

1882, IV, 20

25. A. B.



QUELQUES REMARQUES SUR LE MÉCANISME DE L'ARTICULATION DU COUDE,

PAR

W. EINTHOVEN.

I.

La pronation et la supination de la main peuvent s'accomplir, comme on sait, le *cubitus restant fixe*. Ordinairement, toutefois, nous opérons ces mouvements de telle sorte que le *cubitus* aussi *se meut* manifestement. Pour mettre cette rotation en évidence, on n'a qu'à introduire le poignet dans un anneau fixe, ou à le serrer entre le pouce et le doigt médian de l'autre main, puis à exécuter les mouvements de pronation et de supination.

M. Lecomte ¹⁾ a cherché à expliquer cette rotation de la main par un mouvement *spécial* du cubitus dans l'articulation huméro-cubitale. Une mention détaillée de cette explication a été faite, par M. van Braam Hoekgeest, dans la nouvelle édition du traité d'anatomie de M. Fles. On verra toutefois plus loin que l'argumentation de M. Lecomte n'est pas concluante, vu qu'elle repose sur une hypothèse inexacte, celle de l'immobilité de l'humérus durant la rotation.

J'essaierai ici d'expliquer la rotation de la main par une combinaison de mouvements s'exécutant dans des mécanismes articulaires simples et *connus*. Je montrerai ensuite comment, sans mécanisme spécial dans l'articulation du coude, l'avant-bras s'allonge ou se raccourcit pendant cette rotation. Enfin, je

¹⁾ „Le coude et la rotation de la main”, par le Dr. O. Lecomte, dans: *Archives générales de médecine*, août 1874, et mai et juin 1877.

dirai quelques mots de l'action d'un des nombreux muscles de l'avant-bras, le carré pronateur.

Mais, avant tout, je dois mentionner que M. Koster ¹⁾ a déjà contesté les assertions de M. Lecomte. Il a signalé un mouvement latéral du cubitus dans l'articulation huméro-cubitale, mouvement qui paraissait rendre superflues les considérations auxquelles M. Lecomte avait eu recours. On peut se demander, toutefois, si ce mouvement latéral suffit à expliquer comment la main, dans toutes les positions de l'avant-bras, peut tourner autour d'un axe quelconque. Quant à déterminer quelle part de la rotation doit être attribuée à ce mouvement latéral, et quelle autre au mouvement de l'humérus, cela serait assez difficile et n'est d'ailleurs pas essentiel pour l'intelligence du mécanisme de l'articulation du coude.

II.

Pour expliquer comment la rotation de la main, dans l'anneau fixe, est possible à l'aide du mouvement de l'humérus, nous commencerons par décrire exactement une rotation de 90°. La fig. 1 représente la coupe transversale du poignet, environ au niveau des extrémités du radius et du cubitus. Figurons-nous le corps dans l'attitude verticale, le bras appliqué contre la paroi du thorax, l'avant-bras fléchi d'environ 90°, la main en supination (position *A*). *AFCG* est la tête du cubitus, *CE* l'épiphyse du radius, et toutes les deux sont embrassées par l'anneau de Lecomte, *ALEO*. Le point *B* est le centre de la tête du cubitus, *M* le centre du poignet et par conséquent aussi de l'anneau de Lecomte.

Si l'on fait exécuter à la main une demi-pronation, le cubitus restant fixe, l'extrémité du radius, qui occupe la position *CE*, tournera autour de *B*, jusqu'à ce qu'elle soit arrivée dans la position *FE'*. Le centre du poignet, et par conséquent de l'anneau, *M*, se trouvait, à l'origine, sur la ligne horizontale

¹⁾ *Weekblad van het Nederlandsch Tijdschrift voor Geneeskunde*, 1880, p. 213.

