الفصل الثامن : الجهاز الهيكلى والعضلات والحركة
The skeleton, Muscles and movement

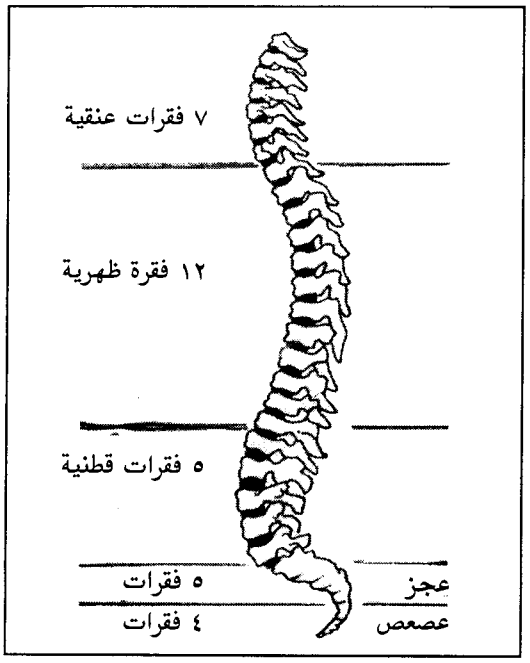
* تركيب الجهاز الهيكلى Structure of the skeleton

يتكون الجهاز الهيكلى فى الإنسان من : العمود الفقارى Vertebral column يرتكز عليه الجمجمة Skull واثنى عشر زوجا من الضلوع Ribs تكون القفص الصدرى Breast cage وتتصل بالجزء العلوى من العمود الفقارى وتتصل الأطراف Limbs بالعمود الفقارى بواسطة الأحزمة Girdles وهى الحزام الحوضى Pelvic girdle الذى يتصل بنهاية العمود الفقرى ويرتبط به الطرف السفلى والحزم الكتفى Shoulder girdle الذى يتكون من عظام الترقوة Collar bones ولوح الكتف Shoulder blades وهما لا يتصلان بالعمود الفقارى ولكنهما ثابتان فى موضعهما بالعضلات ويثبت فى لوح الكتف عظمة العضد Humerus داخل تجويف فى لوح الكتف وكذلك يثبت فى تجويف بالحزام الحوضى عظمة الفخذ Femur .

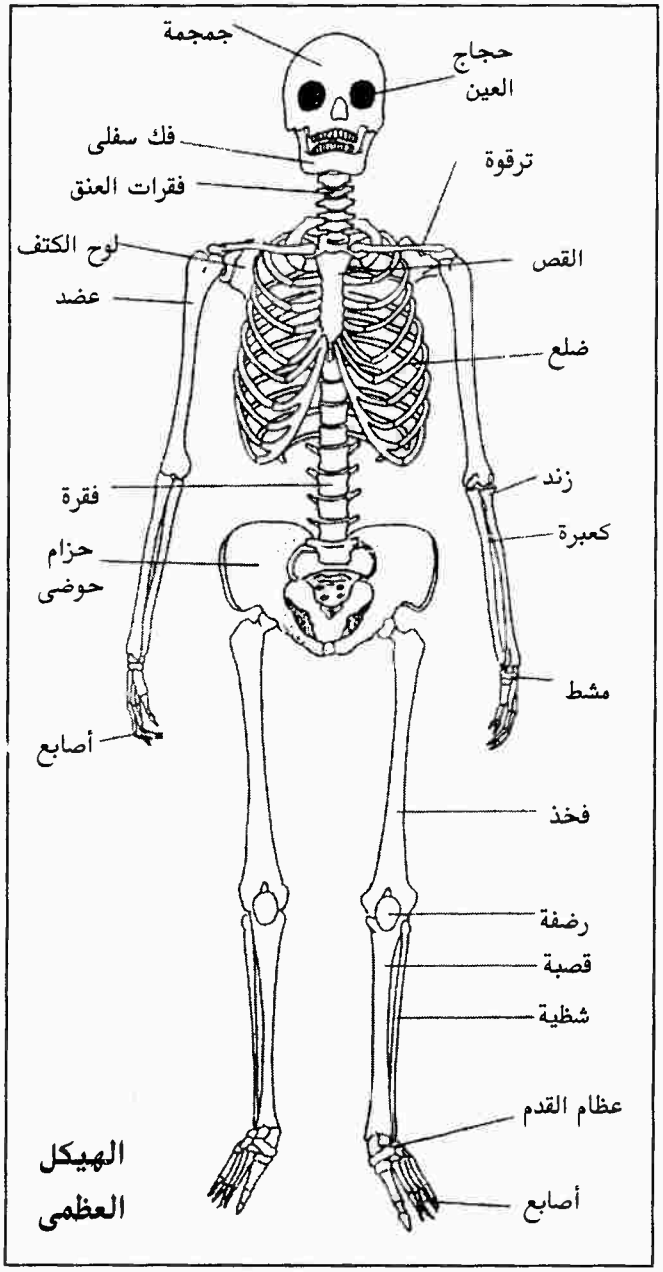
* العمود الفقارى Vertebral column

يمثل الدعامة المركزية للجسم ويتكون من ٣٣ فقرة Vertebra يفصل بين كل فقرة وأخرى قرص غضروفى يسمح بالحركة الموضعية ويصبح العمود الفقارى قادرا على الانثناء للأمام وللخلف وعلى كل جانب .

