

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Mécanisme et éducation des mouvements

Demeny, Georges

Paris, 1911

Chapitre Premier. Description et Mécanisme des Mouvements

MÉCANISME

ET

ÉDUCATION DES MOUVEMENTS

CHAPITRE PREMIER

DESCRIPTION ET MÉCANISME DES MOUVEMENTS

L'éducation physique se propose d'augmenter la force de l'homme; ce n'est pas son seul but, mais c'est incontestablement l'un des plus essentiels. Si l'on cherche à acquérir trop vite ou trop tôt cette force, on aura de cruelles déceptions, elle doit être obtenue sans rompre l'équilibre de l'organisme, les organes qui l'engendrent doivent se modifier lentement pour se mettre en rapport avec le surcroît d'énergie dépensée.

Les connaissances d'hygiène et de psychologie appliquées suffisent pour amener l'homme à son entier développement; mais la force une fois acquise, il faut savoir la dépenser et l'utiliser au mieux sans gaspillage. L'étude du mécanisme des mouvements permet de connaître cette utilisation et en fait saisir toutes les délicatesses. Quand on approche de la perfection, ce sont les petites choses qui importent; l'affinement de la coordination des mouvements ne peut se comprendre sans connaître les différents actes de la locomotion. Un sujet devient plus adroit, tire de ses forces un avantage plus grand, c'est dans le perfectionnement de ses mouvements qu'il faut en chercher la cause.

§ 1^{er}. — Causes du mouvement. — Forces intérieures et extérieures du corps.

Notre corps est soumis aux mêmes lois que les machines ordinaires; les mouvements des membres, le déplacement du corps en masse sont dus à l'action de forces intérieures ou extérieures.

Les premières prennent naissance dans nos muscles, changent la forme de notre corps et les positions relatives des os; ce sont la contraction et la tonicité musculaires, l'élasticité et la résistance de nos tissus.

Les secondes forces sont extérieures, constamment en antagonisme avec les premières. Notre corps et nos membres sont pesants ainsi que les haltères, barres, massues et autres appareils portatifs dont nous nous servons pour augmenter nos efforts.

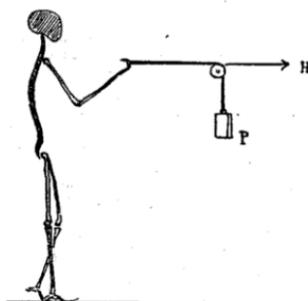
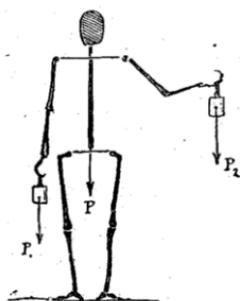


Fig. 1. — Direction des résistances dues à la pesanteur du corps P ou des objets pesants P_1 , P_2 .

Changement dans la direction de l'action du poids P rattaché à une corde passant sur une poulie.

Ce poids est une force à vaincre ou à équilibrer, il s'exerce toujours verticalement. Pour changer la direction de cette action il faut se servir de machines à contrepoids, de ressorts et d'oppositions (fig. 1).

Le poids du corps reposant sur des appareils fixes ou mobiles, donne naissance à des réactions verticales en sens inverse de la pesanteur, réactions qui se manifestent par des pressions à chaque point d'appui. Dans les mouvements, le changement de vitesse de la masse des membres développe des résistances d'inertie qui donnent naissance à des réactions musculaires fort importantes à considérer.

Notre corps est en outre le siège de mouvements intérieurs produits par la contraction musculaire, la pesanteur, la pression atmosphérique, les forces moléculaires; nous en avons vu des exemples dans la progression des aliments, les mouvements de l'estomac et de l'intestin, les battements du cœur, la circulation du sang dans les vaisseaux, l'aspiration de l'air dans le poumon, la filtration de l'urine par le rein et la sécrétion des différentes glandes. Tous ces mouvements sont inconscients et sont commandés par des réflexes ou par les centres nerveux spéciaux de la vie organique.

CONTRACTION MUSCULAIRE. — Dans la contraction musculaire, il

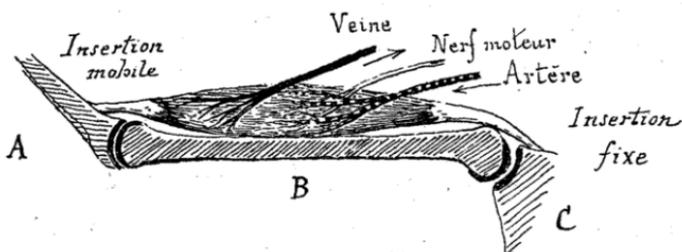


Fig. 2. — Schéma d'un muscle avec ses insertions fixe C et mobile A, l'artère et la veine, et le nerf moteur.

n'intervient, à part l'excitation nerveuse, que des agents connus dans les phénomènes physiques.

Le muscle se contracte sous l'influence de l'excitation des centres nerveux. Il ne répond pas immédiatement à cette excitation, il faut un certain temps pour que le mouvement commence. L'excitation volontaire se propage le long des conducteurs nerveux avec la vitesse très appréciable de 32 mètres environ à la seconde, le muscle lui-même met un certain temps à réagir, son *temps perdu* s'ajoute à la durée de transmission de l'excitation nerveuse jusqu'à la plaque terminale des nerfs moteurs (fig. 3).

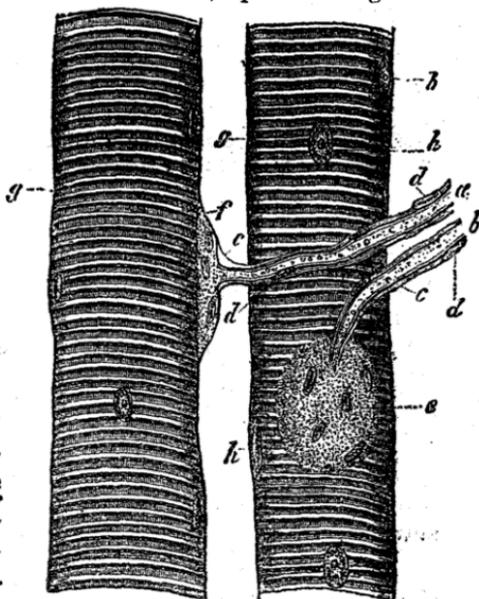


Fig. 3. — Terminaison des nerfs dans les muscles striés (DEBIERRE).

g, myolemme; — *h*, noyau; — *e*, *f*, plaques de Rouget; — *a*, *b*, tubes nerveux.

En ce point il se produit, au moment de l'excitation, une espèce d'explosion dans la fibre musculaire et un changement de forme en résulte; il y a gonflement de la fibre, augmenta-

tion de la section et diminution de la longueur (fig. 4 et 5). Ce gonflement est le point de départ d'une onde se propageant comme une onde liquide le long de la fibre avec une vitesse de 4 mètres par seconde. La fibre musculaire est raccourcie jusqu'au moment où cette onde s'éteint à son extrémité (fig. 4).



Fig. 4. — Aspect que présentent des ondes multiples sur une fibre musculaire (MAREY).

Une excitation simple s'irradiant à toutes les fibres produit la secousse du muscle, c'est-à-dire son raccourcissement brusque suivi du relâchement. Des excitations successives produisent

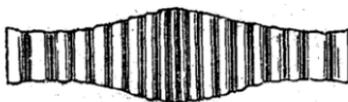


Fig. 5. — Changement de forme d'une fibre musculaire contractée, montrant la condensation des disques opaques.

des secousses successives séparées par des périodes de relâchement (fig. 6).

Des excitations fréquentes plus rapprochées ne permettent pas au muscle de se relâcher complètement; alors le muscle vibre et, si les excitations arrivent environ à la fréquence de 32 à la seconde, il y a fusion des secousses; le muscle est en contraction statique permanente (fig. 7). Voir la note IV à la fin du vol., p. 530.

C'est ce qui se produit dans la contraction volontaire; le raccourcissement du muscle cesse avec l'excitation, l'intensité de la contraction dépend de l'intensité de l'excitation nerveuse et en subit toutes les variations. On conçoit ainsi l'influence du froid et de la fatigue, des passions, des dépressions morales et des poisons du système nerveux sur la force musculaire.

Au moyen d'un stéthoscope ou d'un microphone, on perçoit les vibrations internes du muscle. En se bouchant les oreilles et en serrant fortement la mâchoire, on entend un son grave produit par les vibrations des masséters. Le son monte en serrant plus fort parce que les secousses deviennent plus fréquentes

Nous avons vu¹ le muscle se fatiguer par suite d'une insuffisance dans l'apport des matériaux de travail et surtout lorsque les déchets provenant des combustions ne s'éliminent pas et ne sont pas entraînés dans le courant de la circulation. Il faut deux conditions pour le travail du muscle : apport de matériaux et

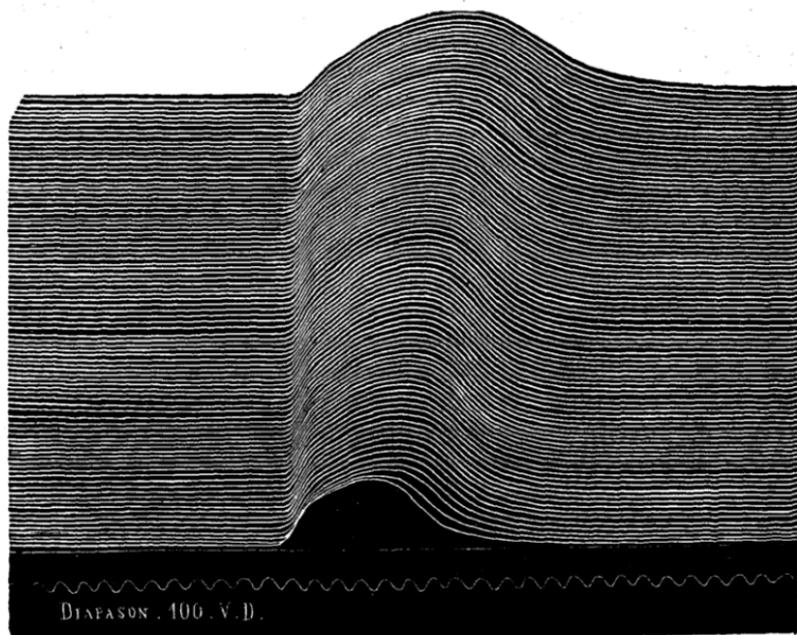


Fig. 6. — Secousses musculaires imbriquées. Les débutts se font sur une même verticale, ce qui permet d'en comparer la durée variant avec la fatigue et donnée par un diapason enregistreur (MAREY).

lavage constant pour le débarrasser de ses résidus. Le sang est chargé de cette double fonction. Le froid agit sur le muscle comme une ligature d'artère, par le resserrement des vaisseaux ; l'apport de sang est moins abondant. La contraction prolongée d'un muscle n'est pas possible, des repos courts mais fréquents sont plus favorables à la continuation du travail que de longues haltes suivant de longues périodes de travail (fig. 6).

1. Demeny, *Les bases scientifiques de l'Éducation physique*, 2^e édition ; Paris, F. Alcan, 1903.

NUTRITION DU MUSCLE. — Activité, repos et alimentation sont les trois conditions de la meilleure nutrition du muscle. Nous avons vu les divers modes de contraction : statique ou sans mouvement, dynamique avec allongement ou raccourcissement du muscle. La contraction lente et complète, c'est-à-dire produisant la plus grande amplitude possible du mouvement sans effort trop intense, favorise le mieux la nutrition du tissu musculaire. Le muscle se nourrit alors dans toute sa longueur et non seulement en épaisseur. Il paraît moins saillant parce qu'il n'est pas globuleux, mais il est capable d'autant de travail sous une autre forme ; il est aussi pesant et aussi volumineux, sa forme seule est différente, elle est adaptée au travail habituel.

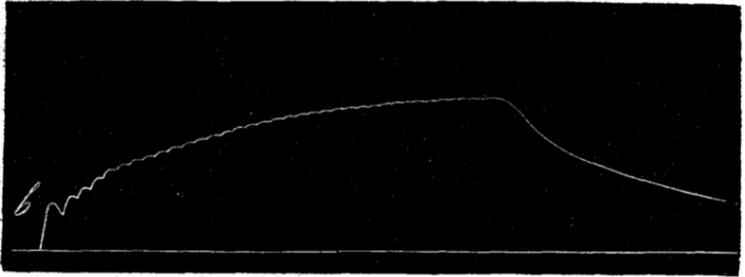


Fig. 7. — Fusion graduelle des secousses musculaires provoquées par des excitations électriques de fréquence croissante (MAREY).

Le changement de forme permanent est comparable au changement momentané dû à la contraction. Un muscle qui se contracte se raccourcit, mais son volume ne change pas, parce que sa longueur diminue quand sa section augmente.

TENSION DU MUSCLE. — Le muscle relâché est mou, contracté il devient dur parce que sa tension élastique s'accroît. Mais il faut pour cela fixer ses points d'insertion, ou bien résister à son raccourcissement.

Sil'on détache l'insertion d'un muscle, il a beau se raccourcir, il ne durcit pas pour cela. Il faut l'étirer en opérant une traction sur le tendon devenu libre pour constater un changement dans sa force élastique et dans sa dureté.

Normalement, le muscle est toujours à un certain degré de

tension, même dans le relâchement, et cette tension ou tonicité se manifeste lorsqu'on coupe un tendon d'insertion; on voit alors l'extrémité devenue libre être attirée vers l'insertion fixe.

Cette tension modérée des muscles dans le repos est sous la dépendance du système nerveux, elle agit sur la situation relative des os.

RÔLE DE L'ÉLASTICITÉ DU TISSU MUSCULAIRE. — Le tissu muscu-

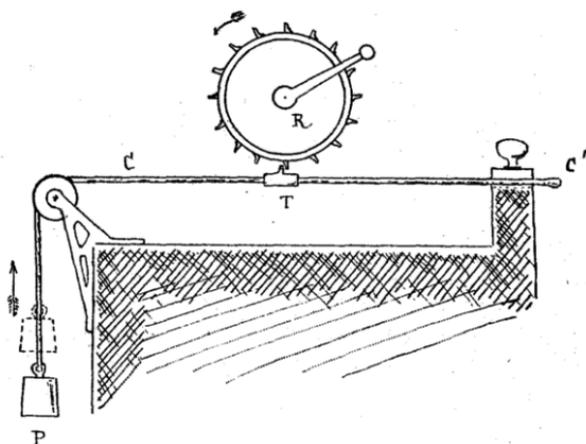


Fig. 8. — Schéma destiné à mettre en évidence la fusion des secousses musculaires et le raccourcissement continu du muscle sous l'action intermittente des ondes fusionnées par l'élasticité du tissu.

Une roue R à rochet communique à une bande de caoutchouc CC' une série de raccourcissements successifs. Lorsque l'intervalle qui sépare les chocs est suffisamment petit, le poids P est soulevé et maintenu à une certaine hauteur.

laire est élastique; grâce à cette élasticité qui augmente beaucoup pendant la contraction, les vibrations dues aux secousses intermittentes sont facilement fusionnées et l'extrémité du muscle est maintenue raccourcie sans trépidation dès que la fréquence des secousses est suffisante. Dans l'épuisement des centres nerveux consécutif à la fatigue, on voit le muscle trembler, très probablement parce que les secousses ne sont pas assez répétées pour être fusionnées, le relâchement se produisant entre deux contractions successives (fig. 7).

Ce qui se passe alors peut être imité par un faisceau de caoutchouc. Ce faisceau augmente de tension élastique en y

suspendant un poids ; on produit brusquement au moyen d'une roue dentée une série de petits raccourcissements analogues aux secousses musculaires, qui se transmettent au poids et le soulèvent. Lorsque les allongements sont peu fréquents, le poids oscille à chaque attaque d'une dent, mais si l'on imprime à la roue un mouvement assez rapide le poids ne redescend plus, il demeure soulevé à une hauteur constante (fig. 8).

C'est une manière de représenter la fusion des secousses du muscle dans la contraction statique.

SIMPLIFICATION DES ANALYSES DE MOUVEMENTS. — L'étude des mouvements serait particulièrement compliquée et difficile si nous voulions la faire avec la précision mathématique de la mécanique des machines. Nous nous donnerions du reste une peine inutile pour faire une besogne bien vaine.

Nous avons déjà, à propos de la coordination, attiré l'attention sur la complication des synergies musculaires même dans un mouvement en apparence simple comme la flexion de l'avant-bras et nous avons montré que l'on pouvait attribuer à certains groupes de muscles un effet spécial. Il y a des muscles moteurs directeurs, fixateurs des insertions fixes, modérateurs de la vitesse et équilibrateurs. Cet effet peut être détruit dans le chaos des contractions désordonnées, mais il subsiste toujours après s'être débarrassé des raideurs inutiles, il est indispensable à la bonne coordination et au mécanisme même du mouvement ¹.

Le résultat final est le mouvement précis, imprimé à la charpente osseuse sous l'influence de la volonté.

Les muscles sont les facteurs du mouvement qui modèlent les os et les surfaces articulaires, suivant les besoins de la vie.

Un muscle quelconque ne peut produire qu'une force intérieure en ligne droite dirigée suivant le dernier élément de son tendon et ayant pour effet de rapprocher ses points d'insertion.

Il faut attribuer aux os le rôle des bielles et des leviers des machines, aux articulations le rôle des pivots et des axes changeant la direction de l'effort musculaire et le transmettant jusqu'au point où il est utilisé (fig. 2).

1. Demy, *Les bases scientifiques de l'Éducation physique*.

CONFORMATION ET STRUCTURE DES MUSCLES. — Les muscles sont composés d'éléments contractiles, mais il est très probable que, dans les mouvements peu énergiques ou peu étendus, toutes les fibres ne sont pas mises en jeu, quelques-unes demeurent inertes, la répartition de l'effort ne se faisant pas également

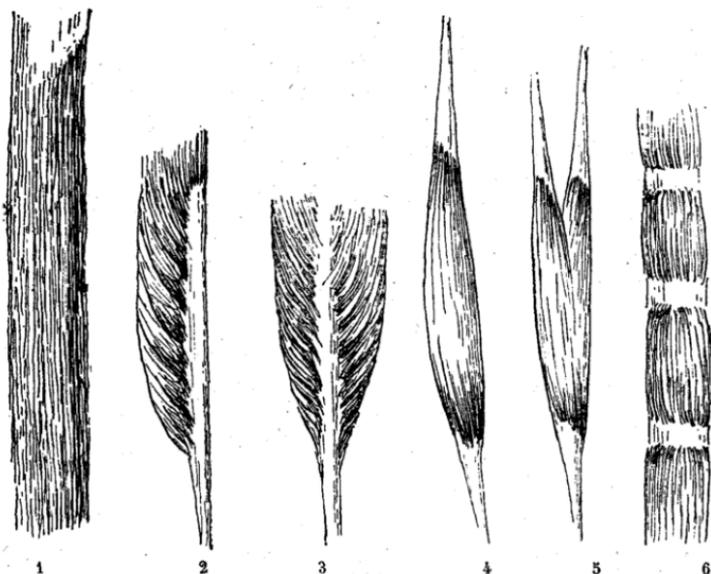


Fig. 9. — Disposition des fibres musculaires autour du tendon donnant aux muscles des formes différentes.

