Zeitschrift: Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles

Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles

Band: 34 (1898)

Heft: 130

Artikel: De l'action mécanique des muscles des doigts et du poignet ; de la rétraction des muscles après la section de leur tendon

Autor: Besser, Lydie Egon de

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-265374

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles.
Vol. XXXIV. N° 130. 1898.

I. De l'action mécanique des muscles des doigts et du poignet.

II. De la rétraction des muscles après la section de leur tendon

PAR

LYDIE EGON DE BESSER (de St-Pétersbourg)

Travail exécuté
au Laboratoire d'anatomie de l'Université de Lausanne,
sous la direction de M. le prof. E. Bugnion.

INTRODUCTION

Chacun peut observer sur soi-même qu'il est impossible de plier entièrement le poignet lorsque les doigts sont complètement fléchis. La flexion palmaire du carpe, qui atteint normalement une amplitude de 80 à 90°, ne dépasse pas 25° quand les phalanges sont repliées en crochet et appliquées fortement les unes contre les autres. Quelques mains privilégiées, douées d'une souplesse extraordinaire, font seules exception à cette règle.

D'où provient la difficulté que l'on éprouve à fléchir le poignet lorsque les doigts sont repliés?

On pourrait penser, a priori, à une *insuffisance* des fléchisseurs communs, en ce sens que ces muscles ne pourraient pas se raccourcir assez pour fléchir en même temps les phalanges et le poignet; mais cette explication est rendue peu probable : 1° parce que le carpe possède ses fléchisseurs propres: le grand palmaire, le palmaire grêle, le cubital antérieur, dont l'action n'est pas diminuée par la flexion des doigts; 2° parce que quand les doigts sont repliés, nous ne pouvons pas augmenter *passivement* la flexion du poignet en agissant avec l'autre main sur la main en expérience.

S'il s'agissait d'une simple insuffisance des fléchisseurs, une pression exercée sur le dos de la main augmenterait l'amplitude de la flexion. Au surplus, si l'on exagère un peu la flexion du poignet à l'aide de l'autre main, on sent une tension parti-

culière et même une légère douleur dans la région de l'extenseur commun des doigts.

Ceci nous amène à la véritable explication du fait observé. L'impossibilité que l'on éprouve à fléchir complètement le poignet lorsque les doigts sont eux-mêmes repliés est due à la résistance de l'extenseur commun; elle provient de ce que ce muscle, agissant comme antagoniste, ne peut pas s'allonger assez pour permettre aux mouvements de flexion de s'effectuer librement.

L'expérience pratiquée sur le cadavre prouve que c'est bien la brièveté de l'extenseur qui est en jeu. En effet, les tendons de ce muscle sont fortement tendus lorsque l'on tient les doigts fléchis en même temps que le poignet, et puis, si l'on coupe ces tendons au moment où la main presse sur le métacarpe, on constate que l'amplitude de la flexion augmente subitement et que les bouts des tendons sectionnés s'écartent notablement les uns des autres.

Bien que ces faits se comprennent sans difficulté, il m'a paru intéressant d'étudier de plus près l'action des fléchisseurs des doigts et du poignet, en tenant compte de l'extensibilité des extenseurs.

La question de savoir de combien nos muscles se raccourcissent pour effectuer tel ou tel mouvement est encore imparfaitement résolue. On ne sait pas non plus d'une manière précise dans quelle proportion un muscle agissant comme antagoniste se laisse étirer au cours des mouvements qu'il doit subir [1].

Il est vrai que la contractibilité, l'extensibilité et l'élasticité des muscles ont fait l'objet d'un très grand nombre de travaux. Mais la plupart de ces travaux se rapportent aux propriétés intimes du tissu musculaire. Ce sont des expériences de laboratoire portant essentiellement sur les muscles de la grenouille, sur les muscles détachés du corps. Nous n'avons en revanche, à part les observations d'Edouard Weber, que fort peu de renseignements sur l'action des muscles humains étudiés in situ.

Il importe donc d'entreprendre de nouvelles recherches. Il faudrait déterminer pour chacun de nos muscles : 1° le degré d'extension (allongement, étirement) correspondant aux diverses positions des os ; 2° la mesure du raccourcissement en rapport avec le mouvement à exécuter.

[1] Cette question est difficile à élucider par le fait que les muscles antagonistes se contractent plus ou moins tout en se laissant étirer

Le problème qui nous occupe n'est pas exclusivement théorique; il a de l'importance au point de vue chirurgical et mérite à cet égard l'intérêt des praticiens. La question de savoir, par exemple, de combien de centimètres s'écartent les bouts d'un tendon rompu ou coupé par accident intéresse très directement le chirurgien qui se propose de suturer le dit tendon. Des notions exactes relatives aux glissements et aux déplacements des tendons trouveraient des applications utiles dans les opérations nécessitées par les ténosynovites, les contractures, les positions vicieuses des doigts et des orteils. Il serait utile également, au point de vue pratique, de savoir à quel moment s'arrête l'allongement normal (physiologique) des muscles et dans quelles conditions se produisent les élongations forcées, douloureuses, ainsi que les ruptures de faisceaux charnus confondues parfois sous le nom d'*efforts musculaires.*

Une de mes élèves, Mlle Lydie Egon de Besser, ayant manifesté le désir de faire sa thèse de doctorat sur une question d'anatomie, je lui proposai d'étudier les muscles des doigts et du poignet au point de vue indiqué. Je l'engageai : 1° à mesurer le raccourcissement des fléchisseurs et l'étirement des extenseurs correspondant aux divers temps de la flexion et inversément le raccourcissement des extenseurs et l'élongation des fléchisseurs correspondant aux divers degrés de l'extension ; 2° à revoir exactement sur le cadavre les insertions de ces muscles et à noter la longueur de leurs faisceaux charnus. Ces dernières mesures devaient être prises dans le but spécial de déterminer le degré de raccourcissement et d'étirement *en rapport* avec la longueur naturelle des fibres musculaires. Enfin, il s'agissait encore de résoudre la question de savoir dans quelle proportion un muscle se rétracte chez le vivant après la section de son tendon, question qui se rattache directement à notre sujet, et qui, malgré son importance théorique et pratique, paraît avoir été peu étudiée jusqu'à ce jour.

Mlle de Besser s'est vouée à son travail avec un zèle et une persévérance qui ne se sont pas démentis un seul instant. Elle a apporté un soin particulier à la partie expérimentale, la plus importante et la plus difficile de cette étude. Aussi a-t-elle obtenu une riche moisson de faits nouveaux et intéressants, digne couronne de ses efforts.

Prof. E. Bugnion.

OUVRAGES CITÉS

A. — Dans la première partie.

I. DUCHENNE. — De l'électrisation localisée. Paris, 1861.

II. HENKE. — Handb. der Anatomie u. Mechanik der Gelenke. Leipzig u. Heidelberg, 1863.

III. DUCHENNE. — Physiologie des mouvements. Paris, 1867.

IV. EUG. FICK. — Zur Mechanik des Kniegelenks. *Arch. für Anat u. Entw.*, 1877, p. 439.

V. EUG. FICK et EM. WEBER. — Anatomisch-mechanische Studie ueber die Schultermuskeln. *Verh. der phys. med. Ges. zu Würzburg.* Vol. XI, 1877, p. 123-152 et 257-294.

VI. EM. WEBER. — Ueber das Verhalten der Vorderarmmuskeln zu den Hand- u. Fingergelenken Diss. *Verh. der phys. med. Ges. zu Würzburg.* Vol. XV, 1880.

VII. E. BUGNION. — Le mécanisme du genou. *Recueil inaugural de l'Univ. de Lausanne*, 1892.

B. — Dans la seconde partie.

VIII. PETIT. — Maladies des os. Tome II. Paris 1784.

IX. GERDY. — Physiologie médicale didactique et critique. Paris, 1833.

X. ED. WEBER. — Muskelbewegung. im *Handwörterbuch der Physiologie von R. Wagner.* Vol. III, 2e p., 1846.

XI. BILLROTH. — Allg. Pathologie u. Therapie. Berlin, 1871.

XII. KÖNIG. — Lehrb. der speciellen Chirurgie. Vol. III. Berlin, 1881.

XIII. KÖLLIKER. — *Centralblatt für Chirurgie.* 1880, no 6, et 1881, no 8.

XIV. O. WITZEL, — Ueber Sehnenverletzungen u. ihre Behandlung. *Samml. Klinischer Vorträge*, no 291, 1887, p. 2654-2673.

XV. E. KUMMER. — L'extirpation totale de la rotule. *Revue méd. de la Suisse romande.* 1889, p. 722.

XVI. J.-L. REVERDIN. — *Revue méd. de la Suisse romande.* 1891, p. 234,

XVII. S. SOUTTER. — Un cas de fracture de la rotule. *Revue méd. de la Suisse romande.* 1893, p. 56.

XVIII. J.-L. REVERDIN. — *Revue méd. de la Suisse romande.* 1894, p. 402.

XIX. KRAFFT. — Cas de suture tendineuse illégitime. — *Revue méd. de la Suisse romande.* 1864, p. 626. — Observation suivie de quelques remarques du prof. E. BUGNION.

XX. L. MOYNAC. — Eléments de pathologie et de clinique chirurgicale. Paris, 1894.

I. DE L'ACTION MÉCANIQUE DES MUSCLES DES DOIGTS ET DU POIGNET

Le moment ou effet mécanique d'une force appliquée à une tige rigide étant donné par la puissance de traction multipliée par le bras de levier, il faut pour connaître l'action rotatoire d'un muscle sur un ginglyme et en général sur une articulation à un axe, multiplier la puissance de ce muscle par son bras de levier, c'est-à-dire par la perpendiculaire abaissée du centre de rotation sur la ligne de traction. S'il s'agit d'une articulation en selle ou encore d'une condylienne, il faut déterminer l'effet rotatoire du muscle par rapport aux deux axes perpendiculaires l'un sur l'autre qui caractérisent ces genres d'articulations.

Or, comme le moment d'un muscle rapporté à l'axe de rotation est directement proportionnel au raccourcissement ou à l'élongation que subit ce muscle au cours du mouvement [1], il suffit, pour déterminer l'effet de plusieurs muscles agissant sur une articulation, de mesurer le raccourcissement ou l'élongation que subissent ces muscles pour un mouvement de même amplitude et de comparer les chiffres obtenus (Emmanuel Weber).

Je me suis servie pour mesurer l'étirement et le raccourcissement des muscles d'un procédé qui a été indiqué par le Dr Eugen Fick (IV, p. 439), en 1877, et utilisé dès lors par le Dr Emmanuel Weber (VI, p. 4) dans son étude sur les muscles de l'avant-bras, ainsi que par le prof. Bugnion (VII, p. 27 et 34) dans son travail sur le mécanisme du genou.

Ce procédé consiste à représenter le muscle sur lequel on opère par un cordon qui est attaché d'une part au tendon terminal conservé intact, tandis qu'il glisse d'autre part dans un anneau fiché dans l'os au niveau de l'insertion fixe. Le cordon, qui passe ensuite sur une poulie, étant maintenu tendu au moyen d'un poids suspendu à son extrémité libre, on mesure de combien de millimètres il s'allonge ou se raccourcit au cours du mouvement.

Dans le cas particulier, l'humérus scié à mi-longueur était

[1] La démonstration mathématique de cette loi a été faite par MM. Eugène Fick et Emmanuel Weber. (V. p. 126-130).

fixé dans la pince d'un de ces supports de fer que l'on emploie dans les laboratoires de chimie; l'avant-bras partiellement disséqué était maintenu horizontalement dans la pince d'un second support; les cordons représentant les faisceaux de l'extenseur commun passaient par un anneau fixé dans l'épicondyle, tandis que les cordons simulant les faisceaux du fléchisseur commun superficiel traversaient un deuxième anneau enfoncé dans l'épitrochlée; enfin, les cordons correspondant au fléchisseur commun profond glissaient dans d'autres anneaux fixés sur le cubitus dans la direction de la ligne de traction.

A quelque distance en arrière des anneaux, les cordons passaient sur de petites poulies de laiton vissées sur une planchette et maintenues à la hauteur voulue au moyen d'un troisième support. Les cordons étaient tendus au moyen de morceaux de plomb de forme conique, du poids de 100 grammes environ, suspendus à leur extrémité. Des bouts de fil de diverses couleurs, attachés sur chacun des cordons, servaient de point de repère et indiquaient le déplacement de chacun d'eux par rapport à une aiguille (point fixe) portée par un quatrième support et placée en travers sur le trajet des cordons. Les mesures étaient prises au moyen d'une règle graduée divisée en millimètres.

Enfin, pour les dernières expériences (sujet D) un grand rapporteur (cercle gradué), placé à proximité de l'articulation et centré approximativement sur l'axe de flexion, servait à mesurer l'amplitude des mouvements.

La disposition de notre appareil est à peu près celle qui a été adoptée par Em. Weber, sauf que cet expérimentateur plaçait l'avant-bras verticalement et mesurait l'étirement au moyen de morceaux de fer en forme de ciseau de menuisier, attachés transversalement à chacun des cordons et se mouvant dans le sens vertical, le long d'une règle graduée. L'appareil du prof. Bugnion est, me semble-t-il, d'un maniement plus facile.

J'ai opéré sur cinq sujets, désignés par les lettres A, B, C, D, E.

A. Homme de 62 ans (taille moyenne).
B. Femme adulte.
C. Homme de 45 ans (petite taille, extrémités grêles).
D. Homme de 52 ans (taille au-dessus de la moyenne).
E. Homme adulte (taille 1 m. 68 cm.).

Ce dernier a été utilisé pour l'étude des mouvements de latéralité.

Les muscles sur lesquels ont porté les mesures sont :

le fléchisseur commun superficiel (4 faisceaux),
le fléchisseur commun profond »
l'extenseur commun »
l'extenseur propre de l'index,
le grand palmaire,
le cubital antérieur,
le premier et le second radial,
le cubital postérieur.

Je donne d'abord l'ensemble des résultats obtenus ; les déductions viendront après.

Pour le moment, il suffit de rappeler que l'étirement indiqué dans chaque expérience se traduirait par un raccourcissement de même étendue, si le mouvement était exécuté en sens inverse. Ainsi, dans la première expérience, quand j'écris que l'étirement du fléchisseur superficiel (faisceau de l'index) correspondant à l'extension des articulations des phalanges et du poignet = 67 mm., cela veut dire que la flexion des mêmes articulations exigerait un raccourcissement de 67 mm. De même pour les autres cas.