A E. Maintenant, le centre M^1 se trouve sur la ligne horizontale HK , de sorte que, dans une pareille demi-pronation, l'anneau de Lecomte est déplacé à une distance BM^1 vers le haut ¹⁾. Mais le centre M était aussi situé, à l'origine, sur la verticale LO , tandis que maintenant le centre M^1 tombe sur la verticale GE^1 ; il est donc évident que, par l'effet de la demi-pronation, l'anneau de Lecomte se trouve porté de $ALEO$ en GHE^1K , c'est-à-dire, que, outre le chemin BM^1 vers le haut, il parcourt aussi un chemin égal BM de dehors en dedans.

Si, au contraire, le cubitus ne reste pas en place lors de la demi-pronation, mais qu'une combinaison de mouvements puisse avoir lieu, et si l'anneau est maintenu fixe, de manière que la main soit obligée d'opérer une rotation, la tête du cubitus devra exécuter un mouvement opposé au mouvement circulaire de l'extrémité du radius; elle devra, s'écartant d'une distance BM^1 vers le bas et d'une distance égale BM latéralement, se porter de B en B^1 . Le mouvement vers le bas est possible dans l'articulation huméro-cubitale (extension de l'avant-bras), le mouvement latéral, par une légère rotation de l'humérus autour de son axe longitudinal. Le radius devra suivre le cubitus dans ses mouvements, avec ce résultat que son extrémité ne viendra plus se placer dans la position FE^1 , mais dans la position PL . Pendant la rotation, l'arc AG de la tête du cubitus glisse le long de l'arc AO de l'anneau, de sorte que G vient tomber en O ; et le point E du radius glisse sur l'arc EL de l'anneau, de façon que E vient coïncider avec L . Dans notre figure, nous avons laissé la coupe ACE se déplacer dans le même plan frontal. En réalité, il en est un peu autrement, mais cela n'a pas d'influence sensible sur notre explication. La face terminale du radius est à peu près perpendiculaire à son axe de rotation, ce qui fait que dans la position A elle est verticale et que, lors de la pronation et de la supination, elle se meut à peu près dans le même plan, lequel toutefois, en raison de

¹⁾ Les directions des mouvements sont données relativement à la position A .

la position de la tête du radius, est déplacé, parallèlement à lui-même, en arrière. Ce plan fait un angle avec le plan frontal, attendu que l'axe de rotation n'a pas la direction sagittale, mais passe par les centres de la tête du cubitus et de la tête du radius ¹⁾. En outre, les mouvements latéraux et ascendants ou descendants de la tête du cubitus ne s'opèrent pas suivant des lignes droites, mais suivant des arcs de cercle ayant pour centre l'articulation du coude.

Après avoir indiqué les mouvements *possibles* de l'avant-bras, nous allons en montrer la nécessité. Remarquons que les trois genres de mouvements, — pronation et supination de la main, flexion et extension de l'avant-bras, rotation de l'humérus, — sont indépendants l'un de l'autre, et que, dans ce que nous savons des muscles auxquels ces mouvements sont dus, il n'y a rien qui s'oppose à ce que nous nous les représentions unis en une combinaison quelconque. Dès lors, il paraît extrêmement probable qu'une pareille combinaison s'opère réellement. Et si nous considérons qu'on est bien maître de l'effet de l'action musculaire, mais non du choix des muscles par lesquels cet effet sera produit, que par conséquent, au moindre effort, on est probablement obligé de laisser concourir tous les muscles qui peuvent tant soit peu favoriser l'effet, — nous serons très tentés de conclure, tout en admettant avec M. Koster le mouvement latéral du cubitus dans l'articulation du coude, que, lorsqu'il s'agit de déployer une certaine force, les muscles rotateurs de l'humérus doivent contribuer à faire atteindre le but, que l'humérus *doit* exécuter une rotation. Effectivement, il n'est pas difficile de rendre le fait sensible. Qu'on pose le bras à plat sur une table, l'avant-bras faisant avec lui un angle de 90° et étant dirigé verticalement; qu'on glisse ensuite sous les deux

¹⁾ Il serait peut-être très intéressant de connaître le mouvement *exact* de la face terminale du radius et les conséquences qui doivent en résulter pour l'ensemble de l'articulation de la main. Mais l'examen de cette question nous mènerait trop loin, de sorte que je dois me résigner ici à faire un usage répété du mot „à peu près”.