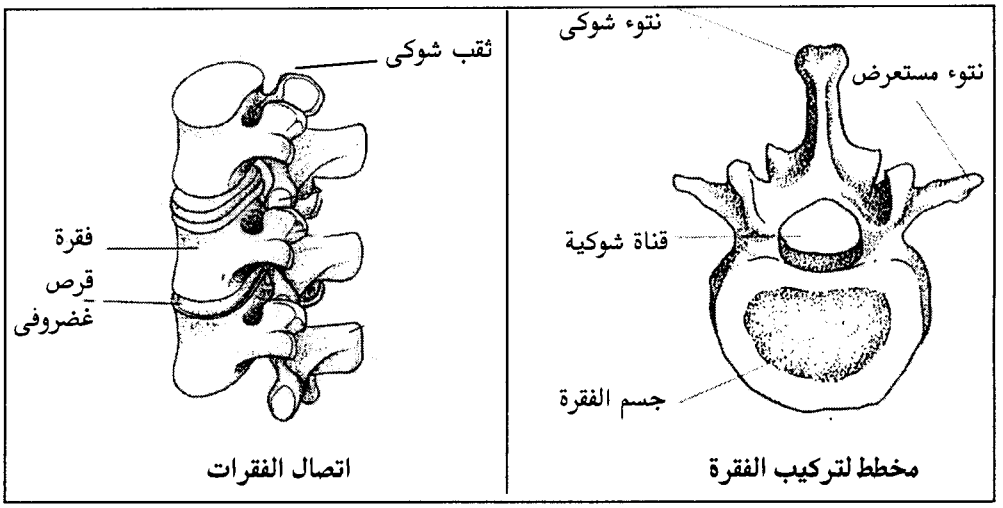
ويمر الحبل الشوكى Spinal cord خلال قناة شوكية تمر داخل الفقرات وبذلك يشكل العمود الفقارى حماية للحبل الشوكى .



المنطقة	عدد الفقرات
عنقية	٧
ظهرية	١٢ تتصل بالضلوع
قطنية	٥
عجزية	٥ متحدة مع بعضها مكونة العجز
عصعصية	٤ متحدة مع بعضها مكونة العصعص

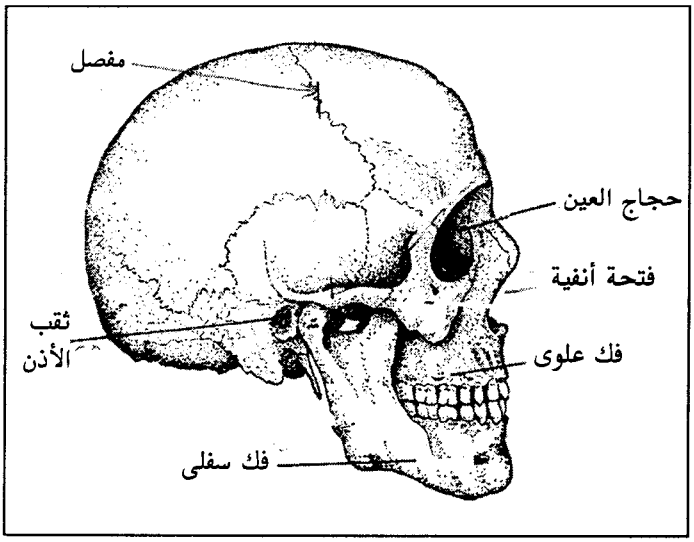


الهيكل العظمى

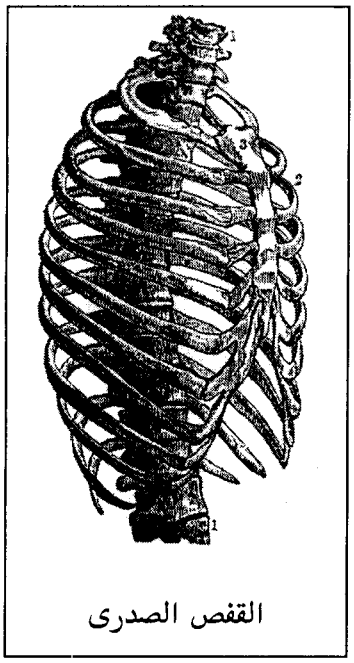


* الجمجمة

تتكون من عدة عظام مسطحة والمتصلة مع بعضها مما يشكل تجويفا يحمى بداخله المخ كما أنها تحمل وتحمى أعضاء الحس الشعورى الأساسية (العينين والأذنين والأنف) والفك العلوى ثابت فى الجمجمة بينما الفك السفلى معلق بالجمجمة بطريقة تسهل عملية المضغ وقاعدة الجمجمة تتصل بأول فقرة فى العمود الفقارى وهذا الاتصال يسمح للرأس بالحركة .



* القفص الصدرى Breast cage



القفص الصدرى

يتكون من ١٢ زوجا من الضلوع كل ضلع مسطح ومقوس ومتصل بفقرة من الفقرات الظهرية والسبعة أزواج الأولى من الضلوع تتصل من الأمام بعظمة القص Sternum والأزواج الثامن والتاسع والعاشر لا تصل إلى القص وكل منها يتصل بالجزء الأمامى للآخر والأزواج الحادى عشر والثانى عشر أطرافهما الأمامية حُرة لا تتصل بشىء وتسمى الضلوع العائمة Floating ribs .