J'appelle horizontale = 0°, la position dans laquelle la main est placée à plat dans le prolongement de l'avant bras.

Les degrés sont comptés de 0 à 90° pour la flexion palmaire et de 0 à —80° (ou —90) pour la flexion dorsale, extension forcée ou hyperextension (amplitude totale 170-180°).

L'étude des mouvements de latéralité fera l'objet d'un chapitre à part.

L'étirement des muscles est indiqué en millimètres.

Abréviations : *s* = fléchisseur superficiel.
p = fléchisseur profond.

Sujet A.

Fléchisseurs communs superficiel et profond.

Etirement correspondant aux mouvements d'extension des doigts et de la main.

Ire série. Le poignet est en flexion palmaire forcée (90°), les doigts sont repliés en crochet ; on exécute successivement l'extension des phalanges, puis l'extension du poignet.

Expérience 1.	Index		Médius		Annulaire		Petit doigt	
	s.	p.	s.	p.	s.	p.	s.	p.
Ext. de la 3e phal.	0	1	0	4	0	3	0	5
» 2e »	1	3	1	6	8	9	3	9
» 1re »	20	19	27	26	17	17	17	19
Ext. du poignet (90 à 0°)	29	25	29	25	25	26	27	23
» de 0 à —80° .	17	13	14	13	14	9	11	11
Total . . .	**67**	**61**	**71**	**74**	**64**	**64**	**58**	**67**

Expérience 2.								
Ext. de la 3e phal.	0	2	0	2	0	6	0	5
» 2e »	10	13	9	15	13	11	9	15
» 1re »	20	17	21	17	16	18	21	25
Ext. du poignet (90 à 0°)	25	22	28	29	28	24	20	20
» de 0 à —80° .	20	20	14	12	14	12	12	10
Total . . .	**75**	**74**	**72**	**75**	**71**	**71**	**62**	**75**

Expérience 3.								
Ext. de la 3e phal.	0	2	0	1	0	2	0	3
» 2e »	5	6	4	14	4	8	3	8
» 1re »	20	20	20	21	20	18	18	20
Ext. du poignet (90 à 0°)	25	25	30	25	30	26	29	25
» de 0 à —80° .	15	10	14	12	11	10	11	12
Total . . .	**65**	**63**	**68**	**73**	**65**	**64**	**61**	**68**

Expérience 4.								
Ext. de la 3e phal.	0	1	0	2	0	1	0	3
» 2e »	5	13	8	17	7	16	9	17
» 1re »	20	20	21	20	19	20	19	21
Ext. du poignet (90 à 0°)	25	22	21	23	24	23	22	24
» de 0 à —80° .	20	18	20	13	21	16	28	10
Total . . .	**70**	**74**	**70**	**75**	**71**	**76**	**70**	**75**

Expérience 5.								
Ext. de la 3e phal.	0	2	0	3	0	4	0	3
» 2e »	6	15	8	13	6	12	5	15
» 1re »	20	21	22	21	21	23	21	22
Ext. du poignet (90 à 0°)	23	21	24	23	23	25	24	25
» de 0 à —80° .	24	20	20	18	20	11	20	14
Total . . .	**73**	**79**	**74**	**78**	**70**	**75**	**70**	**79**

Moyennes des expériences 1-5.

	Index		Médius		Annulaire		Petit doigt	
	s.	p.	s.	p.	s.	p.	s.	p.
Ext. de la 3e phal.	0	1,6	0	2,4	0	3,2	0	3,8
» 2e »	5,4	10	6	13	7,6	11,2	5,8	12,8
» 1re »	20	19,4	22,2	21	18,6	19,2	19,2	21,4
Ext. du poignet (90 à 0°)	25,4	25	26,4	25	26	24,8	24,4	23,4
» de 0 à —80° .	19,2	16,2	16,4	13,6	16	11,6	14,8	11,4
Total pour les phal.	25,4	31	28,2	36,4	26,2	33,6	25	38
» le poigt	44,6	41,2	42,8	38,6	42	36,4	39,2	34,8
Total . . .	**70**	**72,2**	**71**	**75**	**68,2**	**70**	**64,2**	**72,8**

IIe série. La main est fléchie à 25°, les doigts sont repliés en crochet; on exécute successivement l'extension des phalanges, puis l'extension du poignet.

Expérience 6.	Index		Médius		Annulaire		Petit doigt	
	s.	p.	s.	p.	s.	p.	s.	p.
Ext. de la 3e phal.	0	3	0	2	0	5	0	2
» 2e »	8	15	4	8	5	10	5	10
» 1re »	22	23	21	22	20	20	20	18
Ext. du poignet (25 à 0°).	20	11	25	18	22	19	20	14
» de 0 à —80° .	10	7	10	14	13	9	13	10
Total . . .	**60**	**59**	**60**	**64**	**60**	**63**	**58**	**54**
Expérience 7.								
Ext. de la 3e phal.	0	3	0	4	0	2	0	2
» 2e »	8	14	7	11	4	9	4	8
» 1re »	20	13	19	16	20	18	20	20
Ext. du poignet (25 à 0°)	17	19	23	22	20	21	20	14
» de 0 à —80° .	1[illegible]	10	11	10	10	10	10	10
Total . . .	**55**	**59**	**60**	**63**	**54**	**60**	**54**	**54**

Moyennes des expériences 6 et 7.

Ext. de la 3e phal.	0	3	0	3	0	3,5	0	2
» 2e »	8	14,5	5,5	9,5	4,5	9,5	4,5	9
» 1re »	21	18	20	19	20	19	20	19
Ext. du poignet (25 à 0°)	18,5	15	24	20	21	20	20	14
» de 0 à —80° .	10	8,5	10,5	12	11,5	9,5	11,5	10
Total . . .	**57,5**	**59**	**60**	**63,5**	**57**	**61,5**	**56**	**54**

Extenseur commun.

Etirement correspondant à la flexion des phalanges et du poignet.

Ire série. La main est en extension forcée (—80°); les doigts sont en extension; on exécute successivement la flexion des phalanges, puis la flexion du poignet.

Expérience 8.	Index		Médius		Annulaire		Petit doigt	
Flex. de la 3e phal	0		0		0		0	
» 2e »	4		3		3		3	
» 1re »	16		12		15		10	
Flex. du poig. (—80 à 0°)	20		20		22		17	
» de 0 à 25° . .	10	38	15	43	10	39	9	32
» de 25 à 90° . .	8		8		7		6	
Total . . .	**58**		**58**		**57**		**45**	

Expérience 9.								
Flex. de la 3e phal.	0		0		0		0	
» 2e »	3		3		1		2	
» 1re »	17		15		14		10	
Flex. du poig (—80 à 0°)	20		20		22		18	
» de 0 à 25° . .	10	38	12	40	13	41	10	33
» de 25 à 90° . .	8		8		6		5	
Total . . .	**58**		**58**		**56**		**45**	

Moyennes des expériences 8 et 9.

Flex. de la 3e phal.	0		0		0		0	
» 2e »	3,5		3		2		2,5	
» 1re »	16,5		13,5		14,5		10	
Flex. du poig. (—80 à 0°)	20		20		22		17,5	
» de 0 à 25° . .	10	38	13,5	41,5	11,5	40	9,5	32,5
» de 25 à 90 . .	8		8		6,5		5,5	
Total . . .	**58**		**58**		**56,5**		**45**	

IIe série. Les doigts en extension, le poignet en extension forcée (—80°); on exécute d'abord la flexion du poignet et ensuite la flexion des doigts.

Expérience 10.

	Index		Médius		Annulaire		Petit doigt	
Flex. du poig. (—80 à 0°)	20		20		22		18	
» de 0 à 25° . .	15	45	11	45	11	43	10	35
» de 25 à 90° . .	10		14		10		7	
Flex. de la 3e phal.	0		0		0		0	
» 2e »	3		3		2		1	
» 1re »	12		12		11		9	
Total . . .	**60**		**60**		**56**		**45**	

Expérience 11.

Flex. du poig. (—80 à 0°)	20		20		20		19	
» de 0 à 25° . .	14	48	12	43	9	39	6	34
» de 25 à 90° . .	14		11		10		9	
Flex. de la 3e phal.	0		0		0		0	
» 2e »	2		3		2		1	
» 1re »	12		12		12		9	
Total . . .	**62**		**58**		**53**		**44**	

Moyennes des expériences 10 et 11.

Flex. du poig. (—80 à 0°)	20		20		21		18,5	
» de 0 à 25° . .	14,5	46,5	11,5	44	10	41	8	34,5
» de 25 à 90° . .	12		12,5		10		8	
Flex. de la 3e phal.	0		0		0		0	
» 2e »	2,5		3		2		1	
» 1re »	12		12		11,5		9	
Total . . .	**61**		**59**		**54,5**		**44,5**	

Extenseur propre de l'index.

Etirement correspondant à la flexion des phalanges et du poignet.

Ire série. L'index en extension, la main en extension forcée (—80°); on exécute la flexion des phalanges et ensuite la flexion du poignet.

	Exp. 12		Exp. 13		Moyennes	
Flex. de la 3e phal.	0		0		0	
» 2e »	2		4		3	
» 1re »	18		17		17,5	
Flex. du poig. (—80 à 0°)	20		21		20,5	
» de 0 à 25° . .	10	37	10	38	10	37,5
» de 25 à 90° . .	7		7		7	
Total . . .	**57**		**59**		**58**	

IIe série. L'index en extension, la main en extension forcée (—80°); on exécute la flexion du poignet et ensuite la flexion des phalanges.

	Exp. 14		Exp. 15		Moyennes	
Flexion du poignet jusqu'à l'horiz. (— 80 à 0°).	22	44	21	43	21,5	43,5
» de 0 à 25° . .	14		14		14	
» de 25 à 90° . .	8		8		8	
Flex. de la 3e phal.	0		0		0	
» 2e »	2		2		2	
» 1re »	13		14		13,5	
Total . . .	**59**		**59**		**59**	

Grand palmaire.

Etirement correspondant à l'extension du poignet.

La main est en flexion palmaire forcée (90°); on exécute graduellement le mouvement d'extension.

	Exp. 16	Exp. 17	Exp. 18	Moyennes
Extens. du poignet jusqu'à l'horizont. (90 à 0°) .	24	25	24	24 1/3
» de 0 à —80° .	15	14	14	14 1/3
Total . . .	**39**	**39**	**38**	**38 2/3**

Cubital antérieur.

Etirement correspondant à l'extension du poignet.

La main est en flexion palmaire forcée (90°); on exécute graduellement le mouvement d'extension.

	Exp. 19	Exp. 20	Exp. 21	Moyennes
Extens. du poignet jusqu'à l'horizont. (90 à 0°) .	26	27	25	26
» de (0 à —80°) .	11	12	14	12 1/3
Total . . .	**39**	**39**	**39**	**38 1/3**

Cubital postérieur.

Etirement correspondant à la flexion du poignet.

La main est en extension forcée (—80°); on exécute graduellement le mouvement de flexion.

	Exp. 22	Exp. 23	Exp. 24	Moyennes
Flexion du poignet jusqu'à l'horiz. (— 80 à 0°).	15	15	14	14 2/3
» de 0 à 25° . .	5	5	6	5 1/3
» de 25 à 90°. .	3	3	2	2 2/3
Total . . .	**23**	**23**	**22**	**22 2/3**

Premier radial.

Etirement correspondant à la flexion du poignet.

La main est en extension forcée (— 80°); on exécute le mouvement de flexion.

Flexion du poignet jusqu'à	Exp. 25	Exp. 26	Exp. 27	Moyennes
l'horiz. (— 80 à 0°).	12	14	13	13
» de 0 à 25° . .	10	11	12	11
» de 25 à 90° . .	10	10	10	10
Total . . .	**32**	**35**	**35**	**34**

Second radial.

Etirement correspondant à la flexion du poignet.

La main placée comme ci-dessus.

Flexion du poignet jusqu'à	Exp. 28	Exp. 29	Exp. 30	Moyennes
l'horiz. (— 80 à 0°).	14	15	14	14 1/3
» de 0 à 25° . .	15	16	16	15 2/3
» de 25 à 90°. .	14	13	14	13 2/3
Total . . .	**43**	**44**	**44**	**43 2/3**

Sujet B.

Fléchisseurs communs superficiel et profond.

Etirement correspondant à l'extension des doigts et du poignet.

Ire série. Le poignet est en flexion palmaire forcée (90°), les doigts sont repliés en crochet; on exécute successivement l'extension des phalanges et ensuite l'extension du poignet.

Expérience 31.	Index		Médius		Annulaire		Petit doigt	
	s.	p.	s.	p.	s.	p.	s.	p.
Ext. de la 3e phal.	0	2	0	3	0	1	0	1
» 2e »	5	8	10	7	10	8	6	9
» 1re »	18	19	19	19	18	19	18	19
Ext. du poignet (90 à 0°)	22	20	22	21	21	20	21	23
» de 0 à —80°. .	22	20	20	19	16	15	15	10
Total . . .	**67**	**69**	**71**	**69**	**65**	**63**	**60**	**62**
Expérience 32.								
Ext. de la 3e phal.	0	3	0	4	0	2	0	2
» 2e »	8	7	9	8	9	8	9	8
» 1re »	18	19	19	18	19	18	18	20
Ext. du poignet (90 à 0°)	22	20	20	20	20	19	18	20
» de 0 à —80° .	22	20	22	20	20	20	18	12
Total . . .	**70**	**69**	**70**	**70**	**68**	**67**	**63**	**61**

Expérience 33.	Index		Médius		Annulaire		Petit doigt	
	s.	p.	s.	p.	s.	p.	s.	p.
Ext. de la 3e phal.	0	2	0	3	0	2	0	2
» 2e »	7	6	8	7	7	8	7	8
» 1re »	20	19	19	18	18	17	18	16
Ext. du poig. (90 à 25°)	13	13	12	11	11	11	10	15
» de 25 à 0° . .	10	10	12	9	12	10	10	10
» de 0 à —80° .	20	20	20	20	19	20	19	15
Total . . .	**70**	**70**	**72**	**68**	**67**	**68**	**64**	**61**

Expérience 34.								
Ext. de la 3e phal.	0	2	0	1	0	2	0	2
» 2e »	8	7	8	6	7	5	8	9
» 1re »	17	19	18	18	17	18	16	15
Ext. du poig. (90 à 25°)	14	13	14	12	13	12	12	12
» de 25 à 0° . .	10	10	10	9	10	10	10	9
» de 0 à —80° .	22	20	21	20	20	18	18	13
Total . . .	**71**	**71**	**71**	**66**	**67**	**65**	**64**	**60**

Expérience 35.								
Ext. de la 3e phal.	0	3	0	2	0	2	0	2
» 2e »	7	7	8	8	7	7	8	7
» 1re »	20	18	18	16	19	18	17	16
Ext. du poig. (90 à 25°)	13	12	14	13	12	11	12	11
» de 25 à 0° . .	10	10	11	10	10	10	9	11
» de 0 à —80° .	21	20	20	21	20	20	18	14
Total . . .	**71**	**70**	**71**	**70**	**68**	**68**	**64**	**61**

Moyennes des expériences 31 à 35.