épicondyles de l'humérus quelques feuillets de papier ou un livre mince, laissant tout juste l'espace nécessaire pour qu'on puisse encore placer sous chaque épicondyle un doigt, qui se trouve alors serré entre l'épicondyle et le livre. Les choses ainsi disposées, on fera d'abord tourner l'humérus autour de son axe longitudinal, sans combinaison avec d'autres mouvements, de manière que le poignet entier se porte alternativement à droite et à gauche, et que l'amplitude de ses oscillations soit à peu près égale à sa largeur. On percevra alors très distinctement le mouvement ascendant et descendant des deux épicondyles, surtout celui de l'épicondyle interne. Si ensuite on maintient immobile l'anneau de Lecomte et qu'on exécute la rotation de la main, on observera dans les épicondyles un mouvement ascendant et descendant à peu près de même étendue que précédemment; mais si le cubitus est maintenu fixe autant que possible, et qu'on opère la pronation et la supination de la main, les mouvements susdits ne se produiront pas.

Dans ce qui précède, nous nous sommes occupés de la rotation principale de la main, celle qui a lieu autour d'un axe passant par le milieu du poignet; il me reste à montrer brièvement comment, tout à fait suivant les mêmes principes de mouvement, le poignet peut tourner autour d'un autre axe quelconque. La fig. 2, qui représente ce cas, n'a presque pas besoin d'explication. M est un point arbitrairement choisi sur la ligne AD . Autour de M comme centre, le poignet tourne de telle sorte que 1° la tête du cubitus est portée de B en B^1 , l'arc AC de cette tête se mouvant le long de l'arc AC^1 , et A venant se placer en A^1 , C en C^1 ; et que 2° l'extrémité du radius est portée de ED en E^1D^1 , le point D se mouvant suivant l'arc DD^1 jusqu'en D^1 , et le point E suivant l'arc EE^1 jusqu'en E^1 . Nous nous représentons l'axe, autour duquel le poignet tourne, comme complètement déterminé par la combinaison des deux mouvements: *flexion* ou *extension* de l'avant-bras et *rotation* de l'humérus; et puisque ces mouvements peuvent être combinés d'une infinité de manières, le nombre des axes est également infini.

III.

S'il est facile d'expliquer la rotation de la main par la disposition connue de quelques articulations simples, il est non moins aisé de montrer que l'avant-bras, — sans aucun changement dans la position du cubitus par rapport à l'humérus, — se raccourcit pendant la rotation de dehors en dedans, et s'allonge pendant la rotation de dedans en dehors. M. Lecomte a attiré l'attention sur le fait que c'est aussi avec le premier de ces mouvements que nous desserrons une vis et l'attirons à nous, avec le second, que nous la serrons et l'éloignons de nous.

Dans la fig. 3, $ABCD$ représente une coupe horizontale (position A) de l'avant-bras. Le cubitus est figuré par BD , le radius par AC , et l'humérus par AB , de sorte que la longueur de l'avant-bras est indiquée par HK . Lorsque la main a exécuté une rotation de 180° , l'humérus a tourné de AB en EF . Le cubitus a conservé sa position par rapport à l'humérus, — pour simplifier, nous les avons représentés perpendiculaires l'un à l'autre, — et s'est déplacé de BD en FC (on voit facilement, sur la figure, pourquoi $CF = CA = DB$). Le radius s'est porté de AC en EG (pour la construction de EG , nous avons, de E comme centre, avec AC pour rayon, décrit un arc de cercle, qui coupe BD en G), de sorte que, après la rotation, l'avant-bras est représenté par $EFCG$, et sa longueur, qui a diminué d'une quantité KL , à cause du croisement des deux os de l'avant-bras, par HL . Le raccourcissement est toutefois un peu moindre, parce que la tête du radius n'est pas perpendiculaire à l'axe de rotation (voir p. 292).

IV.