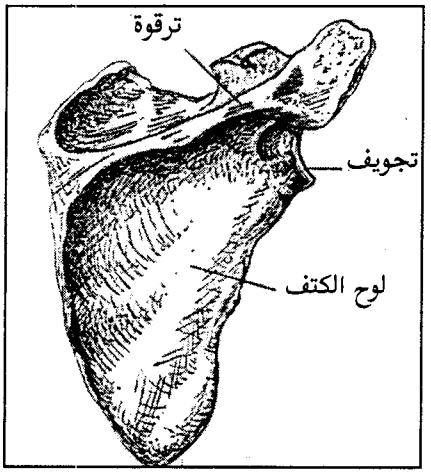
وبذلك تشكل الضلوع قفصًا مرنًا يحيط بالرئتين والقلب ويقوم بدور رئيسى فى عمليتىالشهيق والزفير

* القص Sternum

عظمة منبسطة ممتدة طوليا فى وسط الصدر من الأمام وتقابل العمود الفقارى الممتد من الظهر والطرف السفلى لعظمة القص غضروفى .

* الأحزمة Girdles

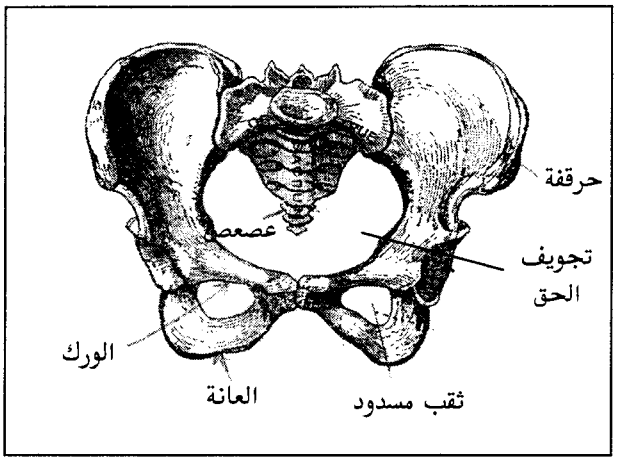
ـ الحزام الكتفى : (لوح الكتف والترقوة) Shoulder girdle



يتركب من لوح الكتف وهى عظمة مثلثة الشكل منبسطة يمتد بسطحها الخلفى بروز طويل وسطحها الأمامى ناعم ومقعر قليلا ويوجد على الظهر فوق الضلوع وبطرف لوح الكتف تجويف يسمى التجويف الأروح تتصل به عظمة العضد .

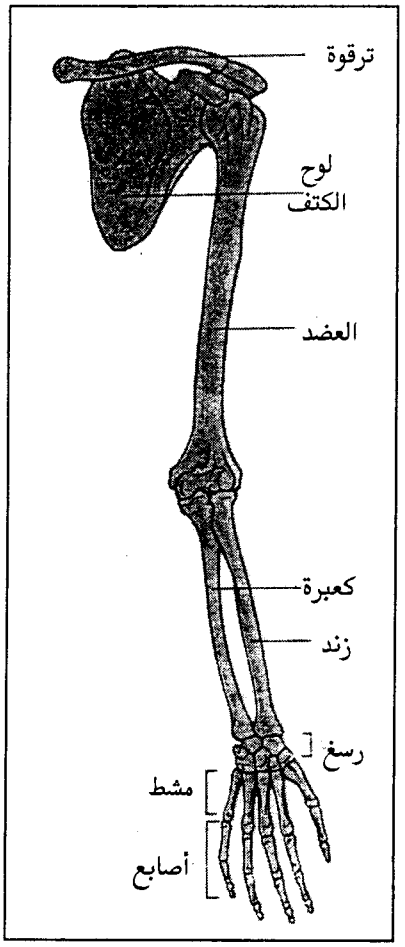
وعظمة الترقوة مستطيلة منحنية قليلا تصل بين لوح الكتف وأعلى القص .

ـ الحزام الحوضى (الحرقفة والورك والعانة) Pelvic girdle



يتركب من نصفين ملتحمين من أسفل وكل نصف ثلاثة عظام هى الحرقفة والورك والعانة وبالسطح الخارجى عند التحام هذه العظام يوجد التجويف الحقى الذى تتصل به عظمة الفخذ وبين عظمتى الورك والعانة فتحة تسمى الثقب المسدود وهو مغطى بغشاء قوى تخترقه أوعية دموية وأعصاب تمتد إلى الرجل .