Ext. de la 3e phal.	0	2,4	0	2,6	0	1,8	0	1,8
» 2e »	7	7	8,6	7,2	8	7,2	7,6	8,2
» 1re »	18,6	18,8	18,6	17,8	18,2	18	17,4	17
Ext. du poig. (90 à 0°)	22,8	21,6	23,2	21	21,8	20,6	20,4	21,2
» de 0 à —80° .	21,4	20	20,6	20	19	18,6	17,6	12,8
Total . . .	**69,8**	**69,8**	**71**	**68,6**	**67**	**66,2**	**63**	**61**

IIe série. La main est fléchie à 25°, les doigts sont repliés en crochet; on exécute successivement l'extension des phalanges, puis l'extension du poignet.

Expérience 36.	Index s.	Index p.	Médius s.	Médius p.	Annulaire s.	Annulaire p.	Petit doigt s.	Petit doigt p.
Ext. de la 3e phal.	0	3	0	4	0	3	0	3
» 2e »	8	10	8	7	10	7	8	7
» 1re »	20	16	20	19	20	19	20	18
Ext. du poignet (25 à 0°)	19	16	20	18	16	17	15	16
» de 0 à —80° .	10	11	10	9	10	8	10	8
Total . . .	**57**	**56**	**58**	**57**	**56**	**54**	**53**	**52**
Expérience 37.								
Ext. de la 3e phal.	0	3	0	2	0	3	0	4
» 2e »	9	7	9	6	9	7	7	6
» 1re »	21	16	20	20	19	16	17	16
Ext. du poignet (25 à 0°)	13	18	12	13	15	16	14	14
» de 0 à —80° .	12	14	11	10	12	9	10	10
Total . . .	**55**	**58**	**52**	**51**	**55**	**51**	**48**	**50**

Moyennes des expériences 36 et 37.

Ext. de la 3e phal.	0	3	0	3	0	3	0	3,5
» 2e »	8,5	8,5	8,5	6,5	9,5	7	7,5	6,5
» 1re »	20,5	16	20	19,5	19,5	17,5	18,5	17
Ext. du poignet (25 à 0°)	16	17	16	15,5	15,5	16,5	14,5	15
» de 0 à —80° .	11	12,5	10,5	9,5	11	8,5	10	9
Total . . .	**56**	**57**	**55**	**54**	**55,5**	**52,5**	**50,5**	**51**

Extenseur commun.

Etirement correspondant à la flexion des phalanges et du poignet.

Ire Série. La main est en extension forcée (—80°), les doigts sont en extension ; on exécute successivement la flexion des phalanges, puis la flexion du poignet.

Expérience 38.	Index	Médius	Annulaire	Petit doigt
Flex. de la 3e phal.	0	0	0	0
» 2e »	3	3	2	2
» 1re »	15	17	16	12
Flex. du poignet (- 80 à 0°)	20	20	20	18
» de 0 à 25° . . .	10	10	10	10
» de 25 à 90° . .	8	7	6	4
Total . . .	**56**	**57**	**54**	**46**

Expérience 39.	Index	Médius	Annulaire	Petit doigt
Flex. de la 3e phalange .	0	0	0	0
» 2e »	4	4	3	2
» 1re »	16	16	15	11
Flexion du poignet (—80 à 0°) .	18	21	20	15
» de 0 à 25°	9	9	10	8
» de 25 à 90°	8	7	6	4
Total . . .	**55**	**57**	**54**	**40**
Expérience 40.				
Flex. de la 3e phalange .	0	0	0	0
» 2e »	3	3	2	1
» 1re »	14	16	16	10
Flexion du poignet (—80 à 0°).	21	21	21	17
» de 0 à 25°	11	10	9	9
» de 25 à 90°	8	7	6	3
Total . . .	**57**	**57**	**54**	**40**

Moyennes des expériences 38 à 40.

Flex. de la 3e phalange .	0	0	0	0
» 2e »	3 1/3	3 1/3	2 1/3	1 2/3
» 1re »	15	16 1/3	15 2/3	11
Flexion du poignet (—80 à 0°).	19 2/3	20 2/3	20 1/3	16 2/3
» de 0 à 25°	10	9 2/3	9 2/3	9
» de 25 à 90°	8	7	6	3 2/3
Total . . .	**56**	**57**	**54**	**42**

IIe série. La main est en extension forcée (—80°), les deux dernières phalanges sont fléchies, la première est en extension ; on exécute la flexion du poignet (seul).

Expérience 41.	Index	Médius	Annulaire	Petit doigt
Flexion du poignet (—80 à 0°).	25	24	20	17
» de 0 à 25°	10	11	9	8
» de 25 à 90° . . .	5	5	9	3
Total . . .	**40**	**40**	**38**	**28**
Expérience 42.				
Flexion du poignet (—80 à 0°).	20	20	20	17
» de 0 à 25°	9	12	11	9
» de 25 à 90°	9	8	5	2
Total . . .	**38**	**40**	**36**	**28**

Moyennes des expériences 41 et 42.

	Index	Médius	Annulaire	Petit doigt
Flexion du poignet (—80 à 0°) .	22,5	22	20	17
» de 0 à 25°	9,5	11,5	10	8,5
» de 25 à —90°. . .	7	6,5	7	2,5
Total . . .	**39**	**40**	**37**	**28**

Extenseur propre de l'index.

Etirement correspondant à la flexion des phalanges et du poignet.

Ire série. L'index en extension, la main en extension forcée (—80°); on exécute la flexion des phalanges et ensuite la flexion du poignet.

	Exp. 43	Exp. 44	Moyennes
Flex. de la 3e phalange .	0	0	0
» 2e »	4	5	4,5
» 1re »	20	18	19
Flexion du poignet (– 80° à 0°) .	19	20	19,5
» de 0 à 25°	10	9	9,5
» de 25 à 90° . . .	4	5	4,5
Total . . .	**57**	**57**	**57**

IIe série. L'index en extension, la main en extension forcée (—80°); on exécute la flexion du poignet (seul).

	Exp. 45	Exp. 46	Moyennes
Flexion du poignet (—80 à 0°).	25	23	24
» de 0 à 25° . . .	10	10	10
» de 25 à 90° . . .	7	7	7
Total . . .	**42**	**40**	**41**

Grand palmaire.

Etirement correspondant à l'extension du poignet.

La main est en flexion palmaire forcée (90°); on exécute l'extension du poignet.

	Exp. 47	Exp. 48	Exp. 49	Moyennes
Extens. du poignet (90 à 25°). .	10	8	10	9 1/3
» de 25 à 0°	14	14	12	13 1/3
» de 0 à —80° . . .	13	14	14	13 2/3
Total . . .	**37**	**36**	**36**	**36 1/3**

Cubital antérieur.

Etirement correspondant à l'extension du poignet.

La main est en flexion palmaire forcée (90°); on exécute l'extension du poignet.

	Exp. 50	Exp. 51	Exp. 52	Moyennes
Extens. du poignet (90 à 25°). .	8	9	8	8 1/3
» de 25 à 0°	16	17	18	17
» de 0 à —80° . . .	16	15	15	15 1/3
Total . . .	**40**	**41**	**41**	**40 2/3**

Cubital postérieur.

Etirement correspondant à la flexion du poignet.

La main est en extension forcée (—80°); on exécute le mouvement de flexion.

	Exp. 53	Exp. 54	Exp, 55	Moyennes
Flexion du poignet(—80 à 0°) .	8	11	10	9 2/3
» de 0 à 25°	8	8	8	8
» de 25 à 90° . . , .	4	3	3	3 1/3
Total . . .	**20**	**22**	**21**	**21**

Premier radial.

Etirement correspondant à la flexion du poignet.

La main en extension forcée (— 80°); on exécute le mouvement de flexion.

	Exp. 56	Exp. 57	Exp. 58	Moyennes
Flexion du poignet (—80 à 0°) .	13	14	13	13 1/3
» de 0 à 25°	11	12	11	11 1/3
» de 25 à 90°	10	9	10	9 2/3
Total . . .	**34**	**35**	**34**	**34 1/3**

Second radial.

Etirement correspondant à la flexion du poignet.

La main en extension forcée (— 80°); on exécute le mouvement de flexion.

	Exp. 59	Exp. 60	Exp. 61	Moyennes
Flexion du poignet (—80 à 0°) .	14	14	15	14 1/3
» de 0 à 25°	14	12	14	13 1/3
» de 25 à 90°	14	15	14	14 1/3
Total . . .	**42**	**41**	**43**	**42**

Sujet C.

Fléchisseurs communs superficiel et profond.

Etirement correspondant à l'extension des doigts et du poignet.

Ire série. La main en flexion palmaire forcée (90°), les doigts en crochet ; on exécute l'extension des phalanges, puis l'extension du poignet.

Expérience 62.	Index		Médius		Annulaire		Petit doigt	
	s.	p.	s.	p.	s.	p.	s.	p.
Ext. de la 3e phal.	0	2	0	3	0	5	0	3
» 2e »	5	10	8	6	6	5	5	7
» 1re »	20	20	22	20	20	20	20	22
Ext. du poignet (90 à 0°)	25	20	21	22	20	20	21	21
» de 0 à —80° .	20	20	21	22	23	20	20	21
Total . . .	**70**	**72**	**72**	**73**	**69**	**70**	**66**	**74**
Expérience 63.								
Ext. de la 3e phal.	0	2	0	4	0	4	0	4
» 2e »	5	13	7	14	5	10	4	10
» 1re »	20	20	21	20	21	23	20	20
Ext. du poignet (90 à 0°)	24	20	22	24	23	23	20	22
» de 0 à —80° .	21	19	20	12	20	10	20	18
Total . . .	**70**	**74**	**70**	**74**	**69**	**70**	**64**	**74**
Expérience 64.								
Ext. de la 3e phal.	0	3	0	5	0	5	0	3
» 2e »	5	12	8	12	5	11	5	10
» 1re »	20	20	22	20	20	24	18	21
Ext. du poignet (90 à 0°)	25	22	24	22	24	23	21	26
» de 0 à —80° .	20	16	20	13	20	10	21	11
Total . . .	**70**	**73**	**74**	**72**	**69**	**73**	**65**	**71**

Moyennes des expériences 62 à 64.

Ext. de la 3e phal.	0	2 1/3	0	4	0	4 2/3	0	3 1/3
» 2e »	5	11 2/3	7 2/3	10 2/3	5 1/3	8 2/3	4 2/3	9
» 1re »	20	20	21 2/3	20	20 1/3	22 1/3	19 1/3	21
Ext. du poignet (90 à 0°)	24 2/3	20 2/3	22 1/3	22 1/3	22 1/3	22	20 2/3	23
» de 0 à —80° .	20 1/3	18 1/3	20 1/3	15	21	13 1/3	20 1/3	16 2/3
Total . . .	**70**	**73**	**72**	**73**	**69**	**71**	**65**	**73**

IIe série. La main fléchie à 25°, les doigts en crochet ; on exécute l'extension des phalanges, puis l'extension du poignet.

Expérience 65.	Index s.	Index p.	Médius s.	Médius p.	Annulaire s.	Annulaire p.	Petit doigt s.	Petit doigt p.
Ext. de la 3e phal.	0	3	0	4	0	3	0	2
» 2e »	7	15	8	12	4	8	4	10
» 1re »	21	14	18	15	18	18	20	18
Ext. du poignet (25 à 0°)	16	18	24	23	22	23	20	14
» de 0 à — 80° .	12	10	10	11	10	11	10	10
Total . . .	**56**	**60**	**60**	**65**	**54**	**63**	**54**	**54**
Expérience 66.								
Ext. de la 3e phal.	0	4	0	5	0	3	0	2
» 2e »	8	13	7	10	8	8	4	10
» 1re »	20	13	19	15	16	16	24	18
Ext. du poignet (25 à 0°)	18	18	24	21	26	21	20	13
» de 0 à —80°. .	12	10	10	10	10	13	10	11
Total . . .	**58**	**58**	**60**	**61**	**60**	**61**	**58**	**54**

Moyennes des expériences 65 et 66.

Ext. de la 3e phal.	0	3,5	0	4,5	0	3	0	2
» 2e »	7,5	14	7,5	11	6	8	4	10
» 1re »	20,5	13,5	18,5	15	17	17	22	18
Ext. du poignet (25 à 0°)	17	18	24	22	24	22	20	13,5
» de 0 à —80° .	12	10	10	10,5	10	12	10	10,5
Total . . .	**57**	**59**	**60**	**63**	**57**	**62**	**56**	**54**

Extenseur commun.

Etirement correspondant à la flexion des doigts et du poignet.

La main en extension forcée (—80°), les doigts en extension ; on exécute la flexion des phalanges, puis la flexion du poignet.

Expérience 67.	Index	Médius	Annulaire	Petit doigt
Flexion de la 3e phalange.	0	0	0	0
» 2e »	4	3	3	2
» 1re »	15	13	15	10
Flexion du poignet (—80 à 0°) .	20	20	22	17
» de 0 à 25°.	10	15	10	9
» de 25 à 90	9	8	6	7
Total . . .	**58**	**59**	**56**	**45**

Expérience 68.