Pour celui qui lit les articles de M. Lecomte, il est évident que dans ses expériences l'humérus n'a jamais été immobile. Son explication du mécanisme de la pronation et de la supination est donc inexacte et je puis me dispenser de réfuter ses idées au sujet de l'action musculaire, idées qui s'éloignent tout à fait de la doctrine généralement admise. Fortuitement, toutefois, l'opinion

de M. Lecomte concernant le muscle carré pronateur (suivant lui, un supinateur du cubitus) s'accorde avec une vue émise par des anatomistes célèbres ¹⁾, et d'après laquelle l'enroulement de ce muscle *autour du cubitus* ferait effectivement songer plutôt à la fonction de supinateur. Je tâcherai donc de montrer brièvement que la situation occupée par le muscle est la seule qui puisse donner lieu à une pronation complète du radius.

Dans la fig. 4, qui doit représenter la coupe transversale de l'avant-bras, un peu en arrière des épiphyses des deux os fistuleux, CD indique le cubitus, EF le radius. Supposons, provisoirement, que l'axe autour duquel tourne le radius passe exactement par le centre A de la coupe du cubitus. Après une demi-pronation, EF se trouve dans la position $E^1 F^1$, et après une pronation entière, dans la position $E^2 F^2$. Remarquons que le muscle est d'abord étendu suivant $KCHG$, puis suivant KCG^1 , et finalement de K en G^2 . Il se raccourcit donc de HC à K . La quantité du raccourcissement, multipliée par la force de la contraction, donne le travail exécuté. Si l'on désigne AH par r et la force avec laquelle le muscle se contracte par P , le travail exécuté est $= Pr\pi$.

Ce résultat est entièrement d'accord avec celui que nous obtenons en décomposant la force. Soit $GL = P$, GM est alors la composante dont il faut tenir compte. Désignons-la par p et l'angle LGA par α , et remarquons que α a dans toutes les positions la même grandeur, de sorte que p aussi conserve toujours une valeur égale. En désignant AG par a , le travail exécuté dans une pronation entière est $= pa\pi$. Mais on a $p = P \sin \alpha$ et $a = \frac{r}{\sin \alpha}$, donc $pa\pi = Pr\pi$.

Nous avons fondé ces considérations et ce calcul sur la supposition que le radius EF tournait autour du centre A du cubitus CD (fig. 4). En réalité, cela n'est pas le cas. Le carré pronateur s'étend sur une hauteur déterminée, commençant aux

¹⁾ *Lehrbuch der Anatomie des Menschen* von Hyrtl, 1881, p. 492.

épiphyses et finissant à environ $\frac{3}{4}$ de décimètre au-dessus. Juste aux faces terminales des épiphyses, le radius tourne autour du centre de la tête du cubitus; mais, un peu plus haut, le centre de rotation se porte de plus en plus vers le côté et vers le haut. Les fig. 5, 6 et 7 représentent le mouvement du radius autour d'un centre situé respectivement à l'intérieur, à la périphérie et à l'extérieur du cubitus. Pour la commodité, le radius a été figuré par un cercle dans les fig. 6 et 7.

En ce qui concerne l'influence d'un pareil déplacement du centre de rotation, nous remarquerons que, lors d'une rotation de 360° , (théoriquement) le radius ne s'entoure d'aucune partie du muscle, tandis que le cubitus en reçoit un tour entier. Dans une semblable rotation, le travail total du muscle reste donc, — que le centre de rotation soit situé au centre du cubitus ou en dehors, — toujours le même. Mais, dans ce dernier cas, la composante de la force n'a plus la même valeur pour toutes les positions.

Dans la fig. 5, où le centre de rotation se trouve encore en dedans de la périphérie du cubitus, la composante, bien que variable, est toujours positive. Sa valeur est déterminée par les angles α , β , etc.

Dans la fig. 6, où le centre de rotation tombe juste *sur* la périphérie, il y a une position, B^3 , — lorsque le contact du muscle avec le cubitus A se fait exactement au point de rotation M , — pour laquelle la composante est $= 0$. Pour toutes les autres positions, elle est positive.