1, fibres parallèles; — 2, muscle penné; — 3, muscle bipenné; — 4, muscle en fuseau; — 5, muscle à deux corps (biceps); — 6, muscle polygastrique.

sur chacune d'elles. On expliquerait ainsi l'atrophie partielle d'un muscle ne produisant pas le travail complet dont il est susceptible. La force et le travail produits par un muscle sont évidemment la somme des puissances élémentaires qui le composent, mais il y a dans cette somme beaucoup de déperdition.

Il n'y a d'utilisée que la résultante des efforts partiels suivant le tendon d'insertion. Tous les faisceaux élémentaires sont attelés sur le tendon comme des chevaux à un câble de halage, mais leur direction est loin d'être toujours celle du tendon. La conformation la plus avantageuse est celle des muscles longs à fibres parallèles, comme le couturier; il en est de même des

muscles en forme de fuseaux, comme le demi-membraneux. Deux ou trois fuseaux peuvent se réunir et l'on a ainsi des muscles à deux ou trois insertions supérieures pour une insertion inférieure. Cette disposition se voit dans les biceps et les triceps, elle est à l'avantage de la puissance du muscle (fig. 9).

Le grand droit de l'abdomen, le digastrique sont formés de plusieurs corps charnus placés à la suite les uns des autres et unis par des tendons à la même gaine fibreuse. Ils présentent des renflements coupés d'intersections aponévrotiques. Leur action est la somme des actions partielles de chacun des muscles placés bout à bout. Les muscles ont encore la forme de feuillets larges à fibres presque parallèles s'insérant par une lame tendineuse à la crête d'un os large et agissant à la fois sur toute cette crête. Le rhomboïde est dans ce cas. Les intercostaux, les muscles de l'abdomen, grand oblique, petit oblique et transverse, peuvent être assimilés à une sangle ou à une membrane d'obturation pour les cavités thoracique et abdominale.

Dans les cas précédents, l'utilisation des contractions des fibres est satisfaisante, l'effort du muscle est sensiblement la somme de ses puissances élémentaires. Il n'en est plus de même dans la conformation radiée et pennée.

La première se rencontre dans le diaphragme, où les fibres convergent vers un point central. Mais ce muscle en se raccourcissant a pour effet de diminuer sa courbure, d'abaisser sa voûte pour agrandir le volume du thorax pendant l'inspiration.

La seconde est très fréquente, l'obliquité des fibres s'implantant à droite et à gauche du tendon commun est une disposition très défavorable à l'utilisation des efforts élémentaires, vu qu'ils se neutralisent en partie.

Dans un muscle penné où les fibres s'insèrent obliquement d'un seul côté du tendon, cette neutralisation n'existe pas, mais l'utilisation de l'effort n'est pas meilleure.

Le deltoïde présente la forme en éventail. Plusieurs faisceaux s'irradient dans tous sens autour d'un tendon commun, ceci n'est pas plus avantageux ; mais l'on sait que les contractions de ces faisceaux du deltoïde ne sont pas simultanées, suivant les mouvements des bras la contraction se propage dans l'un ou l'autre des faisceaux utiles ; il y a là en réalité plusieurs muscles avant leur innervation indépendante (fig. 10).

Les sphincters de l'anus et de la bouche présentent la forme annulaire. Ils se rétrécissent ou se dilatent en se contractant ou en se relâchant ; comme les muscles des vaisseaux capillaires,



Fig. 10. — Forme des muscles en éventail, radiés et sphincters.

ils changent le calibre de l'ouverture des conduits ou des cavités.

RÉSULTANTE DE L'ACTION DES ÉLÉMENTS D'UN MUSCLE. COMMUNICATION DU MOUVEMENT DES MUSCLES AUX OS. — Ainsi la résultante de l'action d'un muscle n'est jamais la somme arithmétique des actions de ses fibres. Il y a presque toujours déperdition due à l'obliquité de leur direction.

La résultante est néanmoins dirigée suivant le tendon et appliquée à l'insertion osseuse. La plupart des muscles moteurs des membres sont longs et accolés parallèlement aux os.

Si le muscle a des insertions sur deux segments contigus, ces deux segments étant dans le prolongement l'un de l'autre, on conçoit difficilement au premier abord comment le mouvement peut s'effectuer ; dans tous les cas il y a là une condition bien défavorable à l'action du muscle.

Les os ne sont pas des colonnes cylindriques, leurs extrémités sont renflées, le tendon se réfléchit sur ces éminences comme sur une poulie et le dernier élément du tendon est oblique à la direction de l'os à mouvoir (fig. 11). Cette direction dernière est la direction réelle de l'effort musculaire au début du mouvement. Cet effort peut être décomposé en deux composantes rectangulaires : une action dirigée suivant la lon-

gueur de l'os, annulée par la résistance de l'articulation et une autre perpendiculaire à l'axe de l'os à mouvoir et utilisée pour le mouvement.

Si V est l'angle de la tangente au tendon au point d'insertion avec l'os, F l'effort total du muscle ; les deux composantes ont pour valeur respective $F \sin V$ et $F \cos V$.

L'angle V est sensiblement le supplément de l'angle des deux os. On voit ainsi la variation de l'effort utile du muscle avec la position relative des os.

Nous savons, par expérience, combien est pénible au début

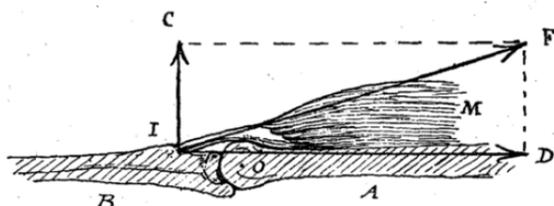


Fig. 41. — Action du muscle M s'exerçant suivant le dernier élément de son tendon dans la direction IF oblique à la direction des os et se décomposant en deux forces IC et ID .

la flexion de l'avant-bras, celui-ci était maintenu en extension par un poids dans la main. C'est dans la position sensiblement rectangulaire du bras et de l'avant-bras que l'effort développé par nos fléchisseurs est totalement utilisé.

Le force effective d'un muscle varie donc à chaque instant suivant l'obliquité de son action sur les os, cela change constamment avec nos attitudes et nos mouvements.

RÉSISTANCES A VAINCRE. — Pour comprendre l'utilisation de notre force musculaire, il faut encore examiner comment la résistance à vaincre et nos efforts s'équilibrent sur le squelette. En général, les résistances à vaincre sont appliquées aux extrémités des membres, nous saisissons les objets avec les mains, nous mouvons notre corps avec les pieds, tandis que notre force musculaire s'exerce près des articulations. S'il en était autrement, on verrait les tendons saillir sous la peau à chaque flexion des articulations. Nous utilisons nos efforts d'une façon défavorable puisque la résistance à vaincre s'exerce à l'extrémité du bras de levier le plus long.

VALEUR RELATIVE DE L'EFFORT ET DE LA RÉSISTANCE. — On trouve ainsi dans le corps des leviers du 1^{er} et du 3^e genre aux bras, aux jambes, à la tête, au tronc; l'effort musculaire est toujours à la résistance dans le rapport inverse des bras de levier. Ce sont des notions de mécanique élémentaire. Bien entendu cette proportion n'est vraie que pour les composantes normales à l'os à mouvoir, il faut tenir compte de l'obliquité dans la direction du tendon et de la résistance à vaincre (fig. 12).

La valeur de l'effort musculaire est liée à la résistance à vaincre par la relation suivante (voyez p. 83).

Nous n'insistons pas sur ces choses trop connues, seulement nous nous permettrons de relever une erreur.

ERREUR AU SUJET DU LEVIER DU 2^e GENRE.

— On donne, dans presque tous les traités de physiologie comme exemple de levier du 2^e genre, c'est-à-dire favorable à l'action musculaire, le rôle du pied dans la station sur la pointe des pieds. Le centre de mouvement est, dit-on, dans l'articulation des orteils, la puissance est l'action des muscles du mollet et la résistance le poids du corps à soulever se transmettant par le tibia à l'articulation de la cheville. On en conclut que le mollet développe un effort inférieur au poids du corps à soulever.

Cela serait exact si le mollet avait une insertion supérieure fixe en dehors du squelette, si, par exemple, nous tirions sur le calcanéum au moyen d'un cordon passant sur une poulie attachée au mur (fig. 13, 2).

Mais, jamais cela ne peut avoir lieu. Le mollet s'insère en haut aux os de la jambe et de la cuisse, quand il se contracte, il tire autant sur ces derniers que sur le talon. Son effort est une force intérieure dont l'effet réel fixe le pied en extension et rend solide le système jambe et pied sous un angle obtus.

L'équilibre du corps sur la pointe des pieds ne peut avoir lieu que si le centre de gravité du corps se trouve verticalement

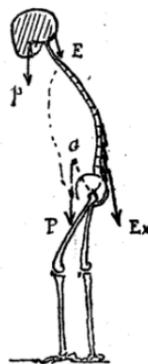


Fig. 12.

Poids des différents segments, tête et tronc, p et P , équilibrés par l'action des muscles extenseurs E et E_x dans la station droite.

placé au-dessus de la base de sustentation représentée ici par les orteils (fig. 13, 3). Ceux-ci exercent une pression sur le sol égale au poids du corps et cette pression tend à fléchir le pied. On pourrait remplacer la réaction du sol par un effort de flexion R égal et opposé au poids du corps P . Le pied est alors en équilibre autour de l'articulation de la cheville sous l'action F du

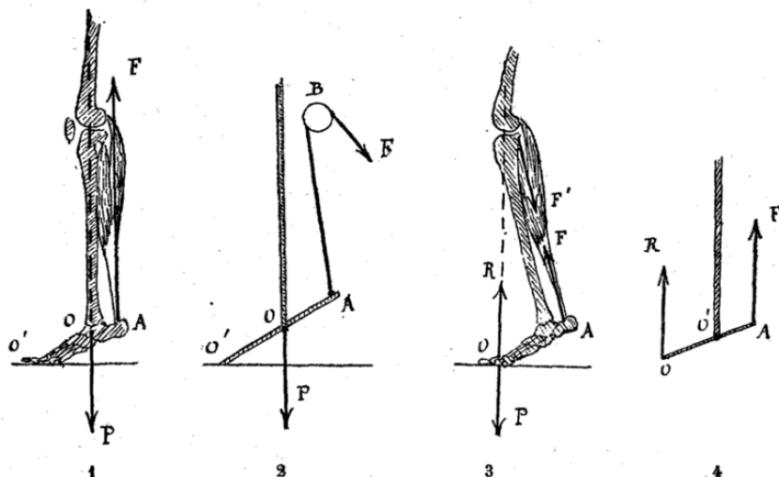


Fig. 13. — Erreur commise en assimilant le pied à un levier du 2^e genre dans la station sur la pointe des pieds.

1. L'équilibre ne peut exister dans cette position, à moins que le poids du corps passe par la base de sustentation O (3) ou que le mollet ait une attache extérieure (2). — 4. Équilibre du pied autour de la cheville O' sous l'action du mollet F et du poids du corps; R , réaction du sol.

mollet et de la réaction du sol égale au poids du corps. C'est le cas d'un levier du 1^{er} genre tout au désavantage de l'effort musculaire, puisque celui-ci s'exerce à l'extrémité d'un bras de levier, le talon, bien plus court que le pied (fig. 13, 4).

Nous rencontrerons souvent, dans le courant de nos analyses, des cas semblables, il faut se garder de faire erreur, et de tomber dans l'absurde en posant mal le problème.

Imaginons une planche oA (fig. 14, 1) représentant le pied, un montant oB représentant la jambe, un cordon attaché en A comme le tendon d'Achille au calcanéum et passant sur une poulie en B . Un homme est assis sur cette planchette et tire sur le cordon. Sa force s'exerce de A en B comme l'effort du mollet,

le point O étant articulé, nous sommes dans le cas du pied considéré comme levier du 2^e genre.

Mais il suffit d'un peu d'attention pour comprendre que le sujet aura beau tirer sur le cordon, il ne pourra se soulever d'une façon permanente; en admettant qu'il le fasse par un effort brusque, il ne pourra se maintenir dans cette position, le poids du corps le fera toujours retomber contre terre.

Cela reviendrait à soulever une brouette sur laquelle on

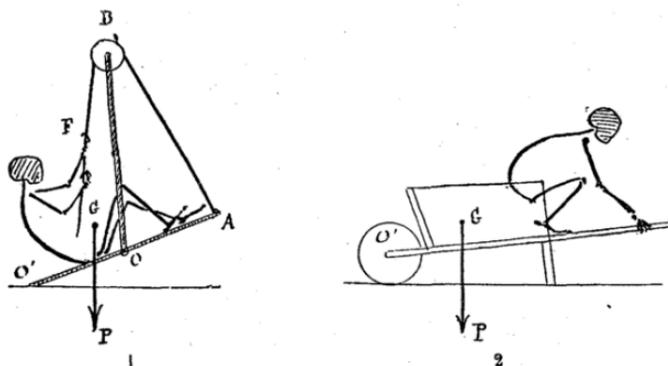


Fig. 14. — Conséquences absurdes du paradoxe précédent qui conduit à la possibilité de se soulever de terre sans point d'appui extérieur.

1, Homme tirant sur un cordon F et soulevant de terre le système O A B contre son poids P; — 2, Homme se soulevant en tirant sur les brancards d'une brouette.

serait placé ou encore à se soulever de terre en tirant avec les bras sur la chaise où l'on est assis, à se soulever en se tirant par les cheveux, etc. (fig. 14, 2).

LES LEVIERS OSSEUX SONT DÉFAVORABLES A LA PUISSANCE, MAIS FAVORABLES A LA VITESSE DES MOUVEMENTS. — Les leviers du 1^{er} et 3^e genres que nous rencontrons dans l'économie sont tous défavorables à l'effort musculaire, mais par contre, ils sont favorables à la vitesse des mouvements. Dans la flexion de l'avant-bras la main chargée d'un poids, l'effort F des fléchisseurs est égal à $R \times \frac{OB}{ob}$ et ce rapport est égal à 4 environ. Pour tenir l'avant-bras horizontal la main chargée d'un poids de 10 kilogrammes, il faut développer un effort de 40 kilogrammes. Mais dans le mouvement, les chemins parcourus par les points d'appui

plication de la résistance et de la puissance sont proportionnels aux bras de levier respectifs, c'est-à-dire inversement proportionnels à l'intensité des forces. Ainsi, dans l'exemple précédent, pendant que le biceps se raccourcira d'un centimètre, le

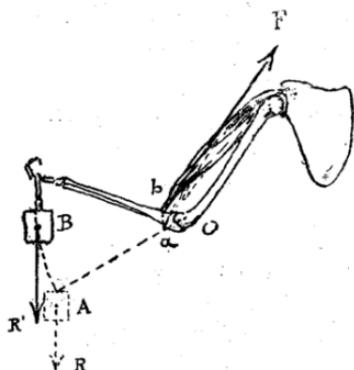


Fig. 15. — Action F d'un muscle moteur d'un segment osseux $b B$; $O b$, bras de levier de la puissance; $O B$, bras de levier de la résistance.

mouvement d'élévation de la main sera de 4 centimètres (fig. 15).

Nous verrons le travail moteur rester toujours égal au travail résistant, ce que l'on gagne en force, on le perd en vitesse.

FORCE RELATIVE DE L'HOMME. —

Ces considérations nous donnent sur la force de l'homme des notions plus nettes, elles montrent que si les insertions des muscles sont à la même distance des centres articu-

laires, et cela arrive généralement, des individus à leviers courts pourront à égalité de muscles produire des efforts plus intenses. On voit des petits hommes trapus l'emporter sur de plus grands pour la facilité avec laquelle ils manient des poids lourds, c'est affaire de structure.

Les plus grands, à segments plus longs, leur sont très inférieurs, à moins d'avoir un développement musculaire et les bras de levier de leurs muscles en proportion de leur taille.

SUBTERFUGES DES ATHLÈTES. — Ce cas se rencontre très rarement. Les athlètes utilisent divers subterfuges pour paraître plus forts qu'ils ne sont en réalité. Ils porteront par exemple un poids à bras tendu en le faisant reposer sur l'avant-bras diminuant ainsi la longueur du bras de levier de la résistance (fig. 16) ils n'étendront pas l'avant-bras mais le laisseront légèrement fléchi afin de soulager par les muscles fléchisseurs l'articulation du coude.

LA FORCE N'EST PAS L'EXCITATION MAIS LA CONSTANCE DANS L'EFFORT.

— La force du muscle dépend de sa section, mais aussi de l'excitation nerveuse qu'il reçoit; elle se mesure au dynamomètre. L'intérêt est de présenter dans sa force de la constance et de la régularité. La force doit se distinguer de l'excitation et l'on ne peut considérer comme fort l'individu capable de grands efforts momentanés puis tombant ensuite au-dessous

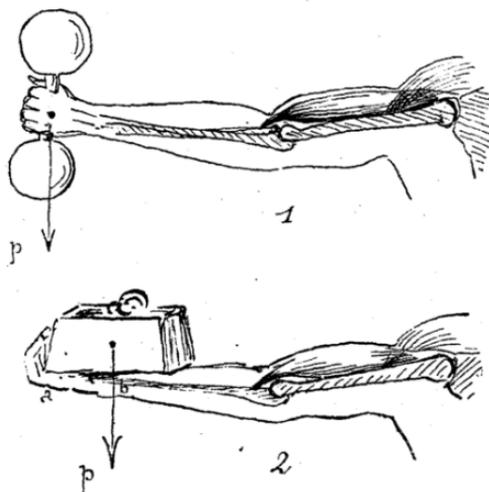


Fig. 16. — Procédés employés par les bateleurs pour donner l'apparence d'une force considérable.

Le même poids porté dans la main (1) ou porté en partie sur l'avant-bras (2) ne demande plus le même effort musculaire, vu la diminution du bras de levier de la quantité *ab*.

de la moyenne; l'alcool, la colère décuplent les forces un instant mais ne les augmentent pas en réalité. La femme présente des inégalités comme l'enfant et, chez tous, il y a des variations dans la force musculaire, correspondant à certaines heures de la journée. L'épuisement nerveux, l'insomnie, le jeûne, l'inanition, les troubles de nutrition en général ont une influence déprimante sur la force musculaire; la vie régulière, l'exercice quotidien modéré, l'abstinence des excitants, la sobriété et une bonne hygiène générale sont les seuls moyens de l'augmenter.

FIXATION, SOLIDITÉ DES ATTACHES DES MUSCLES POUR LE MAXIMUM D'EFFORT. — Pour qu'un muscle puisse donner et utiliser son

maximum d'effort il doit avoir une de ses insertions fixée solidement. Cela demande le concours d'autres muscles. Pour faire un effort musculaire intense et le diriger convenablement, il est nécessaire de prendre et de conserver une attitude spéciale, caractéristique de l'effort, attitude où les points fixes des muscles sont justement maintenus solidement par toute une chaîne continue de contractions.