	Index	Médius	Annulaire	Petit doigt
Flexion de la 3e phalange.	0	0	0	0
» 2e »	5	5	4	2
» 1re »	16	12	14	9
Flexion du poignet (—80 à 0°) .	20	20	21	16
» de 0 à 25°.	10	14	11	10
» de 25 à 90°	8	8	7	8
Total . . .	**59**	**59**	**57**	**45**

Moyennes des expériences 67 et 68

Flexion de la 3e phalange.	0	0	0	0
» 2e »	4,5	4	3,5	2
» 1re »	15,5	12,5	14,5	9,5
Flexion du poignet (—80 à 0°). .	20	20	21,5	16,5
» de 0 à 25°	10	14,5	10,5	9,5
» de 25 à 90°	8,5	8	6,5	7,5
Total . . .	**58,5**	**59**	**56,5**	**45**

Extenseur propre.

Etirement correspondant à la flexion de l'index et du poignet.

La main en extension forcée (—80°), l'index en extension ; on exécute la flexion des phalanges, puis la flexion du poignet.

	Exp. 69	Exp. 70	Moyennes
Flexion de la 3e phalange.	0	0	0
» 2e »	4	3	3,5
» 1re »	20	21	20,5
Flexion du poignet (—80 à 0°) .	18	19	18,5
» de 0 à 25°	11	10	10,5
» de 25 à 90°	4	4	4
Total . . .	**57**	**57**	**57**

Grand palmaire.

Etirement correspondant à l'extension du poignet.

La main en flexion palmaire forcée (90°), on exécute le mouvement d'extension.

	Exp. 71	Exp. 72	Exp. 73	Moyennes
Extens. du poignet (90 à 25°).	11	10	10	10 1/3
» de 25 à 0° . . .	15	14	15	14 2/3
» de 0 à —80° . .	12	13	14	13
Total . . .	**38**	**39**	**37**	**38**

Cubital antérieur.

Etirement correspondant à l'extension du poignet.

La main en flexion palmaire forcée (90°); on exécute le mouvement d'extension.

	Exp. 74	Exp. 75	Exp. 76	Moyennes
Extens. du poignet (90 à 25°).	10	10	9	9 2/3
» de 25 à 0° . . .	17	16	17	16 2/3
» de 0 à —80°. . .	13	14	12	13
Total . . .	**40**	**40**	**38**	**39 1/3**

Premier radial.

Etirement correspondant à la flexion du poignet.

La main en extension forcée (—80°); on exécute le mouvement de flexion.

	Exp. 77	Exp. 78	Exp. 79	Moyennes
Flexion du poignet (—80 à 0°).	14	13	13	13 1/3
» de 0 à 25° . . .	10	11	12	11
» de 25 à 90° . . .	11	12	10	11
Total . . .	**35**	**36**	**35**	**35 1/3**

Second radial.

Etirement correspondant à la flexion du poignet.

La main en extension forcée (— 80°); on exécute le mouvement de flexion.

	Exp. 80	Exp. 81	Exp. 82	Moyennes
Flexion du poignet (— 80 à 0°).	14	15	14	14 1/3
» de 0 à 25° . . .	15	13	15	14 1/3
» de 25 à 90° . . .	12	13	12	12 1/3
Total . . .	**41**	**41**	**41**	**41**

Cubital postérieur.

Etirement correspondant à la flexion du poignet.

La main en extension forcée (—80°); on exécute le mouvement de flexion.

	Exp. 83	Exp. 84	Exp. 85	Moyennes
Flexion du poignet (—80 à 0°).	9	8	10	9
» de 0 à 25° . . .	9	9	8	8 2/3
» de 25 à 90° . . .	5	4	5	4 2/3
Total . . .	**23**	**21**	**23**	**22 1/3**

Sujet D.

L'appareil est complété au moyen d'un cercle gradué qui permet de mesurer les degrés de flexion.

Raccourcissement des *fléchisseurs* et étirement des *extenseurs* correspondant à la flexion de la 1re phalange (articulation métacarpo-phalangienne).

Les doigts sont placés en extension forcée (—20°) ; on exécute les mouvements de flexion de 20 à 20° (amplitude totale : 110°).

L'étirement des muscles est indiqué en millimètres.

Exp. 86. **Index.**

Flexion de	Fléchisseur superficiel	Fléchisseur profond	Extenseur commun	Extenseur propre
—20° à 0°	3,2	3,0	1,8	1,8
0 à 20	4,4	3,8	2,3	2,3
20 à 40	4,8	4,5	3,0	2,8
40 à 60	3,3	3,3	2,1	2,1
60 à 80	3,0	2,8	2,0	2,0
80 à 90	1,2	1,4	1,0	1,0
Total	**19,9**	**18,8**	**12,2**	**12,0**

Médius.

—20° à 0°	3,3	3,2	2,0
0 à 20	4,2	4,0	2,5
20 à 40	5,0	5,0	3,0
40 à 60	3,8	3,8	2,2
60 à 80	3,0	2,5	2,0
80 à 90	1,5	1,5	1,0
Total	**20,8**	**20,0**	**12,7**

Petit doigt.

—20° à 0°	3,0	3,1	1,4
0 à 20	4,0	4,1	1,6
20 à 40	4,3	4,5	2,3
40 à 60	3,1	3,3	1,5
60 à 80	2,5	2,6	1,5
80 à 90	1,2	1,2	0,7
Total	**18,1**	**18,8**	**9,0**

Raccourcissement des *fléchisseurs* et étirement des *extenseurs* correspondant à la flexion de la 2me phalange.

Exp. 87. **Index.**

Flexion de	Fléchisseur superficiel	Fléchisseur profond	Extenseur commun	Extenseur propre
0° à 20°	3,5	3,3	1,6	1,5
20 à 40	4,1	4,0	2,0	2,1
40 à 60	3,2	3,3	1,8	1,8
60 à 80	2,5	2,4	1,1	1,1
80 à 90	1,0	1,0	0,5	0,6
Total	**14,3**	**14,0**	**7,0**	**7,1**

Médius.

0° à 20°	3,6	3,5	1,5
20 à 40	4,4	4,3	2,2
40 à 60	4,1	4,1	1,8
60 à 80	2,2	2,1	1,1
80 à 90	1,0	1,0	0,5
Total	**15,3**	**15,0**	**7,1**

Petit doigt.

0° à 20°	2,4	2,5	1,2
20 à 40	3,6	3,6	2,0
40 à 60	2,8	2,8	1,5
60 à 80	1,6	1,6	1,0
80 à 90	0,6	0,7	0,4
Total	**11,5**	**11,2**	**6,1**

Raccourcissement du *fléchisseur profond* et étirement des *extenseurs* correspondant à la flexion de la 3me phalange.

Exp. 88. **Index.**

Flexion de	Fléchisseur profond	Extenseur commun	Extenseur propre
0° à 20°	1,0	0,5	0,5
à 40	1,4	0,7	0,7
40 à 60	2,0	1,4	1,2
60 à 80	1,5	1,0	1,0
80 à 90	0,5	0,2	0,1
Total	**6,4**	**3,8**	**3,5**

	Médius.		Petit doigt.	
Flexion de	Fléchisseur profond	Extenseur commun	Fléchisseur profond	Extenseur commun
0° à 20°	1,0	0,5	0,5	0,1
20 à 40	1,4	0,7	0,8	0,5
40 à 60	2,3	1,4	1,2	0,8
60 à 80	1,5	1,0	1,0	0,4
80 à 90	0,5	0,2	0,1	0,1
Total	**6,7**	**3,8**	**3,6**	**1,9**

Raccourcissement des *fléchisseurs* et étirement des *extenseurs* correspondant à la flexion du poignet de —90° à 90° (amplitude totale : 180°).

Le poignet en extension forcée (—90°) ; on exécute successivement les mouvements de flexion (les doigts sont maintenus en extension).

Exp. 89. **Index.**

Flexion de	Fléchisseur superficiel	Fléchisseur profond	Extenseur commun	Extenseur propre
—90° à —80°	1,5	1,5	1,0	1,1
—80 à —60	3,4	3,4	3,3	3,2
—60 à —40	4,4	4,5	5,0	5,0
—40 à —20	5,0	5,0	5,2	5,2
—20 à 0	5,3	5,3	5,6	5,6
0 à 20	5,4	5,4	5,7	5,7
20 à 40	6,0	6,0	6,3	6,3
40 à 60	6,8	6,9	7,2	7,3
60 à 80	6,5	6,5	6,6	6,6
80 à 90	1,5	1,5	1,1	1,1
Total	**45,8**	**46,1**	**47,0**	**47,1**
	Médius.			
—90° à —80°	1,6	1,5	1,0	
—80 à —60	3,4	3,3	3,0	
—60 à —40	4,4	4,4	5,0	
—40 à —20	5,1	5,0	5,5	
—20 à 0	5,3	5,2	5,7	
0 à 20	5,4	5,4	5,8	
20 à 40	6,0	6,0	6,3	
40 à 60	6,8	6,7	7,0	
60 à 80	6,6	6,4	6,4	
80 à 90	1,5	1,4	1,0	
Total	**46,1**	**45,3**	**46,7**	

Annulaire.

Flexion de	Fléchisseur superficiel	Fléchisseur profond	Extenseur commun
—90° à —80°	1,5	1,2	1,5
—80 à —60	3,5	3,4	3,6
—60 à —40	4,3	4,0	4,0
—40 à —20	5,1	4,6	4,5
—20 à 0	5,2	5,2	5,2
0 à 20	5,4	5,4	5,4
20 à 40	6,0	6,0	6,0
40 à 60	6,8	6,5	6,7
60 à 80	6,4	6,2	6,2
80 à 90	1,4	1,2	1,3
Total .	**45,6**	**43,7**	**44,4**

Petit doigt.

—90° à —80°	1,2	1,1	0,7
—80 à —60	3,3	3,2	2,5
—60 à —40	4,0	4,0	3,8
—40 à —20	4,2	4,2	4,0
—20 à 0	4,6	4,5	4,3
0 à 20	5,0	5,0	4,8
20 à 40	5,7	5,6	5,0
40 à 60	6,2	6,2	5,8
60 à 80	6,0	6,0	5,3
80 à 90	1,2	1,0	1,0
Total .	**41,4**	**40,8**	**37,2**

Exp. 90.

Flexion de	Grand palmaire.	Cubital antérieur	Premier radial	Second radial.	Cubital post.
—90° à —80°	1,0	1,0	1,0	1,1	0,5
—80 à —60	2,5	2,0	1,5	1,5	1,0
—60 à —40	3,8	3,5	2,2	2,3	1,3
—40 à —20	4,2	4,1	3,1	3,2	1,5
—20 à 0	4,6	4,3	4,2	4,2	2,0
0 à 20	5,2	5,0	4,5	4,5	2,5
20 à 40	6,0	5,4	4,8	5,0	3,0
40 à 60	6,5	6,0	5,2	5,4	4,5
60 à 80	5,1	4,8	4,3	4,4	2,6
80 à 90	1,5	1,6	2,0	2,1	0,5
Total . .	**40,4**	**37,7**	**32,8**	**33,7**	**19,4**

Résumé des expériences 86 à 89.

Index.

	Fl. sup.	Fl. pr.	Ext. c.	Ext. pr.
Flex. de la 1re phal.	19,9	18,8	12,2	12
» 2e »	14,3	14	7	7,1
» 3e »	—	6,4	3,8	3,5
Total . . .	**34,2**	**39,2**	**23**	**22,6**
Flexion du poignet	45,8	46,1	47	47,2
Total . . .	**80**	**85,3**	**70**	**69,8**

Médius.

Flex. de la 1re phal.	20,8	20	12,7
» 2e »	15,3	15	7,1
» 3e »	--	6,7	3,8
Total . . .	**36,1**	**41,7**	**23,6**
Flexion du poignet	46,2	45,4	46,8
Total . . .	**82,3**	**87,1**	**70,4**

Petit doigt.

Flex. de la 1re phal.	18,1	18,8	9,0
» 2e »	11,0	11,2	6,1
» 3e »	—	3,6	1,9
Total . . .	**29,1**	**33,6**	**17**
Flexion du poignet	41,4	40,8	37,2
Total . . .	**70,5**	**74,4**	**54,2**

Résumé de l'expérience 90.

	Gr. palm.	Cub. ant.	1er rad.	2e rad.	Cub. post.
Flexion du poignet					
» de —90 à 0°	16,1	14,9	12	12,3	6,3
» de 0 à 90°	24,3	22,8	20,8	21,4	13,1
Total . . .	**40,4**	**37,7**	**32,8**	**33,7**	**19,4**

Mesure de la longueur des muscles.

Je place ici quelques indications relatives à la longueur des muscles et des tendons, afin de pouvoir les utiliser dans le paragraphe suivant. Il importe, en effet, de pouvoir discuter le degré d'étirement et de raccourcissement *en rapport* avec les dimensions des muscles.

Les mesures ont été prises sur le sujet C[1].

Fléchisseur superficiel.

Corps charnu du	faisc.	de l'index. . .	26 cm.,	tendon	15 cm.
»	»	du médius . .	21 »	»	17 »
»	»	de l'annulaire .	19 »	»	20 »
»	»	du petit doigt .	21 »	»	14 »

Fléchisseur profond.

Corps charnu du	faisc.	de l'index . .	19 cm.,	tendon	20 cm.
»	»	du médius . .	23 »	»	16 »
»	»	de l'annulaire .	18 »	»	19 »
»	»	du petit doigt .	18 »	»	20 »

Extenseur commun des doigts.

Corps charnu du	faisc.	de l'index. . .	21 cm.,	tendon	22 cm.
»	»	du médius . .	14 »	»	28 »
»	»	de l'annulaire .	20 »	»	22 »
»	»	du petit doigt .	21 »	»	19 »

Extenseur propre de l'index.

Longueur du corps charnu 19 cm., du tendon 15 cm.

Grand palmaire.

Longueur du corps charnu 19 cm., du tendon 10 cm.

[1] Ces chiffres sont approximatifs. Il faudrait pour faire un calcul exact tenir compte de la longueur et de la direction de toutes les fibres.

Cubital antérieur.

Longueur du corps charnu 25 cm., du tendon 2 cm.

Cubital postérieur.

Longueur du corps charnu 22 cm., du tendon 11 cm.

Premier radial.

Longueur du corps charnu 14 cm., du tendon 16 cm.

Second radial.

Longueur du corps charnu 18 cm., du tendon 11 cm.

Déductions.

Action des fléchisseurs.

Chez le sujet A (moy. des exp. 1-5), la main étant en flexion palmaire forcée, les doigts repliés en crochet, on constate d'abord que l'extension totale des phalanges et du poignet produit un allongement de 70 mm. pour le fléchisseur superficiel et de 72,2 pour le fléchisseur profond (faisceau de l'index).

