٢ متر في الثانية، وذلك لكي تحمي البطينين من الزيادة الغير الطبيعية في نشاط الأذينين.

# دورة عمل القلب

تتكون دورة عمل القلب من انقباض عضلة القلب الـــذي يتلوه مرحلة الانبساط، التي فيها تعود ألياف عضلة القلب إلى طولها الأساسي، وتعتمد قوة انقباض عضلة القلب على طول اليافة العضلية أثناء فترة الانبساط (قانون ستار لينج) وزمـــن دورة عمل القلب هو ٠,٨ ثانية إذا كان معدل دقـــات القلـــب ٧٠ دقة في الدقيقة.

ويلاحظ أن كمية الدم المدفوعة من القلب في الانقباضـــة الواحدة حوالي ٧٠ سم٣ في المتوسط في الأحـــوال العاديـــة تزيد إلى أقصى حد في الرجال إلى ٢٠٠ سم٣ وفي السيدات إلى ١٦٠ سم٣.

## معدل دقات القلب:

هو عدد انقباضات القلب في الدقيقة التي تبلغ ٧٠ دقـــة/ دقيقة أثناء الراحة، ويمكن عدها بوضع اليد علـــى الصـــدر أسفل الثدي الأيسر مباشرة، وتحدث الدقة نتيجة تحرك الجزء الأسفل من القلب حركة فجائية في اتجاه الجـــدار الـــداخلي

للمصدر أثناء انقباض البطينين، مما يسبب ضغطًا يمكن جسه على جدار الصدر من الخارج.

كما يمكن عدد دقات القلب بوضع السماعة الطبية في نفس المكان؛ حيث يمكن تمييز صوتين في كل دقة.

- **الصوت الأول**: سببه إغلاق الصماميم بين الأذينين والبطينين، وهو صوت غير حاد يسمع على هيئة "لب".
- **الصوت الثاني:** سببه إغلاق صمام الأورطى وصمام الشريان الرئوي، وهو صوت حاد يسمعه على هيئة "دب".

ويمكن عدد دقات القلب في الدقيقة من خلال رسم القلب الكهربائي.

## العوامل التي تؤثر على دقات القلب:

يتغير معدل دقات القلب في الدقيقة تبعًا لحاجة الجسم، فنجده يزيد أثناء المجهود الرياضي ويقل أثناء النوم، ومن أهم العوامل التي تؤثر على هذا المعدل:

### ١- أعصاب القلب:

يزيد العصب السمبثاوي من سرعة دقات القلب، بينما يقلل العصب الحائر (العصب الباراسمبثاوي) من معدل دقات القلب.

### ٢- الانفعالات:

في الانفعالات الخفية يزيد من معدل دقات القلب بينما في الانفعالات الشديدة دائمًا، فإنه يقلل من هذا المعدل ويتم ذلك عن طريق التأثير على المركز العصبي للانفعالات التي يوجد في الهيموثالامس.

### ٣- كمية الدم الراجعة للقلب:

كلما ازدادت هذه الكمية، كلما زاد عدد دقات القلب، وذلك نتيجة لانعكاس عصبي يبدأ من النهايات العصبية الحسية الموجودة في جدار الأذين الأيمن "(انعكاس بنبردج) وهذا يؤدي بدوره إلى زيادة كمية الدم المدفوعة للعضلات، ويمنع ركود الدم في القلب والأوردة.

### ٤- ضغط الدم الشرياني:

يتناسب عدد دقات القلب في الدقيقة تناسبًا عكسيًا مع مستوى ضغط الدم الشرياني، وهذا ما يسمى بقانون ماري.

### ٥- انقباض العضلات (انعكاس السن سارك):

يؤدي انقباض العضلات إلى زيادة في دقات القلب، وحتى يتمكن القلب من تغذية العضلات لكمية الدم اللازمة.

### ٦- عوامل كيميائية:

أ- غازات الدم: تزداد سرعة دقات القلب بزيادة ثاني أكسيد الكربون أو بنقص الأوكسجين في الدم.

ب- الهرمونات: تزداد سرعة دقات القلب نتيجة زيادة إفراز هرمون الغدة الدرقية المسمى بالثيروكسين أو نخاع الغدة الكظرية المسمى بالأدرينالين.

### ٧- حرارة الدم:

من الملاحظ أن زيادة درجة حرارة درجة واحدة مئوية يؤدي إلى زيادة معدل دقات القلب زيادة قدرها ١٠ دقات في الدقيقة، وفي بعض الحالات المرضية تكون أقل من هذا

المعدل نظرًا لتأثير سموم البكتريا على نشاط العقدة الجيب أذنية.

## ٨- المجهود الرياضي:

تزداد سرعة دقات القلب أثناء المجهود الرياضي نتيجة عدة عوامل منها:

- ارتفاع درجة حرارة الدم.
- نقص الأوكسجين وزيادة ثاني أكسيد الكربون، وحمض اللاكتيك في الدم.
- انعكاسة آلن سمارك: انقباض العضلات، وأثره على زيادة دقات القلب.
- زيادة كمية الدم الراجعة للقلب.
- زيادة معدل التنفس.
- زيادة التمثيل الغذائي.
- زيادة إفراز الأورنيالين والثيروكسين.

# معدل النبض

هو معدل انتشار موجات التمدد في الدقيقة من جدار الأورطى (عند اندفاع الدم إليه من البطين الأيسر) عبر جدران الشرايين.

ويمكن جس النبض بوضع اليد على شريان سطحي في الجسم مثل الشريان الكعبري في الرسخ. ويلاحظ الآتي عند جس النبض:

١- سرعة النبض: وهي تساوي سرعة دقات القلب في الأحوال العادية.

٢- انتظام النبض في تتابعه وقوته.

٣- قوة النبضة تدل على مدى قوة انقباض البطين.

٤- حالة الأوعية الدموية.

## حجم الدم المدفوع بواسطة القلب في النبضة الواحدة:

هو حجم الدم الذي يدفعه كل بطين في كل نبضة، وهو يساوي حوالي ٧٠ سم٣ في النبضة الواحدة في الشخص البالغ تحت الظروف العادية.

## حجم الدم المدفوع بواسطة القلب في الدقيقة:

هو حجم الدم الذي يدفعه كل بطين في كل دقيقة، وهو يساوي حجم الدم المدفوع في النبضة × معدل عدد دقات القلب في الدقيقة.

أي يساوي ٧٠ × ٧٠ = حوالي ٥ لتر/ دقيقة.

## أ- الكفاءة الميكانيكية للقلب:

من المعروف أن القلب يعمل عمل آلة ميكانيكية تحول الطاقة الكيمائية إلى طاقة ميكانيكية تظهر على هيئة انقباضات.

**والكفاءة الميكانيكية = (الشغل المبذول ÷ كمية الطاقة المستهلكة)× ١٠٠**

الشغل = ضغط الدم الشرياني × حجم الدم المدفوع في الدقيقة.

استهلاك الطاقة = كمية الأوكسجين المستهلكة في الدقيقة.

# ضغط الدم الشرياني

هو الضغط الناتج من تأثير تدفق الدم على جدار الشرايين، ووجود الدم في الأوعية الدموية تحت ضغط يضمن استمرار تدفقه، وضغط الدم له مستويان يبلغ مستواه الأقصى أثناء انقباض القلب (ضغط الدم الانقباض) ويهبط إلى أدنى مستوى أثناء انبساط القلب (ضغط الدم الانبساطي).

## أولاً: ضغط الدم الانقباضي:

هو أقصى ضغط أثناء انقباض القلب وهو يساوي ١٢٠ مم زئبق.

## ثانيًا: ضغط الدم الانبساطي:

هو أدنى ضغط أثناء انبساط القلب وهو يساوي ٨٠ مم زئبق.

## ثالثًا: ضغط النبض:

هو الفرق بين الضغط الانقباضي والضغط الانبساطي.

= ١٢٠ – ٨٠ = ٤٠ مم زئبق.

ويقاس ضغط الدم بواسطة جهاز ضغط الدم مع الاستعانة بالسماعة الطبية.

## رابعًا: متوسط الضغط:

$$= \frac{\text{ضغط الدم الانقباضي + ضغط الدم الانبساطي}}{٢}$$

ويمكن حساب مستوى ضغط الدم أثناء الانقباض بإضافة ١٠٠ إلى عمر الشخص بالسنين، ومستوى الضغط أثناء الانبساط يساوي ثلثي مستواه أثناء الانقباض، والفرق بين المستويين هو ضغط النبض.

## العوامل المنظمة لضغط الدم:

### أولاً: المقاومة الطرفية التي يواجهها الدم أثناء مروره في الشريانيات:

يتناسب ضغط الدم الشرياني تناسبًا طرديًا مع المقاومة الطرفية التي يواجهها الدم أثناء مروره، وتعتمد المقاومة الطرفية على:

أ- قطر الشريانيات والشعيرات الدموية؛ حيث تزداد المقاومة الطرفية بضيق هذه الأوعية وتقل باتساعها.

ب- لزوجة الدم تزداد المقاومة الطرفين بزيادة لزوجة الدم كما يحدث في المرتفعات؛ نتيجة لزيادة عدد كرات الدم

الحمراء، وتقل لزوجة الدم بنقص عدد كرات الدم الحمـــراء كما يحدث في حالات الأنيميا.

## ثانيًا: مرونة الشرايين الرئيسية ومدى قدرتها على التعدد والانكماش:

تمدد الشرايين أثناء انقباض القلب لكي تمنع حدوث زيادة كبيرة في ضغط الدم الانقباضي، وتنكمش أثناء انبساط القلب لكي تمنع حدوث انخفاض شديد في ضغط الدم الانبســاطي، ويلاحظ أن نقص مرونة الشرايين يؤدي إلى زيادة الضـــغط الانقباضي؛ نتيجة لنقص قدرتها علـــى التمـــدد وانخفـــاض الضغط الانبساطي، فنتيجة لـــنقص دورة الشـــرايين علـــى الانكماش، وبالتالي يحدث زيادة واضحة في ضغط النـــبض وفي الحالات المتأخرة من تصلب الشرايين يحدث زيادة في كل من الضغط الانقباضي والضغط الانبساطي؛ نتيجة لضيق قطر الشرايين الناتج عن ترسيب الدهون في جدارها.

## ثالثًا: كمية الدم المدفوعة من القلب في الدقيقة الواحدة:

يتناسب ضغط الدم الشرياني تناسبًا طرديًا مع كمية الدم المدفوعة من القلب في الدقيقة الواحدة التي تعتمد أساسًا على كمية الدم الراجع إلى القلب.

## العوامل التي تساعد على رجوع الدم للقلب:

### ١- الجاذبية الأرضية:

لا تؤثر الجاذبية الأرضية على كمية الراجع إلى القلب في وضع الاستلقاء، أما في حالة الجلوس والوقوف فتساعد الجاذبية الأرضية رجوع الدم من الأوردة الموجودة في مستوى أعلى من مستوى القلب، وتعرقل رجوع الدم من الأوردة التي توجد في مستوى أسفل القلب.

### ٢- انقباض العضلات:

يؤدي انقباض العضلات إلى دفع الدم داخل الأوردي إلى القلب، وذلك لوجود صمامات في الأوردة تسمح لسريان الدم نحو القلب وليس العكس.

### ٣- التنفس:

يساعد الشهيق على سحب الدم في اتجاه القلب، وتـــزداد كمية الدم الراجع للقلب بزيادة عمق الشـــهيق، ويقـــل أثنـــاء الزفير ويتوقف أثناء الزفير العميق.

### ٤- قطر الأوعية الدموية:

يزداد الدم الراجع للقلب نتيجة لتعدد الشرايين وانكمـــاش الأوعية، والشعيرات الدموية ويقل بانكماش الشرايين، وتمدد الأوردة والشعيرات الدموية.

### ٥- الضغط داخل الأوعية الدموية:

ينتقل الدم من الضغط الأعلى إلى الضغط الأقل وهكـــذا. يسري من الشرايين (١٠٠ مم زئبق) إلى الشـــريانيات (٣٠ مم زئبق) إلى الأوردة الصغيرة (١٥ مم زئبق) إلى الأوردة الكبيرة التي هي أقل ضغطًا من ذلك.

ويلاحظ أن العوامل الثلاثة الأخيرة تساعد عودة الدم من مستوى أقل من مستوى القلب ضد الجاذبية الأرضية.

## رابعًا: حجم الدم بالنسبة لسعة الجهاز الدوري:

يتناسب ضغط الدم تناسبًا طرديًا مع حجم الدم، وتناسبًا عكسيًا مع سعة الجهاز الدوري التي تزداد بتمدد الأوعية الدموية، وتقل بانكماش الأوعية الدموية.

# تأثير تغيير وضع الجسم
# على الدورة الدموية

## أولاً: كمية الدم المدفوعة من القلب في الدقيقة:

عند الرقاد ٤,٢ لتر/ دقيقة

عند الوقوف ٣,٩ لتر/ دقيقة

### عدد دقات القلب:

في حالة الرقاد تقل عدد دقات القلب وتزداد في حالة الوقوف.

### ثالثًا: كمية الدم الراجع للقلب:

عندما يكون الشخص راقدًا ثم يقف تقل كمية الدم الراجعة للقلب، وذلك نتيجة لتأثير الجاذبية الأرضية، وقد يؤدي ذلك لحدوث الإغماء في بعض الحالات.

### رابعًا: ضغط الدم الشرياني:

عندما يتحول الشخص من وضع الرقود إلى وضع الوقوف؛ يقل ضغط الدم نتيجة لنقص كمية الدم الراجع

للقلب، وبالتالي نقص كمية الدم المدفوعة من القلب في الدقيقة الواحدة.

## تنظيم الدورة الدموية أثناء التدريبات العضلية:

تبدأ التغيرات في وظائف الجهاز الدوري قبل البدء الفعلي للمجهود الرياضي، فنجد زيادة في سرعة دقات القلب، وكمية الدم التي يدفعها وارتفاعًا في ضغط الدم نتيجة لضيق الشريانيات بمجرد التفكير في القيام بمجهود عملي، ونتيجة للانفعالات والانعكاسات المشروطة، وزيادة نشاط الجهاز السمبثاوي وزيادة إفراز الأدرينالين.

ويمكن القول بأن استجابة الدورة الدموية للتدريب العضلي تمر في أربع مراحل كالآتي:

### ١- أثناء الراحة:

يكون معدل دقات القلب منخفضًا تحت تأثير العصب الحائر، كما تكون الشريانيات في حالة انقباض جزئي مستمر، وتكون نسبة قليلة من الشعيرات الدموية مفتوحة (١٠ %) فقط، كما تستقبل العضلات الإرادية حول ١٥ % من حجم الدم في هذه الفترة فقط.

## ٢- عند باب التموين:

يزداد معدل دقات القلب نتيجة لما يأتي:

أ- تنشيط الجهاز الباراسمثاوي، فيقل تأثير العصا الحائر.

ب- تنشيط الجهاز السمبثاوي.

جـ- إفراز الأدرينالين من نخاع الغدة الكظرية.

د- تأثير الانفعال والانعكاسات المشروطة.

كذلك يزداد الدم المتدفق للعضلات النشطة؛ نتيجة التأثير التوسيعي للأعصاب السمبثاوية لشرياناتها الموجودة بالعضلات.

## ٣- مع تقدم التمرين:

يزداد تدفق الدم للعضلات النشيطة نتيجة زيادة فضلات التمثيل الغذائي بها، وهي ثاني أكسيد الكربون، وحمض اللاكتيك، وأيضًا زيادة البوتاسيوم خارج الخلية العضلية، ونقص الأوكسجين، وتراكم هذه الفضلات يؤدي إلى تأثير موضعي على الأوعية الدموية مما يسبب توسيعها، ويلاحظ أن هذه المواد تقوم بتنشيط المركز الخاص بتضييق الأوعية الدموية، مما يؤدي إلى ضيق في أوعية دم الجسم بشكل عام، ونتيجة لهذا الانعكاس (المسمى بانعكاس لوفين) يتم تحويل

مزيد من الدم من أجزاء الجسم المختلفة إلى العضلات النشيطة.

### ٤- مع استمرار التمرين:

تزداد الحرارة المولدة داخل الجسم نتيجة عملية التمثيل الغذائي الزائدة؛ الأمر الذي يؤدي إلى تمدد أوعية دم الجلد، وازدياد إفراز العرق، مما يساعد الجسم على التخلص من الحرارة الزائدة.

وتختلف التغيرات التي تحدث في الدورة الدموية على حسب درجة المجهود العضلي، خفيفًا كان أو متوسطًا أو عنيفًا:

### أ- ففي حالة المجهود العضلي الخفيف:

مثل ذلك المجهود الذي نقوم به في حياتنا اليومية، كالقيام والجلوس وارتداء الملابس وتناول الطعام وخلافه، ففي أثناء هذا المجهود يمد الدم العضلات بما تحتاجه من أوكسجين دون تغير يذكر في الدورة الدموية أو التنفس.

## ب- في حالة المجهود العضلي المتوسط:

كالإسراع في المشي أو الجري لمسافة قصيرة أو السباحة لفترة قصيرة، فحتى يتمكن الجسم من إعطاء العضلات ما تحتاجه من أوكسجين، وتخليصها من الزائد من ثاني أكسيد الكربون، فلا بد من حدوث تغيرات ملحوظة في الدورة الدموية والتنفس؛ حيث يزداد حجم الدم الراجع للقلب نتيجة انقباض العضلات وزيادة التنفس، ويزداد حجم الدم المدفوع بالقلب، كما تتمدد الأوعية الدموية للعضلات النشيطة، وتضييق الأوعية الدموية لأعضاء الجسم الغير نشيطة، مثل الجهاز الهضمي، فيتم بذلك انتقال أكبر كمية من الدم للعضلات المنقبضة، ويلاحظ في المجهود العضلي المتوسط أن الدورة الدموية والتنفس يقومان بزيادة قدرتهما دون أن يصل الجسم لحالة الإجهاد.

## جـ- في حالة المجهود العضلي العنيف:

كسباق المسافات الطويلة، يصبح استهلاك العضلات للأوكسجين أضعاف استهلاكها العادي، مما يؤدي إلى ازدياد نشاط الدورة الدموية والتنفس؛ لمقابلة ما يحتاجه الجسم في هذه الظروف، فنجد أن دقات القلب في الدقيقة تزداد زيادة

واضحة فتصل إلى ١٢٠ دقة/ دقيقة وأكثر، وبـــذلك تـــزداد كمية الدم المدفوعة بواسطة القلب، وربما تصل إلى عشرين ضعفًا، وأيضًا يزداد اتســـاع للشـــريانيات فـــي العضـــلات المنقبضة إلى أقصى درجة، ومع ذلك لا تتمكن هذه التغيرات من الوفاء بحاجة العضلات كاملة، فيقل الأوكسجين في الـــدم ويزداد ثاني أكسيد الكربون به، ونتيجة لذلك يزداد التـــنفس عمقًا وسرعة، ويفرز نخاع الغـــدة الكظريـــة مزيـــدًا مـــن الأدرينالين الموسع للشيمات الهوائية، والمقوي لانقباضـــات القلب، والمزيد لسرعة دقاته، كما يسبب الأدرينالين انقباض الطحال، فيضيف كرات الدم الحمراء المختزنة به إلى الدورة الدموية، وتظل حاجة العضلات إلى الأكسجين بالاســـتمرار في المجهود أكبر من قدرة الدورة لحمض اللاكتيك بها، فإذا ما انتهى المجهود فإن مزيدًا من الأوكسجين يتم استنشاقه في فترة الاستعادة، للتخلص من حمض اللاكتيك المتراكم فيمـــا يسمى بالدين الأوكسجيني.

## العوامل التي تساعد على زيادة رجوع الدم للقلب أثناء المجهود الرياضي:

١- زيادة انقباض العضلات مما يؤدي إلى دفع الدم داخل الأوردة في اتجاه الدم.