Dans la fig. 7, où le centre de rotation M est situé en dehors de la périphérie, nous trouvons deux positions B^3 et B^5 , — lorsque la portion rectiligne du muscle, ou bien son prolongement, passe par le centre de rotation, — pour lesquelles la composante est $= 0$. Durant le trajet de B^5 à B^3 , en passant par B^1 et B^2 , elle est positive, mais dans le trajet de B^3 à B^5 , par B^6 , elle a une valeur négative.

Tant que la composante est positive, le muscle agit dans le sens de la pronation. Quand elle est nulle, le muscle ne peut

produire aucun mouvement. Et lorsqu'elle est négative, il fonctionne dans le sens de la supination. Tout cela résulte clairement des figures et n'a pas besoin d'être appuyé de plus de détails.

Nous devons observer en outre, que maintenant, dans certaines positions, le muscle s'enroule bien dûment, quoique dans une faible mesure, autour du radius. L'enroulement est représenté dans la fig. 5 par les angles KG^2N et HG^4P , dans la fig. 6 par les angles G^1B^1P , etc., dans la fig. 7 par les angles G^1B^1P , etc.

On peut encore se demander dans quelles conditions l'enroulement se fait autour du radius, au lieu de se faire autour du cubitus. C'est lorsque le radius, bien que tournant autour d'un axe, reste constamment au même côté du cubitus. La fig. 8 sert à éclaircir ce point. Le cercle A y représente le cubitus, les cercles B, B^1 , etc. le radius dans ses différentes positions.

Nous rencontrons ici de nouveau deux positions, B^3 et B^5 , dans lesquelles la composante est $= 0$. La partie rectiligne du muscle, G^5D ou G^3D , ou bien son prolongement, passe alors aussi par le centre de rotation M . Pendant le trajet de B^5 à B^3 , par B, B^1 et B^2 , la composante est positive, pendant le reste du parcours, négative.

Un mouvement de ce genre serait produit s'il y avait un carré pronateur situé plus près de la tête du radius que de la tête du cubitus.

Les considérations que je viens de présenter sur le mécanisme de la pronation et de la supination ont reçu un accueil favorable de M. le professeur Koster, mon maître respecté, qui a bien voulu m'aider aussi de ses précieux conseils pour la rédaction de cet article. Je lui en témoigne ici ma sincère reconnaissance.

UTRECHT, juin 1882.

Cet article était écrit depuis longtemps, quand parut, dans

L'„*Archiv für Anatomie und Physiologie von His, Braune und Du Bois-Reymond, Anatom. Abtheil., 1882, p. 169*”, le compte rendu des recherches de MM. Braune et Flügel sur le mécanisme de la pronation et de la supination. Je prends la liberté de faire remarquer ici, en passant, que ces observateurs n'ont pas eu une idée nette de la combinaison de la rotation de l'humérus avec celle du radius autour du cubitus. Cela ressort surtout de ce qui est dit p. 172: „*Die rechtwinklige Beugestellung im Elbogengelenke wurde dem Arm gegeben, um etwaige Rotationen des Humerus auszuschliessen*”. Comme si, lorsque l'avant-bras est fléchi à angle droit, l'humérus ne pouvait pas tourner sur lui-même, synergiquement avec la pronation ou la supination dans l'articulation du coude!

Plus loin, MM. Braune et Flügel disent bien qu'ils ont fixé le bras (encore attaché au cadavre) sur une table au moyen de vis, mais je doute fort que, même ainsi, ils aient complètement empêché la rotation de l'humérus autour de son axe longitudinal. Un bras détaché du cadavre, mais encore couvert des muscles et des téguments, ayant été fixé par moi dans un étau, j'ai vu, nonobstant cela, l'humérus se mouvoir quand je faisais exécuter aux os de l'avant-bras la pronation ou la supination. On ne peut rendre l'humérus absolument immobile qu'en serrant dans l'étau l'os lui-même, dépouillé des muscles.