Cela veut dire que ces muscles devraient se raccourcir de la même quantité pour effectuer la flexion complète des phalanges, plus la flexion du poignet de — 80 à 90°. On voit encore que des 70 mm. qui indiquent l'étirement du fléchisseur superficiel, 44,6 correspondent à l'extension du carpe de 90 à —80° (amplitude 170°) et 25,4 à l'extension de la première et de la seconde phalange. Quant aux 72,2 mm. qui indiquent l'étirement du fléchisseur profond, 41,2 mm. correspondent à l'extension du carpe et 31 mm. à l'extension des trois phalanges.

En réalité, le mouvement ne s'effectue que très exceptionnellement avec une si grande amplitude. Nous savons déjà que lorsque les doigts sont repliés, les phalanges serrées les unes contre les autres, la plupart des individus ne peuvent pas fléchir le poignet au delà de 20-25° [1].

Sous ce rapport, la seconde série d'expériences (n°s 6 et 7), où l'on part de la flexion à 25°, correspond plus exactement à la

[1] Nous pouvons bien fléchir les doigts en même temps que le poignet, mais à condition de ne pas les replier entièrement et de tenir les phalanges un peu écartées.

réalité. Dans cette seconde série, l'extension des phalanges et du poignet à partir de la position indiquée produit un étirement de 57,5 mm. pour le fléchisseur superficiel et de 59 pour le fléchisseur profond (faisceau de l'index). Cela veut dire que ces muscles devraient se raccourcir de la même quantité pour produire la flexion complète des phalanges plus la flexion du poignet jusqu'à 25°.

Les différences entre les chiffres de la première et ceux de la seconde série (12,5 mm. pour le fléchisseur superficiel et 13,2 pour le fléchisseur profond) indiquent de combien ces muscles devraient se raccourcir encore pour compléter la flexion de 25° à 90°.

Les chiffres sont constamment un peu plus forts pour le médius, plus faibles, au contraire, pour l'annulaire et le petit doigt, ce qui s'explique par les proportions du squelette.

Chez le sujet B (féminin), dont les extrémités étaient plus fines, l'extension totale des phalanges et du poignet produit un étirement de 69,8 dans la première série d'expériences (moy. des exp. 31 à 35) et de 56 à 57 dans la seconde. (moy. des exp. 36 à 37). Différences : 13,8 et 12,8 mm.

Chez le sujet C (homme de 45 ans), les chiffres sont de nou veau très semblables à ceux du sujet A :

1re série.	Etirt du fléch. sup.	70	du fl. prof.	73	(Exp. 62-64)
2e »	» »	57	»	59	(Exp. 65-66)
	Différences	13		14	

Enfin chez le sujet D, où les mesures ont été prises d'une manière différente, chaque excursion de 20° faisant l'objet d'une expérience à part, on trouve :

1° En additionnant les chiffres correspondant à la flexion des phalanges et à la flexion du poignet jusqu'à 90° (Exp. 86-89) [1]

	Fléchiss. superficiel (f. de l'index)	Fléchiss. profond (f. de l'index)
Flexion de la 1re phalange . . .	19,9	18,8
» » 2e » . . .	14,3	14
» » 3e » . . .	—,—	6,4
» du poignet de —90 à 90° .	45,8	46,1
Total . .	80	85,3

[1] Ces chiffres indiquent le *raccourcissement* des fléchisseurs correspondant à la flexion.

2° En additionnant les chiffres correspondant à la flexion des phalanges et à la flexion du poignet jusqu'à 25° :

	Fléchiss. superficiel	Fléchiss. profond
Flexion de la 1re phalange. . . .	19,9	18,8
» » 2e » . . .	14,3	14
» » 3e » . . .	—,—	6,4
» du poignet de —90 à 0°. .	25	25,1
de 0 à 25° .	1,5	1,5
Total . .	60,7	65,8

Différences: 80 —60,7 = 19,3 mm.
85,3—65,8 = 19,5 »

Ces chiffres, un peu plus forts que dans les trois premiers cas, s'expliquent parce que, en procédant de cette manière, les tendons gardent plus de liberté que lorsqu'ils sont déjà tendus par un mouvement précédent.

En résumé, nous pouvons admettre comme mesure moyenne de l'étirement des fléchisseurs :

1° En passant de la flexion complète à l'extension forcée des doigts et du poignet (Exp. 1-5) :

	Index	Médius	Annulaire	Petit doigt
Pour le fléchisseur superficiel	70	71	68	64
» profond	72	75	70	73

2° En passant de la flexion du poignet à 25° (avec flexion complète des doigts) à l'extension forcée (Exp. 6-7) :

	Index	Médius	Annulaire	Petit doigt
Pour le fléchisseur superficiel	57	60	57	56
» profond	59	63	61	54

Les premiers chiffres compris entre 64 et 75 mm. indiquent l'étirement maximum des tendons fléchisseurs tel qu'il se produit dans l'extension forcée des doigts et du poignet, ou inversément le raccourcissement que peuvent subir les mêmes tendons préalablement étirés.

Les seconds chiffres compris entre 54 et 63 mm. indiquent l'étirement (ou le raccourcissement) qui se produit dans les mouvements habituels.

L'étendue relativement considérable du glissement des tendons provient de ce que les fléchisseurs communs agissent sur plusieurs articulations à la fois. Les mouvements correspondant

à chacune de ces articulations s'additionnent les uns aux autres et augmentent d'autant le déplacement total.

Ces faits n'ont pas seulement un intérêt théorique. Ils expliquent pourquoi les adhérences qui succèdent à l'inflammation des synoviales gênent à un si haut degré les mouvements des doigts. Ils font mieux comprendre le rôle des contractures, les positions vicieuses qui en résultent. Ces mesures correspondent encore aux déplacements que l'on observe dans la pratique chirurgicale, lorsqu'on se propose de suturer un tendon fléchisseur coupé par accident. La main étant placée à plat sur sa face dorsale en vue de la recherche du bout supérieur, on trouve un écart des bouts sectionnés de 5 à 5 ½ cm. environ, un peu moins pour le fléchisseur superficiel, un peu plus pour le fléchisseur profond ; ce dernier est généralement difficile à retrouver.

Si, dans un cas de ce genre, la main était tenue renversée en flexion dorsale, les doigts en hyperextension, l'écartement des bouts sectionnés correspondrait exactement à nos mesures. Les chiffres des exp. 1-5 montrent, en effet, que l'extension du poignet de 0 à —80° augmente l'étirement des fléchisseurs de 10-19 mm.[1]

Considérons maintenant l'étirement des fléchisseurs *en rapport* avec la longueur des faisceaux charnus. J'ai indiqué (p. 326), la *longueur naturelle*[2] des divers faisceaux des fléchisseurs superficiel et profond chez le sujet C.

	Fléchisseur superficiel	Fléchisseur profond
Faisceau de l'index. . . .	26 cm.	19 cm.
» du médius . . .	21	23
» de l'annulaire . .	19	18
» du petit doigt . .	21	18

La mesure de l'étirement des fléchisseurs correspondant à l'extension complète des doigts et du poignet, est pour le même sujet (moy. des exp. 62-64):

Index		Médius		Annulaire		Petit doigt	
sup.	prof.	sup.	prof.	sup.	prof.	sup.	prof.
70	73	72	73	69	71	65	73

[1] On suppose que le blessé est narcotisé et que les muscles ne se contractent pas au cours de l'opération.

[2] J'appelle *naturelle* (d'après le prof. Bugnion) la longueur du muscle vivant non contracté et non étiré. Voy. « Archives des Sc. phys. et nat. », Genève, XXXIV. Nov. 1898.

Il faut, pour rendre les résultats comparables entre eux, rapporter à un nombre constant (100) la longueur du ventre charnu ; on peut alors indiquer l'étirement en *pour cent* de la longueur des faisceaux.

J'obtiens ainsi pour le faisceau de l'index :

$$260 : 100 = 70 : x \qquad \text{ou} \frac{70 \times 100}{260} = 26{,}9$$

et en opérant de même pour les autres :

	Fléchisseur superficiel	Fléchisseur profond
Faisceau de l'index . . .	26,9 %	38,4 %
» du médius . .	34,3	31,7
» de l'annulaire .	36,3	39,4
» du petit doigt ,	30,9	40,5
Moyennes . .	32,1 %	37,5 %

On voit que l'étirement correspond à peu près au tiers (33,3 %) de la longueur des faisceaux. Cela veut dire, en renversant l'expérience, que les fléchisseurs devraient se raccourcir d'un tiers de leur longueur pour effectuer la flexion complète des doigts et du poignet.

Un raccourcissement aussi considérable ne se produit que dans des circonstances exceptionnelles. Il suffit pour les mouvements habituels d'une contraction correspondant à $^1/_4$ ou $^1/_5$ de la longueur du corps charnu. Toutefois, le raccourcissement maximum indiqué ci-dessus peut se produire dans certaines conditions chez des sujets exercés, violonistes, etc. et les gaines tendineuses sont disposées de façon à permettre le glissement correspondant (65 à 73 mm. suivant les faisceaux).

Remarquons enfin que les fléchisseurs agissant comme antagonistes ne gênent pas les mouvements d'extension. En effet, ces muscles étant plus longs que les extenseurs peuvent s'étirer dans une plus forte proportion que ces derniers et leurs tendons glissent si librement dans leurs gaines qu'ils n'opposent aucune résistance à l'extension. Les mouvements d'extension des doigts et du poignet sont donc limités par les ligaments et par la disposition des surfaces articulaires plutôt que par la tension des fléchisseurs. Nous verrons tout à l'heure qu'il en est autrement dans la flexion, puisque là, au contraire, ce sont les extenseurs

qui interviennent pour limiter le mouvement. Toutefois les fléchisseurs agissent constamment comme antagonistes :

1° Pour modérer les mouvements d'extension, afin que ces derniers s'effectuent avec plus de régularité ;

2° Pour empêcher l'extension des doigts (ou d'une phalange isolée), si nous voulons agir sur le poignet seulement au moyen de l'extenseur.

L'action des fléchisseurs combinée avec celle des interosseux et des lombricaux contribue dans une large mesure à la précision des mouvements d'extension.

Action de l'extenseur commun.

Un premier fait qui se dégage des mesures indiquées est que, pour une même amplitude des mouvements, le glissement des tendons fléchisseurs est plus étendu que celui des extenseurs. Examinons d'abord les chiffres relatifs aux mouvements des doigts.

Le tableau suivant donne le raccourcissement des fléchisseurs correspondant à la flexion des phalanges de l'index, en même temps que l'étirement des extenseurs, chez le sujet D. (Exp. 86-88).

	Fléch. sup.	Fléch. prof.	Ext. com.	Ext. pr.
Flexion de la 3e phalange .	0	6,4	3,8	3,5
» » 2e » .	14,3	14	7	7,1
» » 1re » .	19,9	18,8	12,2	12
	34,2	**39,2**	**23**	**22,6**

On voit que pour l'ensemble des mouvements des phalanges, le raccourcissement des fléchisseurs dépasse d'un bon tiers l'étirement des extenseurs. Un peu moins sensible, lorsqu'on mesure isolément l'étirement correspondant à la flexion de la première phalange, la différence en question s'accentue au contraire si l'on considère à part les mouvements de la seconde et de la troisième. Ici le déplacement des fléchisseurs équivaut assez exactement au double de celui des extenseurs.

Les mesures prises sur les autres doigts donnent lieu à des déductions analogues.

Ces résultats concordent avec ceux qui ont été publiés par le Dr Em. Weber (VI, p. 9) : « Sehr auffällig ist auch das Missverhältniss zwischen der Stärke der Flexoren und Extensoren. Es verkürzen sich die Extensoren der Finger bei gleichem Bewegungsumfange ungefähr um ein Drittheil weniger als die

flexores sublimes, dazu kommt dann noch der Antagonismus der *flexores profundi*, so dass das Uebergewicht der Beugemuskeln ein sehr bedeutendes wird. »

Je reviendrai tout à l'heure sur la cause de ces différences et essaierai d'en donner l'explication.

Voyons maintenant quel est le rôle de l'extenseur commun, d'abord comme extenseur des doigts et du poignet, ensuite comme antagoniste des fléchisseurs.

Si l'on cherche à se rendre compte de l'action de l'extenseur commun en tirant sur ses tendons préalablement sectionnés, on constate que ce muscle agit essentiellement sur la première phalange et sur le poignet, tandis que son action sur les deuxième et troisième phalanges est relativement très faible.

Une traction quelconque exercée sur l'un des quatre tendons, étend d'abord la première phalange (si celle-ci était fléchie); une traction plus forte la redresse complètement; on voit ensuite le poignet se porter en flexion dorsale et c'est plus tard seulement, si l'on tire vigoureusement sur le tendon, que la deuxième et la troisième phalanges s'étendent à leur tour.

Le doigt se redresse à peu près entièrement quand les tissus sont bien frais, mais l'extension des deux dernières phalanges s'effectue avec peu d'énergie, tandis que la première phalange et la main elle-même se redressent aussi complètement que possible.

Ces faits ont déjà été démontrés par Duchenne (I, p. 779) au moyen de l'électrisation localisée appliquée sur le vivant. Cet habile physiologiste a prouvé que la faradisation de l'extenseur commun étend fortement la première phalange, mais que ce muscle a peu d'action sur les deux dernières et que nous serions incapables de redresser entièrement les doigts, sans le secours des interosseux et des lombricaux. La main en griffe que l'on observe dans la paralysie des interosseux résulte précisément de l'impuissance de l'extenseur à redresser complètement les doigts et à contrebalancer à lui seul l'action prédominante des fléchisseurs.

Les expériences pratiquées au moyen de la méthode d'E. Fick, confirment les résultats de Duchenne. Des cordons ayant été fixés aux tendons de l'extenseur, les doigts étant en extension la main en flexion dorsale, on constate (Exp. 8 et 9) que la flexion de la troisième phalange n'exerce aucune traction sur l'extenseur et que la flexion de la deuxième produit un étirement

de 1 à 4 mm. au plus, tandis que la flexion de la première phalange produit un étirement de 10 à 17 mm. et la flexion du poignet de — 80 à 90°, un étirement de 32 à 43.

L'étirement total résultant de la flexion des doigts et du poignet = 45 à 58 suivant les faisceaux.