٢- زيادة حركات التنفس: فمع كل شهيق تزداد سالبية الضغط في التجويف الصدري؛ مما يؤدي إلى انتقال الدم إليه من أوردة تجويف البطن، الذي يزداد الضغط الإيجابي به، نتيجة نزول عضلة الحجاب الحاجز عند انقباضها.

٣- زيادة حجم الدم نتيجة انقباض الطحال، وطرده للدم المختزن به للدورة الدموية.

٤- زيادة كمية الدم المدفوعة بالقلب، والتي تمثل قوة من الخلف تساعد الدم على الرجوع.

٥- زيادة انقباض الأوردة.

## تأثير المجهود العضلي على كمية الدم المدفوعة:

تزداد كمية الدم المدفوعة بالقلب في الدقيقة أثناء المجهود العضلي نتيجة لما يأتي:

### أ- زيادة معدل دقات القلب في الدقيقة:

يلاحظ أن معدل دقات القلب في الدقيقة في فترات الراحة يبلغ ٧٠ دقة/ دقيقة تزداد أثناء المجهود العضلي، وربما تصل إلى ٢٠٠ دقة/ دقيقة، نتيجة نشاط الأعصاب السمبثاوية.

### ب- زيادة حجم الدم المدفوع في النبضة القلبية:

يلاحظ أن هذا الحجم في فترة الراحة حوالي ٧٠ سم٣، ويمكن أن يصل في حالات النشاط القصوى إلى ٢٠٠ سم٣. ويتأثر هذا الحجم بالعوامل الآتية:

١- رجوع الدم إلى القلب.

٢- مقدرة البطين على التمدد.

٣- قوة الانقباض.

٤- الضغط الشرياني.

### تأثير المجهود العضلي على ضغط الدم:

يزيد المجهود العضلي ضغط الدم الذي يبلغ في الأحوال العادية ١٢٠ مم زئبق أثناء الانقباض، و٨٠ مم زئبق أثناء الانبساط؛ حيث يزداد الأول إلى ١٧٥ مم زئبق، ويزداد

الثاني إلى ١١٠ مم زئبق، ويعزي هذا الارتفاع في ضغط الدم إلى زيادة كمية الدم المدفوعة بالقلب في الدقيقة، وقد لوحظ أن التدريبات الرياضية المعتمدة أساسًا على حركات الذراعين؛ تزيد من ضغط الدم أكثر من تلك المعتمدة على حركات الساقين، ولذا ينصح مرضى القلب بعدم القيام بأعمال عنيفة باليدين.

هذا وقد درس ريندل تأثير التدريبات الرياضية على ضغط الدم في الأعمال المختلفة، وقد وجد أن الشخص المتقدم في العمر يستجيب لضغط مرتفع أكثر من الشخص صغير السن عند التعريف للتدريب الرياضي، كما هو موضح بالجدول التالي:

| السن | الضغط أثناء الراحة | الضغط أثناء التدريب الرياضي |
|---|---|---|
| ٢٥ | ١٢٥ | ١٦٠ |
| | ٧٥ | ٨٠ |
| ٥٠ | ١٤٠ | ١٨٠ |
| | ٨٥ | ٩٠ |

## نوع المجهود العضلي المبذول وأثره:

يلاحظ اختلاف التغيرات التي تطرأ على الدورة الدموية باختلاف نوع المجهود العضلي المبذول، فمثلاً في حالة المجهود المبذول أثناء وضعه للوقوف تقبل كمية الدم المدفوعة بالقلب عنها في حالة المجهود أثناء الوقود.

## حجم القلب في الرياضيين:

يزيد حجم القلب في كل من الرياضيين ومرضى القلب، ولكن في حالة مرضى القلب يوجد تفاوت بين حجم القلب، ومعدل الأخذ الأكسجيني، بينما في حالة الرياضيين يصاحب الزيادة في حجم القلب زيادة في معدل الأخذ الأكسجيني. هذا وقد وجد أن الزيادة في حجم القلب عند الرياضيين تعتمد على نوع الرياضة المؤداة، كما هو موضح في الجدول الآتي:

| الزيادة في حجم القلب | نوع الرياضة |
|---|---|
| أقل من ٨٠٠ سم٣ | الملاكمة |
| من ٨٠٠ – ٩٠٠ سم٣ | السباحة – التنس |
| أكثر من ٩٠٠ سم٣ | ركوب الدراجات |

# الباب الرابع

## الجهاز التنفسي

# مقدمة

في الحيوانات وحدية الخلية كالأمبيا تتم عملية التنفس بشكل مباشر بين الكائن الحي وحيد الخلية والوسط الخارجي، حيث يأخذ الحيوان من الوسط الخارجي الأوكسجين ليستخدمه في عملية التمثيل الغذائي، ويطرد ثاني أكسيد الكربون الناتج إلى الوسط الخارجي مرة أخرى، بينما في الكائنات المتعددة الخلايا كالإنسان، فإن عملية التنفس تصبح أكثر تعقيدًا؛ حيث تعتمد عملية تبادل الغازات على المسافة التي يتعين على جزئيات الغاز أن تقطعها بين مصدرها والخلية المستفيدة، وأيضًا تعتمد على مدى الفرق في الضغط الجزئي للغاز.

**وعملية نقل الغاز تتم على مرحلتين:**

الأولى: مرحلة نقل الغاز من الوسط المحيط عبر القنوات الهوائية إلى الدم.

الثانية: مرحلة نقل الغاز عبر الدم إلى الخلايا.

# التركيب التشريحي الفسيولوجي

## ويتكون الجهاز التنفس من جزئين هما:

أ- الجزء الموصل للهواء: ويشمل الأنف أو الفم ثم البلعوم ثم الحنجرة ثم القصبة الهوائية، والشعبتين الهوائيتين الرئيسيتين اليمنى واليسرى.

ب- جزء تبادل الغازات وهذا الجزء الذي يحدث فيه تبادل الغازات ثاني أكسيد الكربون، والأكسجين بين الهواء الجوي والدم، ويكون حوالي ٩٠ % من أنسجة الرئة ويشمل:

١- الشعبات الهوائية.

٢- الحويصلات الهوائية التي تحاط بشبكة من التسعيرات الدموية، والتي يحدث فيها تبادل الغازات، وتبلغ حوالي ٣٠٠ مليون حويصلة هوائية.

## الأعصاب التي تغذي الجهاز التنفسي:

وهي عبارة عن أعصاب من الجهاز العصبي التلقائي وتشمل:

أ- العصب الحائر (المخي العاشر) وهو جزء من الجهاز العصبي البارسباثوي.

**تأثيره:**

يؤدي تنبيه العصر الحائر إلى:

- ضيق في الشعب الهوائية.
- ويزيد من إفراز الخلايا المخاطية.
- كما يحتوي العصب الحائر على ألياف عصبية حسية صادرة من مستقبلات حساسية في الرئة والغشاء البلوري، وتتجه هذه الإشارات العصبية إلى المخ.

**ب- الأعصاب السيباثوية:**

وتخرج من الجزء العلوي للفقرات الصدرية في الجهاز السباثوي، ويؤدي تنبيهها إلى:

- توسيع الشعب الهوائية.
- ضيق خفيف في الشرايين الرئوية.

## وظائف الجهاز التنفسي:

١- تكييف هواء الشهيق: يعمل الجهاز الموصل للجهاز التنفسي كجهاز تكييف للهواء قبل أن يصل إلى الحويصلات الهوائية عن طريق وفرة الأوعية المغذية لهذا الجزء، فتجعل هواء الشهيق مناسبًا لدرجة حرارة الجسم كما تجعله رطبًا ببخار الماء.

٢- ترشيح وتنظيف وهواء الشهيق عن طريق حجز الغبار بواسطة الشعر، والغشاء الرطب للأنف.

- الجزئيات الدقيقة تحجز بواسطة أهداب الخلايا الطلائية، والمخاط بالشعب الهوائية، ويلاحظ أن التدخين يوقف حركة الأهداب.
- بواسطة بعض الانعكاسات الوقائية العصبية التي توجد مستقبلاتها في الجزء الموصل من الجهاز التنفسي، وهي انعكاسة العطس والسعال؛ حيث يتم طرد بعض المواد العالقة بهواء الشهيق.

## ب- وظيفة جزء تبادل الغازات:

١- تبادل الغازات (الأكسجين وثاني أكسيد الكربون) بين الحويصلات الهوائية والدم وتعتمد على:

- المسافة التي يتحركها الجزيء ويتناسب تبادل الغازات تناسبًا عكسيًا مع المسافة.
- فارق ضغط في الحويصلات الهوائية والدم ويتناسب تبادل الغازات تناسبًا طرديًا مع فارق الضغط.

٢- يقوم التنفس بدور عام في المحافظة على تفاعل الدم ثابتًا تحت ظروف مختلفة مثل المجهود العضلي والمرض، بالتخلص من ثاني أكسيد الكربون عند زيادة الحموضة والعكس صحيح.

٣- أيضًا يشارك الجهاز التنفسي في المحافظة على درجة حرارة الجسم عن طريق فقدان الحرارة في بخار الماء الخارج مع الزفير، وعن طريق الجهاز التنفسي بفقد الجسم ١٤ % من الحرارة الكلية المفقودة.

## الغشاء البللوري:

- يتكون الغشاء البلوري من طبقتين: طبقة تغطي الجدار الداخلي لتجويف الصدر تسمى الطبقة الجدارية، وطبقة تخطي السطح الخارجي للرئة تسمى بالطبقة الحشورية.

- ويفصل من طبقتين الغشاء البلوري كميـــة بســـيطة جدًا من السائل البلوري، ووظيفته أنه يساعد علـــى انزلاق الطبقتين فوق بعضهما أثناء حركات التنفس.
- والضغط الموجود داخل الغشاء البلوري هو ضغط سلبي أي أقل من الضغط الجوي، مما يساعد علـــى وجود الرئة في حالة انتفـــاخ دائـــم، ويمنـــع مـــن انكماشها، ويساعد على رجوع الدم إلى القلب واللف إلى القناة اللمفاوية الموجودة في الصدر.

# ميكانيكية التنفس

## عضلات التنفس:

أ- عضلات الشهيق وتشمل:

- الحجاب الحاجز ويمثل ٧٥ % من عملية التنفس.
- العضلات التي توجد بين ضلوع الصدر وتمثل ٢٥ % وتعمل هذه العضلات أثناء الشهيق في التنفس العادي، وأيضًا أثناء المجهود الرياضي، ولكنه بطريقة أكثر جدية.

ب- عضلات الزفير وتشمل عضلات الصدر الداخلية بين الضلوع، وتعمل أثناء المجهود العضلي فقط.

جـ- عضلات الشهيق المساعدة، وتعمل أثناء الشهيق العميق.

## ميكانيكية التنفس (آلية التنفس):

١- عملية الشهيق: يقوم الحجاب الحاجز بالدور الرئيسي في عملية الشهيق أثناء التنفس الهادئ العادي (٧٥ %) فعندما ينقبض فإنه يهبط لأسفل حوالي ١,٥ سم، وتنبسط عضلات البطن ما يزيد القطر الطولي لتجويف الصدر.

وتشارك عضلات الشهيق الصدرية برفع الضلوع إلى أعلى وإلى الخارج؛ مما يزيد قطر الصدر الأمامي والجانبي.

ونتيجة لذلك فإن الصدر يزداد حجمه في جميع الاتجاهات، وبذلك يقل الضغط داخل الصدر (سلبي) وهذا يساعد على تمدد الحويصلات الهوائية ودخول الهواء من الضغط الجوي المرتفع إلى الضغط الصدري المنخفض، وهو حوالي ٨ لتر في الدقيقة بواقع ٥٠٠ سم في المرة الواحدة.

٢- عملية الزفير: في التنفس الهادئ العادي فإن عملية الزفير تحدث نتيجة لانبساط عضلات الشهيق، بالإضافة للخاصية المطاطية للرئة والقفص الصدري، ويعود الصدر إلى حالته الطبيعية تلقائية بدون أي مساعدة، أو تدخل من عضلات الزفير.

## ثانيًا: التنفس أثناء المجهود العضلي:

١- تتم عملية الشهيق كما سبق الذكر ولكنه تتم بمستوى أقوى لتزيد قوة دفع وسحب الهواء إلى الرئتين، فيؤدي ذلك إلى زيادة كفاءة عضلات

الشهيق الأساسية والإضافية مثل عضلات البطن وعضلات الصدر الداخلية.

٢- أثناء عملية الزفير تصبح عضلات الزفير نشطة، فتصبح عملية الزفير إيجابية، ويحدث هذا التنفس العنيف الزيادة في معدل التهوية الهوائية المطلوبة في هذه الحالات، لأننا نحتاج إلى زيادة الأكسجين، وكذلك تزيد كمية ثاني أكسيد الكربون الذي يجب التخلص منها.

## المقاومة الكلية لعملية التنفس:

هي المقاومة التي تلقاها جزئيات الهواء الداخلة والخارجة عند سريانها في ممرات الجهاز التنفسي وتشمل:

١- الممرات الهوائية التنفسية وتبلغ حوالي ٨٠ % من المقاومة الكلية.

٢- مقاومة نسيج الرئة، وتبلغ حوالي ٢٠ % من المقاومة الكلية.

٣- المقاومة الناتجة عن جدار الصدر، وهذه تمثل جزء ضئيل جدًا من المقاومة الكلية.

ويمكن أن تزيد المقاومة التي تعترض سريان جزئيات الهواء الجوي في الممرات التنفسية نتيجة:

١- انقباض العضلات اللاإرادية الموجودة في جدار الممرات مثلما يحدث في حالات الربو الشعبي، كرد فعل لاستنشاق بعض الأتربة أو الغازات المهيجة، أو تنبيه العصب نظير السميثاوي.

٢- زيادة إفراز المخاط من الخلايا المخاطية أو تورم الخلايا الطلائية.

٣- شرب سيجارة دخان تزيد المقاومة مرتين أو ثلاث لمدة ١٠ – ٣٠ ثانية.

ويمكن أن تقل المقاومة نتيجة:

- انبساط العضلات اللا إرادية الموجودة في جدران الممرات التنفسية، كما يحدث عند تنبيه العصب السمبثاوي، أو عند حقن مادة الأدرينالين أو الأتروبين، أو كما يحدث عند أداء المجهود العضلي العنيف.

# تغيرات حجم الرئة

## ١- حجم التنفس العادي = ٥٠٠ سم٣

هو حجم الهواء الذي تأخذه أو تطرده خلال دورة تنفسية واحدة أثناء الراحة.

## ٢- السعة الحيوية = ٤٥٠٠ سم٣

هو حجم الهواء الذي يمكن طرده من الرئة بأقصى زفير بعد أخذ أقصى شهيق.

- هذا وتقاس السعة الحيوية بواسطة السبيروميتر.

كما تقاس أيضًا بنفس الجهاز الأحجام الرئوية والسمات الرئوية، ماعدا السمات التي يكون الحجم الراكد جزء منها مثل السعة الوظيفية الراكدة، والسعة الكلية للرئة وحجم الهواء الراكد.

## ٣- حجم هواء الزفير الاحتياطي = ١٠٠٠ سم٣

هو الحجم الأقصى من الهواء الذي يمكن أن يطرد من الرئة بعد نهاية الزفير العادي.

## ٤- حجم الهواء الراكد = ١٢٠٠ سم٣

هو حجم الهواء الموجود في الرئة بعد أقصى زفير، وهذا الحجم لا يمكن طرده من الرئة، إلا عندما يفتح تجويف الصدر.

**٥- السعة الكلية للرئة = ٥٧٠٠ سم٣**

هو حجم الهواء الموجود في الرئة بعد أقصى شهيق.

(وهو يساوي + سعة الشهيق + السعة الوظيفية الراكدة)

## تأثير السمن على الأحجام الرئوية:

هناك علاقة بين السعة الحيوية وحجم الهواء الراكد، والسعة الكلية المرنة من ناحية، وحجم الجسم من ناحية ثانية، وذلك حتى سن ٢٥ عامًا أي أنه يمكن التنبؤ بأرقام الأحجام الرئوية، وأحجام الأجسام بالنسبة للأطفال.

بعد سن الثلاثين تقل السعة الحيوية، ويزيد حجم الهواء الراكد، والسعة الوظيفية الراكدة.

بعد سن الأربعين تزيد نسبة الهواء الراكدة بالنسبة للسعة الكلية للرئة إلى ٤٠ % في حين لا يتجاوز الـ ٢٠ % في صغار السن، ويمكن إرجاع هذا إلى نقص مطاطية الرئة.

تختلف الأحجام الرئوية من شخص لآخر من نفس السن والحجم، نتيجة لعوامل مختلفة منها:

- عند تغيير الوضع من الوقوف إلى الرقود تقل السعة الكلية، والسعة الحيوية بنسبة ٥ إلى ١٠ % (وذلك بالنسبة لأفراد متمرنين رياضيًا في سن الـ ٢٥ عامًا) وذلك نتيجة لزيادة رجوع الدم إلى منطقة الصدر بعد تلاشي عامل الجاذبية في الوضع راقد، وتأثير ذلك على انتفاخ الرئة.
- بينما تقل الأحجام الرئوية في الأشخاص العاديين عن الأرقام الواردة بنسبة تصل إلى ٢٠ % فإن كلا من السعة الكلية والسعة الحيوية، تزيد في الرياضيين عن ثلث الأرقام الواردة.

## ملحوظة:

أكبر رقم تم تسجيله بالنسبة للسعة الحيوية عند الرياضيين هو ٨,١ لتر، بالنسبة لعداء (في سباق اختراق ضاحية) وفي مقابل ذلك بلغ أقصى استهلاك أكسجين ٥,٢ لتر/ دقيقة.

وتستخدم السعة الحيوية في تحديد الكفاءة البدنية للأشخاص، فعندما أجريت التجارب على ١٩٠ شخص ٧ – ٣٠ سنة، وجدت علاقة ذات أهمية بين السعة الحيوية وأقصى معدل لأخذ الأكسجين، والاستنتاج النهائي الذي تم

الخلوص به من هذه التجربة، هو أنه عندما يكون هناك معدل لأخذ الأكسجين يبلغ حوالي ٤ لتر/ دقيقة، فإن ذلك يلزمه سعة حيوية تبلغ على الأقل ٤,٥ لترات.

## تأثير الجنس:

بشكل عام تقل الإناث عن الذكور في الأحجام الرئوية بنسبة ١٠ %، ويمكن توضيح الفروق بين الجنسين من خلال الجدول الآتي:

| الجنس | السعة الكلية للرئة | السعة الحيوية | الحجم الراكد | السعة الراكدة الوظيفية |
|---|---|---|---|---|
| الذكر | ٧,٢ لتر | ٥,٧ | ١,٥ | ٣,٤ |
| الإناث | ٥,٤ | ٤,٢ | ١,١ | ٢,٦ |

## التهوية الرئوية في الراحة والرياضة:

التهوية الرئوية: هي عبارة عن كتلة الغاز المتحرك من وإلى الرئة، والتهوية الرئوية تنظم فسيولوجيا حسب حاجة الجسم إلى الأوكسجين لعملية التمثيل الغذائي، وإلى التخلص من ثاني أكسيد الكربون.

## التهوية الرئوية أثناء المجهود العضلي:

وجد أن التهوية الرئوية تزيد بزيادة المجهود العضلي من حوالي ٨ لتر أثناء الراحة، إلى ١٠٠ و١٥٠ لتر في الدقيقة، وفي حالات ممكن أن تصل التهوية الرئوية إلى حوالي ٢٠٠ لتر في الدقيقة. كما في المجهود العضلي العنيف.

- في الأطفال تحت سن ١٠ سنوات وجد أن التهوية الرئوية يبلغ حوالي ٣٠ لتر في الدقيقة أثناء المجهود الخفيف، وحوالي ٤٠ لتر في الدقيقة أثناء المجهود الأقصى، ووجد أيضًا أنها تقل في كبار السن، وكذلك يقل معها أقصى معدل لأخذ الأكسجين.

# الأحجام المتغيرة

هي الأحجام المحددة لسعة التهوية الرئوية في وحدة زمنية، وتستخدم في قياس الوظيفة التنفسية للرئة.