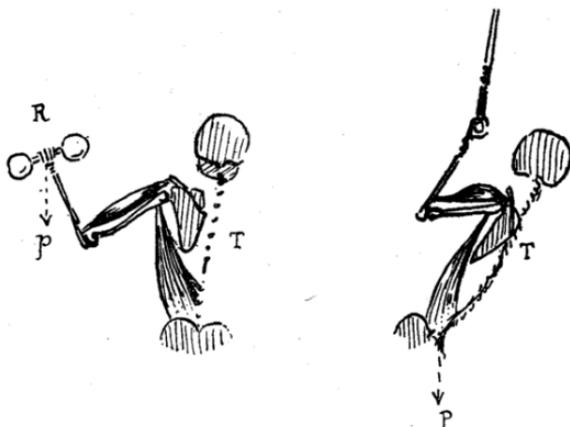


Fig. 17. — Interversion des points fixes des muscles fléchisseurs de l'avant-bras et abaisseurs du bras quand on meut le bras chargé d'un poids P sur le tronc T, ou quand, suspendu par les mains, on meut le poids du corps sur les bras.

INTERVERSION DES POINTS FIXES. — L'insertion fixe d'un muscle peut changer suivant l'effort. En station droite par exemple, les muscles moteurs de la cuisse prennent leur insertion fixe sur le bassin. Au contraire, si l'on meut le tronc sur la cuisse en immobilisant les membres inférieurs, les mêmes muscles ont alors leurs insertions fixes sur la cuisse. Dans le grimper avec les mains à une corde, le tronc est attiré vers le bras et le bras vers l'avant-bras. Les points fixes des muscles moteurs sont à l'avant-bras et aux bras au lieu d'être, comme dans la station droite les insertions mobiles des muscles abaisseurs du bras et fléchisseurs de l'avant-bras (fig. 17).

CONSÉQUENCES DE CETTE INTERVERSION. — Nous voyons de suite la conséquence de cette interversion des points fixes : les mêmes muscles moteurs du bras deviennent moteurs du tronc, ils sup-

portent un effort peut-être dix fois plus intense. On remédie à leur impuissance par l'augmentation de l'excitation nerveuse. Mais il serait bien faux de juger la force d'un homme à la facilité de se hisser à la force des bras, si l'on ne tient pas compte du poids de son corps.

Nous avons déjà tiré parti de l'interversion des points fixes en fixant l'épaule et en permettant ainsi à des muscles qui s'y attachent, de soulever les côtes et d'agrandir les diamètres du thorax¹.

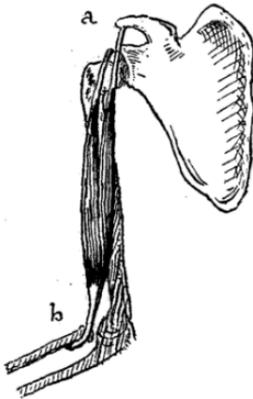


Fig. 18. — Biceps brachial avec ses deux insertions supérieures *a* et son insertion *b* au radius.



Fig. 19. — Insertion *a* du triceps brachial à l'omoplate, qui complique l'effet de ce muscle sur le mouvement du bras.

INFLUENCE DE L'INSERTION LOINTAINE DES MUSCLES FRANCHISSANT UNE ARTICULATION. — Tous les muscles ne prennent pas leurs points d'insertion fixe sur l'os contigu à celui qu'ils sont chargés de mouvoir. Beaucoup franchissent une ou plusieurs articulations et ont ainsi des effets plus complexes.

Le biceps brachial s'attache par ses deux insertions supérieures à l'omoplate, il est enroulé autour du radius à son insertion inférieure (fig. 18).

Si l'avant-bras est fixé il tend à produire, en se contractant, la rotation de l'avant-bras en supination, la flexion du bras sur l'avant-bras et l'élévation du bras.

1. Demeny, *Les bases scientifiques de l'Éducation physique.*

Le triceps brachial, vu ses insertions supérieures, peut étendre le bras sur l'avant-bras et agir sur l'omoplate en arrière (fig. 19):

Nous pouvons citer encore le couturier, le psoas, les demi-membraneux, demi-tendineux, droit interne de la cuisse, la longue portion du triceps fémoral, le biceps fémoral, les jumeaux, les muscles moteurs des orteils et des doigts.



Fig. 20. — Effet complexe des muscles du mollet à cause de leur insertion au fémur en *a* et au calcanéum en *b*.



Fig. 21. — Muscles qui relient le bassin à la cuisse et le bassin au tibia.

Ps, psoas; — C, couturier; — A, insertions au bassin; — B, au tibia.

Tous ces muscles ont des insertions sur des os non contigus, leur action est très complexe (fig. 20 et 21). Dans les efforts intenses l'effet le plus clair est de servir de ligaments actifs en serrant les surfaces articulaires l'une contre l'autre afin d'empêcher leur séparation.

NATURE DES MOUVEMENTS ARTICULAIRES. — Les surfaces articulaires déterminent déjà par elles-mêmes la nature des mouvements des os en contact.

Il est des articulations susceptibles des mouvements les plus restreints comme des mouvements les plus étendus, les plus vagues comme les mieux définis.

Le scapulum n'a que de simples glissements sur le tronc; deux vertèbres ne prennent l'une sur l'autre que des inclinaisons fort restreintes.

L'articulation du coude permet une rotation autour d'un axe dans un plan unique. Les articulations des phalanges, celle de l'atlas avec l'occipital, du fémur avec le tibia sont semblables sous ce rapport. Au poignet la mortaise radio-cubitale, l'articulation du premier métacarpien avec le trapèze limitent les mouvements de circumduction dans deux plans rectangulaires.

Les têtes de l'humérus et du fémur sont sphériques, les mouvements correspondants du bras et de la cuisse sont des mouvements couiques; la main et le genou peuvent décrire des circonférences autour de l'épaule et du bassin.

Le radius se meut autour du cubitus, l'atlas autour de l'axis, le tronc autour de la ligne des têtes fémorales, comme autour d'un axe ou d'un pivot. Seul, le mouvement de rotation complet, comprenant un cercle entier ne se rencontre pas dans les articulations; il faudrait pour cela une discontinuité dans les tissus, la nutrition ne le permet pas.

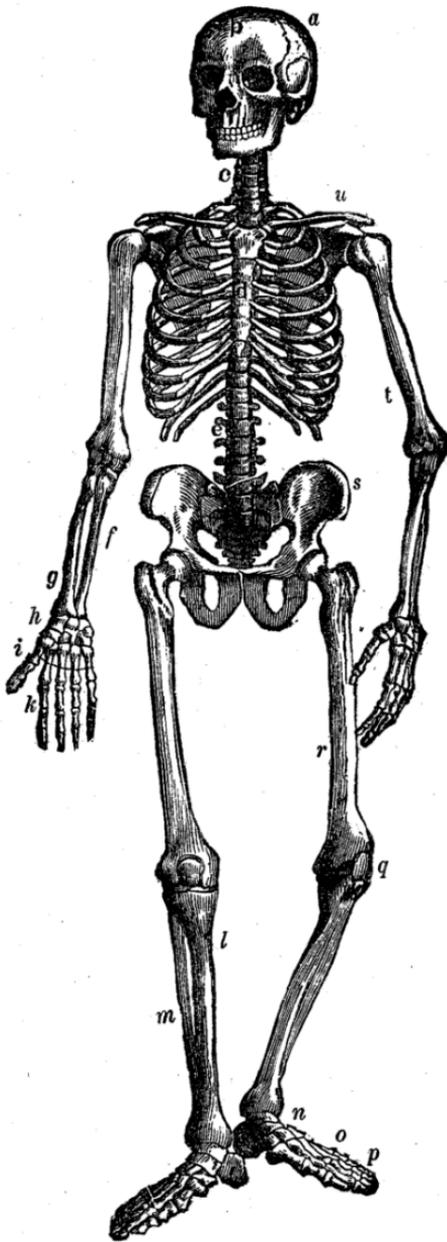
Sauf les glissements confus de l'omoplate ou les déplacements des os du tarse et du carpe, les mouvements des pièces articulées du squelette sont réductibles à ceux des leviers simples ou du treuil.

Les centres ou axes de rotation sont des lignes théoriques existant quelquefois en dehors des articulations, mais faciles à retrouver.

La connaissance simple de l'équilibre du levier suffit pour comprendre les conditions de stabilité des os les uns sur les autres dans les différentes attitudes du corps.

§ 2. — Description du squelette au point de vue mécanique

Il n'est pas inutile de rappeler le rôle mécanique des os et de décrire le squelette à ce point de vue en laissant de côté les détails intéressant le chirurgien. Il faut savoir où se passent les mouvements si l'on veut les comprendre et les associer dans un but éducatif. Au point de vue mécanique, le squelette se compose d'une colonne servant d'axe, et surmontée d'un renfle-



e, vertèbres lombaires; — *t*, humérus; — *f*, cubitus; — *g*, radius; — *h*, carpe; — *i*, métacarpe; — *k*, phalanges; — *r*, fémur; — *q*, rotule; — *l*, tibia; — *m*, péroné; — *n*, tarse; — *o*, métatarse; — *p*, phalanges des orteils; — *u*, clavicule; — *s*, os iliaque.

ment, la tête. Cette colonne



Fig. 23. — Représentation schématique du squelette humain au point de vue mécanique.

A, axe vertébral; — T, tête; — C et C', ceintures de l'épaule et du bassin donnant attache aux membres supérieurs M, M' et aux membres inférieurs N, N'.



Fig. 24. — Coupe théorique du tronc pour montrer les deux anneaux contenant les viscères en avant et les centres nerveux en arrière.

est composée d'éléments superposés, les vertèbres, et

Fig. 22. — Squelette de l'homme (DEBIERRE).

a, os pariétal; — *b*, frontal; — *c*, vertèbres cervicales; — *d*, sternum; —

chaque vertèbre donne naissance à deux arcs adossés l'un à l'autre. Ces arcs superposés forment en avant la cavité viscérale, en arrière la cavité médullaire contenant les centres nerveux (fig. 22, 23 et 24).

Voilà pour le tronc. Deux ceintures, l'épaule et le bassin servent d'attaches aux membres. La ceinture supérieure est mobile ; elle permet à la main d'être orientée de toutes façons et de toucher toutes les parties du corps. La ceinture inférieure est au contraire solide, en rapport avec sa fonction de porter le poids du corps. On peut trouver dans le membre inférieur les segments analogues au membre supérieur, mais accommodés à la station bipède. Les os et leviers sont creux, légers et résistants, reliés par des ligaments solides.

A égalité de matière la forme en tube présente plus de résistance à la flexion que la colonne pleine ; une feuille de papier roulé devient un tube rigide, la nature a réalisé ce moyen avant les ingénieurs modernes. Le fétu de paille si léger résiste cependant aux tempêtes.

Mouvements des pièces du squelette.

Les surfaces articulaires sont recouvertes de cartilage lisse et poli, la synovie les tient constamment humectés, aucune machine ne peut être mieux disposée pour atténuer les frottements.

COLONNE VERTÉBRALE ET TÊTE. — La colonne vertébrale est l'axe essentiel du squelette. Les corps des vertèbres ont un volume croissant de la tête à la région lombaire. La forme est pyramidale ; les éléments inférieurs, ceux qui ont la pression la plus forte à supporter présentent aussi la plus large surface à l'écrasement. Les courbures vertébrales sont contenues dans le plan antéro-postérieur. Ces courbures sont caractéristiques de la station bipède ; elles ont pour effet de rejeter les organes thoraciques en arrière, d'amener le centre de gravité du tronc au-dessus de sa base de sustentation et de réduire ainsi la fonction des muscles chargés de maintenir le tronc en équilibre autour de la ligne des têtes fémorales (fig. 25 et 26).

Les éléments vertébraux permettent une mobilité variable aux différentes régions. Au cou, la mobilité de la tête tient à

une disposition spéciale. L'articulation de l'atlas avec l'axis permet la rotation de l'atlas, entraînant la tête, autour de l'apophyse odontoïde comme pivot (fig. 36). La délicatesse de cette articulation lui enlève sa solidité. Faire une chute sur la

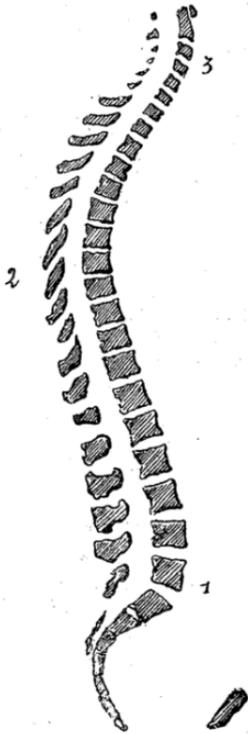


Fig. 25. — Coupe de la colonne vertébrale avec ses courbures normales.

1, lombaire ; — 2, dorsale ; — 3, cervicale.

région cervicale, soulever un enfant par la tête peuvent avoir les plus graves conséquences, la luxation de l'atlas entraînant toujours une lésion de la moelle ; la mort ne survient pas autrement dans la pendaison.

A la région dorsale la mobilité, entravée par la présence des côtes et la solidité du thorax est presque nulle. Le mouvement le plus étendu se retrouve à la région lombaire, surtout entre la 5^e lombaire et la 1^{re} vertèbre sacrée grâce à l'épaisseur des disques intervertébraux.

On peut dans la station droite faire tourner la tête de 180° et regarder derrière soi, mais sur les 180°, 73° se passent dans les articulations du tarse du genou et de la hanche, 79° dans la région cervicale 28° seulement dans la région dorsale et la région lombaire. La mobilité de la région cervicale tient à la disposition des apophyses articulaires des vertèbres et à la rotation de l'atlas autour de l'axis.

Les apophyses épineuses ont un développement proportionné à la force de traction des muscles extenseurs ; leur direction est celle de cette traction constante ; presque horizontales à la région cervicale et lombaire, elles sont très obliques à la région dorsale (fig. 25).

Il ne faut pas confondre la ligne formée par les extrémités des apophyses épineuses avec la forme de la colonne vertébrale. La première peut être courbe et faire croire sans raison à une déviation latérale des corps vertébraux.

Les apophyses articulaires indiquent parfaitement le sens de la mobilité des vertèbres. Les surfaces de frottement ont leur plan presque horizontal à la région cervicale; à la région dorsale ce plan est de plus en plus incliné en bas et en arrière,

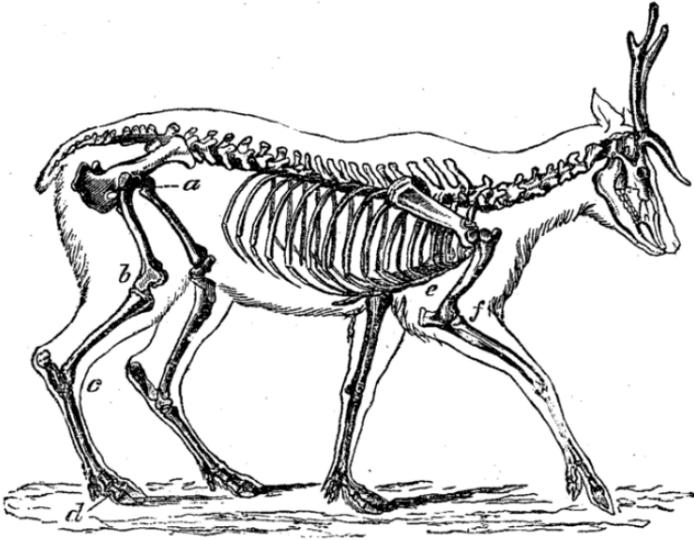


Fig. 26. — Squelette de quadrupède montrant la direction des apophyses épineuses du rachis et l'absence de courbure lombaire.

mais perpendiculaire au plan médian; à la région lombaire, il tourne de 90° pour devenir vertical et parallèle au plan médian. Ces dispositions intéressent au plus haut point la connaissance exacte des mouvements du corps.

Les vertèbres sont séparées (fig. 37) par les disques intervertébraux qui permettent une mobilité suffisante aux nécessités de la locomotion.

Dans une chute sur les pieds, le choc se propage par le bassin, puis au sacrum qui a la forme d'un coin, il se transmet de là aux éléments élastiques précédents où il s'épuise et arrive tout à fait atténué au cerveau.

La colonne vertébrale réalise l'union de la solidité et de la mobilité. La moelle y est admirablement protégée, à l'abri de toute lésion et, dans les mouvements les plus étendus n'y est jamais comprimée. Le liquide céphalo-rachidien joue un rôle

fort intéressant pour équilibrer la pression intérieure dans le canal médullaire.

La tête, simple renflement de la colonne vertébrale a pour qualité première la solidité en rapport avec l'importance des

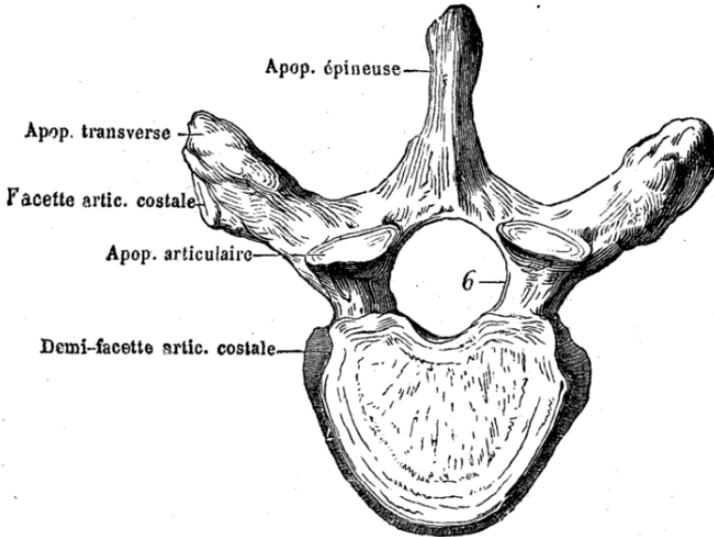


Fig. 27. — Vertèbre dorsale (DEBIERRE).
6, trou vertébral.

centres nerveux qu'elle renferme; les organes des sens, l'œil et l'oreille exigent la grande mobilité de ses articulations pour être dirigés dans tous les sens et recevoir les impressions extérieures.

THORAX. — Le thorax est remarquable par sa solidité et sa mobilité. Les côtes sont articulées en arrière avec la colonne vertébrale et en avant avec le sternum par l'intermédiaire de cartilages élastiques. Le thorax doit sa résistance à cette élasticité; il remplit le double rôle mécanique de protection des viscères thoraciques et abdominaux et d'organe moteur. Par ses mouvements alternatifs de dilatation et de resserrement, analogues au jeu d'un soufflet, il aspire et chasse tour à tour le sang et l'air des poumons (fig. 28 et 29).

Les deux ceintures, épaule et bassin, rattachant les membres

au tronc, différent beaucoup par leur mobilité et leurs fonctions.