Le fait que la flexion de la troisième phalange n'occasionne aucun étirement s'explique en partie par la brièveté du bras de levier de ce petit ginglyme. Il en est de même pour la deuxième phalange dont la flexion ne produit encore qu'une traction insignifiante sur le tendon de l'extenseur. Les phalanges étant aplaties, le tendon agit à peu près dans le plan de l'axe de flexion et ne peut avoir qu'une action très faible. Il en est tout autrement pour l'articulation métacarpo-phalangienne. Ici la tête du métacarpien se renfle fortement et soulève le tendon qui acquiert ainsi une direction beaucoup plus favorable.

Toutefois l'action spéciale de l'extenseur commun s'explique mieux encore par la disposition de son tendon aux points d'insertion. Le tendon se soude en effet assez intimement avec la face dorsale de la première phalange au moment où il s'étale pour former le surtout ligamenteux ; ayant dès lors perdu sa liberté il est clair que ses prolongements ne peuvent guère avoir d'action sur la deuxième et la troisième.

En revanche les bords du surtout ligamenteux qui reçoivent les insertions des interosseux et des lombricaux ne se soudent pas à la face dorsale de la première phalange ; ils conservent leur indépendance; or comme ce sont surtout ces fibres latérales qui se prolongent vers le bout du doigt, en longeant la face dorsale des dernières phalanges, on comprend pourquoi ces petits muscles jouent un rôle prépondérant dans l'extension de celles-ci.

On voit d'après ce qui précède qu'il n'est pas exact de dire avec quelques-uns de nos manuels : « L'extenseur commun étend successivement la troisième phalange sur la deuxième, la deuxième sur la première, celle-ci sur le métacarpe, la main sur l'avant-bras et l'avant-bras sur le bras ».

Le muscle qui nous occupe étend la première phalange et redresse le poignet en flexion dorsale, mais il n'a sur les deux dernières qu'une action très faible et est incapable de les étendre entièrement sans le concours des interosseux et des lombricaux [1].

[1] Sur le cadavre on parvient à redresser entièrement les doigs en tirant fortement sur les tendons de l'extenseur, mais une action aussi énergique ne semble guère se produire chez le vivant.

En tous cas le mouvement ne commence pas par l'extension des phalanges terminales.

Pour ce qui concerne l'action de l'extenseur sur l'articulation du coude, la dernière partie du passage cité est également fautive. Ce muscle, s'insérant au niveau de l'axe de flexion à l'épicondyle, en dessous de cet axe à l'aponévrose et aux cloisons intermusculaires, ne peut avoir sur l'extension de l'avant-bras qu'une action insignifiante.

L'extenseur commun agit encore comme antagoniste des fléchisseurs; il modère constamment l'action de ces derniers.

Semblable à un ruban élastique tendu sur la face dorsale des doigts et de la main, il s'oppose au relâchement des articulations et maintient à chaque instant les phalanges et le poignet dans la position précise qui correspond au degré de contraction des fléchisseurs. L'extenseur commun concourt donc d'une manière efficace à la précision des mouvements; il intervient en outre pour retenir les doigts en extension, lorsque nous voulons agir sur le poignet seulement au moyen des fléchisseurs communs. Enfin il limite la flexion, car c'est bien la résistance qu'il oppose qui nous empêche de fléchir entièrement le poignet, lorsque les doigts sont pliés en crochet.

Les chiffres de mes tableaux montrent dans quelle proportion les 4 faisceaux de l'extenseur s'étirent au cours du mouvement de flexion.

Pour la troisième phalange l'étirement de l'extenseur $= 0$ dans les expériences pratiquées sur les sujets A, B, C et 1,9 à 3,8 mm. dans les expériences pratiquées sur le sujet D. Son action étant nulle ou à peu près, ce sont les interosseux et les lombricaux qui agissent vraisemblablement comme principaux antagonistes du mouvement de flexion. Pour la seconde phalange, l'étirement est très faible, 3 à 4 mm. en moyenne. Ce sont encore les interosseux et les lombricaux qui agissent comme principaux antagonistes. En revanche, chez le sujet A (Exp. 8 et 9) l'étirement atteint 10 à 16,5 mm. en moyenne pour la flexion de la première phalange, 17,5 à 20 mm. pour la flexion du poignet de -80 à 0°, 9,5 à 13,5 mm. pour la flexion de 0 à 20° et 5,5 à 8 mm. pour la flexion de 20 à 90°. On voit en faisant l'addition que les faisceaux de l'index et du médius devraient s'étirer de 58 mm., le faisceau de l'annulaire de 56,5 mm. et enfin le faisceau du petit doigt de 45 mm., pour permettre la flexion complète.

Si au lieu du sujet A nous prenons le sujet D (Exp. 86 à 89),

chez lequel chaque mouvement de 20° a fait l'objet d'une mesure particulière, nous trouvons l'étirement de l'extenseur (faisceau de l'index) indiqué par les chiffres suivants :

Flex. de la 1re phalange	12.2
» 2e »	7
» 3e »	3.8
» du poignet de — 90 à 0 . .	20.1
» » de 0 à 20° . . .	5.7
» » de 20 à 90° . . .	21.2
	70

En additionnant ces nombres et en faisant de même pour les autres doigts, on trouve que le faisceau de l'index devrait s'étirer de 70 mm., le faisceau du médius de 70,4 et le faisceau du petit doigt de 54,1, pour permettre la flexion complète des doigts et du poignet.

Un étirement aussi considérable ne se produit guère en réalité; je n'ai obtenu les chiffres indiqués dans mes expériences que parce que l'extenseur préalablement coupé n'opposait plus de résistance au mouvement de flexion. Si l'on veut rester dans les limites naturelles, il faut, après avoir complètement replié les phalanges, arrêter la flexion du poignet à 20° ou 25° et mesurer à ce moment l'étirement subi par l'extenseur. Cette mesure se déduit facilement de nos tableaux; il suffit de retrancher du résultat total les chiffres indiquant l'étirement de l'extenseur dans la flexion du poignet de 20° à 90°.

Ce sont : pour l'index . . .	21,2	à déduire de	70	= 48,8
» le médius . .	20,7	»	70,4	= 49,7
» le petit doigt .	17,1	»	54,1	= 37

On voit que la flexion des doigts et la flexion incomplète du poignet (la seule qui puisse être exécutée par le vivant quand les doigts sont repliés), correspondent à un étirement des faisceaux de l'extenseur compris entre 49,7 et 37 mm.

L'étirement correspondant à la flexion forcée (de 20 à 90°) étant de 21,2 mm. pour l'index, de 20,7 mm. pour le médius et de 17,1 mm. pour le petit doigt, c'est précisément de ces quantités que l'extenseur devrait se laisser étirer (sans douleur) pour n'opposer aucune résistance au mouvement de flexion. Au reste, l'angle de 20° à 25° que j'ai indiqué comme marquant la limite de la flexion du poignet (les doigts repliés) est un chiffre moyen

sujet à de nombreuses variations individuelles. Pour certaines personnes il est déjà très fort. Les artisans aux mains calleuses, aux jointures massives, ne peuvent, le plus souvent, pas même replier complètement les phalanges les unes en dessous des autres. Des sujets exercés, des personnes douées d'articulations déliées, peuvent, en revanche, non seulement plier entièrement les doigts, mais fléchir en même temps le poignet jusqu'à 80 ou 90°.

Cela prouve que l'extensibilité de l'extenseur peut être augmentée par l'exercice et c'est bien ce qu'on devait attendre puisque, déjà dans les circonstances ordinaires, il suffirait d'un étirement supplémentaire de 17 à 21 mm. pour permettre la flexion complète.

Action de l'extenseur propre de l'index.

Les chiffres indiquant l'étirement de ce muscle sont à peu près identiques à ceux qui se rapportent à l'extenseur commun (faisceau de l'index). J'en conclus que l'extenseur propre se comporte de même. D'après Duchenne (III, p. 278), l'extenseur propre a cependant une action spéciale; il est faiblement adducteur (tire l'index du côté du médius) tandis que l'extenseur commun incline le même doigt du côté du pouce.

Action des muscles spéciaux du poignet.

Les articulations radio-carpienne et médio-carpienne agissant toujours ensemble et étant très rapprochées l'une de l'autre, nous pouvons les considérer au point de vue de l'action des muscles comme une articulation unique offrant deux genres de mouvements : 1° le mouvement de flexion et d'extension; 2° le mouvement de latéralité (adduction et abduction).

§ 1. Mouvements de flexion et d'extension.

Les tableaux suivants indiquent l'étirement des *fléchisseurs* correspondant à l'extension du poignet ou le raccourcissement correspondant à la flexion. On part de la flexion palmaire forcée (90°) :

Sujet A (Exp. 1-5, 16-21).

	Flèch. sup.	Flèch. prof. (f. de l'index)	Grand palmaire	Cubital antér.
Ext. de 90 à 0° .	25,4	25	24,3	26
» 0 à — 80°)	19,2	16,2	14,3	12,3
Amplit. tot. (170°)	**44,6**	**41,2**	**38,6**	**38,3**

Sujet B (Exp. 31-35, 47-52).

	Fléch. sup. (f. de l'index)	Fléch. prof.	Grand palmaire	Cubital antér.
Ext. de 90 à 0° .	22,8	21,6	22,6	25,3
» 0 à —80°.	21,4	20	13,6	15,3
Amplit. tot. (170°)	**44,2**	**41,6**	**36,2**	**40,6**

Sujet C (Exp. 62-64, 71-76).

Ext. de 90 à 0° .	24⅔	20⅔	25	26,4
» 0 à —80°.	20⅓	18⅓	13	13
Amplit. tot. (170°)	**45**	**39**	**38**	**39,4**

Sujet D (Exp. 89-90).

Flex. de — 90 à 0°	19,6	19,8	16,1	14,9
» 0 à 90° .	26,2	26,3	24,3	22,8
Amplit. tot. (180°)	**45,8**	**46,1**	**40,4**	**37,7**
Moy. des 4 séries :	45	42	38	39

Les tableaux suivants indiquent l'étirement des *extenseurs* correspondant à la flexion du poignet ou le raccourcissement correspondant à l'extension.

On part de l'extension forcée (—80 ou —90°) :

Sujet A (Exp. 8-9, 12-13, 22-30).

	Ext com. (f. de l'index).	Ext. pr.	1er rad.	2d rad.	Cub. post.
Flex. de —80 à 0°	20	20,5	13	14⅓	14⅔
» 0 à 90° .	18	17	21	29⅓	8
Amplit. tot. (170°)	**38**	**37,5**	**34**	**43⅔**	**22⅔**

Sujet B (Exp. 38-40, 43-44, 53-61).

Flex. de —80 à 0°	19⅔	19,5	13⅓	14⅓	9⅔
» 0 à 90° .	18	14	21	27⅔	11⅓
Amplit. tot. (170°)	**37⅔**	**33,5**	**34⅓**	**42**	**21**

Sujet C (Exp. 67-70, 77-85).

Flex. de —80 à 0°	20	18,5	13⅓	14⅓	9
» 0 à 90° .	18,5	14,5	22	26⅔	13⅓
Amplit. tot. (170°)	**38,5**	**33**	**35⅓**	**41**	**22⅓**

Sujet D (Exp. 89-90).

Flex. de —90 à 0°	25,8	25,8	16,5	16,8	8,8
» 0 à 90° .	21,2	21,3	16,3	16,9	10,6
Amplit. tot. (180°)	**47**	**47,1**	**32,8**	**33,7**	**19,4**
Moy. des 4 séries :	40,3	37,8	34,1	40,1	21,3

Il ressort de ces tableaux que l'étirement des extenseurs correspondant à l'excursion complète du poignet est à peu près équivalent à celui des fléchisseurs. Les fléchisseurs se raccourcissent de 38 à 45 mm. pour effectuer la flexion complète, les extenseurs de 34 à 40 mm. pour effectuer l'extension. Le cubital postérieur plus spécialement destiné à exécuter le mouvement d'adduction, fait seul exception avec son étirement de 21 mm.

On voit, de plus, que les muscles du poignet se placent dans l'ordre suivant au point de vue de leur action, les premiers étant insérés d'une manière plus favorable :

Fléchisseurs :	Racc. total	*Extenseurs :*	Racc. total
Fléch. com. sup. .	45 mm.	Extenseur commun.	40 mm.
Fléch. com. prof. .	42	Second radial. . .	40
Cubital antérieur .	39	Ext. propre . . .	38
Grand palmaire . .	38	Premier radial . .	34
		Cubital postérieur .	21

Ces chiffres sont indépendants du volume ou de la force absolue des muscles. Pour se faire une idée complète de la puissance comparée de ces organes, il faudrait tenir compte à la fois du volume du ventre charnu et du raccourcissement correspondant au mode d'insertion. Nous verrons plus loin que le raccourcissement correspond à la longueur du bras de levier dans les différentes positions.

§ 2 **Mouvements de latéralité.**

L'inclinaison radiale (abduction), est beaucoup moins étendue que l'inclinaison cubitale (adduction). Partant de 0°, position dans laquelle le médius se trouve dans le prolongement de l'axe de l'avant-bras, je compte 15° pour l'abduction et 30 à 35° pour l'adduction (total 45 à 50°).

Il faut remarquer toutefois que l'amplitude des mouvements de latéralité diminue dans les positions extrêmes (flexion dorsale et flexion palmaire forcées). Ce fait, bien étudié par Henke

(II, p. 160), s'explique par la combinaison des mouvements dans les deux articulations du poignet. Ainsi, l'inclinaison radiale résultant d'une flexion de l'articulation radio-carpienne combinée avec une extension de l'articulation médio-carpienne, et inversément l'inclinaison cubitale résultant d'une extension de l'articulation radio-carpienne combinée avec une flexion de l'articulation médio-carpienne, il est clair que l'amplitude de l'inclinaison doit diminuer lorsque les deux articulations agissent dans le même sens, c'est-à-dire lorsqu'elles se fléchissent ou lorsqu'elles s'étendent toutes deux à la fois. Au surplus, l'inclinaison cubitale résultant plus spécialement de la flexion de la deuxième rangée, on voit l'amplitude de ce mouvement diminuer beaucoup plus si la main se porte en flexion dorsale (extension des deux rangées), que si elle se porte en flexion palmaire (flexion des deux rangées). L'inclinaison radiale, déjà peu étendue lorsque la main est à 0°, devient à peu près nulle dans les deux positions extrêmes.