## ١- السعة الحيوية الموقوتة:

هي حجم الهواء الذي يمكن أن يطرد من الرئة في نهاية الثانية الأولى، أو الثانية أو الثالثة، عندما نقيس السعة الحيوية، وتسمى هذه الحجوم أيضًا بالحجوم المطرودة من الرئة بالقوة، وقد وجد أن هذا الحجم في نهاية الثانية الأولى في شخص عمره ٢٥ سنة يبلغ ٨٣ % وفي نهاية الثانية ٩٤ % وفي نهاية الثانية الثالثة ٩٧ % من جملة السعة الحيوية، وتقل هذه الأحجام في وجود انسدادات أو ضيق في مجرى الهواء التنفسي مثل في مرض الربو الشعبي.

## ٢- السعة التنفسية القصوى:

هي أقصى حجم من الهواء يمكن أن يتنفس في دقيقة، بواسطة أعمق وأسرع تنفس ممكن.

ويستفاد من هذه السعة في تقديره الكفاءة الميكانيكية للرئتين ولجدار الصدر، وقد وجد أنها تبلغ حوالي ١٤٠ لتر/

دقيقة في المتوسط (١٠٠ – ١٨٠) في شباب يبلغ من العمر ٣٥ سنة في الذكور في المرة ٧٠ – ١٢٠ لتر/ دقيقة في الإناث.

## الفراغ المبيت:

- عندما نتنفس فإن جزءًا من الهواء يصل إلى الحويصلات الهوائية، ويحدث بينه وبين الدم تبادل غازي، وهذا الجزء يسمى بحجم التنفس الواحد الفعال، أما الجزء المتبقي من الهواء المستنشق فإنه لا يشترك في عملية التبادل الغازي وهو موجود في الجزء الموصل للجهاز التنفسي، ويسمى هذا الجزء بحجم الفراغ المبيت، ويلاحظ أن هذا الحجم من الهواء هو الذي يطرد أو عملية الزفير، وأن له تركيب غازي يساوي تقريبًا لتركيب الهواء الجوي.
- يوجد هناك نوع آخر من الفراغ المبيت يسمى بالفراغ المبيت للحويصلات الهوائية، وذلك هو حجم الهواء الموجود في حويصلات هوائية لا تعمل.

- أما ما يسمى بالفراغ المبيت الوظيفي فهو حاصل جميع الفراغ المبيت التشريحي، الفراغ المبيت للحويصلات الهوائية.
- وإذا كان الشخص سليم الجهاز التنفسي فإن الفراغ المبيت الفسيولوجي (الوظيفي) يكون مساويًا للفراغ المبيت التشريحي، وذلك لعدم وجود فراغ.
- ولقياس حجم الفراغ المبيت، فإنه يمكن الاستعانة بالمعادلة الآتية:

حجم الفراغ المبيت = حجم التنفس الواحد ×

نسبة الأكسجين في هواء الزفير – نسبته في هواء الحويصلات

نسبته فى الهواء الجوي – نسبته فى هواء الحويصلات

## حجم النفس الواحد ومعدل التنفس أثناء المجهود الرياضي:

- التهوية الرئوية = معدل (عدد المرات) التنفس × حجم النفس الواحد.
- يبلغ معدل النفس حوالي ١٠ – ٢٠ مرة/ دقيقة أثناء الراحة، وتبلغ قيمة حجم النفس الواحد حوالي ٥٠٠ سم٣.

- أثناء المجهود المتوسط نجد أن الزيادة المحسوسة في التهوية الرئوية تكون في حجم النفس الواحد، أكثر من معدل التنفس.
- يزيد معدل التنفس خاصة أثناء المجهود الثقيل على حساب حجم النفس الواحد، ويبلغ حوالي ٧٠ مرة/ دقيقة في الأطفال في سن الـ ٥ سنوات، وحوالي ٥٥ مرة في سن ١٢ منه، وحوالي ٤٠ – ٤٥ مرة/ دقيقة في الأشخاص الذي يبلغ عمرهم ٢٥ سنة، وذلك مع بذل أقصى مجهود.
- وقد وجد أن الزيادة التي تحدث في حجم النفس الواحد تأتي من استخدام الشهيق الاحتياطي، وحجم الزفير الاحتياطي.

# تنظيم التنفس

١- عوامل كيماوية: هناك عوامل مختلفة تؤثر على التنفس مثل التغير في تفاعل الدم والتغير في ضغط أ٢، أ٣ في الدم الشرياني، ومما يؤدي إلى تغيير في التهوية الرئوية.

٢- عوامل عصبية: وهناك أيضًا المستقبلات الحسية الشديدة، والتي توجد في الرئة والعضلات التنفسية، وتؤثر على التنفس.

٣- عوامل طبيعية: وكذلك إذا حدث تغير في درجة حرارة الجسم، فإن ذلك يؤثر في التهوية الرئوية.

خلاصة القول إن هناك عوامل كيماوية وعصبية وطبيعية تتعاون وتتكامل مع بعضها البعض؛ لتنظيم عمليات التنفس.

## تنظيم التنفس أثناء الراحة:

### التنظيم الكيميائي:

تتحكم العوامل الكيماوية الآتية وهي التغير في ضغط أ٢، أ٣ وكذلك في تركيزات أيون الهيدروجين في تنظيم التنفس.

فعندما ينخفض ضغط أ٢ في الدم الشرياني، فإن ذلك يؤثر على عملية التنفس، وذلك من خلال التأثير الحادث على

المستقبلات الحسية الكيماوية الطرفية، فترسل بدورها بإشارات عصبية إلى مركز التنفس جذع المخ لتنشيطه، وبذلك يزداد معدل التنفس.

أما إذا زاد ضغط ك أ وزاد أيضًا تركيز أيون الهيدروجين، فإن ذلك ينبه وينشط مركز التنفس أيضًا ويكون ذلك عن طريق التأثير على مستقبلات حسية كيماوية مركزية موجودة في النخاع المستطيل للمخ، وأيضًا عن طريق المستقبلات الطرفية.

## التنظيم العصبي:

أما عن العوامل العصبية التي تنظم عملية التنفس، فيمكن فهم دورها عن طريق إدراك أن مركز التنفس يتكون من المراكز الآتية:

١- مركز الشهيق.

٢- مركز الزفير.

٣- المركز الأنبيوستك (نظير الشهيق).

٤- المركز النيوتاكسيك (نظير الزفير).

والمركزان ١، ٢ موجودان في النخاع المستطيل بجذع المخ، والمركزان ٣، ٤ موجودان في الجزء الذي يعلو النخاع المستطيل بجذع المخ، ويسمى بالقنطرة.

ومركز الأنبيوستك يؤدي إلى تنشيط مركز الشهيق في الوقت الذي يثبط فيه مركز الزفير، بينما يؤدي مركز النبيوتاكسيك إلى عكس هذه الفصول، وإن كان أثره لا يظهر أثناء الراحة نتيجة تغطيته بمفعول العصب الحائر المشابه والأكثر سرعة.

ومركز الشهيق يؤدي إلى تنبيه عضلات التنفس، وفي نفس الوقت إلى تثبيط مركز الزفير؛ حيث إن العلاقة بين المركزين تبادلية.

## تنظيم التنفس أثناء المجهود العضلي:

إذا قام شخص بمجهود عضلي، فإن ذلك يؤدي إلى زيادة في التهوية الرئوية مع زيادة في معدل أخذ الأكسجين.

وإذا بذل مجهود عضلي متوسط فلا يحدث تغير في ضغطي أ ٢، ك أ ٢ وتركيز أيون الهيدروجين مثلما يحدث أثناء الراحة.

وإذا بذل مجهود عضلي شديد، فإن تركيز أيون الهيدروجين يزيد إلى درجة كبيرة، نتيجة لإنتاج حمض اللاكتيك، وبذلك فإن تفاعل الدم يصبح حامضيًا.

ويترتب على هذا زيادة في معدل التهوية الرئوية معًا ويؤدي إلى زيادة ضغط أ ٢ في الحويصلات الهوائية، ونقصه في الدم الشرياني إلى حوالي ٨٥ – ٩٠ مم زئبق بدلاً من ٩٥ – ١٠٠ مم زئبق في الأحوال العادية، كذلك يقل ضغط أ ٢ إلى ٣٥ مم زئبق من الضغط العادي البالغ ٤٠ مم زئبق.

وخلاصة القول إن العوامل العصبية لا يمكن أن نعتبرها العامل المنظم الأساسي للتنفس أثناء المجهود الرياضي، أما المنبهات الكيماوية هي التي لها أهمية قصوى من ناحية التنظيم النهائي للتهوية الرئوية.

## تأثير نقص أ٢ أثناء المجهود العضلي:

تزيد التهوية الرئوية أثناء المجهود العضلي نتيجة للتغيرات الكيماوية للاحتياج الشديد للأكسجين، نتيجة لزيادة الاستهلاك الأكسجيني.

ويحدث هذا أثناء المجهود العضلي، نتيجة إفراز الأدرينالين والنوادرينالين بجانب الزيادة في ضغط ك أ٢ وتركيز أيون الهيدروجين.

## الخلاصة:

تزيد التهوية الرئوية أثناء الشغل، ولا يمكن أن تفسر هذه الزيادة بتغيرات الكيماوية فقط، ولكن هناك أيضًا العامل العصبي، وذلك من خلال النبضات العصبية التي تأتي من الجهاز العصبي المركزي، ومغازل العضلات (مستقبلات العضلة الحسبية).

ويلاحظ أنه يحدث تعاون بين هذين العاملين (العامل الكيماوي والعامل العصبي) فتنظم عملية التنفس وتزداد التهوية الرئوية أثناء المجهود العضلي.

## ضيق التنفس:

هو الشعور بالمجهود والتعب أثناء القيام بالتنفس.

ويرجع ضيق التنفس إلى أسباب عديدة، منها على سبيل المثال النشاط الزائد للعصب الحائر، أو زيادة الإشارات

العصبية الصادرة من المستطيلات الحية الموجودة في مفاصل الصدر، ومغازل عضلات التنفس.

## الريح الثانية:

في حالة الشغل الشديد يحس الإنسان في الدقائق الأولى بضيق شديد في التنفس، ولكن ينتهي كل هذا بالتدريج مع استمرار المجهود العضلي، وهذا الانتهاء هو عبارة عن إحساس شخصي، وينتهي ذلك بالريح الثانية.

ويرجع السبب في هذا الضيق السدئي إلى تجميع نواتج التمثيل الغذائي، مثل حمض اللاكتيك في العضلات والدم، وذلك لأن نسبة أ٢ المتنفسة لا تكون كافية لشد الحاجة إلى أكسدة نواتج التمثيل الغذائي، فيؤدي ذلك إلى زيادة معدل التنفس وزيادة التهوية الرئوية، وبذلك يتوفر الأكسجين للجسم، فيعود التنفس للوضع الطبيعي ويحس الشخص بالراحة.

# الباب الخامس

## الجهاز العصبي

يلعب الجهاز العصبي دورًا قياديًا في تنظـــيم العمليـــات الفسيولوجية التي تحدث في الجسم، وفي ربط الكائن الحـــي بالبيئة الخارجية المحيطة به، وفـــي ربـــط أجهـــزة الجســـم المختلفة مع بعضها، وتأمين التوازن بين الكائن الحي والبيئة الخارجية.

## تركيب الجهاز العصبي

**يتكون الجهاز العصبي للإنسان من جزئين أساسيين:**

### ١- الجهاز العصبي المركزي:

ويشمل كل التكوينات العصبية الموجـــودة فـــي تجويـــف الجمجمة وقناة الفقرات، ويتكون من المخ وساق المخ والحبل الشوكي.

### ٢- الجهاز العصبي الطرفي:

ويشمل كل التكوينات العصبية الموجودة خارج تجويـــف الجمجمة، وخارج قناة الفقرات، ويتكون من:

### أ) الأعصاب المخية:

وهي الأعصاب التي تخرج من المخ، أو من ساق المـــخ، وعددها ١٢ زوج من الأعصاب.

### ب) الأعصاب الشوكية:

وهي الأعصاب التي تخرج من الحبل الشوكي، وعـــددها ٣١ زوج من الأعصاب الشوكية.

### جـــ) الأعصاب السمبثاوية والباراسمثارية:

وهي الأعصاب المكونة للجهاز العصبي الذاتي المســـئول عن التحكم في الأعضاء اللا إرادية للجسم.

## وظائف الجهاز العصبي:

١- تنظيم نشاط الأعضاء المختلفة ونشاط الكائن الحي ككل.

٢- ربط أعضاء الجسم المختلفة مع بعضها.

٣- تأمين التوازن بين الكائن الحي والبيئة المحيطـــة به.

## المستقبلات العصبية

وهي مركبات خاصة توجد في النهايات الطرفية للأعصاب؛ تستجيب للمتغيرات التي تحدث في الوسط الخارجي أو الوسط الداخلي، وبالتالي تنقسم المستقبلات إلى:

### ١- مستقبلات داخلية:

وهي المستقبلات التي تستجيب للمتغيرات، والمؤثرات التي تحدث داخل الجسم مثل المستقبلات الموجودة في الأوعية الدموية، وفي الجهاز التنفسي... إلخ.

### ٢- مستقبلات خارجية:

وهي المستقبلات التي تستجيب للمتغيرات والمؤثرات الخارجية، وتوجد بالتالي في أو بالقرب من سطح الجسم مثل مستقبلات اللمس والألم والحرارة والشم والسمع... إلخ.

## الخواص الفسيولوجية الأساسية للأعصاب:

### ١- القابلية للإشارة:

وهو قابلية بروتوبلازم الخلية العصبية للاستجابة للإثارة، وللمستقبلات العصبية قدرة عالية للاستجابة للمؤثرات المختلفة.

## ٢- القدرة على التوصيل:

وهي قدرة الأعصاب على نقل وتوصيل موجه الإثارة العصبية من مكان إلى مكان، فعندما تصل موجة الإثارة العصبية لنهاية الليفة العصبية، تستطيع أن تنتقل إلى الخلية العصبية التالية، وذلك عن طريق إفراز مادة كيميائية تسمى بالناقل الكيمائي مثل الاستيل كولين والإدرنيالين... إلخ.

ونجد أن قدرة الأعصاب على نقل وتوصيل الإشارات العصبية تتناسب تناسبًا طرديًا مع سمك الأعصاب، فقد تصل سرعة التوصيل في بعض الأعصاب إلى ١٢٠ متر في الثانية، وفي بعض الأعصاب الأخرى تقل لتصل إلى ٠,٥ متر في الثانية أو أقل من ذلك.

# الحبل الشوكي

يوجد الحبل الشوكي في قناة الفقرات وهو متصل بـــالمخ بواسطة النخاع المستطيل، وينتهي في الجزء القطنـــي مـــن العمود الفقري، ويتكون من خمس منـــاطق هـــي العنقيـــة – الصدرية – القطنية – العجزية – العصعوصية، وكل منطقة من هذه المناطق تنقسم إلى عدة أجزاء كما يلي:

- ٨ أجزاء في المنطقة العنقية.
- ١٢ جزء في المنطقة الصدرية.
- ٥ أجزاء في المنطقة القطنية.
- ٥ أجزاء في المنطقة العجزية.
- ١ جزء في المنطقة العصعوصية.

ويخرج من كل جزء من هذه الأجزاء زوج من الأعصاب الشوكية.

## وظائف الحبل الشوكي:

### ١- النشاط المنعكس:

وهو استجابة غير إرادية للكائن الحي لمؤثر ذو حد أدنى من القوة، ويحتوي الحبل الشوكي على مراكز انعكاسية لكثير

من الوظائف مثل مركز التبول، ومركز التبرز ومركز التوتر العضلي... إلخ.

### ٢- توصيل الإشارات العصبية:

أ- توصيل الإشارات للمخ بواسطة ألياف حسية.

ب- توصيل الإشارات من المخ بواسطة الألياف الحركية.

جـ- توصيل الإشارات لربط أجزاء الحبل الشوكي مع بعضها بواسطة ألياف الربط.

د- توصيل الإشارات لربط النصف الأيمن مع النصف الأيسر من الجسم.

## الممرات العصبية:

مجموعة من الألياف العصبية توجد داخل الجهاز العصبي المركزي، تبدأ كلها من نفس المنبت، وتنتهي في نفس النهاية، وتحمل نفس الوظيفة وتنقسم إلى:

## أولا: الممرات الهابطة:

وهي الممرات التي تحمل الإشارات العصبية من الجهاز العصبي إلى الجسم وتشمل:

### أ- الممر الهرمي:

هذا الممر له منبت في الجزء الحركي لقشرة المـــخ، ثـــم ينتهي في ساق المخ أو خلايا القرون الأمامية للحبل الشوكي في الجانب الآخر من الجسم؛ حيث تنتقل الإشارات العصبية إلى أعصاب محركة لتحريك العضلات الهيكلية.

### ب- الممرات خارج الهرمية:

والإشارات المحمولة بهذه الممرات تلعب دورًا هامًا فـــي توافق الحركات الغير إرادية، ومنبع هذه الألياف يوجد أساسًا في الجزء الأسفل للمخ، وينتهي أيضًا في الجهـــة الأخـــرى، مثل الممرات الهرمية.

## ثانيًا: الممرات الصاعدة:

تنقل الإشارات من الجسم للجهاز العصبي المركـــزي أي ممرات حسية مسئولة عن توصيل الإشارات من المستقبلات المختلفة الموجودة في الجلد، والعضلات والمفاصل والأربطة (مستقبلات اللمس – الحرارة – الألم – الحركة... إلخ) وتبدأ في القرون الخلفية للحبل الشوكي، ومعظمهـــم يعبـــر إلـــى الجانب المقابل للحبل الشوكي، تنتهي في ساق المخ، ومنهـــا

بواسطة مجموعة من الاتصالات العصبية، تنتهي في مناطق الإحساس الموجودة في قشرة المخ.

# المخ

هو الجزء الأكبر من الجهاز العصبي المركزي، ويوجد في تجويف الجمجمة، ومتوسط وزنه ١٢٨٠ – ١٣٨٠ جم.

## الوظائف العامة للمخ:

١- معظم الإشارات الحسية تنتقل مباشرة عن طريق غير مباشر للمخ.
٢- الإشارات المحركة تنطلق من المخ.
٣- مكان الوعي.
٤- يتحكم المخ في الانفعالات.
٥- مكان الذاكرة والتفكير والذكاء.
٦- مراكز الكلام توجد في المخ.
٧- ينظم الانعكاسات المشروطة.

## المناطق المتخصصة في قشرة المخ:

تحتوي قشرة المخ على العديد من المناطق التي تقترن وتختص بوظائف محددة، ومن المناطق المتخصصة لقشرة المخ ما يلي:

## ١- المنطقة الحركية:

وهي المنطقة المسئولة عن الحركات الإرادية للجسم، ويلاحظ أن المنطقة المتحكمة في النشاط العضلي للرأس توجد في الجزء السفلي من المنطقة الحركية، في حين أن المنطقة المتحكمة في الفخذ توجد في الجزء العلوي للمنطقة الحركية، ونجد أن الجزء المسئول عن حركة العضلات يعتمد على نوع وكمية الحركة التي تقوم بها هذه العضلات، ولا يعتمد على حجم العضلة، فنجد أن الجزء المسئول عن حركة الظهور كله، ويلاحظ أيضًا المنطقة الحركية المسئولة عن الجانب الأيمن من الجسم يوجد في الجهة اليسرى من قشرة المخ والعكس بالعكس.

## ٢- المنطقة الحسية:

وهي المنطقة المسئولة عن استقبال وتفسير الإحساسات مثل اللمس – الحرارة – الألم – الضغط إحساس العضلات والحركة والوضع... إلخ، وتقسيم هذه المنطقة مطابق تقريبًا لما في المنطقة الحركية أي الإحساسات من الجانب الأيمن للجسم، تنتهي بالجانب الأيسر والعكس بالعكس.