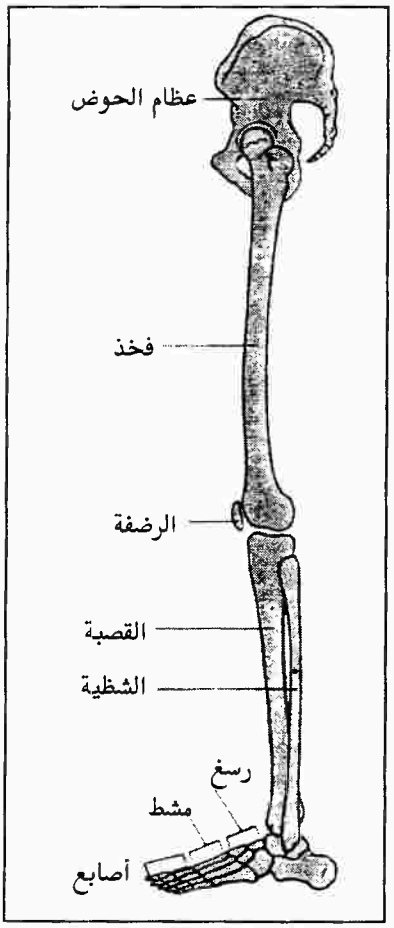
* الأطراف The limbs



ـ الذراع Arm

العظمة العليا من الذراع هى العضد Humerus تتصل بمفصل بعظام الساعد وهى الزند Radius والكعبرة Ulna وعظمتى الساعد تتصل بمجموعة عظام صغيرة تسمى الرسغ Wrist bones والتى تصل بدورها بعظام الأصابع والكعبرة والزند يمكنهما الدوران جزئيا كل منهما حول الآخر حتى يسهل حركة اليد لأعلى ولأسفل .

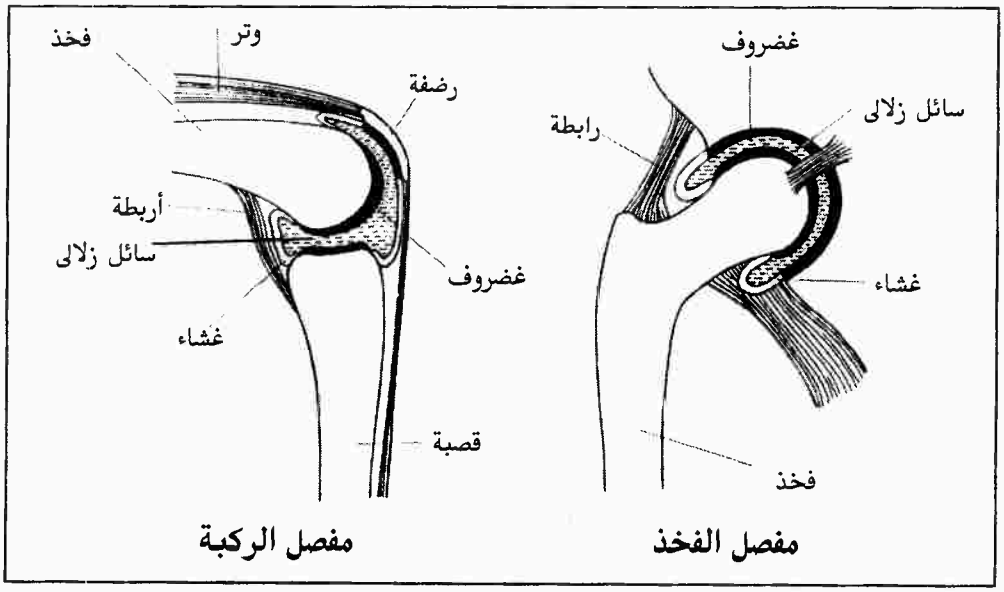
ـ الرجل Leg



عظمة الفخذ Femur تتصل بتجويف فى الحزام الحوضى مكونا مفصل الكرة وكذلك تتصل بعظمة الساق بواسطة مفصل الركبة الذى يصل الركبة بعظمة القصبة Tibia والشظية Fibula تمتد موازية للقصبة ولكنها لا تتصل بالركبة ورسغ القدم يشبه رسغ اليد حيث يتصل به اليد والأصابع .

* المفاصل Joints

عندما تتصل عظمتان تكونان مفصلاً ـــ قد يكون مفصلاً ثابتًا عديم الحركة مثل اتصال الحزام الحوضى والعمود الفقارى أو مفصلاً متحركًا مثل مفصل الركبة ـ ويوجد نمطان للمفصل المتحرك ـــ منها مفصل الكرة والحق (واسع الحركة) مثل المفصل الكتفى Ball and socket joint والمفصل الفخذى . ومفصل محدود الحركة مثل مفصل الركبة ومفصل والمرفق (يسمح بالحركة فى اتجاه واحد) .



وسطح العظام فى المفصل مغطى بغضروف ناعم يمنع الاحتكاك بين العظام ويساعد على ذلك أيضا وجود سائل فى منطقة المفصل وترتبط عظام المفصل مع بعضها بروابط من الألياف النسيجية وهى لا تمنع الحركات المختلفة للعظام .

* وظائف الجهاز الهيكلى Functions of the skeleton

١ ـ الدعامة Support

الهيكل العظمى يكسب الجسم شكله المميز ويثبت وضعه على الأرض وتتصل به العضلات التى تساعد على الحركة .

٢ ـ الحماية Protection

يحمى المخ وجوده داخل الجمجمة والقلب والرئتان يوفر لهما الحماية القفص الصدرى Rib cage والحبل الشوكى تتوافر له الحماية بوجوده داخل العمود الفقارى فى القناة الشوكية .

٣ ـ الحركة Movement

تعمل أغلب عظام الهيكل عمل الروافع وعندما تشد العضلات هذه العظام تحدث الحركة مثل رفع الضلوع خلال التنفس ـ أو حركات المضغ فى الفكوك . والهيكل العظمى مهيأ بمناطق مناسبة تتصل بها نهايات العضلات .