ÉPAULE ET BASSIN. — L'épaule n'est fixée au thorax que par

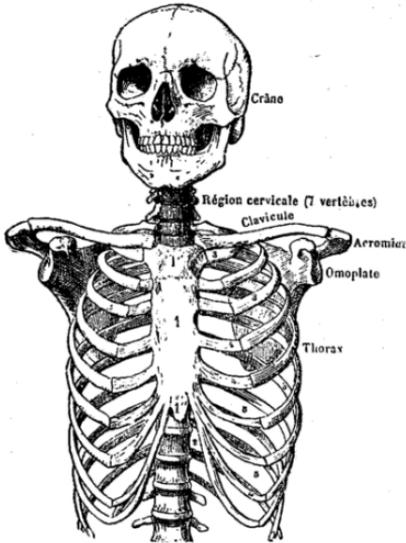


Fig. 28. — Cage thoracique (DEBIERRE).

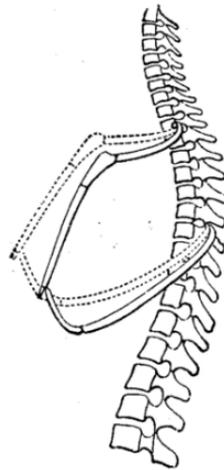


Fig. 29. — Mécanisme de l'élévation de la cage thoracique (DEBIERRE).

La ligne pleine représente la cage au repos, — la ligne pointillée, pendant l'inspiration.

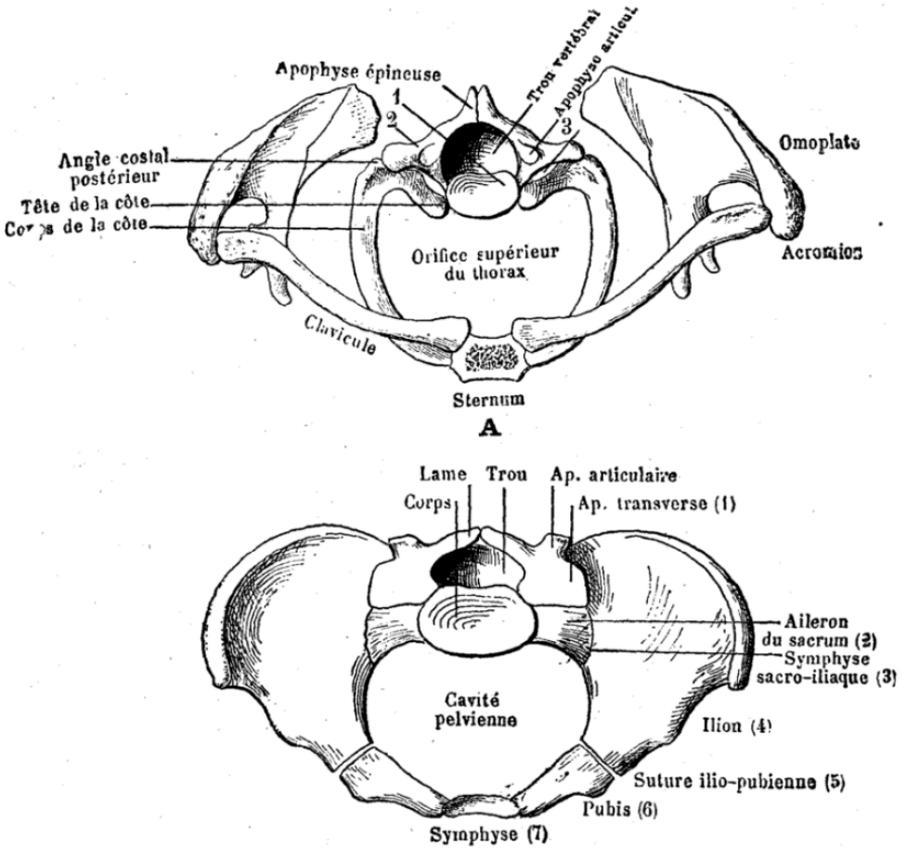
les ligaments reliant la clavicule au sternum et les muscles unissant l'omoplate au thorax, de là sa mobilité extrême permettant au bras les mouvements les plus étendus. Cette mobilité est aussi la cause de ses fréquentes malformations¹ (fig. 30).

L'humérus est relié à l'omoplate par un ligament en forme de capsule très lâche, sa tête n'est pas emboîtée dans la cavité glénoïde, trop peu étendue pour cela. Les muscles se chargent d'apporter à cet assemblage la solidité qui lui manque sans en compromettre la mobilité.

Au bassin (fig. 30) nous voyons au contraire une solidité toute particulière. Le bassin est une ceinture rigide formée de

1. Voir *Les bases scientifiques de l'Éducation physique*, 2^e édition; Paris, F. Alcan, 1903.

deux parois épaisses ménageant les fosses iliaques où le poids



B

Fig. 30.

A — Ceinture scapulaire et ceinture thoracique vues d'en haut.

1, corps de la première vertèbre dorsale, et 2, son apophyse transverse; — 3, trou transversaire homologue à celui qui est percé dans l'épaisseur des apophyses transverses des vertèbres cervicales.

B — Ceinture pelvienne.

L'apophyse transverse (1) représente la même apophyse des vertèbres des autres régions; — l'aileron (2) représente l'apophyse costiforme des vertèbres des autres régions; — l'ilion (4) représente le scapulum; — le pubis (6) représente la clavicule (?); — la symphyse pubienne (7) représente l'articulation interclaviculaire.

des viscères vient reposer en partie. Cette ceinture sert d'insertion aux muscles puissants de la locomotion. Deux cavités profondes, les cavités cotyloïdes, logent presque entièrement la tête

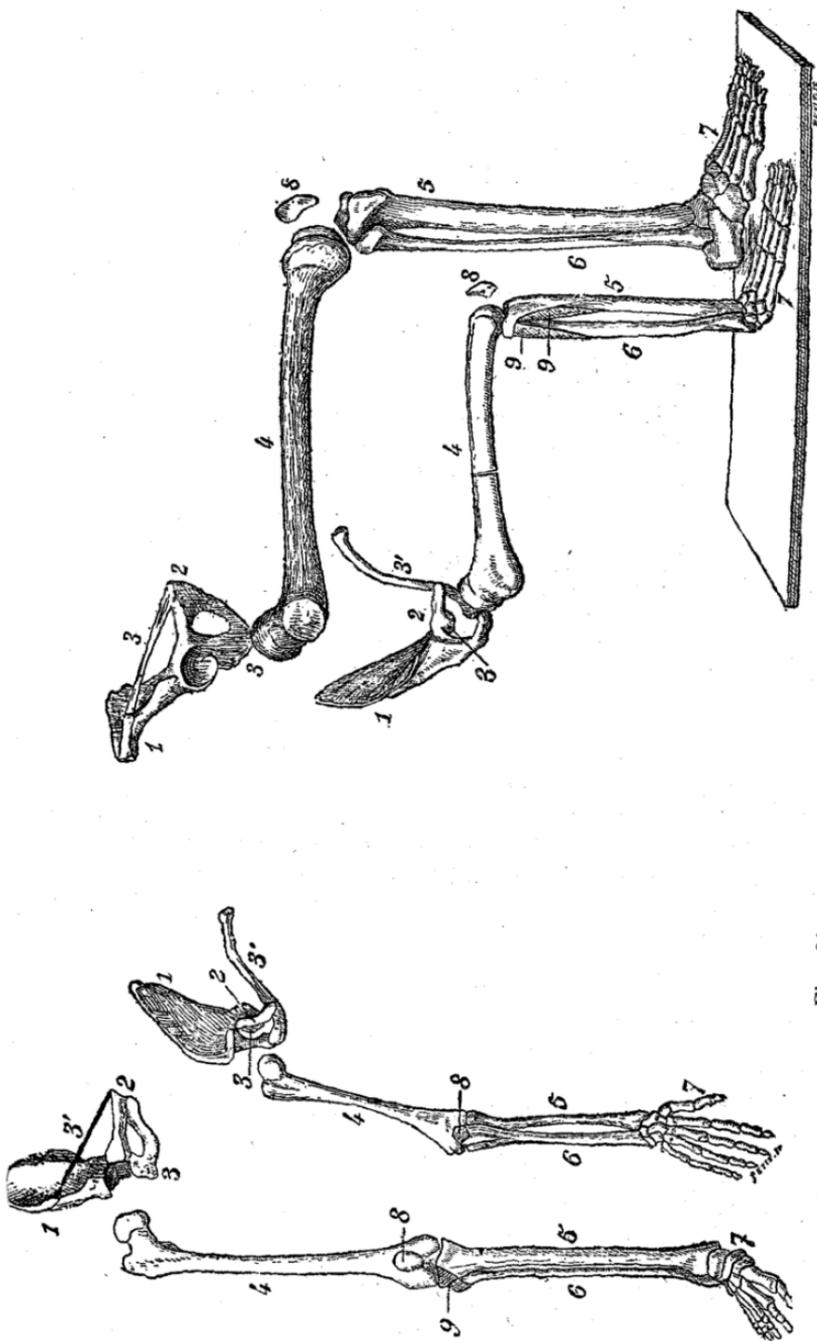


Fig. 31. — Homologie des membres supérieurs et inférieurs.

1, 1, ilium = scapulum ; 2, 2, pubis = coracoïdien ; — 3, 3, ischion = sus-glénoïdien ; — 3', 3' arcade crurale ou ligament de Fallope = clavicule ; — 4, 4, fémur = humérus ; — 5, 5, tibia = radius ; — 6, 6, péroné = cubitus ; — 7, 7, main = pied = main ; 8, 8, rotule olécrâne ; — 9, 9, surface qui se détache de l'extrémité supérieure des os de la jambe pour aller constituer la rotule.

des fémurs, colonnes chargées de supporter le poids du corps et toutes les pressions transmises par les pieds. Le col du fémur rejette latéralement ces colonnes de soutien parallèlement à l'axe du corps.

BRAS, AVANT-BRAS ET MAIN. — A l'avant-bras, le radius et le cubitus peuvent tourner autour d'un axe ce qui permet à la main de présenter tantôt sa face palmaire (pronation) tantôt sa face dorsale (supination) du côté du sol (fig. 22).

Le carpe formé de huit petits os donne à la main une mobilité parfaite; les doigts longs et divisés en phalanges, l'articulation du trapèze avec le premier métacarpien, permettent au pouce de s'opposer aux autres doigts et font de la main un organe parfait de préhension.

L'homme pour lutter contre les autres animaux, souvent mieux partagés que lui sous le rapport de la force, a eusa constitution cérébrale d'abord et sa main ensuite pour réaliser ses moyens de défense, il ne faut pas l'oublier.

MEMBRE INFÉRIEUR. — Le tibia est l'os de la jambe ayant le rôle de support véritablement utile; le péroné apporte un surcroît de solidité à cette colonne, il sert surtout de surface d'insertion aux muscles du pied et à maintenir les rapports de ces muscles longs faciles à déplacer.

Le tarse est moins mobile que le carpe, il est disposé pour permettre à la face plantaire du pied de s'appliquer sur le sol. Les orteils sont rabougris dans une extension forcée. Leur dégénérescence provient de leur rôle peu délicat; chargés de supporter le poids du corps, constamment enfermés dans des chaussures qui les compriment, ils ne peuvent être comparés aux doigts de la main libres et déliés (fig. 31). Chez 30 p. 100 de sujets examinés le petit orteil n'a plus que deux phalanges.

§ 3. — Mouvements articulaires.

LEUR DÉNOMINATION. LEURS LIMITES NATURELLES. — Pour être précis, il est encore nécessaire de revenir sur la dénomination des mouvements du corps; il est intéressant aussi d'examiner l'amplitude possible de ces mouvements et d'étudier la limite de chacun d'eux.

Étant en station droite, nous acceptons les définitions suivantes :

L'*élévation*, c'est porter une partie du corps verticalement en haut; l'*abaissement* est le mouvement contraire



Fig. 32. — Flexion de la tête¹. Fig. 33. — Extension de la tête.

La *flexion* est l'acte de mouvoir deux segments osseux d'abord dans le prolongement l'un de l'autre, suivant un angle



Fig. 34. — Flexion latérale de la tête à droite.

Fig. 35. — Rotation de la tête à gauche.

plus ou moins aigu; l'*extension* celui de ramener les deux segments dans la rectitude.

1. Figures ayant servi au *Manuel de gymnastique* du Ministère de l'Instruction publique.

La *rotation* est le mouvement autour d'un axe le plus souvent parallèle à l'axe des os.

L'*abduction*, l'écartement d'un membre du tronc; l'*adduction*, son rapprochement de la ligne médiane.

La *circumduction* est le mouvement angulaire dans lequel l'extrémité du membre décrit des cercles ou portions de cercles situés sur une sphère ayant pour centre l'articulation.

Les traités d'anatomie donnent les noms des muscles avec leurs insertions et leur action isolée sur le squelette.

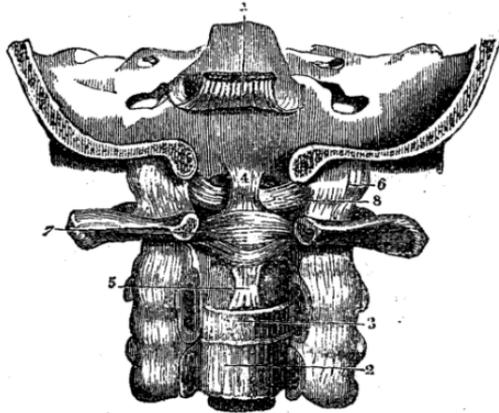


Fig. 36. — Articulations de la colonne vertébrale avec le crâne, et de l'atlas avec l'axis. — Région intrarachidienne antérieure (DEBIERRE).

1, 2, 3, 4, 5, ligaments occipito-axoïdiens : — 1, insertion supérieure des faisceaux superficiels et moyens ; — 2, insertion inférieure du faisceau superficiel ; — 3, insertion inférieure du faisceau moyen ; — 4, moitié supérieure du faisceau profond ; — 5, moitié inférieure du faisceau profond ; — 6, capsule fibreuse de l'articulation latérale de l'occipital et de l'atlas ; — 7, ligament transverse ; — 8, ligaments ondoïdiens latéraux ; — 4, 5, 7, la réunion de ces deux ligaments constitue le ligament cruciforme.

MOUVEMENTS DE LA TÊTE. — La tête peut s'incliner en avant, en arrière et latéralement. Elle peut se tourner à gauche et à droite. En avant le mouvement se passe entre les condyles de l'occipital et l'atlas, la région cervicale y prend sa part (fig. 32, 33, 34, 35).

Le mouvement est limité par la rencontre du menton et du sternum, en arrière par la tension des ligaments et des muscles fléchisseurs. De côté l'inclinaison arrive presque jusqu'au contact de la joue avec l'épaule, elle est limitée également par la tension des muscles et ligaments du côté opposé. La rotation se passe entre l'atlas et l'axis et dans les vertèbres cervicales (fig. 36). J'ai vu cette rotation acquérir une amplitude de 90°, mais ce fait est anormal.

MOUVEMENTS DU TRONC. — Le tronc se fléchit, s'étend, s'incline latéralement et se tord. Mais il faut bien distinguer les mouvements propres du rachis amenant les changements de forme du tronc avec ceux du tronc sur les têtes fémorales (fig. 49).

La flexion du tronc c'est l'incurvation de la colonne vertébrale, attitude où le pubis et le menton sont rapprochés du sternum. Il n'y a plus alors qu'une seule courbure vertébrale due aux fléchisseurs du tronc (muscles de l'abdomen) et fléchisseurs de la tête. Dans la flexion du tronc sur les cuisses (fig. 39)

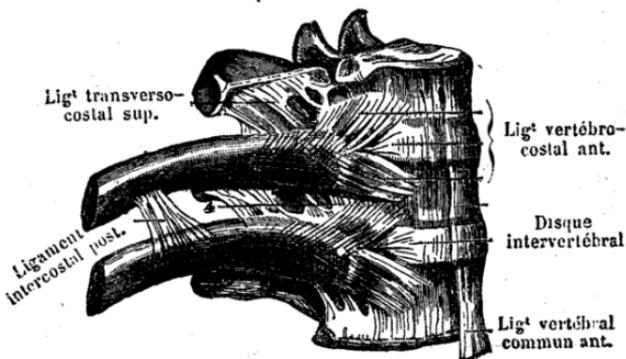


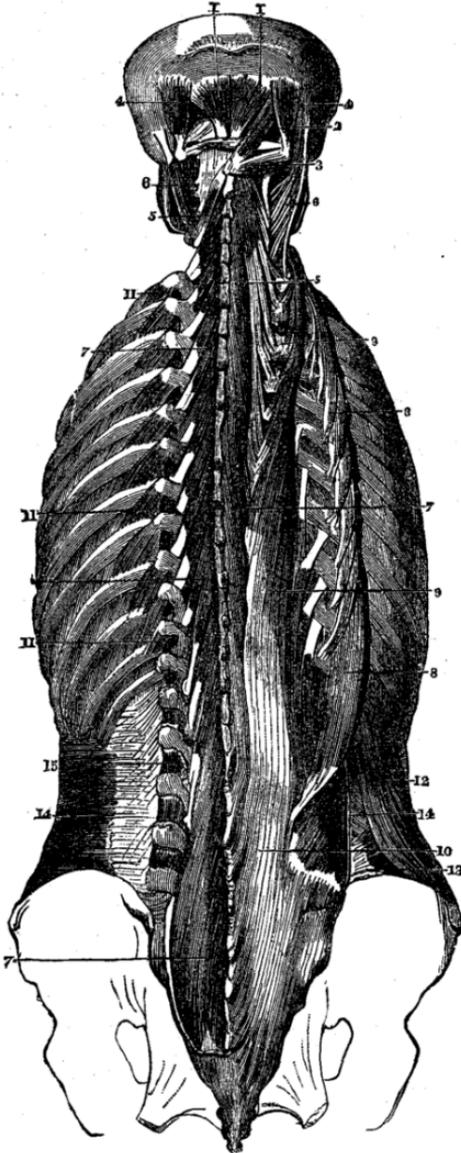
Fig. 37. — Articulations des vertèbres entre elles et des côtes avec les vertèbres (DEBIERRE).

le mouvement beaucoup plus étendu se passe dans les articulations de la hanche. Excepté dans les mouvements rapides où il y a une résistance à vaincre ce ne sont pas les fléchisseurs qui maintiennent le tronc fléchi, au contraire, les extenseurs empêchent le poids du corps de l'emporter en avant. La flexion est limitée par l'élasticité des ligaments jaunes, la souplesse des disques intervertébraux et l'amplitude des mouvements articulaires des vertèbres; elle est réduite en proportion du volume des viscères abdominaux. Un sujet maigre touchera facilement les pieds avec la main; un volumineux abdomen sera une impossibilité radicale apportée à la flexion (fig. 40).