## ٣- المنطقة السمعية:

وهي المنطقة المسئولة عن استقبال وتفسير الإشارات الواردة من الأذن عن طريق الأعصاب السمعية، ويلاحظ أن الإشارات الواردة من كل أذن تنتهي في المنطقة السمعية في الجانبين.

## ٤- المنطقة البصرية:

وهي المنطقة المسئولة عن استقبال وتفسير الإشارات البصرية من العين، ويلاحظ أن الألياف العصبية الواردة من كل عين تنتهي في المنطقة البصرية في الجانبين.

ويعتقد أن معظم المناطق الموجودة في قشرة المخ تعتبر مكان للذاكرة بجانب وظيفتها المذكورة سابقًا، وأن انطباعاتها عن مختلف الأشكال تختزن حتى يطلبها الوعي، علمًا بأن التفكير يكون مصحوبًا بنشاط كل القشرة المخية، وليس بنشاط مناطق منفصلة.

## ساق المخ:

يتكون ساق المخ من المخ المتوسط، القنطرة، النخاع المستطيل.

## وظائف ساق المخ:

١- يوجد في ساق المخ الكثير من المراكز الحيوية مثل مركز التنفس – مركز الجهاز الدوري... إلخ.

٢- ساق المخ هو منبت الكثير من الأعصاب المخية مثل العصب الحائر.

٣- يوجد في ساق المخ الكثير من مراكز الانعكاسات الهامة لانعكاسات اللا وعي مثل البلع والعطس والقيء... إلخ.

٤- يعمل كجزء موصل بين المراكز العليا والسفلى للمخ.

٥- تمر الممرات العصبية في ساق المخ وبعضها ينتهي فيه.

## التلامس (المهد):

## الوظيفة:

١- يعمل كمحطة استقبال لجميع المعلومات الخاصة بالإحساس من الجهة الأخرى للجسم فيما عدا

حاسة الشم، وينقل هذه المعلومات إلـــى المنطقـــة الحسية الموجودة في قشرة المخ التـــي بـــدورها تتولى تحليل هذه المعلومات والاستجابة لها.

٢- يساعد في تنظيم درجة حرارة عن طريق اتصاله بالهيبو تلامس بواسطة ممر عصبي.

٣- يساعد في منع بعض الحركات اللا إرادية الغيـــر مرغوب فيها عن طريق اتصاله بالعقد العصـــبية القاعدية.

٤- يساعد في تنظيم حركة الجسم عن طريق اتصاله بقشرة المخ، وبالعقد العصبية القاعدية.

## الهيبو تلامس (تحت اليد):

### الوظيفة:

١- يساعد في تنظيم نشاط الجهاز العصبي الـــذاتي؛ حيث تتولى الأنوية الأمامية تنظيم نشاط الجهـــاز البارسمبثاوي، وتتولى الأنوية الخلفية تنظيم نشاط الجهاز السمبثاوي.

٢- يساعد في تنظيم درجة حرارة الجسم؛ حيث يحتوي على مركز تنظيم درجة حرارة الجسم الذي يشمل مركز الفقد الحراري ومركز اكتساب الحرارة.

٣- يساعد في تنظيم التمثيل الغذائي للجسم عن طريق مستقبلات الجلوكوز التي تستجيب لنقص مستوى الجلوكوز في الدم، فتعمل على زيادته إلى المستوى الطبيعي.

٤- يساعد في تحقيق التوازن المائي للجسم عن طريق مركز العطش.

٥- يساعد في المحافظة على وزن الجسم عن طريق مركز الجوع ومركز الشبع.

٦- يساعد في تنظيم النوم عن طريق مركز النوم ومركز اليقظة.

٧- يساعد في تنظيم عمل الغدد الصماء ونشاط الغدد الجنسية عن طريق هرمونات منشطة، وهرمونات مثبطة عن طريق الاتصال العصبي المباشر مع بعض الغدد الصماء.

٨- يساعد في تنظيم الانفعالات؛ حيث يحتوي على مركز الغضب الذي يخضع للتأثير التثبيطي لقشرة المخ، وبذلك يتم استجابة الجسم للانفعال نتيجة للتكامل بين الهيبو تلامس وقشرة المخ.

## العقد العصبية القاعدية:

### الوظيفة:

١- تساعد في تنظيم حركة الجسم الإرادية.
٢- تساعد في تنظيم الحركات اللا إرادية الأتوماتيكية المصاحبة، مثل حركات الطرف العلوي أثناء المشي.
٣- تساعد في تنظيم التوتر العضلي.
٤- تساعد في منع بعض الحركات اللا إرادية الغير مرغوب فيها.

## المخيخ:

### وظائف المخيخ:

١- ضبط وتوافق الحركات الإرادية المعقدة دون أن يخلقها.

٢- يلعب دورًا هامًا في التوتر العضلي الذي يساعد في حفظ وضع واتزان الجسم.

٣- يشارك في الانعكاسات المسئولة على المحافظة على وضع واتزان الجسم.

٤- يساعد في ضبط وتوافق الحركات اللا إرادية المصاحبة مثل حركة الأطراف العليا أثناء السير.

# الجهاز العصبي الطرفي

يتكون هذا الجزء من الجهاز العصبي من مجموعة من الأعصاب التي تنقسم إلى:

## ١- أعصاب مخية:

وعددها ١٢ زوج تخرج من المخ أو من ساق المخ.

وهذه الأعصاب قد تكون حسية مثل عصب الشم والرؤية والسمع، أو محركة مثل العصب المحرك للعين، ولكن معظمها مختلط (محرك وحسي) مثل العصب الثلاثي والعصب اللسان بلعومي.

## ٢- الأعصاب الشوكية:

وعددها ٣١ زوج من الأعصاب الشوكية:

- ٨ أزواج تأتي من الجزء العنقي للحبل الشوكي.
- ١٢ زوج من الجزء الصدري للحبل الشوكي.
- ٥ أزواج تأتي من الجزء القطني للحبل الشوكي.
- ٥ أزواج تأتي من الجزء العجزي للحبل الشوكي.
- ١ زوج من الجزء العصعوصي للحبل الشوكي.

## ٣- أعصاب الجهاز العصبي اللاإرادي:

### الجهاز العصبي اللا إرادي:

هو الجزء من الجهاز العصبي المسئول عن تنظيم نشـــاط الأعضاء اللا إرادية مثل القلب والعضلات الملساء والغـــدد، وينقسم الجهاز العصبي اللا إرادي إلى:

١- الجهاز السمبثاوي.

٢- الجهاز البارسمبثاوي.

### الجهاز السمبثاوي:

يتكون من سلسلتين من العقد التي ترقد موازيـــة للعمـــود الفقري، وينبت هذا القسم من المنطقة الصـــدرية، والجـــزء العلوي للمنطقة القطنية للحبل الشوكي، ويعمل هـــذا الجـــزء بسرعة عند تعرض الجسم للخطورة، أو شغل زائد أو إجهاد، وفي حالات الطوارئ والنشاط الرياضي، ويؤدي عمل هـــذا القسم إلى:

١- زيادة حجم الدم الدائر نتيجة لانقباض الطحال.

٢- ارتفاع في ضغط الدم وزيادة دقات القلب.

٣- زيادة قوة ضربات القلب وزيادة كمية الدم المدفوعة من القلب في الانقباضة الواحدة وفي الدقيقة.

٤- زيادة معدل التنفس.

٥- انقباض الأوعية الدموية.

٦- اتساع حدقة العين.

٧- اتساع الشرايين التاجية والشرايين المغذية للعضلات.

٨- زيادة سكر الدم الناتج من هدم الجلاكيوجين في الكبد.

٩- اتساع الشعب الهوائية.

١٠- تحسن الانقباض العضلي.

١١- تبسيط نشاط الجهاز الهضمي.

١٢- زيادة إفراز العرق.

وعلى العموم يمكن القول بأن القسم السمبثاوي يعمل أثناء الطوارئ؛ لزيادة استعداد ومقاومة وتحمل الجسم حتى يستطيع التغلب على هذا الطارئ، ويؤدي نشاط هذا القسم من الجهاز العصبي اللا إرادي إلى فقد كمية كبيرة من الطاقة.

# القسم الباراسبثاوي

مركز القسم الباراسبثاوي يوجد في ساق المخ أو في المنطقة القطنية للحبل الشوكي، والألياف ما قبل العقدية للجزء المخي من الجهاز الباراسبثاوي هي جزء من الأعصاب المخية رقم ٣، ٧، ٩، ١٠ وأهم هذه الأعصاب هو رقم ١٠ (العصب الحائر) والتي أليافه تمتد إلى الأعضاء الداخلية للرقبة وتجويف الصدر والبطن (الغدة الدرقية – القلب – الرئة – البلعوم – المعدة – الأمعاء الدقيقة – الجزء الأكبر من الأمعاء الغليظة – الكبد – البنكرياس – الطحال – الكليتين – الغدد فوق الكلية والجنسية).

والألياف الباراسبثاوية التي تخرج من القسم القطني للحبل الشوكي كجزء من الأعصاب الشوكية؛ تغذي بها الأعضاء الداخلية للحوض، وقبل دخول الأعضاء كل الألياف الباراسبثاوية القبل عقدية تنهي في مقدمتها تغذي الألياف البعد عقدية الأعضاء.

والقسم الباراسبثاوي يلعب دورًا خاصًا في كل العمليات أثناء الراحة؛ لكونها تضبط عمليات إعادة البناء.

بعض التأثيرات الباراسبثاوية وهي:

- تقليل ضربات القلب.
- تخزين الجليكوجين في الكبد.
- تضييق شعيبات الرئة.
- تضيق حد قات العيون.
- زيادة نشاط الجهاز الهضمي.

طبيعيًا يكون نشاط القسمين السمبثاوي في اتزان ويسود أحدهما الآخر فقط حسب احتياج الكائن، ولكن بعض الأشخاص لا يتمتعون بهذا الاتزان بين الاثنين، مما يؤدي إلى اضطرابات وظيفية مقابلة. (انظر شكل ٨):

# مقارنة بين بعض تأثيرات الجهاز السمبثاوي والبارسبتاوي

| المؤثر | القسم السمبثاوي | القسم الباراسمبثاوي |
|---|---|---|
| عضلات الأوعية الدموية للجلد | ضيق الأوعية | اتسام الأوعية |
| عضلة القلب | إثارة | تثبيط |
| عضلة الشعب الهوائية | اتساع | ضيق |
| عضلات الجهاز الهضمي | ارتخاء | انقباض |
| العضلات المعاصرة الفتحات | انقباض | ارتخاء |
| عضلات الشعر | انقباض | لا شيء |
| الغدد الهضمية | تثبيط الإفراز | تنبيه الإفراز |
| الغدد العرقية | تنبيه الإفراز | لا شيء |
| القزحية | اتساع حدقة العين | ضيق حدقة العين |

## تعود الجهاز العصبي للتدريب:

تظهر التغيرات الوظيفية في النشاط العصبي أثناء النشاط الرياضي المنتظم والتدريب المنظم، فالتدريب المنظم يقلل من الإثارة الزائدة للجهاز العصبي، والرياض المكون يكون أكثر قدرة على زيادة مستوى العمى إلى أعلى درجة، مع الاقتصاد في الطاقة، ونجد أن تحركات الرياضيين تكون أكثر دقة وإتقانًا وأمنًا، والنشاط العصبي للرياضي يعتمد على النشاط الرياضي الخاص الذي يؤديه.

وتحت تأثير التدريب المنظم فسوف يحدث تغيرات عميقة للحالة الوظيفية للجهاز العصبي، وفي الرياضيين يمكننا ملاحظة زيادة في النشاط البارسبثاوي في حالة الراحة، ولكن أثناء التحميل فإن نشاط القسم السمبثاوي للجهاز العصبي يمكن أن يزداد جدًا عنه في غير الرياضيين، وبالتالي فإن النشاط العصبي يمكن أن يزداد جدًا عنه في غير الرياضيين، العصبي يكون أكثر اتساعًا في اتجاه تأثير أقوى للقسم الباراسبثاوي في الراحة، وتأثيرًا أقوى للقسم السمبثاوي في أثناء العمل أيضًا، وفي هذه الأثناء فإن تطور القدرة على الإثارة لكل من القسم السمبثاوي والباراسبثاوي تنقص قليلاً؛

أي أن النشاط العصبي يصبح أكثر ثبوتًا، ونتيجة لذلك فإن سعة وقدرة الأعضاء تزداد مع الاقتصاد في الطاقة.

## نمو القدرة على الحركة:

القدرة على الحركة في طريقة خاصة للحركة أثناء فترة التدريس، وتخصصت بواسطة مكونات أتوماتيكية ونظرية تحتوي على معلومات أولية لاستقبالنا، لنمو قدراتنا على الحركة التي تعتمد على بعض الانعكاسات المشروطة المعقدة، وعملية نمو القدرات الحركية تنقسم إلى ثلاث مراحل هي:

## المرحلة الأولى وتسمى التصميم:

أثناء هذه المرحلة من النمو تظهر حركات عملية إضافية، وأثناء هذه الفترة من التدريب، فإن خروج كميات إضافية من الطاقة ضروري، ولهذا يجهد الرياضيين بسهولة.

## المرحلة الثانية وتسمى التركيز:

وتتصف هذه المرحلة بتثبيط المراكز المخية، ويقل إشعاع العصبية في الفترة المخية، والحركات تصبح دقيقة أكثر، ويختفي الشد العصبي الإضافي والمنبهات القوية التي تؤثر

في الكائن، في هذه الفترة يمكن أن تحطم التثبيط الموجـــود، وكنتيجة لذلك تظهر أخطاء في تأدية الحركات، أي تصـــبح حركات غير دقيقة ومنقلصة.

## المرحلة الثالثة وتسمى الاستقرار:

هذه المرحلة في تطبيق الحركات الديناميكية الغير قابلـــة للتغير، وهي أكثر استقرارًا عن المرحلة السابقة، وفي أثنـــاء هذه المرحلة الثالثة يوجد انسجام مطلق بين عمـــل الجهـــاز المحرك ونشاط الأعضاء الداخلية، وكنتيجة فإنه يوجد زيادة عامة في السعة الوظيفية للكائن مع الاقتصاد فـــي الطاقـــة، وهذه المرحلة تصبح حركات الرياضيين دقيقة ومضـــبوطة وفعالة.

# النشاط المنعكس
# (الفعل المنعكس)

## (الوظيفة الانعكاسية)

عبارة عن استجابة غير إرادية للكائن المؤثر ذو حد أدنى من القوة، ويتم ذلك عن طريق القوس المنعكس (قوس الانعكاس).

## قوس الانعكاس (القوس المنعكس):

وهو القوس المسئول عن حدوث الفصل المنعكس (النشاط المنعكس) وهو يتكون من:

### أ- النهاية العصبية الجديدة (المستقبلات):

وهي المسئولة عن استقبال المؤثرات المختلفة، وتحويلها إلى الإشارات العصبية، ولكل مستقبل حد أدنى للاستثارة (عتبة الاستثارة).

### ب- الأعصاب الواردة:

وهي المسئولة عن نقل الإشارات العصبية من المستقبلات إلى مراكز الفعل المنعكس الموجودة في قشرة المخ في حالة

الانعكاسات المشروطة، أو في باقي أجزاء الجهاز العصبي المركزي، فيما عدا قشرة المخ (الانعكاسات الغير مشروطة).

## مركز الفعل المنعكس:

هو المسئول عن استقبال الإشارات الواردة وتمثيلها وإصدار الأوامر.

## الأعصاب الصادرة:

وهي الأعصاب المسئولة عن تصدير الأوامر المسئولة عن الاستجابة للمؤثر.

## عضو الاستجابة:

وهو العضو المسئول عن الاستجابة للمؤثر، ويكون العضو المسئول عن الاستجابة في حالة الفصل المنعكس الجسمي هو العضلات الهيكلية، وفي حالة الفصل المنعكس الذاتي هو العضلات الملساء أو القلب أو الغدد.

# الباب السادس

## الجهاز الهضمي والتغذية

يتكون الجهاز الهضمي من شكل ١٠.

### ١- القناة الهضمية:

وتشمل الفم – البلعوم – المريء – الأمعاء الدقيقة – الأمعاء الغليظة.

### ٢- الغدد الهضمية:

وتشمل الغدد اللعابية – المعدة – البنكرياس – الكبد – الغدد الموجودة بجدار الأمعاء.

## الهضم

هو تحويل المواد الغذائية المعقدة إلى مواد بسيطة يسهل امتصاصها وينقسم الهضم إلى:

### أ- هضم ميكانيكي:

يتم خلال تفتيت وتمزيق المواد الغذائية المأخوذة من البيئة بواسطة الأسنان.

### ب- هضم كيماوي:

ويتم خلاله تبسيط جزئيات المواد الغذائية الكبيرة، والمعقدة إلى جزئيات أصغر، وأبسط يسهل امتصاصها.

ويحدث الهضم في الإنسان على ثلاث مراحل:

أ- هضم فمي.

ب- هضم معدل.

جـ- هضم معوي.

## الهضم الفني:

يتم في تجويف الفم وذلك أثناء مضغ الطعام؛ حيث يتم تقطيع الطعام وطحنه إلى قطع صغيرة بواسطة الأسنان، وخلطه باللعاب؛ حيث يتم هضم المواد النشوية هضمًا جزئيًا، وبعد هضم الطعام جزئيًا في الفم تمر البلعة الغذائية إلى المعدة خلال البلعوم والمريء.

## الهضم المعدي:

عندما يصل الطعام للمعدة تفرز المعدة العصارة المعدية، وهذه العصارة عبارة عن سائل حمضي عديم اللون يحتوي على ٩٠ % ماء، والباقي سواء غير عضوية مثل حمض الهيدروكلوريك ومواد عضوية ومواد (أنزيمات) مثل البيسين وأنزيم الليزر المعدي، وأنزيم المنفحمين، وله خاصة تجبين الحل.

## وظائف العمارة المعدية:

### أولاً: حمض الهيدروكلوريك:

١- يجعل وسط الطعام حمضيًا.

٢- تعديل المبسيوجين من الحالة الغير نشطة إلى البيسمين النشط.

٣- يقتل كثيرًا من الكائنات الضارة.

٤- يساعد على امتصاص الكالسيوم والحديد.

٥- يسبب إفراز هرمون الإفرازين المنشط للبنكرياس.

### ثانيًا: الأنزيميات:

### أ- أنزيم البيسمين:

من الأنزيمات الهاضمة للبروتين إذ يحولها إلى بيثونات.

### ب- أنزيم الليميز المعدي:

من الأنزيمات الهاضمة للدهون وهو فعال في الأطفال، إلا أن تأثيره الفعلي في الكبار يبدأ بعد خروج الطعام من المعدة.

### جـ- أنزيم المنقحين:

وله خاصية تجهين الحليبة، ويؤثر على مادة الكازينوجين الذاتية في الحليف، ويحولها إلى كازين وتجبين اللبن ضروري لهضمه.

## الهضم المعوي:

يتم الهضم في الأمعاء نتيجة لإفراز الصفراء من الكبد، والعصارة البنكرياسية من العصارة المعوية من الأمعاء.

### أولاً: العصارة الصفراوية:

١. سائل قلوي يفرزه الكبد يحتوي على مخاط ومبيكربونات وإملاء وصبغات الصفراء والكوليسترول.

### وظائف العصارة الصفراوية:

١- تحويل الدهون إلى مستحلب دهني.
٢- تنشيط أنزيم الليبيز.
٣- تحويل الوسط في الأمعاء من حمضي، إلى قلوي.
٤- تساعد على امتصاص الدهون.
٥- تساعد على امتصاص الفيتامينات التي تذوب في الدهون (فيتامين أ و د و ك و هـ).
٦- تساعد على حركة الأمعاء.

٧- تمنع التعفن في الأمعاء.

## ثانيًا: العصارة البنكرياسية:

عبارة عن قلوية تحتوي على كلوريد الصوديوم وبيكربونات الصوديوم، وبعض الأنزيمات يمثل أنزيم الليبيز والتربيسين والأمانييز.