٤ ـ إنتاج خلايا الدم Production of blood cells

نخاع العظام فى بعض العظام مثل الفقرات والضلوع ورأس عظام الأطراف تنتج الخلايا الدموية الحمراء والبيضاء .

الغضاريف والعظام والعضلات Cartilage , Bone and Muscle

كل هذه الأنسجة تتكون من خلايا حية وكل من العظام والغضاريف تحتوى بعض المكونات غير الحية .

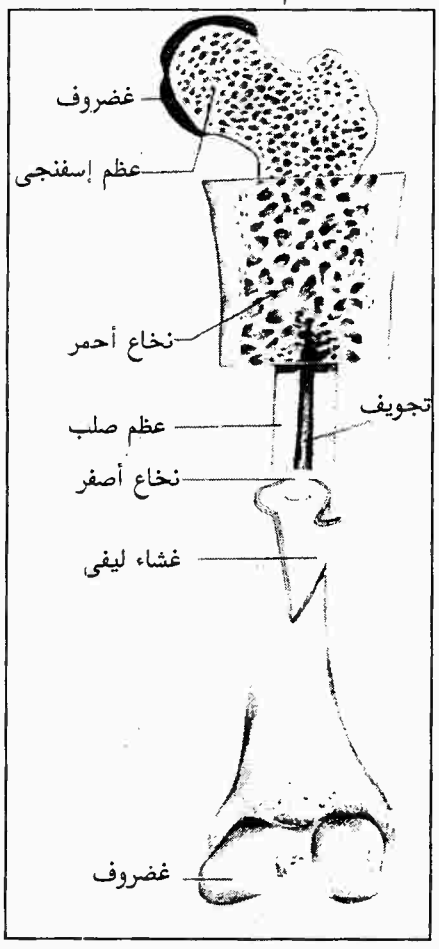
* الغضاريف Cartilage

لها تكوينات مختلفة وأحد هذه التكوينات (إطار نصف شفاف) كما فى الحلقات الغضروفية التى تجعل القصبة الهوائية والشعب الهوائية مفتوحة باستمرار ـ وتغطى سطح العظم فى المفاصل المتحركة حتى يمنع الاحتكاك والتمزق ـ وتدعم الجزء الأنفى

الذى يبرز من الوجه والألياف الغضروفية تحتوى عديد من الألياف وهى خلايا حية ـــ فالألياف الغضروفية التى تكون صيوان الأذن واللهاة تكون مرنة وقابلة للانثناء ـــ والألياف الغضروفية بين الفقرات فى العمود الفقارى ـــ ويتكون هيكل الجنين فى مراحله الأولى من غضاريف تستبدل تدريجيا بالعظام قبل أن يولد الطفل ولا يوجد للغضاريف إمداد دموى خاص وإنما تحصل على الغذاء والأكسجين بالانتشار من الشعيرات الدموية فى أقرب الأنسجة إليها .

* العظام Bones

أنسجة صلبة من الغضاريف وأقل منها كثيرا فى قابلية الانثناء ويحتوى النسيج العظمى خلايا حية وألياف غير حية ـ والأنسجة الليفية بين الخلايا تصبح أكثر صلابة بسبب ترسيب أملاح الكالسيوم مثل فوسفات الكالسيوم .



وتحتوى العظام على جزء كبير من العناصر غير الحية والتى تصل إليها مع الأوعية الدموية التى تحافظ على حياة الخلايا وتسمح لها بالنمو والتجديد .

* تشريح العظام

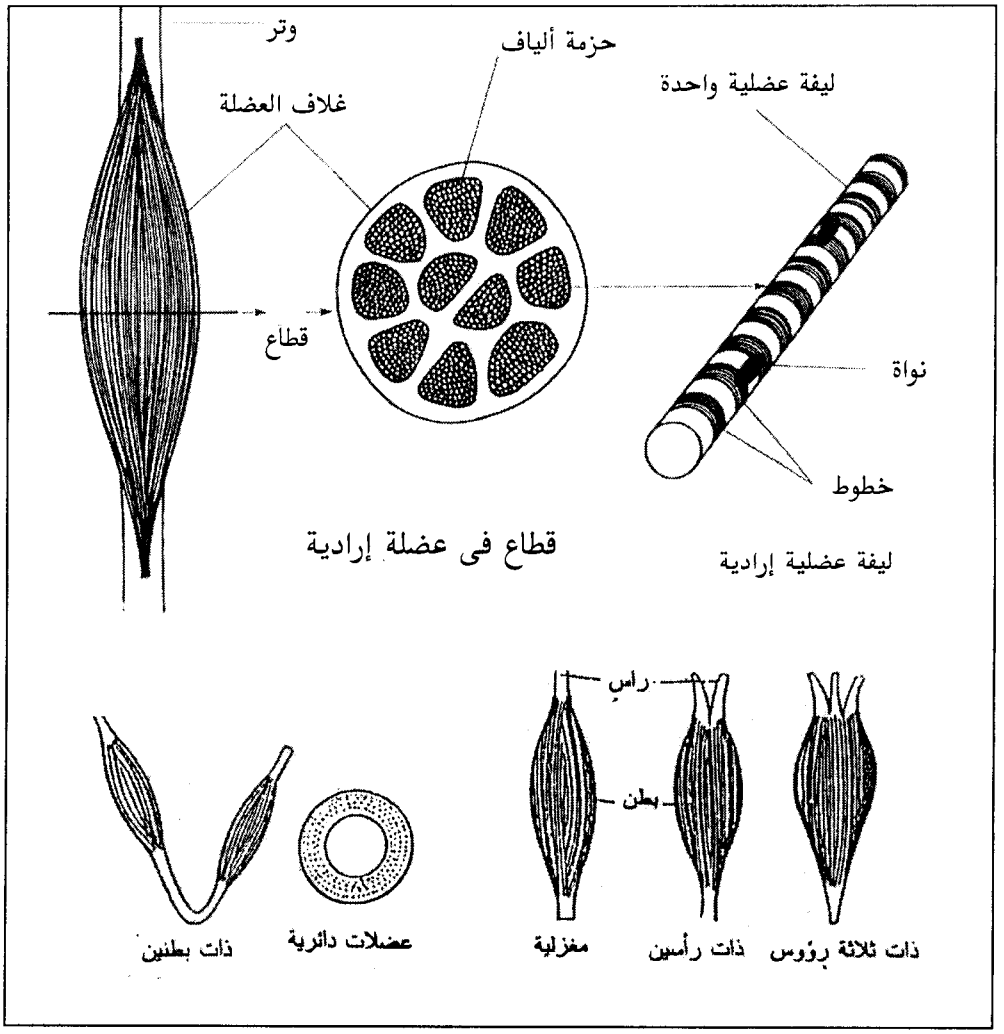
يتكون العظم من مادة صلبة هى النسيج العظمى الذى يحتوى مادة معدنية غنية بأملاح الكالسيوم والمغنسيوم والفوسفات والكربون .