L'extension du tronc se passe comme la flexion dans les vertèbres et dans l'articulation de la hanche. Étendre le tronc c'est rectifier la colonne vertébrale. Nous avons vu précédemment les conditions favorables à ce redressement¹. Il faut rectifier

1. Conditions esthétiques de l'exercice, in *Bases scientifiques de l'Éducation physique*.

séparément la région cervicale et la région lombaire, la région



de la tête ; — 2, un grand droit postérieur de la tête ; — 3, un grand droit postérieur de la tête ; — 4, un petit oblique postérieur de la tête ; — 5, 5, un interépineux ; — 6, 6, un petit complexe ; — 7, 7, 7, un transverse épineux du cou, du dos et des lombes ; — 8, un sacro-lombaire ; — 9, 9, un long dorsal ; — 10, masse commune des muscles spinaux postérieurs ; — 11, 11, 11, muscles surcostaux ; — 12, un grand oblique ; — 13, un petit oblique ; — 14, un transverse ; — 15, un intertransverse des lombes.



Fig. 39. — Flexion du tronc sur les cuisses.

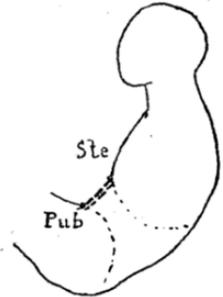


Fig. 40. — Action des muscles gr. droits de l'abdomen.

Dans leur raccourcissement le pubis Pub se rapproche du sternum Ste.

dorsale étant pour ainsi dire invariable. Pour rectifier la région cervi-

Fig. 38. — Muscles de la partie postérieure du dos et du cou, couche profonde (DEBIERRE).

cale, il ne suffit pas de lever la tête, il faut au contraire serrer le menton au cou et la relever avec le cou. Pour rectifier la région lombaire il faut raccourcir les muscles de l'abdomen. La limite d'extension du tronc sur les têtes fémorales est assez restreinte, c'est celle de l'extension des cuisses sur le tronc. Dès que l'inclinaison du corps dépasse la verticale, les extenseurs se relâchent (fig. 41).

Il faut pour produire une action énergique des extenseurs s'incliner en avant en s'efforçant de tenir le tronc dans la rectitude (fig. 42).

La flexion latérale du tronc se passe dans la région lombaire.

Elle est accompagnée de mouvements du tronc sur les hanches si l'on n'a pas soin de fixer celles-ci. Il suffit de s'asseoir à cheval sur un banc ou d'écarter les jambes en les maintenant tendues pour obtenir la fixité nécessaire du bassin (fig. 43).

Cette fixation du bassin est encore plus indispensable dans les mouvements de torsion du tronc. Nous pouvons regarder en arrière mais ce



Fig. 41. — Extension du tronc avec élévation des bras, mains en pronation.

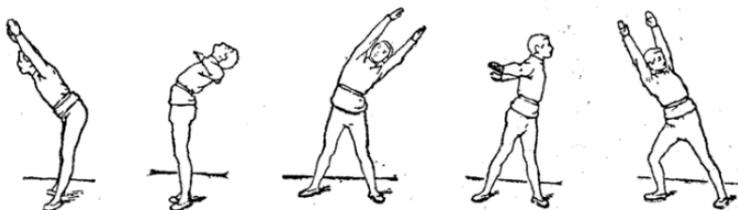


Fig. 42. — Attitudes actives demandant une grande énergie à cause de leur amplitude et de l'inclinaison du corps. (L'appui des mains aux hanches peut diminuer l'intensité de la contraction musculaire dans une flexion latérale du tronc.)

mouvement se passe presque entièrement dans la tête et la hanche (fig. 44). Étant les jambes écartées ou assis à cheval sur

un tabouret, cette torsion se réduit considérablement et toujours elle est accompagnée de légers mouvements dans la tête et les épaules (fig. 42) La torsion est possible au cou et à la région lombaire; la région dorsale étant presque solide, aucune torsion ne peut porter atteinte aux poumons ni aux gros vaisseaux.



Fig. 43. — Flexion latérale du tronc
les bras élevés.



Fig. 44. — Torsion du tronc à
droite.

La mobilité de la colonne vertébrale dans les différentes régions dépend de l'épaisseur des disques intervertébraux, de la longueur des ligaments, de la direction des articulations des vertèbres, de l'imbrication et de la longueur des apophyses épineuses. Lorsqu'on courbe la colonne vertébrale débarrassée de ses côtes, elle revient d'elle-même à sa première position, comme un arc élastique, et lorsqu'on enlève toutes les apophyses, la mobilité augmente, ce qui prouve que les limites imposées aux mouvements sont uniquement ces arcs eux-mêmes.

Les muscles moteurs agissent à l'extrémité des apophyses

épineuses et transverses, ce sont des leviers puissants presque perpendiculaires à l'action des muscles (fig. 37 et 38). La flexion du tronc, principalement la flexion latérale, est diminuée d'amplitude chez les sujets un peu gras, la résistance des viscères et des tissus comprimés s'opposant comme un coussin au mouvement à partir d'une certaine limite. Les muscles fléchisseurs entrent alors en action du côté de la flexion.



Fig. 45. — Élévation de l'épaule.



Fig. 46. — Adduction des épaules.



Fig. 47. — Effacement des épaules par l'action des muscles dorsaux.

MOUVEMENTS DE L'ÉPAULE. — Le moignon de l'épaule peut s'élever, s'abaisser, se porter en avant et en arrière, il est susceptible également d'une circumduction confuse (fig. 45, 46, 47).

Les limites à ces mouvements sont celles de l'articulation de la clavicule avec le sternum et le raccourcissement dont les muscles sont susceptibles. Lorsqu'on change brutalement la position de l'épaule, en l'arrachant du thorax, les muscles antagonistes s'y opposent et limitent le mouvement. L'épaule, nous l'avons vu, tire sa solidité des muscles qui la recouvrent, sa forme et sa position dépendent de l'équilibre de ces forces

toujours en opposition : poids du bras et éleveurs, pectoraux grands dorsaux pour l'abaissement, et trapèzes rhomboïdes pour le rapprochement en arrière.

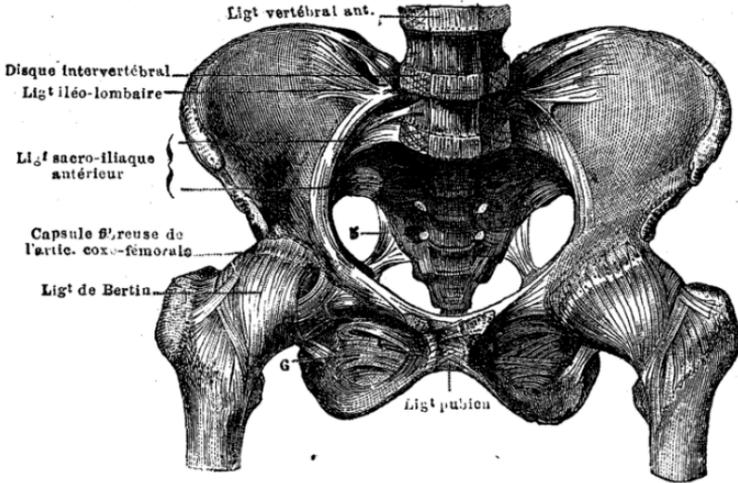


Fig. 48. — Ligaments du bassin. Vue antérieure (DEBIERRE).

5, petit ligament sacro-scialique; — 6, membrane obturatrice ou sous-pubienne.

MOUVEMENTS DU BASSIN. — Au bassin, au contraire, il y a solidité presque absolue, les mouvements de la hanche sont dus à

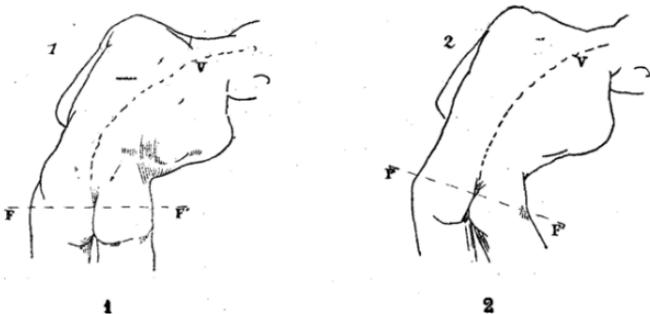


Fig. 49. — Flexion latérale du tronc.

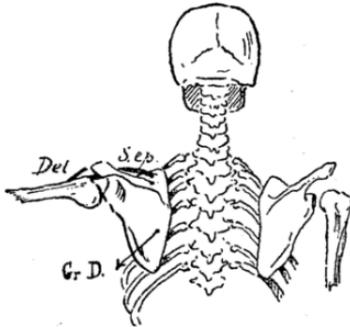
1, Exécution correcte, la ligne des têtes fémorales FF' demeurant horizontale; — 2, mouvement incorrect se passant en partie dans l'inclinaison FF du bassin.

la mobilité de la région lombaire et aux mouvements sur les têtes-fémorales. Si le tronc est fixé, le bassin peut se mouvoir

sur la colonne vertébrale; inversement, si le bassin est fixe, la colonne vertébrale peut se mouvoir sur lui, mais il ne faut pas confondre ces mouvements du tronc avec ceux qui se produisent sur les têtes fémorales (fig. 48 et 49).

MOUVEMENTS DES BRAS. — La grande amplitude des mouvements des bras est due en partie à son mode d'articulation avec l'omoplate mais spécialement aussi aux mouvements propres de celle-ci, nous en avons déjà parlé à propos de l'ampliation thoracique (*Bases scientifiques de l'Éducation physique*).

L'abduction du bras peut se diviser en 3 périodes.



2



3

Fig. 50. — Action des muscles Trapèzes et Grand dentelé dans l'élévation horizontale (1) et verticale (2) du bras; (3) attitude de l'épaule et du bras à la suite de l'atrophie de ces muscles.

1° *Écart du bras jusqu'à 45°* produit par la contraction de toutes les parties du deltoïde et du sus-épineux.

2° *Écart de 45 à 90°* produit par la contraction de la partie moyenne du deltoïde pendant que le sus-épineux serre la tête de l'humérus contre la cavité glénoïde. Cette attitude vulgairement appelée bras tendu a pour effet de faire basculer l'omoplate autour de son angle externe, de soulever le bord spinal

en le dirigeant de haut en bas et de dehors en dedans, de séparer en un mot l'omoplate du thorax en forme d'aile (fig. 50); mais le grand dentelé vient rétablir le parallélisme du bord

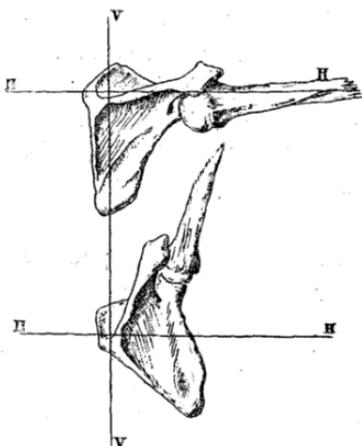


Fig. 51. — Mouvement de bascule de l'omoplate et du bras dans l'élévation de ce dernier.

HH, ligne horizontale; — VV, verticale.

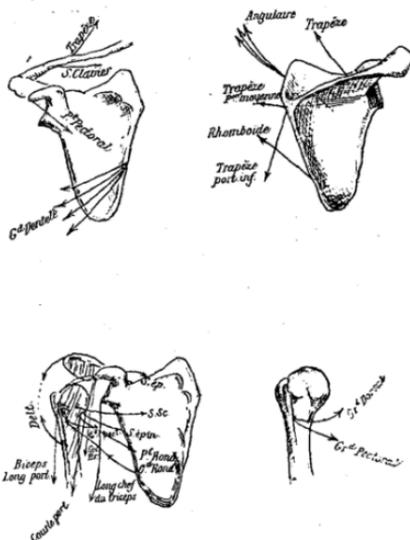


Fig. 51 bis. — Schéma de l'action des différents muscles qui agissent sur la position relative de l'épaule par rapport au thorax.

On voit les muscles qui relient le bras à l'épaule, l'épaule au thorax, et le bras au thorax. Les flèches indiquent la direction de l'action musculaire; les lettres sont les abréviations des noms des muscles.

spinal et de la colonne vertébrale en l'attirant vers le bas et en l'appliquant fortement contre le thorax tandis que la partie supérieure du trapèze élève et maintient l'angle supérieur de l'omoplate.

Dans un effort violent, tous les fixateurs de l'omoplate : les trapèze, rhomboïde et angulaire entrent en action.

3^e Élévation verticale du bras. La partie moyenne du deltoïde ne peut pas élever le bras au-dessus de l'horizontale, la rencontre

de la tête de l'humérus avec l'acromion amènerait la luxation en bas. Son action avec celle du sus-épineux est de maintenir le bras fixé à l'omoplate; alors, sous l'action du grand dentelé le système solide bras et omoplate bascule et exécute un mouvement angulaire de 90° amenant le bras dans la position verticale en tournant vers le haut la cavité glénoïde de l'articula-

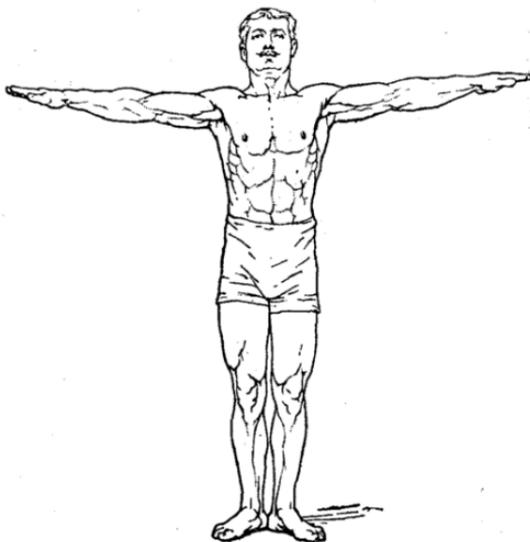


Fig. 52. — Élévation horizontale et latérale des bras.

tion. Ce mouvement, assimilable à celui d'un levier de sonnette, se fait autour d'un centre coïncidant à peu près avec l'angle interne de l'omoplate (fig. 51).

La clavicule suit ce mouvement et maintient l'acromion à une distance constante de l'extrémité sternale. Elle subit ainsi des pressions qui tendent à la fléchir, aussi présente-t-elle une courbure en S accentuée chez les sujets faisant des efforts violents avec les bras (fig. 52 et 53).

Les mouvements d'abduction du bras en avant diffèrent en ce que le premier et le deuxième temps sont accomplis par la partie antérieure du deltoïde; pendant la troisième période, c'est-à-dire pendant le mouvement de bascule de l'omoplate, la contraction se propage dans la partie moyenne du deltoïde

et ramène ainsi le bras et l'omoplate dans le même plan (fig. 54, 55 et 56).

L'abduction du bras en arrière ne peut s'effectuer au delà de



Fig. 53. — Élévation latérale des bras, la paume des mains tournée de côté.

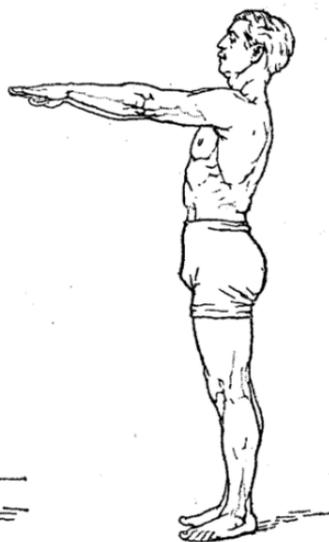


Fig. 54. — Élévation horizontale des bras en avant.

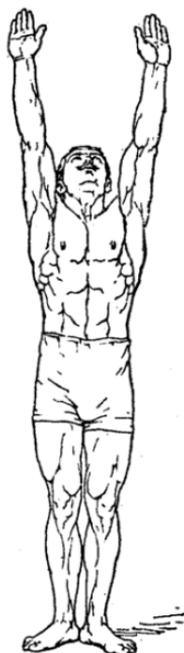


Fig. 55. — Élévation des bras en avant, la paume des mains tournée en avant.

40° environ, le mouvement est limité par la rencontre de la tête de l'humérus avec l'acromion, en haut et l'apophyse coracoïde en avant (fig. 57), l'omoplate ne bascule pas, la partie postérieure du deltoïde produit l'écartement du bras et l'angle inférieur de l'omoplate tend à être écarté du thorax (fig. 58 et 59).

Dans l'attitude dite suspension renversée, l'abduction en arrière peut dépasser 90°, c'est-à-dire être plus du double de l'abduction normale (fig. 60).

Dans cette attitude défectueuse à tous points de vue, les bras conservent leur parallélisme, le poids du corps agit tout entier

pour arracher l'épaule, il s'applique à l'extrémité d'un bras de levier considérable et cette charge excessive est supportée en totalité par les ligaments et les muscles de l'articulation de de l'épaule (fig. 58). Nous reviendrons sur les inconvénients de cette exagération d'amplitude.

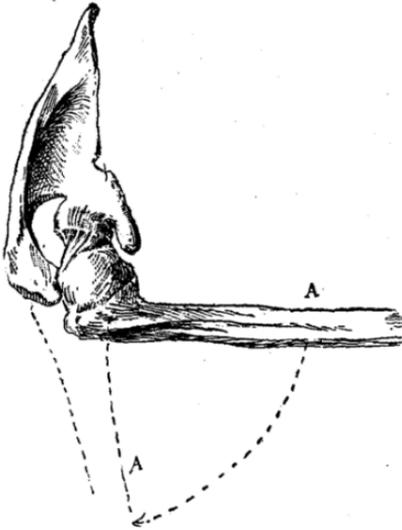


Fig. 56. — Mouvement de l'humérus pendant le mouvement de bascule de l'omoplate dans l'élévation verticale du bras en avant.



Fig. 57. — Abduction des bras en arrière.

L'adduction du bras peut s'exécuter en avant et en arrière du corps ; dans les deux cas le mouvement d'ailleurs restreint est limité par la rencontre du bras avec le tronc, en avant ce sont les pectoraux, en arrière les muscles grands dorsaux qui ont la prédominance (fig. 61).

La rotation du bras est environ de 180° , il ne faut pas la confondre avec les mouvements de l'avant-bras et de la main. Les muscles rotateurs du bras ont leur maximum d'effet dans l'abaissement du bras, leur minimum dans l'élévation, les tendons des grands pectoral et dorsal s'enroulent sur l'os pendant le mouvement de rotation (fig. 62 et 63).

La circumduction du bras est généralement mal comprise. Si

l'on effectue le mouvement avec toute l'amplitude qu'il comporte on se convaincra facilement de l'impossibilité de faire décrire au bras un cercle dans un seul plan.