## وظائف العصارة البنكرياسية:

١- تحويل الدهون إلى أحماض دهنية وجلسرول بواسطة أنزيم الليبير.

٢- تحويل البروتين إلى أحماض أمينية بواسطة أنزيم التربيسين.

٣- تحويل المواد الكربوهيدراتية إلى سكريات أحادية بواسطة أنزيم الأمبليه.

## ثالثًا: العصارة المعوية:

تحتوي هذه العصارة على عدد من الأنزيمات الهاضمة التي تم عمل الأنزيمات السابقة في هضم الطعام، وتحويله إلى صورة يسهل امتصاصها مثل:

١- أنزيم أنتمروكيثر الذي ينشط أنـزيم التريسـمين الموجود في عصارة البنكرياس.

٢- أنزيم الأربسميس يحول المواد البروتينية عديـدة البيبتية أحماض أمينية.

٣- أنزيم الليميز المغذي: تحويل المتسحلب الـدهني المتبقي إلى أحماض دهنية وجلسرول.

٤- أنزيم المسكرين: الذي يؤثر على سكر القصـب الثنائي قبوله إلى جلوكوز.

٥- أنزيم اللاكتبر: يؤثر على سكر الحليب ويحولـه إلى جالاكتوز.

٦- أنزيم المالتيز: يحـول الملتيـز (سـكر الشـعير الثنائي) إلى جلوكوز (سكر العنب الأحادي).

## الأنزيمات:

مواد عضوية ذاتية في الماء ولا تعمل إلا علـى المـواد الذاتية في الماء خواص الأنزيمات.

١- الأنزيمات مواد متخصصـة فتوجـد الأنزيمـات المتخصصة في هضم المواد الكربوهيدراتية مثل أنزيم السكر يروماليتيز وأنزيمات متخصصة في

هضم البروتينات مثل أنزيم البسين والتريسين وأنزيم متخصصة في هضم الدهون مثل أنزيم الليبيز.

٢- لكل أنزيم وسط خاص يعمل فيه فبعض الأنزيمات تعمل في وسط حمض مثل أنزيم البسين، ويفضل الأنزيمات التي تعمل في وسط قلوي مثل أنزيم التربسين.

٣- شديدة التأثير بدرجة الحرارة فكل أنزيم له درجة حرارة مثلى يصل عندهما درجة نشاطه القصوى.

٤- توجد بعض الأنزيمات في صورة غير نشطة ولا بد من وجود مواد خاصة لتنشطيبها مثل احتياج البسينوجين إلى حمض الهيدروكلوريك لكي يتحول إلى البسين النشط.

٥- تعمل الأنزيمات على زيادة سرعة التفاعلات الكيماوية وعلى بند التفاعلات بين المركبات التي ليس لها القدرة على بدء التفاعل من تلقاء نفسها.

٦- معظم الأنزيمات عملها عكسي أي أنها تساعد التفاعلات الكيماوية في اتجاهاتها الطردي والعكسي.

## الامتصاص:

هو صور المواد الغذائية الهضمية من الأمعاء إلى الدم أو الليف، ومنه إلى الدورة الدموية لتصل إلى جميع خلايا الجسم، ويتم الامتصاص عن طريق:

١- الانتشار: ويقصد به الانتقال من منطقة ذات تركيز عال للمواد المنتشرة، إلى أخرى ذات تركيز أقل، وهذا النوع من الانتقال لا يحتاج لطاقة، وإنما يعتمد على فرق التركيز.

٢- الانتقال النشط: وهذا النوع من الانتقال يحتاج إلى طاقة، وهذه الحالة لازمة لنقل المواد الغذائية المهضومة من الأمعاء إلى الدم، وتعتبر الأمة هو العضو الرئيسي للامتصاص، وذلك لزيادة سطح الأمعاء وزيادة التغذية الدموية واللمفاوية لها، ويتم امتصاص الماء والكحول وبعض الأدوية من المعدة أ.

## العوامل التي تؤثر على عملية الامتصاص:

١- الهضم: يتناسب الامتصاص تناسبًا طرديًا مع الهضم، فالهضم الجيد يساعد على الامتصاص.

٢- فرض التركيب: يتناسب الامتصاص تناسبًا طرديًا مع فرق التركيز؛ حيث تنتقل المواد الغذائية من التركيز الأعلى إلى التركيز الأقل.

٣- حيوية الأمعاء: يتناسب الامتصاص تناسبًا طرديًا مع حيوية الأمعاء.

٤- التغذية الدموية واللمفاوية للإمعاء: يتناسب الامتصاص تناسبًا طرديًا مع التغذية الدموية والليمفاوية للإمعاء.

٥- حركات الأمعاء: يتناسب الامتصاص تناسبًا طرديًا مع حركات الأمعاء.

٦- حركات الخصلات: يتناسب الامتصاص تناسبًا طرديًا مع حركات الخصلات.

٧- الفيتامينات والهرمونات: يساعد فيتامين (د) وهرمون الغدة الجاردرقية على امتصاص الكالسيوم.

٨- أمـــلاح الصـــفراء: تســـاعد أمـــلاح الصـــفراء الامتصاص عن طريق زيادة حركـــات الأمعـــاء وحركات الخصلات وهضم المواد الدهنية.

## التمثيل الغذائي:

التمثيل الغذائي هو استفادة الجسم مـــن المـــواد الغذائيـــة المهضومة والممتصة، ومدى استفادة الجسم من هذه المـــواد يختلف من مادة إلى أخرى كما يلي:

## أولا: تمثيل المواد البروتينية:

١- تمتص المواد البروتينية على هيئة أحماض أمينية التي تتحد مع بعضها، وتكـــون مـــواد بروتينيـــة مماثلة لبروتين الجسم لتعويض البروتينات التـــي استهلكت، أو لتزويد الجسم بـــالمواد البروتينيـــة اللازمة لنمو الخلايا، وتسمى هذه العملية عمليـــة البناء.

٢- تتأكسد الأحماض الأمينية الممتصة وينتج عن ذلك انطلاق طاقة، ولقد وجد أن جرامًا واحـــدًا مـــن

البروتينيات بعد أن يهضم ويمتص يتأكسد في الجسم ليعطي ٤,١ كيلو سعر تقريبًا.

## ثانيًا: المواد الكربوهيدراتية:

١- بعد أن تتحول المواد الكربوهيدراتية إلى سكريات أحادية أثناء الهضم تمتص، ويحملها الدم إلى الكبد والعضلات، فتتحول إلى نشاء حيواني (جليكوكجين) يختزن في الكبد والعضلات، وعندما يحتاج الجسم لطاقة يتم تحويله إلى مكوناته أحادية فتتأكسد وينتج من ذلك انطلاق الطاقة، ويلاحظ أن كل جرام من الكربوهيدرات عندما يتأكسد داخل الجسم يعطي ٤,١ كيلو سعر تقريبًا.

٢- يتحول السكر الممتص إلى دهون تختزن الجلد، وحول بعض الأعضاء الداخلية كالكلى.

## ثالثًا: تمثيل المواد الدهنية:

١- يختزن في الخلايا الدهنية على شكر كريات من الدهن.

٢- يتأكسد لإنتاج الطاقة ويلاحظ أن كل جرام من المواد الدهنية ينتج حوالي ٩,١ كيلو سعر عندما يتأكسد أكسدة كاملة داخل الجسم.

٣- تساعد الدهون في حفظ درجة حرارة الجسم؛ بسبب كونها موصلاً رديئًا للحرارة، فإنها تقلل من كمية الحرارة المفقودة من الجسم.

٤- تكون المواد الدهنية في أجزاء خاصة من الجسم وسائد لكي تحمي بعض الأعضاء، كما يشاهد في نعال الأقدام وحول الكلية وجيب العين.

٥- تستعيض بعض الحيوانات التي تعيش في المناطق الباردة، والتي لا تستفيد من الشعر؛ بسبب البيئة مثل الحيتان بطبقة سميكة من الدهن تحت الجلد.

**ملحوظة:**

إناث الإنسان (بسبب هرمون الأنوثة) تختزن الدهن بطريقة منتظمة، أما في الذكور فيكون الاختزان غير منتظم.

السمنة الناتجة عن اختزان الدهن الزائد؛ تسبب إرهاقًا للقلب، وازدياد مادة الكولسترول في الدم؛ يساعد على تصلب الشرايين وارتفاع ضغط الدم.

## التغذية:

يحتاج الإنسان للغذاء الذي يحصل عليه من البيئة المحيطة، ويقوم الغذاء بدور رئيسي في تكوين الإنسان ونشاطه وسلوكه ونموه، والإنسان إذن عليه أن يأكل ليعيش موفور الصحة والطعام، هو مصدر الطاقة اللازمة لنشاط الجسم.

## وظائف الطعام:

١- إمداد الجسم بالطاقة.

٢- تكوين أنسجة جديدة بالجسم ووقاية هذه الأنسجة.

٣- المحافظة على الحالة الداخلية للجسم والتوازن الخلوي.

٤- إمداد الجسم بالمواد اللازمة للنمو.

## تقسيم المواد الغذائية:

يمكن تقسيم المواد الغذائية من حيث فائدتها للجسم إلى:

### ١) مواد الطاقة والمجهود:

المواد الدهنية أكبر مصادر الطاقة للجسم؛ حيث يعطي جرام الدهون ٩,١ كيلو سعر، في حين جرام المواد الكربوهيدراتية يعطي ٤,١ كيلو سعر.

## ٢) مواد البناء والترميم والوقاية:

وتشمل البروتينات والفيتامينات والأملاح المعدنية، ويلاحظ أن البروتينات تعطي كمية من الطاقة يعادل ما يعطيه الكمية المساوية من المواد الكربوهيدراتية، إلا أن البروتينات ضرورية لبناء خلايا الجسم وترميمها ووقايتها، ولهذا فهي تعتبر من مواد البناء والترميم والوقاية، وليست من مواد الطاقة.

# العلاقة بين الجهاز الهضمي والمجهود الرياضي

## أولاً: تأثير تناول الطعام قبل أداء النشاط الرياضي:

يؤدي تناول الطعام قبل أداء النشاط الرياضي مباشرة إلى عرقلة العمل العضلي نتيجة للأسباب التالية:

١- استثارة مراكز الهضم بعد تناول الطعام يقلل من فاعلية النشاط البدني.

٢- تواجد الدم في الأوعية الدموية الموجودة في تجويف البطن بعد تناول الطعام؛ سيكون على حساب التغذية الدموية للعضلات العاملة أثناء النشاط الرياضي.

٣- امتلاء المعدة بالطعام يعوق حركة الحجاب الحاجز، وهو المسئول عن ٧٥ % من عملية التنفس، وهذا بدوره يقلل من التهوية الرئوية وإمداد الجسم بالأكسجين اللازم أثناء النشاط الرياضي.

## ثانيًا: تأثير النشاط الرياضي على الجهاز الهضمي بعد تناول الطعام مباشرة:

١- أداء النشاط الرياضي مباشرة بعد تناول الطعام؛ يؤدي إلى عرقلة عمليات الهضم، وذلك نتيجة لزيادة التغذية الدموية للعضلات العاملة الذي سيكون على حساب التغذية الدموية للجهاز الهضمي.

٢- زيادة نشاط الجهاز السمبثاوي أثناء المجهود الرياضي؛ سيؤدي إلى نقص إفرازات وحركات الجهاز الهضمي، وهذا بدوره؛ سيؤدي إلى اضطراب عمليات الهضم والامتصاص.

وبناء على ما سبق ذكره فيجب عدم ممارسة النشاط الرياضي بعد تناول الطعام مباشرة؛ مما يترتب على ذلك من أثر سلبي على الجهاز الهضمي والأداء الرياضي، وينصح بعدم ممارسة النشاط الرياضي قبل ثلاث ساعات على الأقل من تناول الطعام.

## ثالثًا: التأثير الإيجابي للنشاط الرياضي على الجهاز الهضمي بالتمثيل الغذائي:

يؤدي التدريب الرياضي إلى:

١- رفع مستوى التمثيل الغذائي وإنتاج الطاقة.

٢- تنشيط للعمارات المعدية والمعوية وما يترتب على ذلك من تأثير إيجابي على عمليات هضم الطعام.

٣- يساعد النشاط الرياضي على الوقاية من قرحة المعدة والأثنى عشر.

٤- يساعد النشاط الرياضي في الوقاية من مرض السكر.

٥- يساعد النشاط الرياضي التخلص من السمنة والوقاية منها.

٦- يساعد النشاط الرياضي على زيادة نشاط الكبد والبنكرياس، فيزداد إفراز الجلوكوز من الكبد، نتيجة لتكسير الجلوكوجين ويزداد إفراز الأنشولين من البنكرياس.

# الباب السابع

## الإخـــــراج

يتم الإخراج في الإنسان بواسطة عدد من الأعضاء، ومن أهم هذه الأعضاء ما يلي:

١- الكليتان: وبواسطتهما يتم التخلص من الفضلات النيتروجينية والأملاح والماء الزائد عن حاجة الجسم.

٢- الرئتان: وبواسطتهما يتم التخلص من ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء.

٣- الجلد: عن طريق الغدد العرقية وبواسطته يتم إخراج بعض الفضلات النيتروجينية والأملاح ضمن العرق.

٤- الكبد: وبواسطته يتم التخلص من بعض السموم وأصباغ الصفراء.

٥- الأمعاء الغليظة: عن طريق التبرز يتم التخلص من فضلات الغذاء والهضم والامتصاص.

# الكليتان

تقع الكليتان على جانبي العمود الفقري في التجويف البطني، والكلية اليسرى أعلى قليلاً في وصلها بين الكلية اليمنى، وتحيط بكل كلية أغشية رفيعة وطبقة دهنية تساعد على تثبيت الكلية في مكانها وحمايتها من الصدمات، تتكون كل كلية من الخارج إلى الداخل من القشرة والنخاع وحوض الكلية.

## أولاً: القشرة:

وهي المنطقة الخارجية من الكلية، وتحتوي على أجسام صغيرة تبدو كأجسام حبيبة صغيرة كروية الشكل مزدوجة الجدران تعرف بأجسام ماليبجي، يتصل بهذه الأجسام أنبوبة دقيقة متعرج هو الأنبوب الكلية، كل من مجموعة من الأنابيب الكلوية تنتهي في أنبوب أكبر حجمًا يعرف بالأنبوب الجامع الذي يمتد في منطقة النخاع.

## ثانيًا: النخاع:

وهي المنطقة الداخلية وفيها تتجمع الأنابيب البولية الجامعة على شكل فقاعات تشكل في مجموعها ما يعرف

باسم هرم ماليبجي، ويتجه قسم هذه العلامات نحـــو منطقـــة الحوض، وفي هذا القسم تفتح الأنابيب البولية الجامعة.

## ثالثًا: حوض الكلية:

وهو تجويف متسع تصب فيه الأنابيب البوليـــة الجامعـــة قطرات البول، ومن هذا التجويف يبدأ الحالب الذي يفتح في المثانة البولية، ومن المثانة البولية إلى مجرى البول ومنهـــا إلى الوسط الخارجي.

## الوحدة الفسيولوجية في بناء الكلية:

تتكون كل كلية من مليون وحدة فسيولوجية تعرف باســـم النقرون، ويتكون كل نقرون من أنبوب دقيق يبدأ في منطقـــة القشرة بشكل انتفاخ مزدوج الجدار، ويطلق على هذا الجزء محفظة تتفرع شعيرات دموية غزيرة متفرعة مـــن شـــريان دموي صغير من أنواع الشريان الكلوي، ويخرج مـــن هـــذا الجزء أنبوب بولي دقيق متعرج وملتف هو الأنبوب البولي، أو الأنبوب الكلوي الذي يفتح بدوره في قمة هرم مـــاليبجي التي تصب في حوض الكلية، ومنها يخرج الحالب لكي يفتح في المثانة البولية.

## الوظائف الأساسية للكلى:

١- تساعد في المحافظة على التركيز المثالي للأملاح بالجسم.
٢- تساعد في المحافظة على المستوى الطبيعي للجلوكوز في الدم.
٣- تساعد في المحافظة على التوازن الحمضي القاعدي للدم.
٤- تساعد في المحافظة على الضغط الأسيوزي في الدم وفي أنسجة الجسم.
٥- يساعد على تخليص الجسم من بعض نواتج التمثيل الغذائي وبعض العقاقير.
٦- يساعد في تنظيم ضغط الدم الشرياني.
٧- يساعد في تكوين كرات الدم الحمراء.
٨- تكوين بعض المواد مثل تكوين الأنزيما.

## كيف يتكون البول:

يصل الدم إلى الكلية بواسطة الشريان الكلوي المتفرع من الأورطى، وقد قدرت كمية الدم الداخلية إلى الكلية بحوالي ١٣٠٠ مم ٣ حوالي ربع كمية الدم المدفوعة من القلب في

الدقيقة الواحدة أي حوالي ١٨٠٠ لتر دم في اليوم، ومن خلال هذه الكمية الكبيرة من الدم المار بالكلى كل يوم يتم ترشيح ١٨٠ لتر من التر خلال الأنابيب الكلوية (٧,٥ لتر في الساعة) وهذا المعدل يكون معدل الترشيح، ويلاحظ أن كمية البول في اليوم حوالي ٩,٥ لتر، وذلك نتيجة لامتصاص باقي الراشح في الأنابيب الكلوية، وباختصار يتم تكوين البول من خلال العمليات التالية:

١- الترشيح.

٢- إعادة الامتصاص.

٣- الإفراز.

٤- التخليق.

## الترشيح:

يتم الترشيح في أجسام مليبجي وذلك بانتقال المواد بالانتشار الغذائي في الشعيرات الدموية إلى تجويف محفظة يومان، ويلاحظ أن تركيب جسيم ماليبجي يتلاءم مع وظيفة الترشيح التي يؤديها وذلك للأسباب التالية:

١- زيادة مساحة مسطح التبادل التي تصل إلى ١,٥ متر مربع، وذلك نتيجة لزيادة عدد الشعيرات الدموية المكونة لأجسام مليبجي.

٢- زيادة قطر الوعاء الدموي الداخلي إلى جسم مليبجي عن قطر الماء الدموي الخارج منه؛ مما يسبب ضغطًا دمويًا مرتفعًا في الشعيرات الدموية يعادل ٦٠ – ٧٠ مم زئبق، علمًا بأن الضغط الدموي في الشعيرات في الجسم تقدر بحوالي ٣٥ جم زئبق، وارتفاع الضغط هذا يشكل قوة دافعة للمواد، لكي ترشح من الدم إلى داخل محفظة بومبيان.

٣- رقة الجدار الداخلي الملامس للشعيرات الدموية وقابليته في إنقاذ مادة الترشيح.

ويلاحظ أن الرشح يشبه بلازما الدم في تركيبه، باستثناء خلوه من البروتينات.

## إعادة الامتصاص:

يعتبر الترشيح محلولاً مخفضًا جدًا إذا قورن بالبول النهائي؛ حيث إن كمية الراشح ١٨٠ لتر يوميًا، في حين

حجم البول حوالي ١,٥ لتر يوميًا، ويعزي ذلك إلى امتصاص الماء بواسطة الأنابيب الكلوية، ويكون هذا الامتصاص إجباري في الجزء العلوي من الأنابيب، واختياري في الجزء السفلي؛ حيث يخضع لتنظيم بعض الهرمونات وهي الدوسترون والهرمون المضاد للإدرار البولي (أنثى ديورتك هرمون) وأيضًا يتم امتصاص كل الجلوكوز الموجود في الراشح، ونسبة كبيرة من الأملاح المعدنية والمواد الأخرى الذائبة التي تختص بعملية النقل النشط (الإيجابي).