وعند دراسة العظام الطويلة نجدها مغطاة بمادة غضروفية فى أطرافها ويغطى العظمة غشاء ليفى غنى بالأوعية الدموية يعتبر مسئولا بصورة جزئية عن نمو العظام يليه طبقة عظمية مصمتة Compact bone يليه نسيج إسفنجى Spongy bone ممتلئ بالنخاع . . كما يوجد النخاع فى تجويف العظام الطويلة وهو مادة طرية دهنية حمراء اللون أو تميل للصفرة .

وهو شبكة من نسيج ضام يحتوى خلايا خاصة تنتج كـرات الـدم الحمـراء وتنتـج كرات الدم البيضاء .

* العضلات Mucles

هناك ثلاثة أنواع رئيسية للعضلات **الأول** يسمى العضلات الهيكلية Skeletal muscle (أو العضـلات الإراديـة Voluntary muscle أو العضـلات المخططـة Striated muscle) **والنوع الآخر** يسمى العضلات الملساء Smooth muscle (أو غـير المخططـة Unstraited أو غـير الإراديـــة Involuntary muscle) **والنـوع الثالث** يوجد فى القلب فقط ويسمى العضلات القلبية

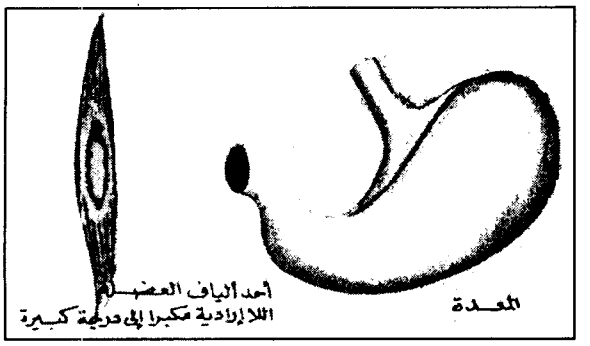


ـ العضلات الهيكلية Skeletal muscle

تتكون من ألياف عضلية طويلة كل ليفة تتكون من عديد من الخلايا والخلايا فى حالة اندماج فيما بينها ولا يشاهد فواصل بين الخلايا ولكن يشاهد نواة كل خلية وتصطف الألياف العضلية فى حزم عضلية تكون العضلة ـــ وترتبط هذه العضلات بالعظام وهى المسئولة عن إحداث الحركة ـــ وكل عضلة يتصل بها عصب عندما يرسل إليها النبضات تنقبض العضلة (أى تصبح أقصر طولا وأكثر سُمكا) ـ وجميع العضلات الهيكلية تخضع للإرادة ولهذا تسمى العضلات الإرادية .

ـ العضلات الملساء Smooth muscle

تتكون من خلايا مستطيلة لا تندمج مع بعضها لتكوين أليـاف ـــ والخلايا تكون طبقات من النسيج العضلى كما فى عضلات القناة الهضمية وعضلات الرحم والشعيرات الشريانية .



وعندما ترتب الخلايا بزوايا معينة فى العضو فهى تكون طبقة من العضلات الدائرية Circular muscle وعندما تنقبض العضلات الدائرية فإنها تجعل الأمعاء أو الشعيرات أضيق مما هى عليه وتلك هى قاعدة العمليات اللاإرادية مثل تقلص الأوعية الدموية والتحكم فى خروج الطعام من المعدة (فتحة البواب) والتحكم فى البول (عنق المثانة) والتحكم فى التبرز (عند فتحة الشرج) .

ولا يوجد تحكم شعورى على أغلب العضلات الملساء فى أجسامنا رغم ما نفعله عند التبرز أو التبول . ولهذا تسمى العضلات الملساء أحيانا بالعضلات اللاإرادية .