Commençant le mouvement par l'élévation du bras en avant,

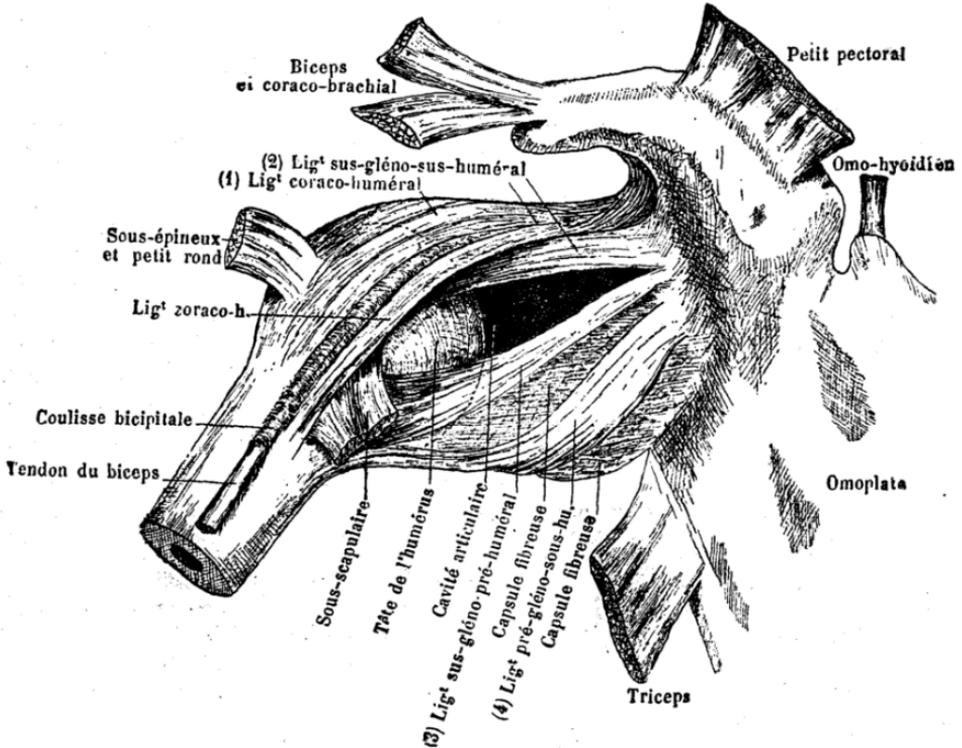


Fig. 58. — Articulation du bras avec l'épaule.

On voit la tête de l'humérus dans la cavité articulaire. Les insertions musculaires et les ligaments ont été écartés.

on sera arrêté à la position verticale et il sera impossible de faire descendre le bras dans le plan antéro-postérieur. L'abaissement aura forcément lieu dans le plan des épaules perpendiculaire à celui-ci (fig. 64, 65 et 66).

La circumduction est donc composée de deux demi-cercles dans des plans rectangulaires. Dans les mouvements peu étendus, le bras peut décrire des cônes ayant leur axe dirigé à 45° environ avec les deux plans antéro-postérieur et transverse.

Les mouvements d'abduction du bras sont pénibles, car le deltoïde, comme presque tous les extenseurs des membres,

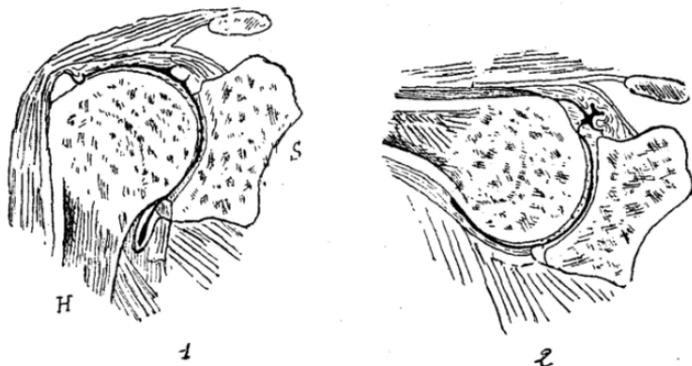


Fig. 60. — Montrant l'abduction exagérée de l'humérus dans une attitude du renversement aux anneaux.

du membre supérieur. Les enfants et les sujets faibles ont beaucoup de peine à faire correctement les mouvements

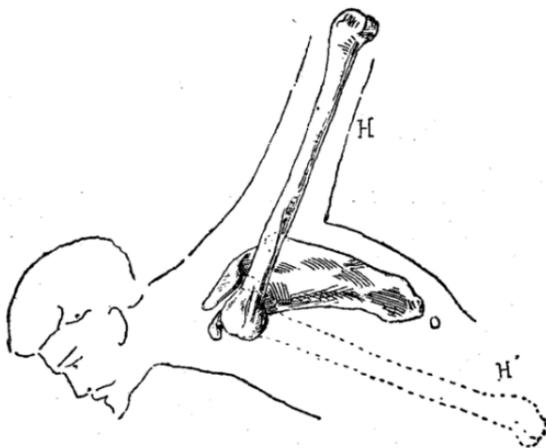


Fig. 59. — Coupe de l'articulation de l'épaule.

1, dans l'abaissement de l'humérus H; — 2, dans l'élévation horizontale. — S, coupe de l'omoplate.

n'a jamais ses fibres perpendiculaires à l'os à mouvoir, son bras de levier est fort court relativement à la longueur totale

horizontaux des bras étendus, surtout les mains chargées d'haltères.

MOUVEMENTS DU MEMBRE INFÉRIEUR. — La cuisse peut s'écarter latéralement de 45° environ ; le mouvement est limité par la



Fig. 61. — Adduction des bras.

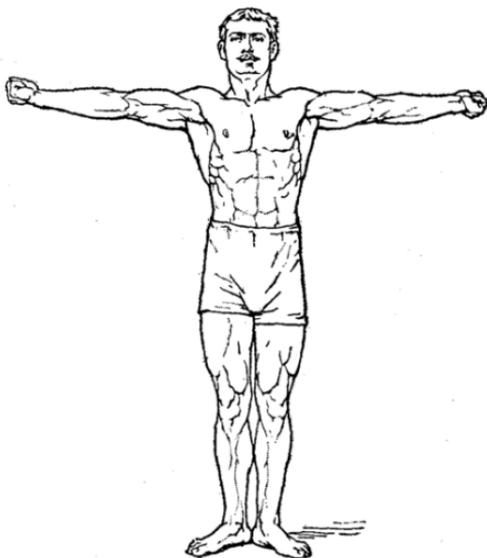


Fig. 62. — Rotation des bras en dehors, bras horizontaux.

tension de la partie inférieure de la capsule articulaire (fig. 67, 68, 69, 70, 71 et 72).

Au delà de cette étendue le mouvement devient anormal puisqu'il exige la sortie de la tête du fémur de sa cavité cotyloïde (fig. 73 et 74). C'est presque une luxation. On voit des danseurs effectuer de grands écarts mais il y a souvent là une illusion.

Le sujet se tourne de côté, écarte les deux jambes, mais, si l'on y regarde de près, une jambe est fléchie sur le tronc, l'autre étendue et le tronc dans son prolongement ; il n'y a là aucune abduction latérale exagérée (fig. 75). Il y a cependant des disloqués qui peuvent écarter la cuisse de 90° . Ce sont là des conditions tout à fait anormales, incompatibles avec la solidité des articulations. La danseuse exécutant un grand battement peut

écarter la cuisse à plus de 90° , mais le mouvement s'explique par l'élan donné au membre inférieur (fig. 73).

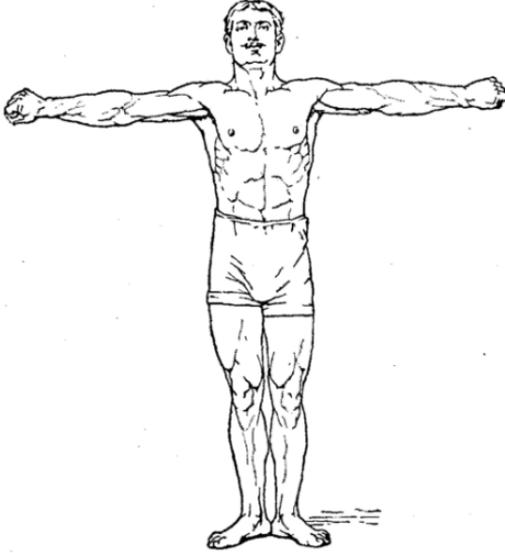


Fig. 63. — Rotation des bras en dedans, bras horizontaux.

L'abduction de la cuisse en avant ou la flexion peut facile-

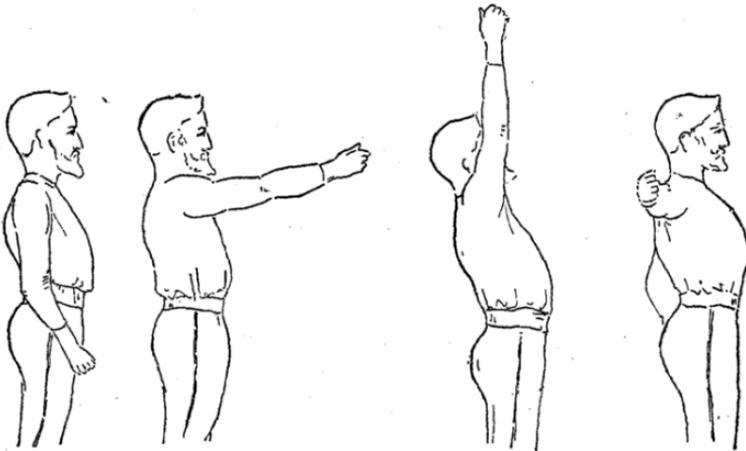


Fig. 64. — Attitudes successives du bras dans une circumduction.

ment atteindre 180° ; elle n'est limitée que par la rencontre de la

cuisse avec l'abdomen. Dans ce mouvement, il est très difficile d'éviter la flexion des jambes; l'attache des muscles fléchis-

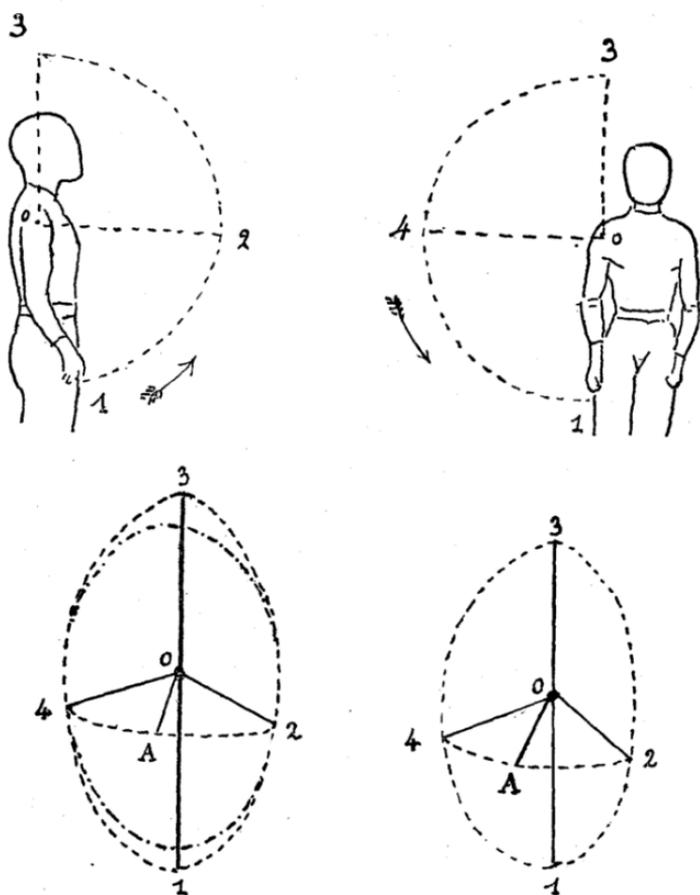


Fig. 65. — Décomposition du mouvement de circumduction du bras en deux arcs de cercle situés dans un plan antéro-postérieur 1, 2, 3, et un plan transversal 3, 4, 1.

OA, direction de l'axe du cône décrit par le bras (La figure 4 indique la courbe décrite par la main lorsque la circumduction est rapide).

seurs de la jambe est au bassin, ceux-ci ont le double rôle de fléchisseurs de la jambe et d'extenseurs de la cuisse, ils sont donc fortement distendus dans la flexion de la cuisse sur le tronc et c'est pour les soulager que se produit la flexion de la jambe (fig. 76).

On sait quel tiraillement insupportable on ressent dans la

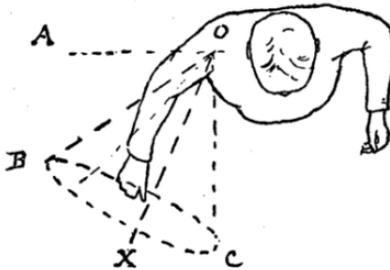


Fig. 66. — Cône décrit par le bras dans une circumduction rapide.

OX, axe du cône ; BC, arc décrit par la main située en avant du plan transversal AO.

région du genou étant assis les jambes étendues sur un sol



Fig. 67. — Abduction latérale de la cuisse.

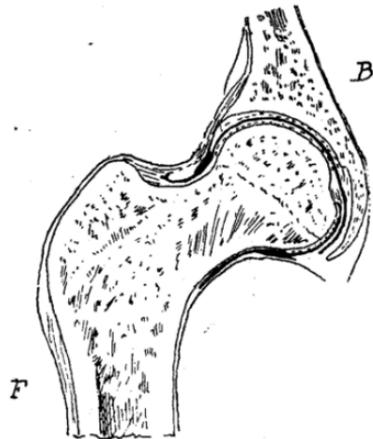


Fig. 68. — Coupe de l'articulation de la hanche.

F, fémur ; B, os iliaque. (On voit le ligament rond qui réunit la tête du fémur à l'os coxal.)

absolument plat ou debout les jambes tendues lorsqu'on fléchit le tronc en avant (fig. 75).

L'abduction de la cuisse en arrière est à peu près nulle ; elle

est limitée par la tension de la partie antérieure de la capsule articulaire très forte en cet endroit et appelée ligament de Bertin (fig. 77 et 78).

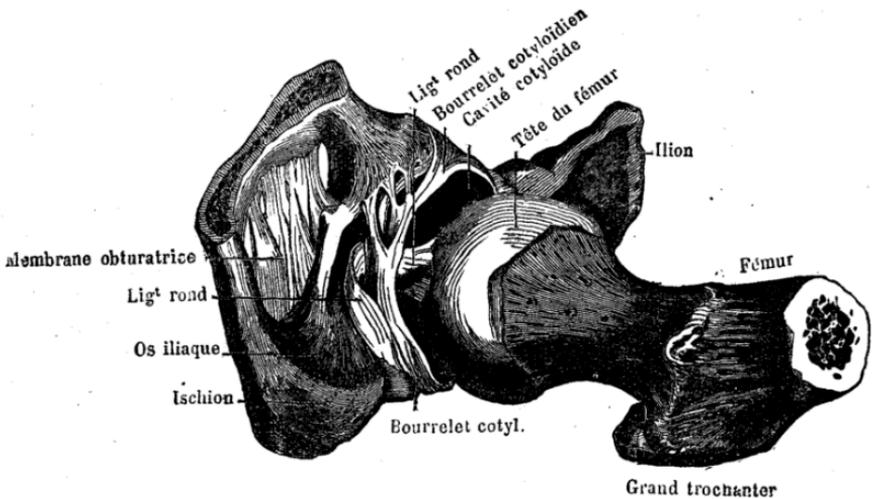


Fig. 69. — Articulation coxo-fémorale ouverte (DEBIERRE).

Si le mouvement est plus étendu il se passe alors dans le bassin et dans la région lombaire de la colonne vertébrale, tels les mouvements du tronc dits courbes raidies, usités dans la gymnastique suédoise.

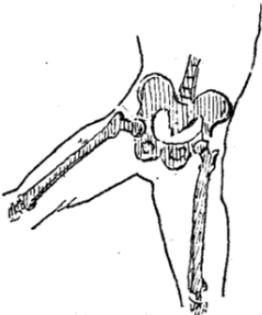


Fig. 70. — Abduction latérale de la cuisse, limite naturelle.

L'abduction de la cuisse est environ de 45° ; elle est limitée par le ligament rond inter-articulaire et la rencontre des masses charnues des deux cuisses ; elle peut se faire en avant et en arrière du corps (fig. 68 et 79).

La rotation du fémur embrasse plus de 90° d'étendue, il ne faut pas la confondre avec les mouvements du pied qui se passent surtout dans la cheville et même dans le genou quand il est fléchi. La circumduction du fémur est pénible, le cône décrit une

petite ouverture, son axe est dirigé obliquement en bas et en avant (fig. 80 et 81).

MOUVEMENTS DE L'AVANT-BRAS. — Le coude permet la flexion de

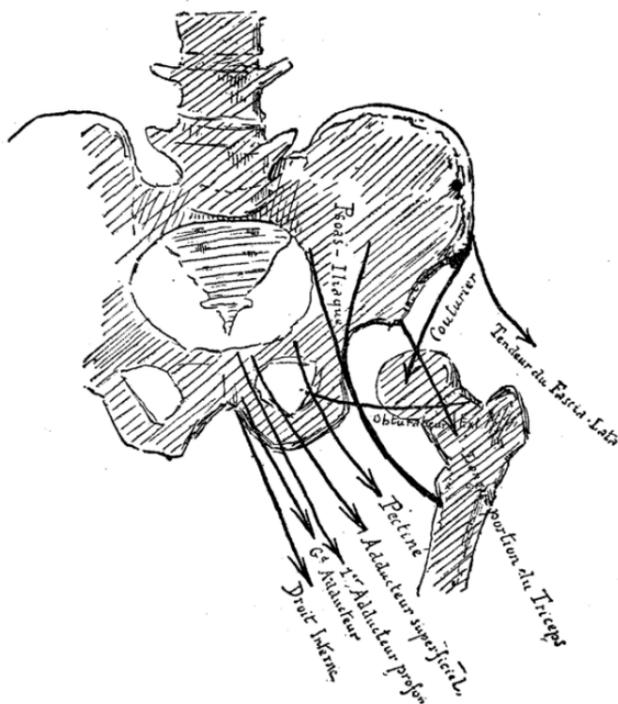


Fig. 71. — Action et nom des principaux muscles reliant la cuisse au tronc (partie antérieure).

l'avant-bras dans un plan bien défini grâce à la forme de l'articulation huméro-cubitale. La limite à la flexion de l'avant bras est la rencontre de celui-ci avec la saillie du biceps. La limite à l'extension est la rencontre de l'humérus avec l'olécrâne dans la cavité olécraniennne et la résistance des ligaments. On voit souvent se produire la luxation de cette articulation dans une chute sur la main le bras étendu (fig. 82, 83, 84, 85 et 86).

Le mouvement de rotation de l'avant-bras appelé pronation permet de tourner la face palmaire de la main vers le bas pour

saisir un objet ou de tendre la main la face palmaire en haut en supination (fig. 87 et 88).