Même en opérant ainsi, l'expérience de Lecomte, avec l'anneau autour du poignet, n'en réussit pas moins, comme l'ont trouvé également MM. Braune et Flügel. Il *doit* donc y avoir alors participation du cubitus au mouvement. C'est effectivement ce qu'admettent MM. Braune et Flügel; mais leur „*Schlottern*” de l'articulation huméro-cubitale et leurs „*Hebelbewegungen*” du cubitus ne sont autre chose que l'expression imparfaite du „mouvement latéral” du cubitus (combiné avec des mouvements de flexion et d'extension dans l'articulation huméro-cubitale), que M. Koster avait déjà décrit, beaucoup plus clairement, il y a deux ans.

Fig 1

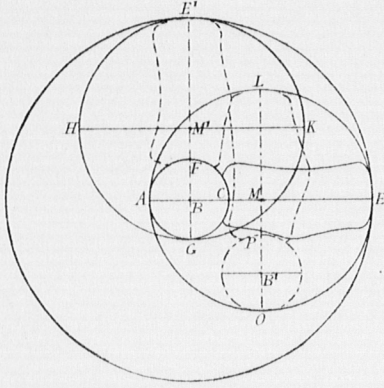


Fig 2

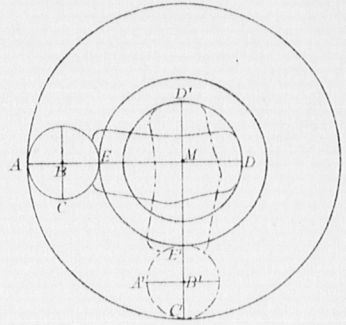


Fig 3

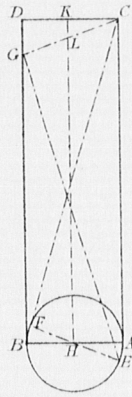


Fig 4

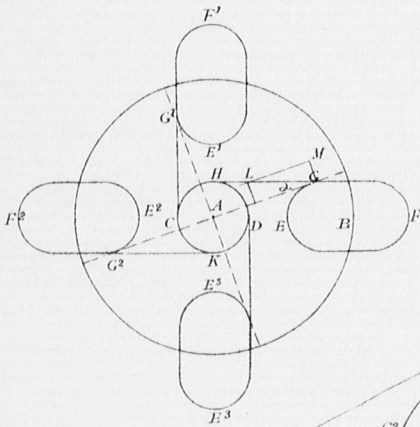


Fig 5

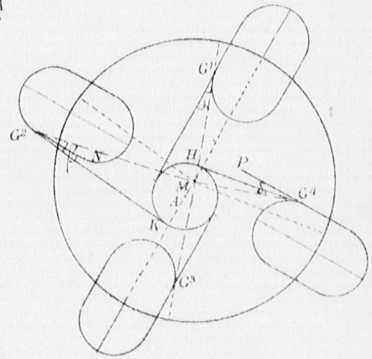


Fig 8

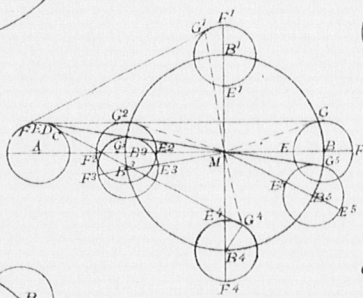


Fig 6

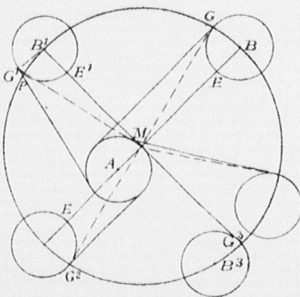
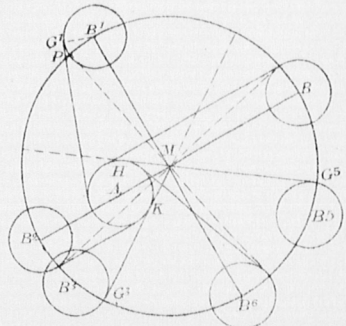


Fig 7



c.4656