ـ انقباض العضلات muscle Contraction

ألياف العضلات الهيكلية وخلايا العضلات الملساء لديهم خاصية القدرة على الانقباض (يقصر طول العضلة) وذلك عندما يحدث لها حث بالنبضات العصبية

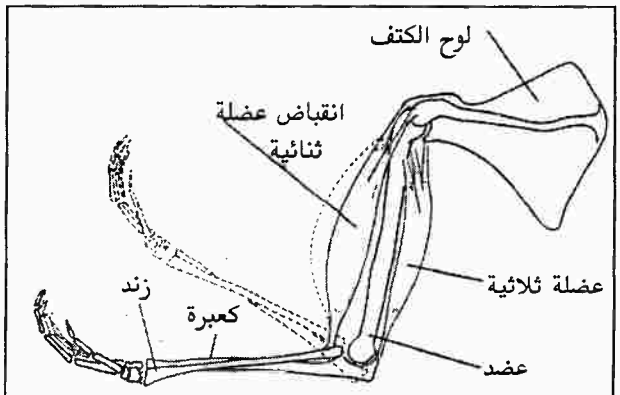
ومع ذلك فهذه الألياف ليس لديها القدرة على الاستطالة ولديها فقط القدرة على الانقباض والانبساط (تعود لوضعها) .

الحركة والانتقال Movement and locomotion

* العضلات والحركة

نهايات عضلات الأطراف تسحب للخارج مكونة الأوتار Tendons التى تربط نهاية كل عضلة فى الهيكل ويتصل أحد الأوتار بالجزء غير المتحرك من الهيكل فى الوقت الذى يتصل الوتر الآخر بالعظمة المتحركة عند المفصل .

وعندما تنقبض العضلة تشد العظام وتجعل أحدها يتحرك وطريقة الاتصال تعنى إن الانقباض البسيط للعضلة سوف ينتج عنه حركة كبيرة فى نهاية الطرف وترتب عضلات الأطراف دائما فى زوج وكل منهما له تأثير معاكس للآخر وذلك لأن العضلات إما تقصر أو تنبسط ولا تستطيل ولهذا فالعضلة ثلاثية الرءوس Triceps تحتاج إلى شد العضلة المنبسطة ثنائية الرءوس Biceps إلى الخلف إلى وضعها المستطيل بعد أن تنقبض .



العضلات المتضادة فى الذراع

وكل زوج من العضلات مثل ثلاثية الرءوس وثنائية الرءوس تسمى العضلات المضادة . Antagonistic muscles وهى ضرورية للحركة وضرورية لتمسك الطرف فى وضعه العادى (steady) بأن تظل العضلتان على حالتهما من التنبه .

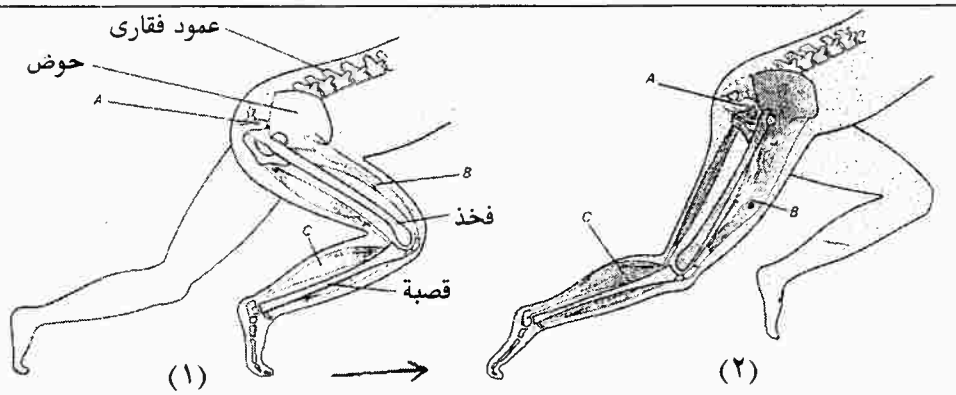
وانقباض العضلات يتحكم فيه النبضات العصبية التى يرسلها المخ عن طريق الأعصاب والتى ينشأ عنها الانقباض أو الانبساط بالوضع الذى ينشأ عنه الحركة .

فعندما تنقبض عضلة لتحنى أحد الأطراف فإن العضلة المضادة تظل فى حالة انبساط .

وجميع العضلات تحتاج إلى طاقة لتتحرك وتستمد هذه الطاقة من عملية التنفس وعن طريق جزئ الطاقة A.T.P الذى يتحول إلى A.D.P ليمد الليفة العضلية بالطاقة لتكرر الانقباض ودور الجلوكوز والأكسجين هو المحافظة على استمرارية تحول ADP إلى ATP كمصدر للطاقة ــ والتفاعلات الكيميائية التى تحدث فى عملية التنفس ليس فقط بهدف انقباض العضلات ولكن أيضا لإنتاج طاقة حرارية فالعضلة التى تنقبض تصبح دافئة والدم سوف يحمل هذه الحرارة ويوزعها إلى جميع أنحاء الجسم مما يرفع درجة حرارة الجسم (الإحساس بالحرارة عند الحركة) وهناك كثير من الأنشطة العضلية التى تسبب الحركة ولا تؤدى إلى الانتقال مثل المضغ Chewing والبلع Swallowing والرمى Throwing والتنفس Breathing .