وللأنابيب الكلوية قدرة محدودة على امتصاص الجلوكوز، فإذا فاق تركيز الجلوكوز هذه القدرة يظهر في البول، وهذا ما يحدث في مرض البول السكري، وما يذكر هنا أن الجلوكوز لا يظهر في البول إلا إذا زاد تركيزه في البلازما من ١٨٠ مم في ١٠٠ سم ٣، وبالتالي فلا يوجد جلوكوز في بول الشخص الطبيعي؛ حيث إن تركيز الجلوكوز الطبيعي يتراوح ما بين ٨٠ و١٢٠ مجم في كل ١٠٠ مم دم، ويزداد هذا المستوى بعد تناول الطعام والهضم والامتصاص.

## الإفراز:

تقوم الكلية بطرد أو إفراز المواد الزائدة من حاجة الجسم مثل الصوديوم لتخرج في البول، وهذه العملية عكس عملية إعادة الامتصاص، ولكن مكملة لها لكي تكفل التوازن المطلوب للجسم.

## التخليق:

وهو عملية تكوين مواد جديدة غير موجودة في الراشح، مثل تكوين الأمونيا من الأحماض الأمينية، حتى يستطيع الجسم التغلب على زيادة الحموضة التي يمكن أن يتعرض لها.

## تأثير الرياضة على الكلى والبول:

١- انخفاض سريان الدم بالكلى أثناء التمرينات الرياضية خاصة التمرينات الشاقة، وذلك نتيجة لزيادة التغذية الدموية للعضلات والقلب أثناء المجهود الرياضي، ونتيجة لانقباض الشريان الكلوي نتيجة لزيادة نشاط الجهاز السمبثاوي.

٢- نزول البروتين في البول ويتناسب كمية البروتين في البول تناسبًا طرديًا مع شدة التمرين، ويلاحظ أن نسبة البروتين في البول في الأشخاص الغير مدربين تكون أقل من الأشخاص المدربين.

٣- قد يظهر الهيموجلوبين والبيوجلوبين بالبول في بعض الحالات مع التمرين الشاق، وذلك نتيجة لتكسير هيموجلوبين الدم وبيوجلوبين العضلات.

٤- زيادة إفراز أيونات الهيدروجين في البول أثناء النشاط الرياضي.

٥- زيادة تركيز الأيونات في البول نتيجة لنقص كمية الماء في البول.

٦- في بعض الأحيان يصاحب النشاط الرياضي والتوتر العصبي ظهور الجلوكوز في البول، نتيجة لزيادة الجلوكوز في الدم الناتج عن زيادة تكسير الجمبارجين في الكبد بتأثير أيون الأدرينالين.

ويرجع ظهور البروتين والبيوجلوبين والهيموجلوبين في البول إلى زيادة نفاذية الشعيرات الدموية الناتج عن نقص

التغذية الدموية، وبالتالي نقص الأكسجين المغذي للكلى نتيجة لاتجاه الدم إلى العضلات العاملة أثناء النشاط الرياضي.

وجدير بالذكر أن التغيرات سالفة الذكر هو تغيرات وقتية، وبالتالي تختلف عن التغيرات المستمرة التي تحدث في الحالات المرضية.

## الرئتان:

ويتم بواسطتهما تخليص الجسم من:

١- ثاني أكسيد الكربون في هواء الزفير.

٢- بخار الماء في هواء الزفير، وهذا بدوره يساعد على تنظيم درجة حرارة الجسم.

٣- بعض المواد المتطايرة مثل الكحولات والأثير.

## الجلد:

تقدر كمية الماء الذي يفقدها الجسم عن طريق الجلد ما بين ٠,٥ – ٢ لتر في اليوم تزداد في حالات المجهود الرياضي، وفي حالات ارتفاع درجة حرارة الجو، ويتم خروج معظم الماء من الجلد عن طريق إفراز الغدد العرقية.

## الغدد العرقية:

توجد الغدد العرقية في جلد الإنسان باستثناء بعض المناطق كالشفتين وراحة اليد، وأخص القدمين ويختلف عدد الغدد العرقية اختلافًا كبيرًا بين الناس.

## تركيب العرق:

- يتركب العرق من ٩٩ % ماء والباقي أملاح غير عضوية مثل كلوريد الصوديوم وأثار من البولينا.
- يختلف تركيب العرق من شخص إلى آخر؛ إذ تزداد البولنيا وبعض المواد العضوية في بعض الناس، وتقل في البعض الآخر، وهذا هو السبب في اختلاف رائحة العرق عند الناس.
- في الأحوال العادية يكون العرق عديم الرائحة ويصبح ذو رائحة إذا بقي مدة دون غسل الجلد، نتيجة تحلل بعض المواد العضوية.
- يختلف تركيب العرق باختلاف المؤثر الذي أدى إلى إفرازه، فالعرق الناتج بسبب ارتفاع درجة الحرارة يكون أكثر حمضية من العرق الناتج، بسبب المجهود

العضلي، وهذا بالإضافة إلى الاختلاف في نسب تركيب الأملاح والأيونات الذائبة فيه.

- يتم إخراج ما مقداره ٤ – ٨ جم من غاز ثاني أكسيد الكربون يوميًا عن طريق الجلد مع العرق في حين تصل كمية هذا الغاز الخارج عن طريق الرئتين ما بين ٧٠٠ – ٨٠٠ جم يوميًا.
- يلاحظ أن كمية الفضلات الأخرى مثل الأملاح والبولينا الخارجة مع العرق، هي كميات ضئيلة إذا ما قورنت بتلك الكمية التي يتم إخراجها عن طريق الكليتين.
- يعتبر الدور الذي يقوم به الجلد عن طريق الغدد العرقية في تنظيم درجة حرارة الجسم أهم بكثير من دوره كعضو من أعضاء الإخراج.

## العوامل التي تؤثر على نشاط الغدد العرقية:

### ١- ارتفاع درجة حرارة الجو:

يؤدي ارتفاع درجة حرارة الجو إلى زيادة تدفق الدم إلى الغدد العرقية، وبالتالي إلى تنشيطها، ولهذه العملية أهمية

كبيرة في تنظيم درجة حرارة الجسم عن طريق البرودة الناشئة عن تبخر العرق على سطح الجلد.

### ٢- الخوف أو الرعب أو الخجل:

يحدث تنشيط مباشر للغدد العرقية نتيجة لزيادة تدفق الدم، وزيادة دقات القلب وكمية الدم المدفوعة من القلب، بسبب الزيادة الحاصلة في إفراز هرمون الأدرينالين.

### ٣- النشاط الرياضي:

يؤدي إلى تنشيط الغدد العرقية نتيجة لزيادة درجة حرارة الجسم الناتج عن زيادة التمثيل الغذائي، وكذا نتيجة لزيادة النشاط السمبثاوي وإفراز هرمون الأدرينالين من الغدة الفوق كلوية.

### ٤- ارتفاع درجة حرارة الجسم:

ارتفاع درجة حرارة الجسم نتيجة التهاب ما أو مرض تنشط الغدد العرقية، وتفرز بالإضافة للعرق المعتاد بعضًا من السموم التي تجري في الدم، والتي سببت ارتفاع درجة الحرارة أصلاً، ولذا فإن تعرق المريض في مثل هذه الحالات؛ بسبب تخفيف الحمى نتيجة خروج السموم

أو بعضها التي سببت الحمى، هذا بالإضافة إلى عامل التبريد بالبخر وهو هنا قليل الأثر.

## الكبد:

يلعب الكبد دورًا هامًا في عمليات الإفراز والإخراج والأيض، وتكوين الدم وإزالة السموم، ويعتبر عملية تكوين العصارة الصفراوية بواسطة الكبد عملية إفراز وإخراج في نفس الوقت، فهو عملية إخراجية لكون العصارة الصفراوية تحوي مواد هي أصباغ الصفراء التي تنتج من تكسير هيموجلوبين الدم في الطحال، أو نخاع العظام أو الكبد.

وتعتبر تكوين الصفراء عملية إفرازية؛ لاحتواء الصفراء على أملاح الصفراء الهامة في عمليات الهضم، والامتصاص كما سبق ذكره.

أما دور الكبد في تخليص الجسم من السموم فيتلخص في أن الكبد يقوم بتحويل المواد السامة التي تحمل إليه عن طريق الوريد البابي الكبدي إلى مواد غير سامة، أو أقل سميه، ثم طردها من الجسم عن طريق الكليتين، فمثلاً حمض البنترويك مادة سامة يتم تحويله في الكبد إلى حمض

البيبوريك، وهو أقل سميه من حمض البنزويك، ويتم التخلص منه عن طريق الكلى.

# الباب الثامن

## إنتاج الطاقة وتحولاتها

تتولد الطاقة الكيميائية داخل أجسامنا من أكسد المواد الدهنية والكربوهيدراتية والبروتينات، ويعتبر الجلوكوز هو أهم مصدر من مصادر الطاقة الكيميائية التي يحصل عليها الجسم، ومن المعروف أن الطاقة لا تغني ولا تبدد ولا تخلق من عدم، ولكنها تتحول من نوع إلى نوع آخر، وأكثر ما يهمنا هو تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة ميكانيكية؛ حيث تتم الحركة.

## مصادر الطاقة الملازمة للانقباض العضلي:

تعتبر الكربوهيدرات والدهون المأخوذة في الطعام هما المصدر الرئيسي لطاقة الانقباض العضلي، وهناك مواد أخرى داخل الخلية تقوم بحمل الطاقة ومن أمثلتها:

أ) مركبات الفوسفات العضوية وهي ذات مستوى عالي من الطاقة، نتيجة لارتباط مركبات الفوسفات بمادة الأديتوزين أو الكريانتين، وتنطلق الطاقة من هذه المركبات حينما يتحلل المركب، وينفصل منه مركب الفوسفات، ويختزن الطاقة مرة ثانية حينما يرتبط بمادة الفوسفات مرة أخرى.

الفوسفات + فوسفات + طاقة عالية.

ومن مركبات الفوسفات العضوية الموجودة في العضلات كمصدر للطاقة بالإضافة إلى ثالث أدينوزين الفوسفات السابق ذكره، يوجد كريانتين الفوسفات وهذه المادة ذات طاقة عالية، ولكنها أقل من الطاقة الناتجة من ثالث أدينوزين الفوسفات، وتعطي مادة الكريانتين الفوسفات الطاقة عندما تتحلل إلى فوسفات وكريانتين، تساعد على الانقباض العضلي وعلى إعادة تخليق مادة ثالث أدينوزين الفوسفات ليتجدد نشاط الخلية.

كرياتين فوسفات + ثاني أدينوزين الفوسفات – كرياتين + ثالث أدينوزين الفوسفات.

**ب) الجليكوجين (النشاء الحيواني):**

يتحد مع الكرياتين ويعطي كوباتين فوسفات وحمض البيورفيك أو حمض اللاكتيك في غياب الأكسجين، وعند وجود الأكسجين يتحولان إلى ثاني أكسيد الكربون وماء يتم التخلص منهما عن طريق التنفس في هواء الزفير.

## دورة كريب:

وهي الدورة التي يحدث فيها أكسدة حمض البيروفيك أو اللاكتيك إلى ثاني أكسيد الكربون والماء.

## مصير حمض اللاكتيك:

أولاً: في وجود الأكسجين يتحول إلى ثاني أكسيد الكربون وماء وذلك من خلال دورة كريت.

ثانيًا: في عدم وجود الأكسجين:

ينتقل حمض اللاكتيك بواسطة الدم إلى القلب؛ حيث يستخدم كمصدر جيد للطاقة، وإلى الكبد؛ حيث يختزن على هيئة جليكوجين (نشا حيواني).

## التغيرات في الأس البيدروجيني التي تصاحب انطلاق الطاقة:

نتيجة للتفاعلات الكيميائية سالفة الذكر يتم بعض التغييرات في الأرض الهيدروجيني كما يلي:

أولاً: يصبح الأس الهيدروجيني حمض أو أقل من ٧ نتيجة لتكوين حمض الفوسفوريك.

ثانيًا: ثم يصبح قلوي أو أكثر من ٧ نتيجة لانطلاق مـــادة الكرياتين.

ثالثًا: ثم يصبح حمضي مرة أخرى نتيجة لتكوين حمـــض البيروفيك وحمض اللاكتيك.

## تنظيم درجة حرارة الجسم:

يعتمد تنظيم درجة حرارة الجســـم علـــى معـــدل الفقـــد الحراري ومعدل الاكتساب الحراري، وينظم ذلـــك مركـــز موجود في الهيبوتلامس (تحت المهد) ينقسم إلى:

١- مركز الفقد الحراري.

٢- مركز الاكتساب الحراري.

## درجة حرارة الجسم:

تتراوح درجة حرارة الجسم ما بين ٣٦,٥، ٣٧,٥ درجـــة مئوية في الشخص الطبيعي أثناء الراحة، ويلاحظ أن درجـــة حرارة الجسم الداخلية المأخوذة عن طريـــق الفـــم بوضـــع الترمومتر تحت اللسان، وتكون أعلى مـــن درجـــة الجســـم الخارجية المأخوذة بوضع الترمومتر تحت الإبط، وعند قياس درجة الحرارة من الشرج، فيتم طرح نصف درجـــة مئويـــة لكي نحصل على درجة حرارة الجسم الحقيقية، وعندما نقول

درجة حرارة الجسم فإن المقصود بذلك هو درجة الحرارة الداخلية.

## تنظيم درجة حرارة الجسم في الجو البارد والجو الحار:

## تنظيم درجة حرارة الجسم عند التعرض لجو بارد:

عندما يتعرض الإنسان لجو بارد يتم تنبيه مركز الاكتساب الحراري الموجود في البيوتلامس وذلك عن طريق:

١- الدم المغذي لهذا المركز.

٢- الاتصال العصبي الموجود بين التلامس (مركز الإحساس) والبيوتلامس (مركز تنظيم درجة حرارة الجسم).

فيعمل مركز الاكتساب الحراري على المحافظة على درجة حرارة الجسم ثابتة، وذلك بزيادة كمية الحرارة المكتسبة بواسطة الجسم، ونقصان كمية الحرارة المفقودة من الجسم، ويتم ذلك من خلال نشاط:

١- العضلات الهيكلية.

٢- الجهاز السمبتاوي.

٣- الغدد الصماء.

## أولاً: دور العضلات الهيكلية:

### ١) في زيادة الاكتساب الحراري:

يتم ذلك عن طريق زيادة التوتر العضلي الذي يؤدي إلى زيادة التمثيل الغذائي، وكذلك عن طريق رعشة العضلات التي تؤدي إلى إنتاج كمية كبيرة من الطاقة نتيجة لزيادة التمثيل الغذائي الذي يصل إلى ٢٠٠ %.

### ٢) في نقص الفقد الحراري:

ويتم ذلك عن طريق زيادة التوتر العضلي الذي يؤدي إلى نقص مسطح الجسم، وبالتالي نقص الفقد الحراري.

## ثانيًا: دور الجهاز السمبثاوي:

### ١- في زيادة الاكتساب الحراري:

وذلك عن طريق زيادة معدل التمثيل الغـذائي، وإنتـاج الطاقة الناتجة عن زيادة نشاط الجهاز السـمبثاوي، وزيـادة إفراز الأدرينالين.

### ٢- في نقص الفقد الحراري:

وذلك عن تضييق الأوعية الدموية المغذية للجلد، وبالتالي نقص الفقد الحراري منها، ويتم أيضًا عن طريق امتصـاص الشعر، وهذا يفيد كثيرًا في الحيوانات التي تعيش في المناطق الباردة.

## ثالثًا: دور الغدد الصماء:

### ١- في زيادة الاكتساب الحراري:

وذلك عن طريق إفراز هرمون الثيروكسين مـن الغـدة الدرقية والأدرينالين والجليكوكيرتيكويد مـن الغـدة الفـوق كلوية، وكل هذه الهرمونات تؤدي إلى زيادة التمثيل الغذائي وإنتاج الطاقة.

### ٢- في نقص الفقد الحراري:

وذلك نتيجة لتضييق الأوعية الدموية المغذية للجلد الناتج عن تأثير الأدرينالين.

## تنظيم درجة حرارة الجسم عند التعرض لجو حار:

عندما يتعرض الإنسان لجو حار يتم تنبيه مركز الفقد الحراري الموجود في الهيبوثلامس، وذلك عن طريق:

١- الدم المغذي لهذا المركز.

٢- الاتصال العصبي الموجود بين التلامس (مركز الإحساس) والهيبوثلامس (مركز تنظيم درجة حرارة الجسم).

فيعمل مركز الفقد الحراري على زيادة الفقد الحراري من الجسم، ونقصانه الاكتساب الحراري كما يلي:

## أولاً: زيادة الفقد الحراري:

١- عن طريق الفقد الحراري من الجلد الذي يتم بواسطته التوصيل والحمل والإشباع، ويتم ذلك عن طريق:

أ) زيادة التغذية الدموية للجلد نتيجة لتوسيع الأوعية الدموية، وزيادة حجم الدم الدائر في الأوعية الدموية.

ب) توسيع الأوعية الدموية الموجودة في الجلد يؤدي إلى زيادة مسطح الفقد الحراري، وبالتالي زيادة فقد الحـــرارة من الجسم.

٢- تبخير العرق:

فقد وجد أن كل واحد سم ٣ يتبخر من الجلد يؤدي إلى فقد ٠,٥٨ كيلو سعر من الجسم، ويعتمد تبخير العرق على:

أ) درجة حرارة الجو الخارجي، فقد وجد أن كمية البخـــر تتناسب طرديًا مع درجة الحرارة الخارجية.

ب) تيار الهواء، يتناسب البخر من الجلد تناسبًا طرديًا مع تيار الهواء في البيئة المحيطة.

جـــ) نسبة الرطوبة، يتناسب البخر تناسبًا عكسيًا مع نسبة الرطوبة الموجودة في البيئة المحيطة.

ويلاحظ أن الفقد الحراري عن طريق تبخير العرق يعتبر أهم مصدر أو المصدر الوحيد للفقد الحراري، وخاصـــة إذا كانت درجة حرارة الجو أعلى من درجة حرارة الجسم، أما العرق الذي يفقد من الجسم بدون تأثير ليس له أي تأثير فـــي الفقد الحراري.

## ثانيًا: نقص الاكتساب الحراري:

ويتم ذلك عن طريق زيادة درجة حـــرارة الجلـــد بقـــدر الإمكان الناتج عن توسيع الأوعية الدمويـــة المغذيـــة للجلـــد وزيادة كمية الدم فيها.

# الباب التاسع

## الـــــدم

الدم سائل معقد التركيب وظيفته نقل المواد من وإلى الخلايا، ويمتاز بتكوين الجلطة الدموية عندما يحدث نزيف، ويتكون الدم من البلازما وخلايا الدم التي تسبح في البلازما، ويمثل الدم حوالي ٥ % إلى ٧,٥ % من الوزن الكلي للجسم، وحجم الدم ما بين ٥، ٦ لتر في الشخص البالغ الطبيعي، وهذه الكمية تكون موزعة في الجسم كالآتي:

- ٢٥ % في الرئتين والأوعية الدموية (الأوردة والشرايين الرئيسية) أو القلب.
- ٢٥ % في الكبد.
- ٢٥ % في العضلات الإرادية.
- ٢٥ % في باقي أعضاء الجسم.

وتكون البلازما حوالي ٥٥ % من حجم الدم، وتكون كرات الدم ٤٥ % من حجم الدم.

## وظائف الدم:

١- حمل الأكسجين من أعضاء التنفس إلى أنسجة الجسم، وحمل ثاني أكسيد الكربون من أنسجة الجسم إلى الجهاز التنفسي للتخلص منه.

٢- حمل ونقل المواد المهضومة والماء من الجهاز التنفسي إلى خلايا أنسجة الجسم.

٣- حمل ونقل الفضلات والماء الزائد والأملاح إلى أجهزة الإخراج.

٤- حمل ونقل الهرمونات والفيتامينات والمعادن والغازات.

٥- حمل ونقل السموم المضادة (المناعة) إلى كل أنسجة الجسم وخلاياه لتحصينها.

٦- المساعدة في المحافظة على ضغط الدم.

٧- المساعدة في مقاومة الميكروبات الضارة التي تهاجم الجسم.