Pour ce qui est des muscles, nous ne pouvons plus opposer comme ci-dessus les fléchisseurs aux extenseurs. Combinant leur action d'une manière nouvelle, les fléchisseurs agissent synergiquement avec les extenseurs situés du même côté. Les muscles qui s'associent de telle façon sont :

1° Pour effectuer l'inclinaison cubitale, le cubital antérieur avec le cubital postérieur ;

2° Pour exécuter l'inclinaison radiale, les deux radiaux, avec les muscles longs du pouce et le grand palmaire.

Le grand palmaire, faiblement abducteur, sert principalement à neutraliser le mouvement d'extension résultant de la contraction des deux radiaux.

Les mesures relatives aux mouvements de latéralité ont été prises sur le sujet E.

La main est placée à plat. J'appelle position 0° celle dans laquelle le troisième métacarpien se trouve en droite ligne dans le prolongement de l'axe de l'avant-bras.

Muscles de l'inclinaison cubitale.

Cubital antérieur. Etirement observé en passant :

De l'inclinaison cubitale à la position 0°	14 mm.
De la position 0° à l'inclinaison radiale.	0 »
Total. .	14 mm.

Le même muscle s'étire de 26 mm. lorsqu'on passe de la

flexion palmaire à la flexion dorsale (de 12 mm., si l'on exécute en même temps l'inclinaison cubitale). Le cubital antérieur est donc adducteur et énergique fléchisseur du carpe.

NB. Son action adductrice est niée par Duchenne.

Cubital postérieur. Etirement observé en passant :

De l'inclinaison cubitale à la position 0°	12 mm.
De 0° à l'inclinaison radiale	8 »
Total. .	20 mm.

Le même muscle s'étire de 13 mm. lorsqu'on passe de la flexion dorsale à la flexion palmaire (5 mm. seulement, si l'on exécute en même temps l'inclinaison cubitale.) Le cubital postérieur est donc un adducteur plus énergique que le cubital antérieur, mais un faible extenseur (incapable à lui seul de relever la main au-dessus de la position horizontale).

Muscles de l'inclinaison radiale.

Premier radial. Etirement observé en passant :

De l'inclinaison radiale à la position 0°.	13 mm.
De 0° à l'inclinaison cubitale	23 »
Total. .	36 mm.

Le même muscle s'étire de 18 mm. lorsqu'on passe de la flexion dorsale à la flexion palmaire (de 22 mm. si l'on ajoute l'inclinaison cubitale à la flexion).

Le premier radial est donc extenseur et surtout abducteur énergique. Son insertion sur le sujet E se trouvait à environ 28 mm. en dehors du centre approximatif autour duquel s'exécutent les mouvements de latéralité.

Second radial. Etirement observé en passant :

De l'inclinaison radiale à la position 0°.	9 mm.
De 0° à l'inclinaison cubitale	5 »
Total. .	14 mm.

Le même muscle s'étire de 25 mm. lorsqu'on passe de la flexion dorsale à la flexion palmaire (de 29 mm. si l'on ajoute l'inclinaison cubitale à la flexion). Il est donc extenseur énergique et faiblement abducteur. L'action abductrice du second radial s'explique cependant, car il est inséré (sujet E) à 18 mm. en dehors du centre autour duquel s'exécutent les mouvements de latéralité.

NB. D'après Duchenne, le second radial n'est pas abducteur; son action se bornerait à l'extension directe du poignet.

Grand palmaire. Etirement obtenu en passant :

De l'inclinaison radiale a la position 0°	2 mm.
De 0° à l'inclinaison cubitale	1 »
Total. .	3 mm.

Le même muscle s'étire de 27 mm. en passant de la flexion palmaire à la flexion dorsale.

Fléchisseur énergique, le grand palmaire est à peine abducteur du poignet. Il agit cependant dans l'inclinaison radiale en contrebalaçant, comme *fléchisseur*, les muscles abducteurs qui (à l'exception du long abducteur du pouce) sont tous extenseurs du poignet.

Long abducteur du pouce. Etirement observé en passant :

De l'inclinaison radiale à la position 0°	9 mm.
De 0° à l'inclinaison cubitale	12 »
Total. .	21 mm.

Le long abducteur est donc (outre son action sur le premier métacarpien) un abducteur du poignet assez énergique. Le même muscle se raccourcit de 7 mm. pour exécuter l'écartement maximum du premier métacarpien, et s'étire, en revanche, de 5 mm. lorsqu'on passe de la flexion palmaire à la flexion dorsale du poignet. Ce dernier résultat, concordant avec les expériences de Duchenne, prouve que le long abducteur est (outre son action abductrice), faiblement fléchisseur du carpe.

Long extenseur du pouce. Etirement observé en passant :

De l'inclinaison radiale à la position 0°.	5 mm.
De 0° à l'inclinaison cubitale	9 »
Total. .	14 mm.

Le même muscle s'étire de 25 mm. lorsqu'on passe de la flexion dorsale à la flexion palmaire et de 29 mm. si l'on ajoute à la flexion l'inclinaison cubitale de la main. Essentiellement destiné à l'extension du pouce, le long extenseur est en outre extenseur et abducteur du poignet.

Extenseur propre de l'index. Etirement observé en passant :

De l'inclinaison radiale à la position 0°.	3 mm.
De 0° à l'inclinaison cubitale	4 »
Total. .	7 mm.

Le même muscle s'étire de 28 mm. lorsqu'on passe de la flexion dorsale à la flexion palmaire, de 30 mm. si l'on ajoute l'inclinaison cubitale à la flexion de la main.

L'extenseur propre est donc, outre son action sur l'index, extenseur et faiblement abducteur du poignet. Duchenne dit que ce muscle est en outre adducteur de l'index (qu'il le rapproche du médius). Je n'ai pas pu, au moyen du procédé de Fick, constater d'étirement correspondant à cette action.

En résumé, les muscles de l'inclinaison latérale doivent se ranger dans l'ordre suivant, par rapport à leur action, les premiers étant insérés plus favorablement (disposant d'un bras de levier plus long).

	Racc. total.		
Adducteurs.		Long abducteur . .	21 »
Cubital postérieur .	20 mm.	Second radial . . .	14 »
Cubital antérieur .	14 »	Long extenseur . .	14 »
Abducteurs.		Extenseur propre. .	7 »
Premier radial . .	36 mm.	Grand palmaire . .	3 »

Etude des surfaces articulaires en rapport avec l'étirement et le raccourcissement des muscles.

Il ressort des expériences faites au moyen de l'appareil de Fick que le déplacement des tendons fléchisseurs est constamment plus étendu que celui des tendons extenseurs.

Ce fait se vérifie soit dans les mouvements des articulations interphalangiennes, soit dans les mouvements des articulations métacarpo-phalangiennes. Dans les mouvements du carpe, au contraire, l'étirement des extenseurs est à peu près le même que celui des fléchisseurs.

Il faut, pour expliquer ces différences, examiner de plus près les surfaces articulaires et déterminer exactement la position de leurs axes.

On voit, en se livrant à cette étude, que les différences observées proviennent de la disposition des muscles relativement aux axes de rotation ; elles résultent pour chaque phase du mouvement de la longueur du bras de levier correspondant au muscle que l'on considère.

Prenons d'abord deux cas imaginaires :

1° Voici une articulation à surface sphérique (Fig. 1) avec un axe unique *c* et deux muscles E et F insérés sur l'os mobile en *a* et *b* à égale distance de *c*, à proximité immédiate de la surface articulaire. Il est clair que pour chaque déplacement de l'os mobile, le raccourcissement de l'un des muscles équivaut à l'éti-

rement de l'autre, et inversément. Ainsi, si l'on effectue un mouvement de flexion de 60°, le muscle E s'étire de la longueur *a a'* et le muscle F se raccourcit de la longueur *b b'*, égale elle-même à *a a'*.

2° Dans le 2e cas (Fig. 2) où le muscle F est inséré sur une apophyse *b* plus éloignée de l'axe *c*, on voit que l'étirement de E ne correspond plus au raccourcissement de F et inversément. Le muscle F, qui se trouve du côté où s'effectue le mouvement, se raccourcit davantage que l'autre E ne s'étire ; la différence serait encore plus marquée, si le tendon de E n'était forcé de se réfléchir sur le bord de l'os.

Pour une flexion de 60°, avec les dimensions de notre figure, le raccourcissement de F = 14 mm., l'étirement de E, qui serait de 3 mm. en ligne directe, est en réalité de 10 mm. à cause de la réflexion de la ligne de traction. Différence : 4 mm. en faveur de F. On voit de plus que le bras de levier de E demeure invariable, tandis que celui de F, long de 11 mm. au début du mouvement, grandit au cours de la flexion et mesure 15 mm. au moment où l'angle de flexion = 60°.

Ces différences seraient encore plus accentuées si le muscle F était inséré sur une apophyse plus élevée et plus éloignée de l'axe.

Examinons maintenant une articulation métacarpo-phalangienne véritable.

Voici (Fig. 3) la coupe de l'index de notre sujet D dessinée de grandeur naturelle avec le métacarpien correspondant.

La tête du métacarpien offre une surface articulaire à peu près sphérique dans le sens antéro-postérieur, un peu plus fortement courbée cependant du côté palmaire. Cette surface comprend un segment de 180° avec un rayon de courbure de 8 $^1/_2$ millimètres environ. Partant de la position 0, c'est-à-dire de la position dans laquelle l'axe de la phalange se trouve dans le prolongement de l'axe du métacarpien, on compte 120° du côté palmaire et —60° du côté dorsal (total 180°).

La surface concave de la phalange répond assez exactement à la surface convexe du métacarpien et comprend un arc de 30° du côté dorsal et 30° du côté palmaire (total 60°).

La surface convexe déborde donc la surface concave de 30° du côté dorsal, ce qui correspond à une flexion dorsale de même amplitude jusqu'à ce que les bords des cartilages arrivent au contact ; toutefois, la flexion dorsale de —30° étant déjà un

mouvement forcé, chez la plupart des individus, à cause de la résistance des ligaments et des muscles fléchisseurs, j'ai fait mes expériences à partir de — 20° (les degrés comptés du côté dorsal sont désignés par le signe —).

Du côté palmaire, la surface convexe déborde la surface concave de 90°, ce qui permet une flexion palmaire de même étendue; le dernier segment de 20° environ n'est plus revêtu de cartilage, de sorte que dans la flexion extrême la surface cartilagineuse de la phalange déborde celle du métacarpien. La flexion au delà de 90° est rendue impossible par la tension des ligaments latéraux, par la résistance des extenseurs et sans doute aussi par le fait du ligament glénoïdien qui serait comprimé au-dessous du métacarpien si le mouvement était poussé plus loin [1]. J'admets donc pour le mouvement de flexion et d'extension dans l'articulation métacarpo-phalangienne une amplitude totale de 110°.

Etudions comment se comportent les muscles aux diverses phases du mouvement et voyons si l'on peut tirer de cette étude quelques déductions relatives à l'étirement et au raccourcissement de leurs tendons.

Un arc de cercle de 110° étant tracé sur la figure 3, un calque de la phalange ayant été dessiné sur un morceau de papier transparent, on peut représenter très exactement le mouvement de flexion et d'extension en plaçant le calque sur la figure principale et en le faisant tourner autour d'une épingle fixée sur le point *c*. L'épingle répond à l'axe de rotation. Le tendon de l'extenseur est attaché au point *a* (il adhère à la face dorsale de la phalange par l'intermédiaire du surtout ligamenteux), tandis que le tendon du fléchisseur est supposé agir sur le point *b*. Les lettres *r r'* représentent les points de réflexion.

Les deux points *a* et *b* étant également figurés sur le calque, il est facile de mesurer de quelle façon ces points se déplacent relativement à un repère quelconque E pour l'extenseur, F pour le fléchisseur.

Ainsi, faisant tourner le calque dans le sens de la flexion, on constate une augmentation de la distance E*ra* correspon-

[1] Pour ce qui est de l'épaisseur des cartilages articulaires, j'ai observé sur mes coupes que le revêtement cartilagineux du métacarpien, assez mince du côté dorsal ($^1/_2$ mm.), augmente du côté palmaire et atteint au 40 ou 45° un millimètre d'épaisseur. Du côté de la phalange, le cartilage offre une épaisseur assez uniforme de 0,8 mm. environ.

dant à l'étirement de l'extenseur et une diminution de la distance F*r'b* correspondant au raccourcissement du fléchisseur.

Des mesures exactes prises au moyen du compas sur la fig. 3, en tenant compte des points de réflexion, ont donné les chiffres suivants :

Flexion de la 1re phalange.	Etirement de l'extenseur.	Raccourcissement du fléchisseur.
— 20 à 0°	2 ½	4
0 à 20	3 ½	4
20 à 40	3	4
40 à 60	2	4
60 à 80	2	3 ½
80 à 90	1	1 ½
	14 mm.	21 mm.

On voit que le raccourcissement total du fléchisseur est d'un tiers plus fort que l'étirement de l'extenseur.

L'articulation de la deuxième phalange est un ginglyme ; la gorge directrice se trouve du côté de la première phalange et la crête correspondante du côté de la deuxième; notre coupe (Fig. 3) passe par la gorge de la poulie. La surface articulaire de la première phalange est régulièrement arrondie, un peu plus courbée toutefois du côté palmaire que du côté dorsal. Elle comprend un arc de 170° avec un rayon de courbure de 4 ½ mm.

On compte 30° du côté dorsal et 140° du côté palmaire. La surface concave de la deuxième phalange comprend un arc de 30° du côté dorsal et 25° du côté palmaire ; total 55°. La surface convexe déborde la surface concave de 110° du côté palmaire, ce qui permet une flexion palmaire de même amplitude, plus étendue que dans l'articulation métacarpo-phalangienne. Le dernier segment de 35° environ n'est plus revêtu de cartilage ; la surface cartilagineuse de la deuxième phalange déborde donc celle de la première phalange vers la fin du mouvement. Il y a en dessous de la tête articulaire de la première phalange une excavation destinée à recevoir le bord de la deuxième phalange dans la flexion forcée. Il n'y a pas de flexion dorsale. Au lieu de 110, j'ai compté la flexion de la deuxième phalange jusqu'à 90° seulement[1].

[1] Le revêtement cartilagineux de la première phalange, très mince du côté dorsal (0,4 mm), augmente du côté palmaire ; il atteint au 40e ou 45e degré 0,8 mm d'épaisseur. Du côté de la deuxième phalange, le cartilage présente une épaisseur de 0,5 mm environ.