* الانتقال locomotion

فى الشكل حركة القدم عند العدو حيث تنقبض العضلة A فتشد الفخذ للخلف وانقباض العضلة B يسبب استقامة الرجل عند الركبة وانقباض العضلة C تسبب شد القدم لأسفل عند الكعب ــ وانقباض هذه العضلات الثلاثة فى نفس الوقت تشد الرجل للخلف وتستقيم دافعًا القدم لأسفل وللخلف ضد الأرض فإذا كانت الأرض صلبة فاستقامة الرجل تندفع ضد الحزام الحوضى الذى يدفع العمود الفقارى وهكذا يندفع الجسم كله إلى أعلى وإلى الأمام وفى الوقت الذى انقبضت فيه العضلات A , B , C فإن العضلات المضادة تكون منبسطة وفى نهاية هذه الحركة تنبسط العضلات الثلاثة A , B , C وتنقبض العضلات المضادة حتى تنثنى الرجل .



انقباض العضلات A , B , C على استقامة واحدة الرجل والقدم أثناء العدو
هذا إلى جانب كثير من العضلات الأخرى التى لا تشاهد هنا

وفى النهاية فإن هناك نمطين مختلفين من الألياف العضلية هما بطيئة الانقباض وسريعة الانقباض وأحيانا يسمى النمطان (عضلات حمراء Red muscle) و (عضلات بيضاء White muscle) .

فالعضلات البيضاء قوية وتنقبض بسرعة وسريعة الإجهاد بينما العضلات الحمراء بطيئة الانقباض واقتصادية فى استهلاك الطاقة والعضلات البيضاء ضرورية للأنشطة القوية والاندفاعية مثل الجرى بأقصى سرعة ـ والعضلات الحمراء ترتبط بالمحافظة على الحالة القائمة والأنشطة التى تتطلب الثبات وهناك خلاف بين علماء الفسيولوجى حول حالة العضلات الحمراء والبيضاء فى الفرد هل ترجع إلى خصائص وراثية أم تتغير الحالة بواسطة تدريبات معينة .

ـ العضلة القلبية

أهم عضلة فى الجسم ولا تتكون عضلة القلب من عضلات ملساء أو مخططة ولكنها تتكون من ألياف عضلية مرتبة ومتشابكة بطريقة معقدة .

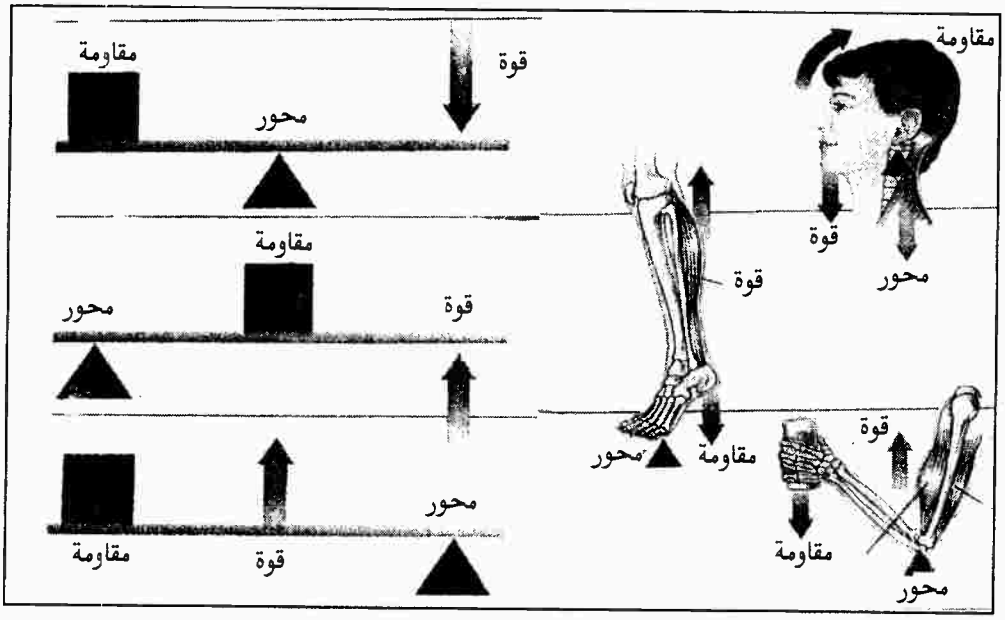
وعضلة القلب على درجة غير عادية من القوة لأن عليها أن تعمل عملا شاقا مستمرا دون أن تستريح وتنتهى الحياة عندما تتوقف العضلة القلبية (القلب) ويخفق القلب ٢٥٠٠ مليون مرة على مدى حياة متوسطها سبعون عامًا .

* الأطراف كروافع Limbs as levers

أغلب عظام الأطراف تعمل كالروافع

الجزء السفلى من الذراع يعمل كرافعة ـ العضلات تمثل القوة والمقاومة والجسم الذى تمسك به اليد أو المفصل يمثل محور الارتكاز .

كذلك عضلة الساق تمثل القوة والمقاومة هى رد فعل الأرض على ارتكاز القدم ومحور الارتكاز هو مفصل الكعب وذلك فى حالة ارتكاز القدم على أطراف الأصابع .



رافعة من النوع الأول حركة الرأس

رافعة من النوع الثانى حركة الذراع

رافعة من النوع الثالث حركة الرجل