٨- تكوين الجلطة الدموية التي تساعد في إيقاف النظيف.

٩- حمل ونقل الغذاء المدخر من عضو أو نسيج إلى آخر يحتاج هذا الغذاء.

١٠- المساعدة في تنظيم المحتوى والتوازن المائي بين الأنسجة.

١١- المساعدة في تنظيم الأس الهيدروجيني للأنسجة.

## تركيب الدم:

الدم سائل معقد أحمر اللون يحتوي على العديد من الخلايا والمواد الكيميائية القائمة فيه ويتكون الدم من:

١- البلازما حوالي ٥٥ % من حجم الدم.

٢- خلايا الدم حوالي ٤٥ % من حجم الدم وهي:

أ) كرات الدم الحمراء وعددها ٥,٥ مليون في كل مـــم ٣ في الرجل و٤,٨ مليون في كل مم من دم المرأة.

ب) كرات الدم البيضاء وعددها ٤,٠٠٠ إلـــى ١١,٠٠٠ في كل مم ٣ دم.

جـــ) الصفائح الدموية وعددها من ربع إلى نصف مليون في كل مم ٣ دم. انظر شكل ١٢.

## البلازما

سائل قلوي أبيض مصغر في اللون والأس الهيـــدروجيني للبلازما من:

١- الماء: ٩٠ % من حجم البلازما.

٢- البروتينات الدموية: ٧ % من حجم البلازما، وتشمل الألبـــومين والجلوبيـــولين، الفبيرونيـــوجين والبروثرومين.

٣- المواد الغذائية والهرمونات والمواد المضادة: حوالي ٢ % من حجم من حجم البلازما.

٤- الأملاح والغازات حوالي ١ % من حجم البلازما.

## وظائف البلازما:

١- تساعد في المحافظة على حجم الدم.

٢- تساعد في المحافظة على ضغط الدم.

٣- تكوين الجلطة الدموية.

٤- تساعد في زيادة ساعة ومقاومة الجسم.

٥- تمثل جزء من لزوجة الدم.

٦- حمل ونقل الهرمونات مثل الثروكسين والفيتامينـــات مثل فيتامين أ والغازات مثل ثاني أكسيد الكربون.

٧- تساعد في تنظيم الضغط الأسيوزي للدم.

٨- تعتبر احتياطي للبروتين تمد به الجســم فـــي حالـــة المجاعة.

٩- تساعد في تنظيم الأس الهيدروجيني للدم.

١٠- تساعد في سرعة ترسب كرات الدم الحمراء.

١١- تقوم بإمداد الجسم بجميع المواد الضرورية للعمليات الحيوية.

١٢- تستقبل مخلفات التمثيل الغذائي من أنسجة الجسم المختلفة وتنقلها إلى أجهزة الإخراج.

## كرات الدم الحمراء

خلايا بدون نواه وسميت بكرات الدم الحمراء نظرًا لاحتوائها على صبغة تنفسية تسمى الهيموجلوبين حمراء اللون، وهي ضرورية جدًا لنقل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون من الرئتين وخلايا الجسم، وكرات الدم الحمراء عبارة عن خلايا قرصية الشكل مقعرة الوجهين قطرها حوالي ٧,٥ ميكرون تقريبًا، وسمكها حوالي ٧ ميكرون.

## وظائف كرات الدم الحمراء:

١- تنقل الأكسجين من الجهاز التنفسي إلى أنسجة الجسم.

٢- تنقل ثاني أكسيد الكربون من أنسجة الجسم إلى الجهاز التنفسي.

٣- تكون جزء من لزوجة الدم.
٤- تحتوي على بعض الأنزيمات اللازمة لنقل ثاني أكسيد الكربون من الأنسجة للجهاز التنفسي، ومن الجهاز التنفسي للجو الخارجي.
٥- تحتوي على بعض الأنزيمات التي تحول بعض المواد النشطة إلى مواد غير نشطة.

## كرات الدم البيضاء

عديمة اللون ومعظمها ذات شكل أميبي ليس لها شكل ثابت يتراوح عددها من ٤٠٠٠ إلى ١١٠٠٠ في كل مم ٣ دم.

## وظائف كرات الدم البيضاء:

١- محاربة الأجسام الغريبة عن الجسم، وذلك يساعد في مقاومة العدوى التي يتعرض لها الجسم.
٢- لها علاقة بالحساسية نتيجة لإفراز مادة البستامين.
٣- إفراز بعض الهرمونات مثل الهرمون المنشط للغدة الدرقية طويل المفعول.

٤- تكوين بعض الأجسام المضادة التي تساعد في مقاومة العدوى.

وبذلك يتضح أن الوظيفة الرئيسية لكرات الدم البيضاء هو مقاومة العدوى.

## الصفائح الدموية

أجسام صغيرة الألوان لها عددها يتراوح ما بين ربع ونصف مليون في كل مم ٣ دم، وهي ذات شكل بيضاوي أو مستدير، وتتفتت الصفائح الدموية عند تعرضها للهواء.

## وظائف الصفائح الدموية:

١- تلعب دورًا كبيرًا في تكوين الجلطة الدموية.

٢- إفراز مادة السروتونين.

٣- التهام بعض الأجسام الغريبة.

## الجلطة الدموية:

عند حدوث جرح في الجسم فإن الدم يسارع في تكوين الجلطة لكي يوقف النزيف، ويتم تجلط الدم في أربعة مراحل هي:

### ١- تكوين الترميوبلاستين:

عندما يتعرض الدم للهواء أو عندما يحتك بسطح خشـــن، فإن الصفائح الدموية تتفتت، وتقوم مع خلايا الأنسجة القريبة من الجرح بعمل مادة الترميوبلاستين.

### ٢- تحويل مادة البروثرمين إلى مادة الثرومبين:

برثرومين $\xrightarrow[\text{أيونات الكالسيوم}]{\text{ثروموبلاستين}}$ = ثرومبين

### ٣- تكوين الفبيرين:

وذلك بتحويل مادة الفيبرنيوجين إلى مادة الفيرين كما يلي:

فيبرينوجين ثرمبين خيوط الفبيرين

### ٤- تثبيت الجلطة:

الفيبرين $\xrightarrow[\text{أيونات الكالسيوم}]{\text{مثبت الفيبرين}}$ =فيرين ثابت

## فصائل الدم:

ينقسم الدم من حيث الفصيلة إلى أربع فصائل، وذلك تبعًا لنوع مادة الإلصاق (الجلوتوجين) الموجودة داخل كرات الدم الحمراء، فقد وجد أن هناك نوعان من مواد الإلصاق توجد داخل الكرات الحمراء، وهي أ، ب ويوجد في البلازما أجسام مضادة هي ألفا وبيتا، وفصائل الدم الأربع هي:

١) الفصيلة (أ): ويوجد بكرياتها الحمراء مولد الإلصاق (أ) وفي البلازما الجسم المضاد (بيتا).
٢) الفصيلة (ب): ويوجد بكرياتها الحمراء مولد الإلصاق (ب) وفي البلازما الجسم المضاد (ألفا).
٣) (الفصيلة أ ب): ويوجد بكرياتها الحمراء مولد الإلصاق (أ، ب) ولا يوجد في البلازما أجسام مضادة.
٤) الفصيلة (ب): لا يوجد بكرياتها الحمراء أي مولد الإلصاق، ولكن بالبلازما الأجسام المضادة (ألفا وبيتا).

مما سبق يتضح أنه لا تتجمع في دم شخص واحد مادة إلصاق، والجسم المضاد لها، لأن اجتماعهما معًا يسبب

التصاق الكريات الحمراء بعضها مع بعض، وانسداد الأوعية الدموية والبوت.

ويلاحظ أن الفصيلة (أ ب) تستقبل دم من جميع الفصائل الأخرى، ولكن لا تعطي إلا نفس الفصيلة، وتسمى الفصيلة (أ ب) بالمستقبل العام، أما بالنسبة للأشخاص من الفصيلة (٥) فإنهم لا يستقبلون إلا دم من نفس نوع فصيلتهم، ولكنهم يعطون باقي الفصائل الأخرى، وتعرف فصيلة (٥) باسم المعطي العام.

## تأثير المجهود الرياضي على الدم:

### أولاً: التغييرات المؤقتة:

وهي تغييرات تحدث بصفة مؤقتة كاستجابة للنشاط الرياضي، ثم يعود الدم إلى حالته الطبيعية في وقت الراحة، وهذه التغييرات تشمل:

١- زيادة حجم الدم الدائر نتيجة لانقباض الطحال وانتقال بعض السوائل من الجسم إلى الأوعية الدموية.

٢- زيادة عدد كرات الدم الحمراء الناتج عن انقباض الطحال، ودفع كمية من الدم غنية في كرات الدم الحمراء.

٣- زيادة عدد كرات الدم البيضاء.

٤- نقص الأس الهيدروجيني للدم نتيجة لزيادة حمض اللاكتيك.

٥- زيادة فاعلية المنظمات الحيوية الموجودة في الدم للمحافظة على الأس الهيدروجيني.

٦- زيادة كمية الهيموجلوبين لزيادة السعة التنفسية للدم.

٧- نقص قابلية الهيموجلوبين على الاتحاد مع الأكسجين، حتى يستطيع الأكسجين أن ينتقل إلى الأنسجة بسهولة.

## ثانيًا: التغييرات التي تتميز بالاستمرارية:

وهي تغييرات تحدث في الدم نتيجة للانتظام في التدريب الرياضي لفترة معينة؛ مما يؤدي إلى تكيف الدم لأداء النشاط الرياضي لفترة طويلة، وتشمل هذه التغييرات زيادة حجم الدم وزيادة الهيموجلوبين، ونترات الدم الحمراء لزيادة السعة

التنفسية للدم، حتى يستطيع تغذية العضلات العاملـــة بكميـــة الأكسجين اللازمة للنشاط العضلي لفترة طويلة.

# الباب العاشر

## الغدد الصماء

وهي غدد عديمة القنوات ولذا تصب إفرازاتها مباشرة للدم الذي ينقله إلى جميع أنحاء الجسم، ومن هذه الغدد الغدة النخامية والغدة الدرقية والغدد الجاردوقية والغدة النظرية وغيرها من الغدد الصماء، وإفرازات هذه الغدد تسمى الهرمونات (مواد كيميائية معقدة التركيب).

وتقوم الغدد الصماء إلى جانب الجهاز العصبي بتنظيم النشاط الكيمائي لخلايا وأنسجة الجسم المختلفة، نتيجة للمتغيرات التي يصادفها الجسم، ويلاحظ أن تأثير الفرد يتميز بالبطء ويستمر لمدة طويلة بعكس التأثير العصبي الذي يكون سريعًا ولمدة أقصر.

## الغدة النخامية

تعتبر الغدة النخامية من أهم الغدد الصماء على الإطلاق، لأنها تنظم وتسيطر على الغدد الصماء الأخرى، هذا بالإضافة إلى تأثيرها على الكثير من الوظائف الحيوية التي يقوم بها الجسم، وبالإضافة إلى علاقتها بالنمو والتمثيل الغذائي.

وتقع الغدة النخامية في تجويف صغير بقاع الجمجمة، وتتكون الغدة من الفص الأمامي والفص الخلفي والفص الأوسط.

## أولاً: الفص الأمامي:

يفرز هذا الفص مجموعة من الهرمونات وهي:

١- الهرمون المنبه للنمو.

٢- الهرمون المنبه للغدة الدرقية.

٣- الهرمون المنبه لقشرة الغدة الفوق كلوية.

٤- هرمون منبه لنشاط الجهاز التناسلي.

٥- الهرمون المسبب لجحوظ العين.

## الهرمون المنبه للنمو:

وينظم هذا الهرمون نمو الإنسان في مرحلة المختلفة، مبتدئًا بمرحلة ما قبل الولادة، فهو ينظم نمو العظام، وعمليات الأيض، ويحدد مراحل النضج والشباب... إلخ.

وتختلف كمية إفراز هذا الهرمون حسب مرحلة النمو، فتزيد الكمية في مرحلة الطفولة والبلوغ وفترة الحمل عند النساء، ولكنها تتناقص تدريجيًا حتى تصبح قليلة جدًا في مرحلة الشيخوخة، ونقص هذا الهرمون في مرحلة الطفولة

يؤخر نمو العظام ويؤدي إلى ما يسمى بالقزامة، وزيادة إفراز هذا الهرمون قبل البلوغ؛ يؤدي إلى ما يسمى بالعملقة، أما إذا كانت هذه الزيادة بعد البلوغ؛ فيحدث نمو العظام عرضيًا ويكون طول القزم (أقل من متر وطول العملاق أكثر من مترين).

## الهرمونات المنشطة للجهاز التناسلي

تعمل هذه الهرمونات على تنشيط زيادة نمو الغدد التناسلية، ويزيد إفرازها بزيادة السن حتى يصل المرء إلى مرحلة النضوج، وبعد ذلك تقل كميتها لأنها تنبه الغدد التناسلية لإفراز هرموناتها.

### الهرمون المنبه للغدة الدرقية:

يعمل هذا الهرمون على تنبيه الغدة الدرقية، لإفراز هرمون القيريكسين في حالة نقصان نسبته في الدم.

### الهرمون المنبه لقشرة الغدة الكظرية:

يقوم هذا الهرمون بتنبيه الغدة الكظرية لإفراز هرمون الكوريتزون، والهرمونات الجنسية، وليس له تأثير على الخلايا المسئولة عن إفراز هرمون الدرسترون.

## الهرمون المسبب لجحوظ العين:

يسبب زيادة إفراز هذا الهرمون إلى جحوظ العين؛ حيث إنه يساعد على ترسيب بعض المركبات الكيميائية خلف العين، فيزداد الضغط الأسموزي للسوائل الموجودة خلف العين فتمتص الماء، فيعتبر تورم مائي خلف العين يضغط العين، ويؤدي إلى جحوظها.

## ثانيًا: الفص الخلفي:

وهذا الجزء يعمل كمخزن لهرمون الفازوبرمين (هرمون انتيدا يورتيك) وهرمون الأوكسبتوسين اللذان يتكونان في الهيبوتلامس، ثم يختزنان في الفص الخلفي للغدة النخامية حتى يحتاجهما الجسم:

### ١- هرمون الفازوبرمين (انيتدا يورتيك هرمون):

أ- ينبه العضلات الملساء الموجودة في الأوعية الدموية فتنقص، وبالتالي يؤدي إلى ضيق الأوعية الدموية.

ب- ينظم التوازن المائي للجسم، وذلك عن طريق إعادة امتصاص الماء في الجزء السفلي من الأنابيب الكلوية.

### ٢- هرمون الأوكسيتومين:

وينبه هذا الهرمون عضلات الرحم لكل انقباض في بداية الولادة، وإذا انقبض فإنه يؤدي إلى نمو الولادة، ويؤدي كذلك إلى انقباض الرحم بعد تمام الولادة حتى يمنع نزيف ما بعد الولادة، وله دور فعال في إخراج اللبن من الثدي أثناء الرضاعة.

## ثالثًا: الفص الأوسط:

يفرز الهرمون المسئول عن تنشيط الخلايا المسئولة عن تكوين صفحات الجلد، ويزداد نشاط هذا الهرمون بالتعرض للشمس.

## الغدة الدرقية:

الغدة الدرقية من الغدد الهامة للجسم وتفرز هرمون الثيروكسين، ويعتبر الثيروكسين هو المنظم لعمليات الأيض والتحول، ولذلك فهو يلعب دورًا هامًا في الحفاظ على الاتزان الجسمي.

يؤدي نقص هرمون الثيروكسين في مرحلة الطفولة إلى حدوث مرض القصيع؛ أي وقف أو إبطاء النمو، وترجع بعض حالات العته إلى عدم اكتمال نمو الغدة الدرقية في

المرحلة الجنينية، ونقص الثيروكسين بعد البلوغ يؤدي إلى ما يسمى بمرض اليكسيد بما ومن أعراضه السمنة – بطء ضربات القلب والتنفس ونقص درجة حرارة الجسم وبطء الفهم والإمساك والرغبة للنوم، وعدم الرغبة في العمل. ويؤدي زيادة إفراز الثيروكسين إلى تضخم الغدة الدرقية وجحوظ العينين وسرعة ضربات القلب والتنفس والإسهال وارتفاع درجة حرارة الجسم.

## الغدد جارات الغدة الدرقية:

وهي أربع غدد صغيرة الحجم تفرز هرمون الباراثير وهو ينظم محتويات الجسم من أملاح الكالسيوم والفوسفات، ويؤدي نقص هذا الهرمون إلى نقص الكالسيوم في الدم الذي يؤدي إلى زيادة الاستجابة في منطقة الاتصال العضلي العصبي، ثم حدوث تشنجات شديدة تؤدي للوفاة، نتيجة لتشنج عضلات التنفس، وزيادة إفراز هذا الهرمون تؤدي إلى سحب الكالسيوم من العظام إلى الدم، وبالتالي تصبح العظام لينة وهشة.

## جزر لانجرهانس:

تقع هذه الجزر في البنكرياس وتقوم بإفراز هرمون الأنسولين من خلايا بيتا، وهرمون جلوكاجون (خلايا ألفا). يقوم هرمون الأنسولين بتخفيض مستوى جلوكوز الدم بتحويل الجلوكوز الزائد من الدم إلى الأنسجة مثل العضلات، وتحويل الزائد منه للكبد؛ ليخزنه على هيئة جليكوجبين، ويؤدي نقص الأنسولين إلى الإصابة بمرض السكر.

ويؤدي هرمون الجلوكاجون إلى زيادة مستوى الجلوكوز في الدم.

# الغدة الكظرية (الفوق كلوية)

توجد غدتان تقتل كل منهما إحدى الكليتين، وتتكون الغدة الفوق كلوية من:

## أ) النخاع:

وهو الجزء الداخلي من الغدة، ويفرز هرمون الأدرينالين ٨٠ % والفور أدرينالين ٢٠ % ويزداد إفراز هذه الهرمونات في حالات الطوارئ والخوف؛ مما يؤدي إلى زيادة ضربات القلب وزيادة عدد مرات التنفس، وزيادة فترة الانقباض العضلي، واتساع حدقة العين، ونقص نشاط الجهاز الهضمي.

## ب) القشرة:

وتفرز الهرمونات الآتية:

١- الكورتيزون.

٢- الهرمونات الجنسية (الأندروجينات والاستروجين والبروجترون).

٣- الدوستيرون.

وينظم الكورتيزون تمثيل الغذاء في الجسم، وزيادة مقاومة الجسم.

وتساعد الهرمونات الجنسية الغدد التناسلية، ويعمل الدوستيرون على إعادة امتصاص الصوديوم والماء في الجزء السفلي من الأنابيب الكلوية.

# الغدد التناسلية

# (الخصي والمبايض)

للغدد الجنسية وظيفة مزدوجة، فهي تقوم بتكوين الخلايا الجنسية، وفي نفس الوقت تقوم بإفراز الهرمونات الجنسية التي تسبب تميز الجنس.

١- الخصية: توجد للذكر خصيتان تقعان خارج الجسم في كيس الصفن، وتكونان بداخل تجويف البطن حتى الشهر السادس والسابع، وتقوم الخصية، بالإضافة إلى تكوين الحيوانات المنوية بإفراز الهرمونات الذكرية، والتي تسمى بالأندروجينات (التستسترون + الأندروستيرون) وللهرمونات الذكرية وظائف عدة منها نمو الجهاز التناسلي تركيبيًا ووظيفيًا، وإنزال الخصيتين من تجويف البطن إلى كيس الصفين، هذا بالإضافة إلى إظهار الصفات الذكرية الثانوية (كرخامة الصوت، وظهور اللحية والشارب، ونمو العظام... إلخ).

وللأندروجينات أثر كبير في حالة الزيادة أو النقصان، فإذا قل إفراز هذا الهرمون، بسبب ضمور الجنسية أو إزالتها، فإن ذلك يؤدي في الغالب إلى تغلب الصفات

الثانوية الأنثوية على الصفات الذكرية الثانوية، ولكن هذا لا يعني انعدام الغريزة الجنسية نظرًا لوجود الهرمونات الذكرية التي تفرزها قشرة غدة الكظر.