Ces deux mouvements se passent entre le radius et le cubitus. Le radius tourne autour du cubitus, l'axe de rotation passe par

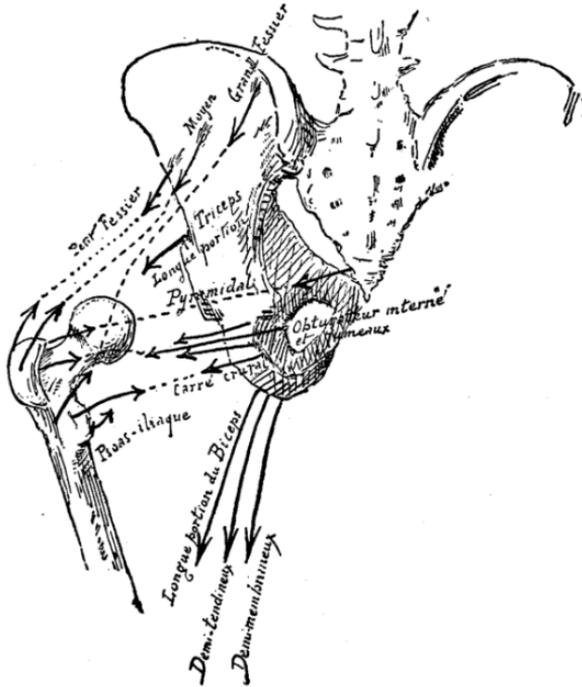


Fig. 72. — Action et nom des principaux muscles qui relie le fémur au bassin (région postérieure).

le doigt médus et à peu près le milieu du coude. La tête du radius et son articulation humérale (fig. 90) en forme de pivot permettent cette rotation. La rotation s'explique par de petits mouvements de latéralité du cubitus, possibles malgré l'emboîtement réciproque des surfaces articulaires et associés à la flexion et à l'extension.

Les mouvements du radius et du cubitus sont solidaires ; la pronation est limitée par le croisement des deux os ; la supination par la tension des ligaments interosseux et annulaire du radius. Les muscles servent comme dans les autres articulations de ligaments actifs.

Les muscles de la pronation et de la supination ont un rôle complexe.

Le biceps brachial est fléchisseur supinateur. Le long supinateur est un fléchisseur pronateur. Le court supinateur et le carré



Fig. 73. — Battement classique de la jambe dans la danse chorégraphique montrant l'abduction exagérée de la cuisse.

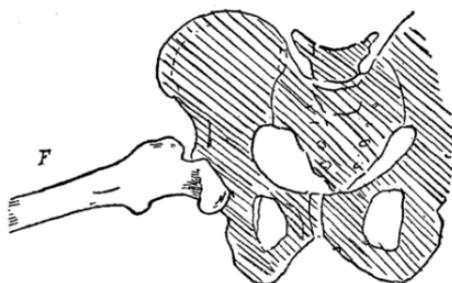


Fig. 74. — Position de la tête du fémur dans l'abduction latérale de la cuisse jusqu'à la position horizontale.

pronateur sont supinateur et fléchisseur indépendants.

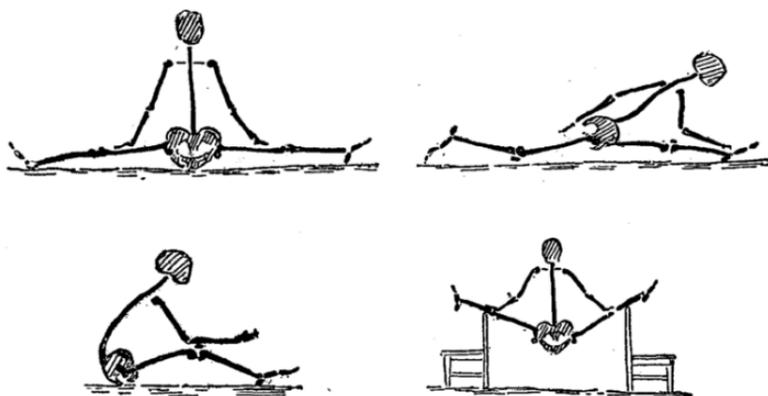


Fig. 75. — Grand écart vrai; — grand écart simulé; — station sur les ischions les jambes étendues; — et station sur deux chaises avec dislocation de l'articulation de la hanche.

L'insertion du biceps est particulière, son tendon s'enroule



Fig. 76. — Flexion de la cuisse sur le bassin.

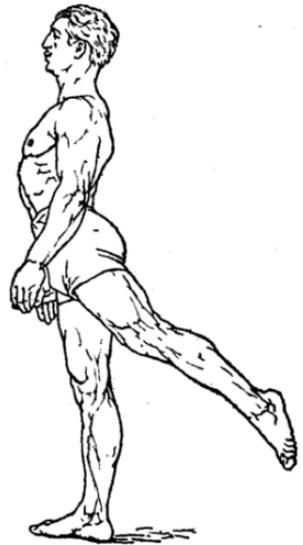


Fig. 77. — Extension de la cuisse sur le bassin.

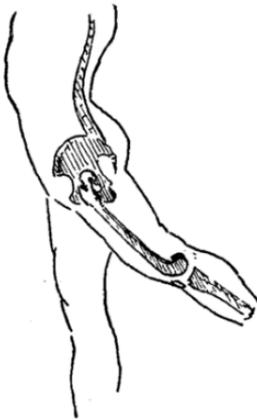


Fig. 78. — Abduction en arrière de la cuisse limite naturelle.



Fig. 79. — Adduction de la cuisse.

autour du radius, son action est d'abord un effet de supination



Fig. 80. — Rotation de la cuisse en dehors.



Fig. 81. — Rotation du fémur en dedans.

avant de commencer à produire la flexion. Le déroulement du



Fig. 82. — Flexion de l'avant-bras sur le bras.

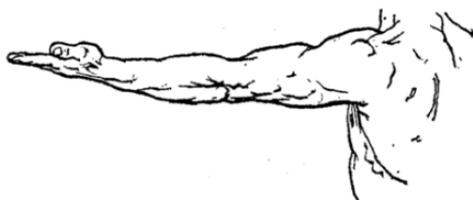


Fig. 83. — Extension de l'avant-bras, la main en pronation.

tendon doit être complet pour que le biceps puisse produire directement la flexion de l'avant-bras.

Pour cette raison, la flexion de l'avant-bras, la main chargée

d'un haltère ou le corps suspendu par les mains se fait bien plus facilement en supination qu'en pronation.

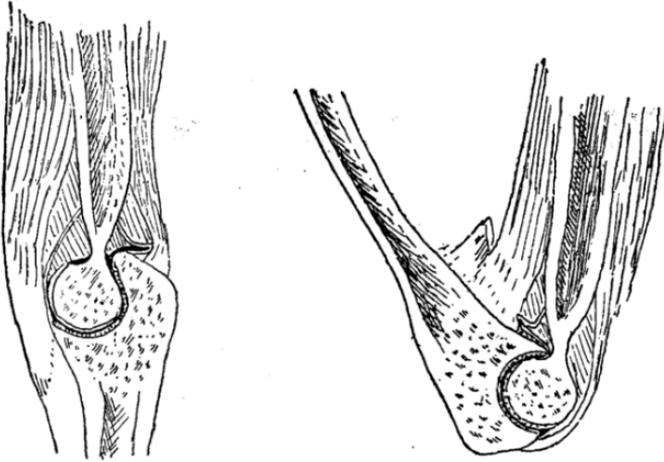


Fig. 84. — Coupes de l'articulation du coude dans l'extension et dans la flexion (CRUVEILHIER).

Dans l'acte de visser ou de dévisser, les rotateurs du bras

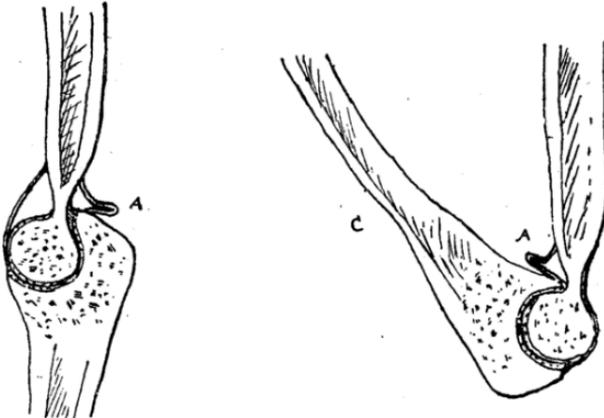


Fig. 85. — Mêmes coupes dépourvues des muscles et montrant les limites du mouvement.

entrent en jeu : rotateurs en dehors pour visser, rotateurs en dedans pour dévisser. Dans les mouvements énergiques, l'avant-

bras est maintenu fléchi et l'effort des adducteurs et abducteurs

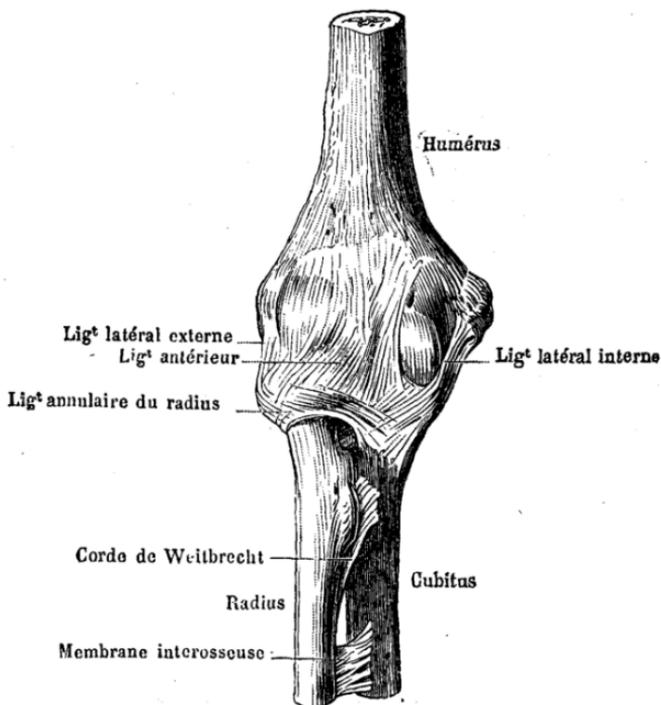


Fig. 86. — Ligaments de l'articulation du coude. Vue antérieure (DEBIÈRE).

du bras s'ajoute à l'énergie du mouvement de pronation et de supination.

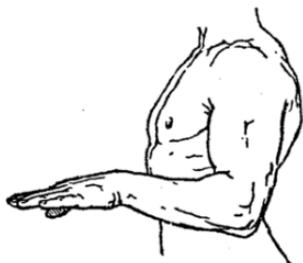


Fig. 87. — Mouvement de pronation de l'avant-bras.

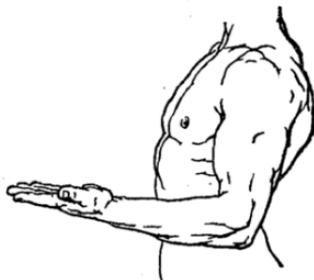


Fig. 88. — Mouvement de supination de l'avant-bras.

MOUVEMENTS DU GENOU. — Les mouvements du genou sont

moins précis que les mouvements du coude. Il n'y a pas emboîtement aussi parfait des surfaces articulaires. Les condyles du fémur reposent sur les cartilages semi-lunaires du tibia et rou-

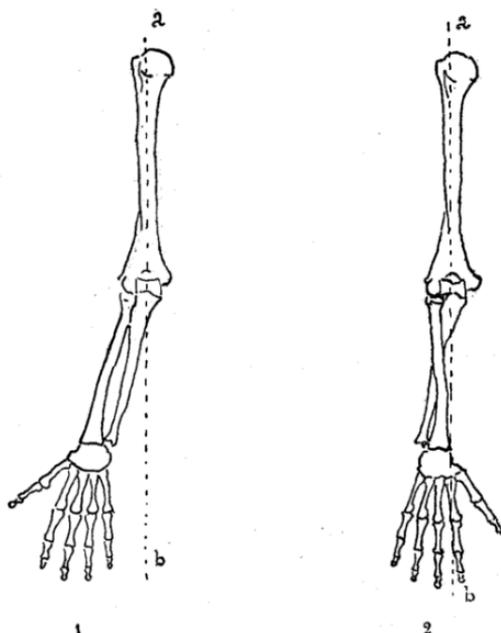


Fig. 89. — Mouvement de pronation et de supination (MATH. DUVAL).

1, supination ; — 2, pronation. — Le mouvement s'exécute autour de l'axe *ab*. On voit le croisement du radius et du cubitus dans la pronation.

lent sur eux dans le mouvement de flexion. L'articulation n'est pas fermée; le vide énorme produit dans la flexion en avant est comblé par la rotule, os isolé développé dans le tendon des extenseurs et restant toujours à distance fixe du tibia (fig. 91 et 92). La flexion est limitée par la tension des ligaments croisés intérieurs à l'articulation et par la rencontre de la partie charnue du mollet avec la cuisse. Dans une chute sur les pieds, si la flexion du genou est complète, le choc tend à déchirer le genou et le mollet remplit l'office de point d'appui du levier. Il faut résister ferme avec les muscles pour éviter des accidents. Le genou est toujours une articulation délicate, la moindre blessure y prend immédiatement un caractère de gravité. Toujours

surmené pendant la vie, il finit par refuser son service, c'est par le genou que finissent la plupart des acrobates, sauteurs, coureurs et vélocipédistes (fig. 93, 94 et 136).

L'emboîtement imparfait des surfaces articulaires du genou permet dans la flexion un déplacement du tibia sur les condyles

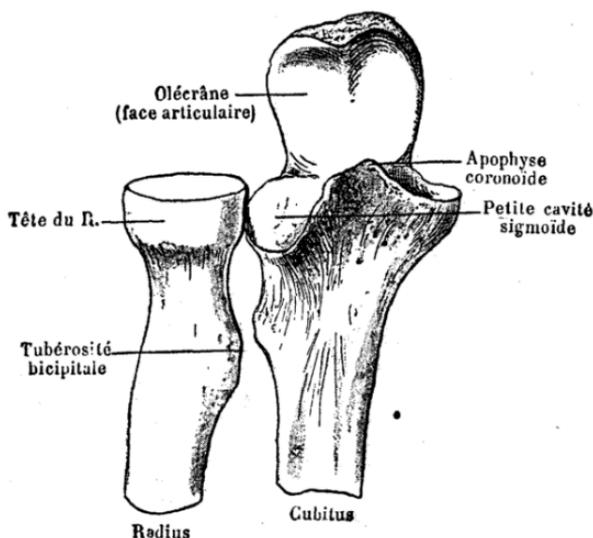


Fig. 90. — Surfaces articulaires du coude. Têtes du radius et du cubitus.

du fémur dans le genre de la pronation et de la supination, mais beaucoup plus vague et surtout plus réduit. Ces mouvements limités par les ligaments latéraux se passent exclusivement entre le fémur et le tibia ; le péroné n'a rien à y voir.

L'extension de la jambe est limitée au prolongement du fémur par la tension des ligaments. Le condyle du fémur a une forme en spirale et les ligaments externes s'insèrent en un point situé de telle sorte que pendant l'extension la distance entre les insertions des ligaments augmente. Ces ligaments se tendent et limitent le mouvement (fig. 95 et 96). Les muscles fléchisseurs ajoutent leur action pour soulager les ligaments.

MOUVEMENTS DU POIGNET. — L'articulation du poignet permet tous les mouvements de flexion, d'extension, de circumduction ; le mouvement de rotation lui est étranger, il provient de la

pronation et de la supination de l'avant-bras (fig. 97, 98 et 99).

Au poignet le radius s'articule avec le carpe ; au coude, au

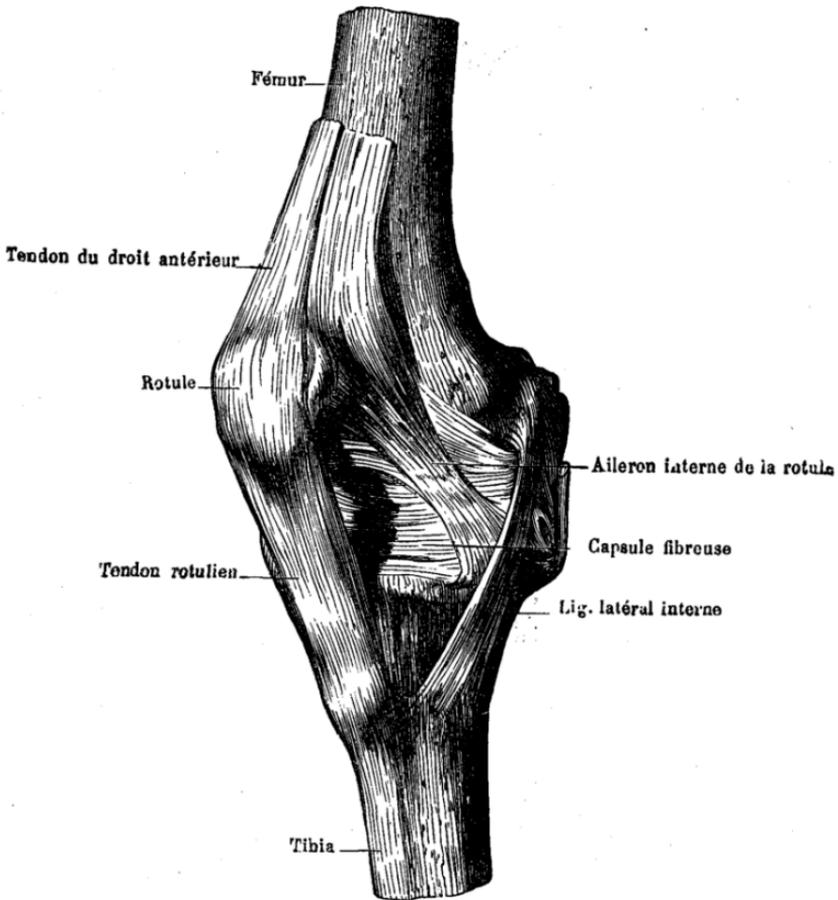


Fig. 91. — Articulation du genou avec ses ligaments.

contraire, le cubitus forme la plus grande partie de la charnière. La limite des mouvements est peu déterminée, aussi voit-on des personnes avoir une très grande amplitude dans les mouvements du poignet, toucher par exemple l'avant-bras avec les doigts en avant ou en arrière. Le poignet est encore une articulation fragile qu'il faut ménager ; une luxation lui enlève

toute sa solidité et toute sa souplesse. Une disposition fort remarquable permet aux doigts de se mouvoir dans toutes les positions du poignet.

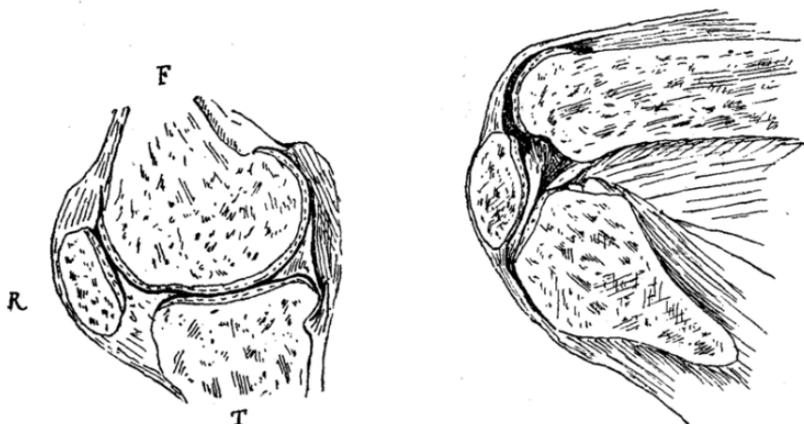


Fig. 92. — Coupe de l'articulation du genou dans l'extension et dans la flexion.