ب) المبيض: يوجد للأنثى زوج من المبايض، أيمن وأيسر، في تجويف البطن، ويتكون المبيض من عدد كبير من حويصلات جواف، وعند البلوغ تنضج الحويصلات، وتنفجر حوصلة جراف، بمعدل كل شهر قمري، وتخرج منها البويضة، وفي مكان البويضة المفرزة تتكون غدة مؤقتة ذات إفراز داخلي، تسمى بالجسم الأصفر للحمل، فإذا حدث الحمل فإن الجسم الأصغر يبقي طبلة الحمل، ويمكث لفترة بعد الولادة.

ويقوم المبيض بإفراز نوعين من الهرمونات الأنثوية هي:

أ- الهرمونات الأنثوية التي تعرف بالأستروجينات، وهي مجموعة ذات تركيب كيميائي متشابه، منها هرمون الأسترون.

والأستروجينات تعتبر مسئولة عن نمو الأجهزة التناسلية الأنثوية، وظهور الصفات الأنثوية الثانوية (نمو الجسم الدهني الأملس، نعومة الصوت، نمو الأثدية، ظهور الشعر

في مناطق معينة.. إلخ) كما أنها تنشط الغدد اللبنية، وتؤثر على الدورة الشهرية (الطمث) ويعتمد نمو المهبل والرحم على الأستروجينات أيضًا.

ب- هرمون الحمل (البروجسترون) ويقوم بتنشيط جدار الرحم، والإعداد لاستقبال البويضة عند عملية الإخصاب، ويعمل على وقف نضج المبيض والدورة الشهرية خلال فترة الحمل، ويفرز البروجستروك من الجسم الأصغر وخلايا المشيمة خلال فترة الحمل.

ومما يجدر ذكره أن لنقص أو زيادة هرمونات المبيض أثرًا كبيرًا في الصفات الجنسية الأنثوية، وفي اضطراب الطمث.

وتقوم المشيمة، أثناء فترة الحمل، بإفراز هرمونات الأستروجينات والبروجسترون بكميات كبيرة، هذا وهرمونات الغدة النخامية هي المسئولة عن تنظيم الهرمونات الجنسية.

سابعًا: غدد الطبقة السطحية للمعدة والأمعاء: (الهرمونات الهضمية) تفرز المعدة العصارة المعدية الهاضمة، وحمض الهيدروكلوريك، وبالإضافة إلى ذلك تفرز هرمون الجاسترين

الذي يكون محكومًا جزئيًا بالجهاز العصبي، وجزئيًا بخلايا المعدة المفرزة، وينتقل بواسطة الدم إلى جميع أنحاء الجسم، بعدها يعود المعدة مما يعمل على تنشيطها لإفراز عصارتها الهاضمة.

كما أن الأمعاء الدقيقة (الأثنى عشر) تفرز عدد من الهرمونات منها السكرتين الذي يسير من الدم إلى أنحاء الجسم المختلفة، ومنها البنكرياس الذي ينشط لإفراز عصارة البنكرياسية.

لذا فإن أي خلل في إفراز مثل هذه الهرمونات يؤدي إلى اختلال عملية هضم الغذاء وامتصاصه وتمثيله، وبالتالي يؤثر على النمو، كما يظهر اضطراب في جميع أجهزة الجسم.

## العلاقة بين الغدد الصماء والنشاط الرياضي:

تنشط الغدد الصماء في إفراز الهرمونات حتى قبل أن يبدأ النشاط الرياضي، وتستمر أثناء النشاط الرياضي ويختلف هذا النشاط من شخص إلى آخر، وتختلف باختلاف شدة الحمل، ومدى الضغوط التي يتعرض لها الشخص الممارس،

فتزداد استجابة الغدد الصماء في حالات المنافسات الشديدة، ويتم استجابة الغدد الصماء للنشاط الرياضي كما يلي:

أولاً: تبدأ مراكز المخ العليا في تنبيه الهريوثلامس الذي بدوره:

١- ينبه الفص السفلي للغدة النخامية فتفرز هرمون الأنثى دورتيك.

٢- ينبه نخاع الغدة الكظرية فتفرز هرمون الأدرينالين ٨٠ % والنور أدرينالين ٢٠ %.

٣- ينبه الفص الأمامي للغدة النخامية وذلك عن طريق إفراز بعض الهرمونات التي تنشط الفص الأمامي للغدة النخامية التي بدورها تفرز الهرمون المنشط للغدة الدرقية والهرمون المنشط لقشرة الغدة الفوق كلوية.

ثانيًا: نتيجة لزيادة الدم العائد للقلب تخرج إشارات من الجهة اليمنى للقلب؛ لتنشط مراكز إفراز الأدرينالين والأنثى دورتيك هرمون، والدوسترون الموجودة في النخاع المستطيل التي بدورها تزيد من إفراز الهرمونات سالفة الذكر.

ثالثًا: يتم تنبيه مستقبلة الشفط الأمـــوزي الموجـــودة فـــي الهريوتلامس نتيجة لزيادة الضغط الأسيوزي للدم الناتج عن فقد كمية كبيرة من الماء من خلال الغـــدد العرقيـــة، نتيجـــة للنشاط العضلي العنيف.

رابعًا: يتم تنبيه البنكرياس لإفراز هرمون الأنسولين فـــي البداية، ثم يقل معدل إفراز الأنسولين، ويتم إفراز هرمـــون الجلوكوجوبين بعد فترة تتراوح ما بين نصف وساعة كاملـــة من بداية المجهود.

## الأداء الرياضي في الإناث والذكور:

هناك فروق بين مستوى الأداء الرياضي بـــين الـــذكور والإناث ويرجع هذا الاختلاف إلى:

١- الاختلاف في تركيب وحجم الجسم، فيلاحظ زيادة كمية الدهون في الإناث وزيادة النسيج العضـــلي في الذكور.
٢- تقل كفاءة الإناث في إنتاج الطاقة عن الذكور.
٣- تقل الكفاءة الميكانيكية للعضلات في الإناث عـــن الذكور.

٤- مقدار القوة المطلقة في الإناث أقل منها في الذكور، ولكن بالنسبة للقوة النسبية فقد تتساوى في الجنين.

٥- قدرة الجهاز التنفسي والجهاز الدوري في الإناث أقل من قدرتهما في الذكور.

## ملاحظات هامة:

١- التدريبات المعتدلة لا تؤدي إلى اختلال الطمث في الإناث.

٢- قد تؤدي التدريبات العنيفة إلى انقطاع الطمث في بعض اللاعبات.

٣- من النادر تعرض الإناث لإصابات خطيرة في الصدر أو في الأعضاء التناسلية الخارجية أو الداخلية أثناء ممارسة الرياضة.

٤- ممكن السماح للإناث بالاشتراك في التدريب والمنافسة أثناء فترة الطمث بشرط منع التدريبات التي تؤدي إلى ارتجاج الجسم بقوة، أو تمرينات كتم النفس، وتستبعد تمرينات القوة والوثب ولا يسمح بالسباحة في الماء الجاري، أو في

حمامات السباحة وكذلك الدش البارد وتجنب لفحة الشمس، وبخصوص الإناث اللاتي في مرحلة تشكيل الدورة الشهرية، وكذلك السيدات المبتدئات في ممارسة الرياضة والتدريب؛ فيمنع عضوين التدريب أو الاشتراك في المنافسات في مرحلة الطمث، وكذلك لمن لديهن أي اضطراب في الطمث ووظائف المبيض.

٥- مع بداية الحمل يمنع التدريب والمنافسات الرياضية، ولكن يمكن أثناء الحمل ممارسة تمرينات خاصة لتقوية عضلات البطن والحوض والظهر والأطراف، ويوصي بذلك الطبيب المختص بمتابعة الحمل.

٦- بعد الولادة يمكن استخدام تمرينات بدنية خاصة تساعد على سرعة انقباض الرحم، وتقوية عضلات البطن والحوض والأطراف السفلى.

٧- لا يسمح بممارسة المنافسات أثناء فترة الرضاعة وممارسة الرياضة في فترة الرضاعة يجب أن تكون للصحة فقط، وبعد فترة الرضاعة يسمح

للإناث بممارسة المنافسات، ولكن بعد موافقة الطبيب المختص.

# الدورة الشهرية (الطمث)

ظاهرة بيولوجية تحدث في الإناث كل ٢٨ ± ٢ يوم تبدأ مع البلوغ، وتتوقف مع سن اليأس، وتمر بثلاث مراحل هي:

## أولاً: مرحلة الحويصلة:

تستغرق من ١٠ – ١٥ يوم وخلال هذه الفترة تنمو الحويصلة في المبيض، وذلك بتأثير هرمون يفرز من الفص الأمامي للغدة النخامية يسمى (الهرمون المنبه للحويصلات).

وتفرز الحويصلة الناضجة هرمون الأستروجين الذي ينشط عملية تكاثر خلايا الغشاء المخاطي المبطن للرحم استعدادًا لاستقبال البويضة الملقحة، وتنتهي هذه المرحلة بانفجار الحويصلة وخروج بويضة جاهزة للإخصاب (التبويض).

**التبويض**: هو انفجار الحويصلة الناضجة وخروج بويضة جاهزة للإخصاب، ويحدث ذلك في اليوم ١٤ ± ٢ (أنسب وقت لحدوث الحمل).

## التغييرات التي تصاحب التبويض:

١- ارتفاع درجة حرارة الأنثى نصف درجة مئوية، ويستمر هذا الارتفاع حتى الدورة التالية.

٢- زيادة إفرازات المهبل.

٣- حدوث ألم في أسفل البطن في بعض الحالات.

٤- زيادة تكاثر خلايا الغشاء المخاطي المبطن للرحم.

## ثانيًا: مرحلة تكوين الجسم الأصفر:

تستغرق من ١٠ – ١٥ يوم وفيها ينمو الجسم الأصغر مكان الحويصلة المنفجرة، وفي هذه الفترة تحدث فترة الإفراز في الرحم، ويزداد تكاثر خلايا الغشاء المخاطي المبطن للرحم، وتوجد البويضة الناتجة عن التبويض في تجويف الرحم، وخلال هذه المرحلة يمكن حدوث الحمل. وإذا لم يحدث الحمل يوقف نمو الجسم الأصفر، ويتحول إلى جسم أبيض، وتخضع هذه المرحلة لإفراز هرمون من الفص الأمامي للغدة النخامية يسمى (الهرمون المكون للجسم الأصفر) ويفرز الجسم الأصفر هرمون البيروجسترون.

## ثالثًا: مرحلة الطمث:

وإذا لم يحدث الحمل خلال المرحلة السابقة يظهر الطمث نتيجة لتهدم الطبقة الداخلية للرحم، ويخرج الدم من أعضـــاء التناسل الخارجية وتستمر مرحلة الطمث من ٣ – ٥ يـــوم، وتكون كمية الدم من ١٠٠ – ١٥٠ سم ٣ ودم الطمث غيـــر قابل للتجلط لاحتوائه على مادة تمنع التجلط، ويحدث الطمث نتيجة لنقص حاد في هرمون الأستروجين والبيروجسترون.

# الباب الحادي عشر

## أعضاء الحس

وهي الأعضاء التي بها يستقبل الإنسان المثيرات المختلفة، حتى يستطيع الاستجابة لها بما يساعده على التكيف والإلمام بالبيئة المحيطة به، وتنقسم أعضاء الحس إلى:

## ١- أعضاء الحس الخارجي:

وهي الأعضاء التي تتأثر من المثيرات الخارجية كالضوء – الصوت – ومذاق المواد المختلفة ورائحتها – والحرارة – والألم – واللمس – والضغط، وهي العين – الأذن – اللسان – الأنف – الجلد.

## ٢- أعضاء الحس الداخلية:

وهي الأعضاء التي تتأثر بالمثيرات الداخلية كاتزان الجسم، الجوع والعطش، والغثيان، والاختناق، والجنس، وهي موجودة في العضلات وأوتار العضلات والأوعية الدموية والهيبوثلامس والأحشاء الداخلية.

# العين

العينان هما عضوا الأبصار في الإنسان، فهما تكونان صور المرئيات التي تنتقل بعد ذلك على شكل إشارات عصبية بواسطة العصب المخي الثاني (عصب الإبصار) إلى المنطقة البصرية الموجودة في قشرة المخ، وهي المسئولة عن استقبال وإدراك الإشارات البصرية. انظر تركيب العين شكل ١٤.

## كيفية الإبصار:

- تسقط الأشعة الضوئية الصادرة من الجسم على العين، فيتم انكسار هذه الأشعة بواسطة الجهاز العدسي للعين المكون من القرنية والسائل المائي والعدسة، والسائل الزجاجي للعين، لتتجمع على الشبكية في مؤخرة العين.
- وتتكون في هذه الحالة صورة حقيقة مصغرة، ومقلوبة للجسم المرئي على الشبكية.
- في الشبكية تتحول بالموجات الضوئية إلى إشارات عصبية، تنتقل إلى العصب البصري؛ حيث تسري

عبره إلى مراكز الإبصار في قشرة المخ التي تعمل على تحليل هذه الإشارات المنتهية، وإدراكها كصورة بصرية، وبذلك يتمكن المخ من تمييز المرئيات.

# الأذن

الأذنان هما العضوان اللذان بهما يتمكن الإنسان من استقبال الإحساس بالأصوات التي تصدر في بيئته، وهما بالإضافة إلى ذلك عضوا التوازن في الجسم، فبمساعدتهما يتمكن الجسم من التعرف على وضعه واختلال اتزانه، فيعمل على تصحيح الوضع وإعادة الاتزان.

## كيفية السمع:

ينتقل الصوت على هيئة موجات صوتية خلال الهواء إلى الأذن؛ حيث يقوم صوان الأذن بتجميع هذه الموجات الصوتية، وتركيزها خلال القناة السمعية إلى غشاء الطبلة، فيهتز غشاء الطبلة اهتزازات مماثلة للموجات الصوتية، ثم تنتقل هذه الاهتزازات بواسطة عظيمات الأذن الوسطى إلى الكرة البيضية، فيهتز الغشاء الذي يمتد فوقها؛ فيحدث في اللمف الخارجي اهتزازات مماثلة تسري من الدهليز إلى القوقعة؛ حيث تؤدي بدورها إلى اهتزاز اللمف الداخلي؛ عندئذ تتأثر الخلايا الحية بهذه الاهتزازات، فيتولد بها إشارات عصبية حسية تنتقل بواسطة الألياف العصبية

المكونة للعصب المخي الأول (العصب السمعي) إلى مراكز السمع في المخ لإدراك الصوت الأصلي وتميزه.

ونجد أن الشخص يسمع صوته بطريقة مختلفة، فهو يسمع من صوته غير الموجات الصوتية الهوائية كالعادة، وينتقل القسم الآخر رأسًا إلى السائل اللمفي في الأذن الداخلية عبر عظام الفك.

## المحافظة على توازن الجسم:

تقوم القنوات الهلالية الثلاث التي توجد في الأذن الداخلية بالمحافظة على توازن الجسم؛ حيث تحتوي هذه القنوات المتعامدة على بعضها على سائل، وتنتشر بها خلايا حسية خاصة موجودة في ثلاث انتفاخات، انتفاخ لكل قناة نصف دائرية.

تتأثر هذه الخلايا الحسية بحركة السائل، فإذا مال الرأس أو الجسم إلى الأمام أو الخلف أو أحد الجانبين؛ تحرك السائل في القناة المختصة، وأثرت الحركة في الخلايا الحسية، وينتقل هذا التأثير خلال العضو السمعي على هيئة إشارات عصبية، إلى مراكز التوازن في المخيخ؛ لإدراكه وإصدار

الأمر لعضلات الجسم المناسبة للعمل علـــى تعـــديل وضـــع الجسم وإعادة التوازن.

# اللسان

اللسان عضو عضلي يوجد بالفم، وله العديد من الوظائف كما يلي:

١- اللسان عضو التذوق.

٢- له أهمية كبيرة في الكلام.

٣- يساعد على تحريك الطعام في الفم لمضغه ثم بلعه.

٤- يؤدي وظيفة الإحساس باللمس والحرارة والألم.

## كيفية الإحساس بالتذوق:

لكي يتم الإحساس بالتذوق يجب أن تكون المادة ذائبة في الماء أو قابلة للذوبان في ماء السائل المخاطي الذي يغطي اللسان، وبذلك يؤثر محلول المادة على الخلايا الحسية التي توجد في براعم التذوق، فيتولد بها إشارات عصبية تنتقل بواسطة أعصاب التذوق إلى مراكز الإحساس بالتذوق في المخ؛ حيث يتم إدراك طعم المادة وتميزها.

## أنواع التذوق:

الإحساس بالتذوق في الإنسان هو إحساس كيميائي يتم نتيجة لذوبان المادة المراد تذوقها، وهو عبارة عن أربع

أنواع هي الإحساس بالحلاوة والمرارة والحموضة والملوحة، وتختلف أجزاء اللسان من حيث درجة تأثرها بهذه الإحساسات المختلفة.

- فطرف اللسان أكثر ما يكون إحساسًا بالحلاوة والملوحة.
- جانبي اللسان أكثر إحساسًا بالحموضة.
- الجزء الخلفي للسان أكثر إحساسًا بالمرارة.

ويلاحظ أن هناك فرقًا بين الإحساس بتذوق الطعام وبين طعمه، فالطعم إحساس مركب تسهم فيه – علاوة على حاسية الذوق أحاسيس أخرى أهمها حاسة الشم وغيرها كاللمس والحرارة والألم.

# الأنف

بالإضافة إلى وظيفة الأنف في الإحساس بالشم فله وظائف أخرى متعددة.

## وظائف الأنف:

١- الشم.
٢- المساعدة في الإحساس بطعم الطعام (كما سبق ذكره).
٣- تنقية هواء الشهيق من الأتربة والميكروبات.
٤- تكيف هواء الشهيق لدرجة حرارة الجسم.
٥- المساعدة على إبراز مخارج بعض الحروف والكلمات.

## كيفية الإحساس بالشم:

يشبه الإحساس بالشم لحد كبير الإحساس بالتذوق، فلكي يستطيع الإنسان من شم رائحة المواد يلزم أن تذوب أبخرتها (أو الغاز نفسه إن كانت غازية) في السائل المخاطي الذي يغطي جدار التجويف الأنفي؛ فيؤدي ذلك إلى إثارة الخلايا الحسية التي تتأثر بالرائحة؛ فيتولد بها إشارات عصبية تنتقل

بواسطة العصب الشمي إلى مراكز الشم الموجودة في المخ المسئول عن إدراك الرائحة وتميزها.

ويلاحظ أن هناك ارتباطًا قويًا بين الإحساس بالتذوق والإحساس بالرائحة، فالشخص الذي يشكو من الزكام يضعف إحساسه بالشم، ولذا يفقد إلى حد كبير إحساسه بطعم الغذاء، ويلاحظ أيضًا أن الإحساس بالتذوق والشم في الإنسان ليس على درجة من القوة كما هو الحال في باقي حواسه.

# الجلـــــد

يقوم الجلد في الإنسان بعدة وظائف هامة.

## وظائف الجلد:

١- حماية الأنسجة والأعضاء الداخلية.

٢- يساعد في تنظيم درجة حرارة الجسم (كما سبق ذكره).

٣- يساعد في تنظيم الأس الهيدروجيني للدم والأنسجة.

٤- يساعد في تنظيم التوازن المائي للجسم.

٥- يساعد في الإخراج (كما سبق ذكره).

٦- عضو استقبال الإحساس باللمس والحرارة والبرودة والألم، لاحتوائها على مستقبلات تستقبل التغييرات الحسية السابقة، وتحولها إلى إشارات عصبية تنتقل بواسطة الأعصاب الحسية إلى مناطق الإحساس الموجودة في قشرة المخ، المسئولة عن استقبال إدراك الإحساس الصادر من الجلد.