F, fémur; — T, tibia; — R, rotule.

Le ligament annulaire du carpe réunit les tendons des fléchisseurs du côté palmaire, ceux des extenseurs du côté dorsal de

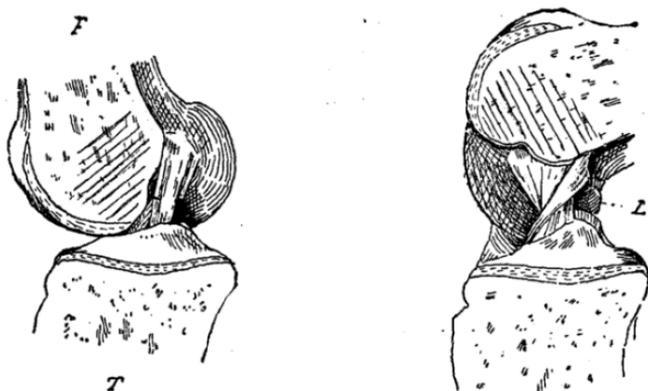


Fig. 93. — Coupe de l'articulation du genou dans l'extension et la flexion, montrant la tension des ligaments croisés limitant le mouvement.

la main et les empêche de s'écarter des os pendant les mouvements du poignet.



Fig. 94. — Flexion de la jambe sur la cuisse.



Fig. 95. — Extension de la jambe sur la cuisse.

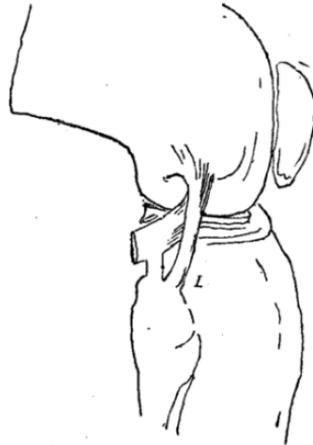
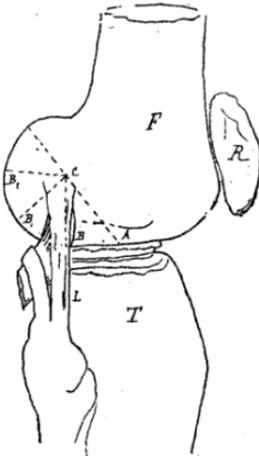


Fig. 96. — Mécanisme de la flexion du genou (d'après les frères Weber).

L, Ligament relâché dans la flexion et tendu dans l'extension parce que le point d'attache C au fémur F tend à s'éloigner, les rayons CB_2 , CB_1 , CB , CA augmentant à cause de la forme des condyles du fémur, ce qui limite l'extension. — T, tibia; R, rotule.

MOUVEMENTS DE LA CHEVILLE DU PIED. — A la cheville du pied

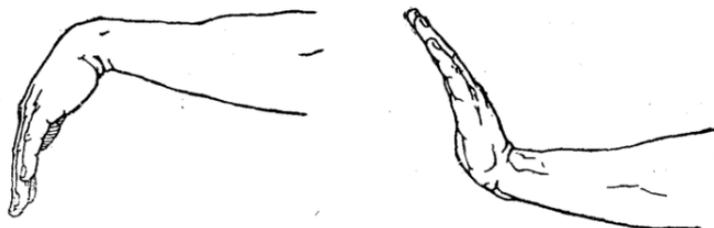


Fig. 97. — Flexion de la main. Fig. 98. — Extension de la main.

les mouvements de flexion et d'extension sont fort étendus,



Fig. 99. — Mouvement latéral de la main.

l'articulation ne permet que des mouvements confus de latéra-



Fig. 100. — Flexion du pied.

Fig. 101. — Extension du pied.

lité. Des ligaments solides et la forme des surfaces articulaires limitent le mouvement (fig. 100, 101, 102 et 103).

La poulie astragalienne présente une forme extrêmement

remarquable. Le pied peut exécuter un mouvement de circumduction grâce à la rotation du fémur. Le pied et la main ont des mouvements comparables entre eux ; il est curieux de remarquer que les mouvements analogues portent des noms différents ; la flexion du pied est l'analogue de l'extension de la main et la flexion de la main correspond à l'extension du pied, ceci dit pour éviter la confusion (fig. 104 et 105).

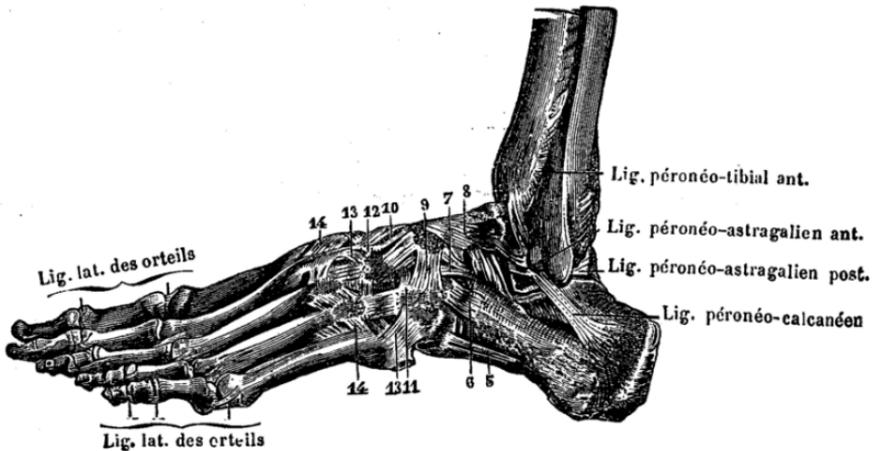


Fig. 102. — Ligaments des articulations du pied. Vue de la face dorso-externe du pied (DEBIERRE).

5, ligament calcanéocuboïdien plantaire ; — 6, ligament calcanéocuboïdien dorsal ; — 7, ligament scaphoïdien ; — 8, ligament astragalo-scaphoïdien ; — 9, ligament cuboïdo-scaphoïdien dorsal ; — 10, ligament cunéo-scaphoïdien ; — 11, ligament cunéo-cuboïdien ; — 12, ligaments cunéens ; — 13, ligaments tarso-métatarsiens ; — 14, ligaments transverses intermétatarsiens.

MOUVEMENTS DES DOIGTS. — La main mérite une étude en rapport avec l'importance de sa fonction ; les mouvements des doigts sont un exemple de synergie musculaire assez complexe (fig. 106, 107 et 108).

Les fléchisseurs superficiel et profond des doigts offrent une disposition anatomique remarquable : le tendon du fléchisseur profond traverse celui du fléchisseur superficiel et devenu à son tour superficiel, vient s'insérer à la troisième phalange. La fonction de ces fléchisseurs est de fléchir les deux dernières phalanges, d'étendre la première et de fléchir la main. Seuls ils donneraient à celle-ci la forme d'une griffe plutôt gênante

qu'utile (fig. 109 et 110). Mais d'autres petits muscles situés dans

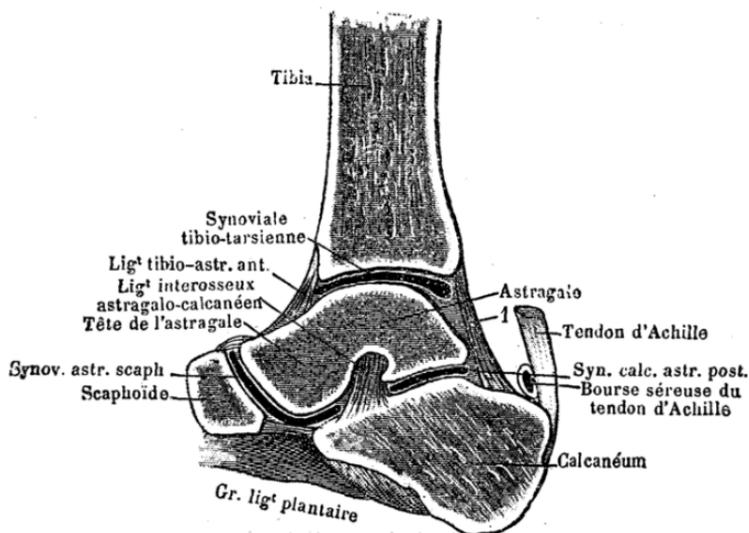


Fig. 103. — Coupe de l'articulation de la cheville du pied.

l'intérieur du métacarpe interviennent pour régulariser le mou-

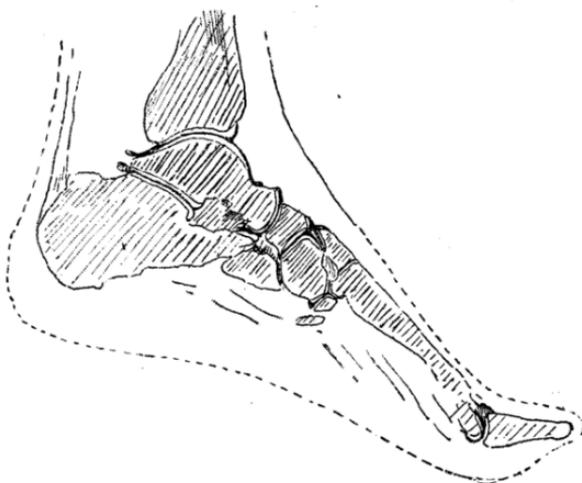


Fig. 104. — Extension du pied.

Coupe de l'articulation tibio-tarsienne montrant les rapports des surfaces articulaires et des os.

vement des doigts. La flexion de la première phalange est

exécutée par les interosseux. Ceux-ci sont doubles pour chaque espace interosseux, l'un occupe la région dorsale, l'autre la région palmaire de la main. S'insérant aux métacarpiens et aux premières phalanges, ils produisent la flexion de ces dernières, leur adduction et abduction par rapport au doigt médium et l'extension des deux dernières phalanges (fig. 111 et 112).

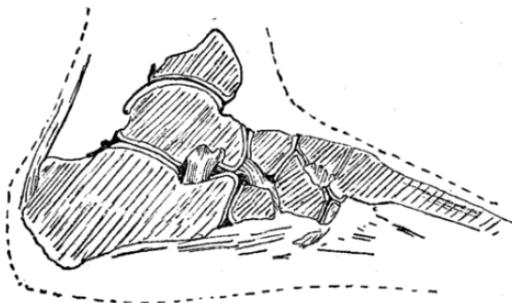


Fig. 105.— Coupe de l'articulation tibio-tarsienne dans la flexion du pied.

Les lombricaux joignent les tendons des fléchisseurs profonds à ceux des interosseux et ajoutent leur action dans le même sens.

La flexion directe des doigts ne peut donc se faire sans le



Fig. 106.— Flexion des doigts.



Fig. 107.— Extension des doigts.

concours des fléchisseurs superficiel et profond agissant sur les deux dernières phalanges aidés des interosseux et lombricaux fléchissant la première phalange et des extenseurs de la main s'opposant au mouvement de flexion (fig. 110).

De même, l'extension directe des doigts se fait par le concours de l'extenseur commun et extenseur propre qui étendent la première phalange, et celui des interosseux et lombricaux qui étendent les deux dernières phalanges. Les fléchisseurs de la main s'opposent à l'extension du poignet tendant à se produire.

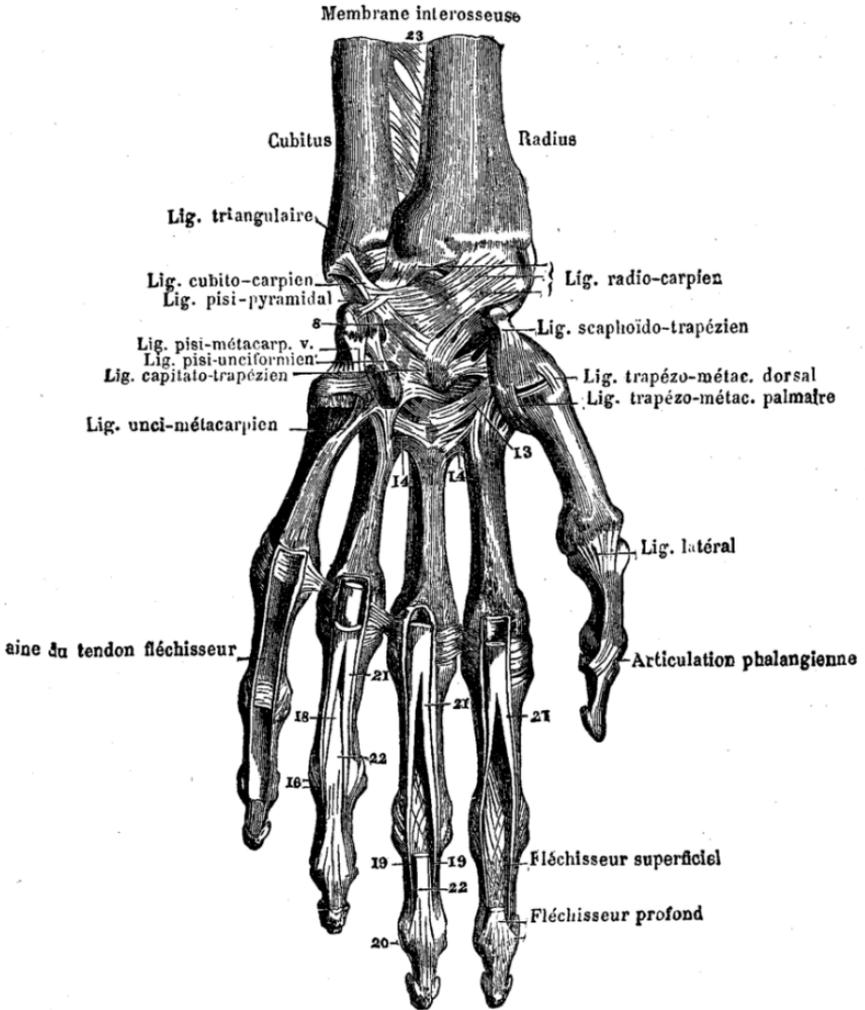


Fig. 108. — Ligament des articulations radio carpiennes, des os du carpe entre eux, des os du carpe avec les os du métacarpe et de ces derniers entre eux et avec les phalanges des doigts. Vue de la face palmaire de la main (DEBIERRE).

8, ligament cubito-pisiformien; — 13, ligament trapézo-métacarpien III; — 14, ligaments intermétacarpiens; — 16, ligament latéral des articulations phalangiennes; — 18, 22, tendon du long fléchisseur profond des doigts; — 21, tendon du fléchisseur commun des doigts.

Les fléchisseurs des doigts à force de se raccourcir finissent par produire la rétraction de l'aponévrose palmaire et la flexion

permanente des articles. Il faut faire un effort pour conserver les doigts étendus, dans les mouvements gymnastiques il sera

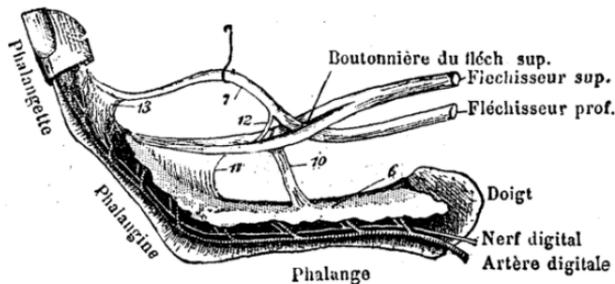


Fig. 109 — Vue latérale des tendons des muscles fléchisseurs des doigts (DEBIERRE).

6, gaine tendineuse fendue et rabattue sur le côté; — 10, freins latéraux du tendon fléchisseur superficiel; — 11, frein médian du même tendon; — 12, 13, freins du tendon fléchisseur profond.

bon de remédier à cette difformité en étendant fortement les phalanges.



Fig. 110. — Main présentant la forme de griffe à cause de l'atrophie des interosseux et lombri-caux (DUCHENNE DE BOULOGNE).

Tous les doigts de la main, particulièrement l'index ont des mouvements indépendants, l'annulaire et le petit doigt au contraire sont solidaires, les tendons extenseurs sont unis par une expansion tendineuse (fig. 113).

Cette solidarité fait le désespoir des pianistes et contribue à augmenter singulièrement la difficulté du jeu des instruments de musique en enlevant l'égalité des doigts, qualité si précieuse et si rare du mécanisme.

Il faut une étude spéciale et un travail persévérant pour remédier à ce que cette disposition présente d'inconvénients.

Le pouce est absolument indépendant. Ses long et court extenseur, son long abducteur agissent aussi sur la main; les muscles de l'éminence thénar, court abducteur, court fléchisseur, adducteur et opposant sont spécialement affectés à ses mouvements.

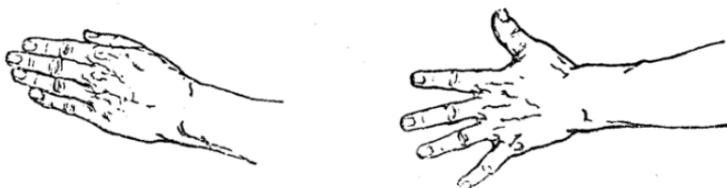


Fig. 113. — Tendons des extenseurs de l'annulaire et du petit doigt réunis par une bandelette aponévrotique L.



Fig. 111. — Extension et adduction des doigts.

Fig. 112. — Écartement des doigts.



Fig. 114. — Flexion des orteils.



Fig. 115. — Extension des orteils.

MOUVEMENTS DES ORTEILS. — Les mouvements des orteils différent des mouvements des doigts, ils sont réduits ; la flexion prédomine aux doigts, l'extension aux orteils, les mouvements d'abduction des doigts sont presque nuls. Le pied toujours enfermé dans des chaussures étroites est devenu un simple organe de soutien du corps. Les orteils sont généralement rabougris et atrophiés. Mais chez l'enfant, chez l'homme qui porte des chaussures convenables, des sandales ou qui marche nu-pieds, la mobilité des orteils existe encore (fig. 114 et 115).



Fig. 116. — Danseuse se tenant en équilibre sur l'extrémité des orteils.

Il est notoire que le pied peut acquérir par l'exercice et des soins une délicatesse comparable à celle de la main. On connaît des artistes peignant avec le pied et des sujets nés manchots se servant du pied pour les usages les plus variés et les plus fins.

Les Japonais, certaines peuplades grimpent à une perche en se servant du pouce pour la saisir. Nous voyons encore ici l'influence de l'éducation sur la structure d'un organe.

Les danseuses de nos théâtres s'exercent à se tenir sur la pointe des orteils, c'est là un abus de la fonction. Le pied de ces danseuses est complètement déformé et présente généralement une luxation du gros orteil (fig. 116).