Procédant comme ci-dessus, après avoir tracé un second arc sur la fig. 3, j'ai fait tourner un calque de la deuxième phalange autour d'une épingle fixée sur le centre *c'*. Le tendon de l'extenseur était supposé attaché au point *e* et celui du fléchisseur au point *f*. Les mesures prises au moyen du compas ont donné les chiffres suivants [2] :

Flexion de la 2e phalange	Etirement de l'extenseur.	Raccourcissement du fléchisseur.
0 à 20°	1 1/2	2
20 » 40	1 1/2	3 1/2
40 » 60	2	3
60 » 80	1	3
80 » 90	1	1 1/2
	6 1/2 mm.	13 mm.

On voit que le raccourcissement du fléchisseur est justement le double de l'étirement de l'extenseur. On remarque de plus que les chiffres s'accordent assez bien avec ceux que j'ai obtenus (Exp. 86-88) au moyen du procédé d'E. Fick, sans toutefois offrir une concordance parfaite. Les divergences proviennent sans doute de ce que les points de réflexion variant au cours du mouvement, il est impossible de les représenter sur le papier d'une manière exacte.

Quant à l'utilité de ces dispositions, on peut admettre, semble-t-il, que la prédominance des fléchisseurs (prédominance qui se manifeste à la fois dans le volume du corps charnu et dans le mode d'insertion) est en rapport avec les usages de la main comme organe de préhension et de suspension. Il est évident en effet que lorsque nous portons un objet pesant suspendu à la main au moyen des doigts repliés en crochet, ce sont les fléchisseurs qui effectuent le plus grand effort. De même lorsque nous nous suspendons nous-mêmes au moyen des mains. On peut dire, relativement aux mouvements des doigts, que les fléchisseurs sont mis plus souvent et plus fortement à contribution que les extenseurs, tandis que pour les mouvements du poignet, les deux ordres de muscles agissent d'une manière à peu près égale.

[2] L'articulation de la troisième phalange étant très semblable à celle de la deuxième, je n'ai pas jugé nécessaire de répéter l'expérience à ce niveau.

II. DE LA RÉTRACTION DES MUSCLES APRÈS LA SECTION DE LEUR TENDON.

On sait que les muscles se rétractent après la ténotomie pratiquée sur le vivant; il se produit un écartement plus ou moins considérable entre les deux bouts du tendon sectionné. La rétraction est due d'une part à ce que les muscles sont déjà étirés au delà de leur longueur naturelle entre leurs points d'insertion, au moins dans certaines positions des os, et se rétractent en vertu de leur élasticité, d'autre part à ce qu'ils continuent à se contracter après la section de leur tendon. Dans ce dernier cas, le raccourcissement est d'autant plus considérable que le muscle n'est plus retenu par rien. Mais quelle est la mesure de cette rétraction? Combien de temps le muscle continue-t-il à se rétracter après la ténotomie? Comment se comporte le muscle laissé à lui-même?

Les livres ne donnent à cet égard que des indications assez vagues. Voici cependant un certain nombre de renseignements capables de jeter quelque clarté sur ces questions.

Billroth (XI, p. 579), parlant de la ténotomie du tendon d'Achille dans le traitement du pied bot, dit que les deux bouts du tendon sectionné s'écartent ensuite de la contraction du muscle, mais qne le tissu cellulaire s'interpose dans l'intervalle (à cause de la pression de l'air) et que ce tissu ne tardant pas à s'infiltrer, il en résulte la formation d'un bourrelet à la place de la dépression que l'on observe de suite après la section.

Le tendon se régénère dans l'espace de quatorze jours environ, aux dépens du tissu cellulaire interposé. On évite le raccourcissement à l'aide de manipulations et d'appareils appropriés; autrement le tendon, bientôt ressoudé, reviendrait à sa longueur primitive.

Le prof. König (XII, p. 537) dit à propos de la section du tendon d'Achille chez l'adulte (occasionnée par un coup de faux,

par exemple), que la fonction du gastrocnémien peut être définitivement abolie, ensuite de la rétraction considérable que subit le bout central. Il faut, pour éviter un tel accident, rechercher dans la plaie les deux bouts du tendon sectionné et les réunir par une suture. L'auteur cite des opérations de ce genre exécutées avec succès par Pauly, Webster et Simons.

Le même auteur donne des détails intéressants sur la ténotomie des fléchisseurs des doigts pratiquée dans le but de redresser les phalanges atteintes de contracture. La rétraction du tendon est parfois si considérable que les deux bouts ne peuvent se ressouder; on obtient peut-être le redressement des doigts, mais le mouvement de flexion est définitivement aboli (l. c. p. 217).

Un écartement considérable, empêchant une bonne cicatrisation peut être observé également dans les ruptures sous-cutanées du tendon d'Achille, ruptures qui ont été observées à plusieurs reprises dans les jeux de cirque ou aussi chez des personnes âgées ensuite d'un effort.

Petit (VIII, p. 290 et 314) cite deux cas de ce genre: 1° Un bateleur sautant à pieds joints sur une table élevée de trois pieds et demi, se rompit les deux tendons d'Achille, sans se faire aucune plaie extérieure. Les bouts cassés étaient si éloignés l'un de l'autre, qu'on sentait sous la peau une distance à mettre trois doigts dans l'espace qu'ils laissaient entre eux. 2° Un homme de 45 ans se rompt le tendon d'Achille en descendant l'escalier. Malgré l'enflure, on sentait en touchant au travers de la peau une cavité située sur le tendon d'Achille de la largeur de ce tendon, un peu plus longue que large, profonde d'une ligne et éloignée du talon de 2 grands pouces.

On observe aussi un écartement du bout central dans les fractures de la rotule ensuite de la rétraction du triceps.

Gerdy (IX, p. 426) a vu un cas de fracture de la rotule guéri avec un écartement de trois ou quatre doigts.

M. König (XII, p. 549) dit à ce sujet: « Lorsque la fracture s'accompagne d'une déchirure étendue des ailerons de la rotule, le fragment supérieur est attiré en haut par le triceps et le fragment inférieur retenu en bas par le ligament rotulien; l'écartement est assez considérable (de 1 à 6 centimètres) pour être facilement reconnu à la palpation ».

Le Dr Moynac (XX, p. 246) écrit: « Les fractures transversales de la rotule ne se consolident que difficilement et par l'intermé-

diaire d'un cal fibreux. Celui-ci peut acquérir jusqu'à 12 centimètres de longueur. »

Le Dr Kummer (XV, p. 722) cite le cas d'un maçon qui se fit en tombant d'un échafaudage une fracture compliquée de la jambe avec déchirure du ligament propre de la rotule. Cette dernière était remontée de 4 pouces environ.

Le Dr Soutter (XVII, p. 56) cite un cas de fracture de la rotule survenu chez un homme de 60 ans. Le malade était à peu près guéri, lorsqu'une nouvelle chute amena un nouvel épanchement dans le genou avec rupture étendue des insertions des vastes interne et externe sur la rotule et une augmentation de l'écartement des fragments. Celui-ci atteignait 3 cm. dans l'extension et 9 dans la flexion du genou.

Le prof. J. Reverdin (XVIII, p. 402) présente un blessé atteint de fracture transversale de la rotule avec un écartement de 3 cm. entre les deux fragments. Il attribue l'étendue relativement faible de l'écartement à ce que le malade n'avait pas essayé de se relever.

Le même chirurgien (XVI, p. 233) eut à s'occuper d'un malade qui, essuyant son rasoir sur la main gauche se fit une profonde plaie à la face palmaire des doigts annulaire et auriculaire. Les tendons fléchisseurs avaient été complètement sectionnés. M. Reverdin fut obligé de faire une incision longitudinale s'étendant jusqu'au milieu de la paume de la main pour retrouver le bout central du fléchisseur superficiel du petit doigt ; le fléchisseur profond fut introuvable. Les extrémités tendineuses furent réunies par des sutures à distance, à cause de l'impossibilité où l'on se trouva de les amener au contact les unes des autres; la distance qui les séparait était de 2 à 3 cm.

Le Dr O. Witzel (XIV, p. 2654) dit que l'écartement des bouts peut être très considérable (sehr beträchtlich), lorsque le tendon sectionné se trouve dans un long canal synovial ; il donne comme exemple les fléchisseurs des doigts.

Plus loin (p. 2673), le même auteur rapporte un cas de Czerny (rupture sous-cutanée du tendon long extenseur du pouce) dans lequel l'écartement des bouts tendineux, qui était de 6 ½ cm. quatre semaines après l'accident, put être, au cours de l'opération, réduit à 2 cm. seulement.

Le Dr Kölliker (XIII) cite le cas d'un malade qui s'était fait une profonde entaille à la main en tombant sur un hachoir. La plaie se dirigeait transversalement du bord cubital vers la base

du premier métacarpien. Après avoir arrêté l'hémorragie, il procéda à la suture des tendons, mais ne put trouver pour chaque doigt qu'un seul fléchisseur. L'auteur ne dit pas si c'était le tendon superficiel ou le tendon profond qui s'était retiré le plus.

Un cas analogue a été rapporté récemment par le Dr Krafft, de Lausanne (XIX, p. 626). Il s'agit d'une demoiselle de 25 ans qui s'était blessée à l'index gauche en sculptant du bois. Le petit ciseau dont elle se servait, lui échappant brusquement, avait perforé le doigt en avant de l'os et coupé net le tendon du fléchisseur profond un peu au-dessus de l'articulation de la troisième phalange. La plaie guérit rapidement, mais la flexion de la troisième phalange était devenue impossible. Appelé trois semaines après l'accident, M. Krafft se propose de suturer les deux bouts du tendon coupé. Il fait une incision longitudinale. Le bout périphérique du tendon se présente sous la forme d'un moignon épais, long de 1 cm. seulement; en revanche, le bout central est introuvable. L'incision est prolongée jusqu'au niveau de l'articulation métacarpo-phalangienne; toujours pas de tendon profond. En désespoir de cause, le docteur recourt à un palliatif. Il fend par le milieu les deux brides par lesquelles le tendon superficiel s'insère aux bords de la phalangine, coupe les insertions des deux moitiés internes, et, les ramenant sur la ligne médiane, les suture au tendon du fléchisseur profond. Le résultat fut heureux; la troisième phalange recouvra son mouvement au bout de trois semaines environ; mais le cas prouve nettement que les tendons fléchisseurs subissent une rétraction considérable (5 cm. au moins) après la section et qu'il est dès lors inutile de chercher le bout central dans la plaie.

J'ai fait moi-même quelques expériences relatives à la rétraction des tendons après la ténotomie, soit sur des animaux vivants (chien, lapin, grenouille), soit sur des animaux que l'on venait de sacrifier et dont les muscles avaient conservé leur excitabilité et leur élasticité normales.

Les animaux vivants ont tous été narcotisés préalablement au moyen de l'éther, d'abord pour éviter la douleur, secondement afin d'obtenir la résolution musculaire. L'influence de la contractilité étant supprimée, la mesure du ventre charnu prise après la ténotomie, donne la *longueur naturelle* du muscle, c'est-à-dire la longueur du muscle ni contracté ni étiré. L'écartement des bouts tendineux, mesuré au moyen d'une règle graduée

dans diverses positions des os, indique le degré d'étirement du muscle correspondant à chacune de ces positions. Il suffit, pour que les résultats soient comparables entre eux, de diviser la longueur du ventre charnu rapportée à 100 par l'écartement observé. Ce quotient obtenu, on en déduit directement dans quelle proportion le muscle doit se contracter chez le vivant pour effectuer le mouvement.

J'ai pris mes mesures au moins dans trois positions différentes : extension complète, position moyenne ou intermédiaire, flexion complète.

Expériences pratiquées sur le lapin.

Section du tendon d'Achille. — L'expérience a été faite de la même manière sur quatre lapins désignés par les lettres A. B. C. D.

L'animal a été narcotisé sous une cloche jusqu'à résolution complète du système musculaire. Le genou est maintenu immobile en extension. Le tendon ayant été sectionné aussi franchement que possible, on mesure l'écartement des deux bouts au moyen d'une règle graduée, d'abord dans l'extension du pied (170°), puis dans les divers degrés de flexion, jusqu'à la flexion complète (30°). L'amplitude totale du mouvement de l'articulation tibio-tarsienne = 140°.

Ecartement des bouts tendineux indiqué en millimètres.

		A. (Exp. 1)	B. (Exp. 2)	C. (Exp. 3)	D. (Exp. 4)	Moyennes.
(Extension.)	170°	1	0	0	0	¼
	160°	4	1	1	1	1 ¾
	150°	5	2	3	3	3 ¾
	140°	6	5	4	4	4 ¾
	130°	7	6	6	8	6 ¾
	120°	8	8	4	10	7 ½
	110°	10	10	8	12	10
(Posit. interm.)	100°	11	11	11	15	12
	90°	12	13	13	16	13 ½
	80°	13	14	14	17	14 ½
	70°	14	16	15	19	16
	60°	14	17	16	20	16 ¾
	50°	15	20	17	21	18 ¼
	40°	16	20	18	23	19 ¼
(Flex. complète.)	30°	16	21	18	24	19 ¾

En faradisant le gastrocnémien du lapin A on obtient une rétraction de 15 mm. (le pied étant maintenu fléchi à 90°).

Après avoir détaché une forte adhérence qui retenait la gaîne du même muscle on trouve au repos une rétraction de 15 mm.; en faradisant, un écartement de 20 mm. (pied maintenu à 90°).

Chez le lapin B la faradisation du même muscle donne une rétraction de 19 mm. (pied maintenu à 90°); chez le lapin C une rétraction de 15 mm. (pied fléchi à 90°). Après avoir détaché sur ce dernier une forte adhérence de la gaine aponévrotique, on trouve au repos 15 mm., en électrisant 20 mm. Chez le lapin D la faradisation du gastrocnémien donne un raccourcissement de 22 mm.

On voit, d'après ces données, que le gastrocnémien du lapin n'est pas étiré lorsque l'articulation tibio-tarsienne est en extension complète (écart minimum des points d'insertion). C'est dans cette position seulement que le muscle offre sa longueur naturelle; l'étirement commence avec le mouvement de flexion; il atteint 12 mm. en moyenne dans la position intermédiaire et 20 mm. dans la flexion complète. La longueur du corps charnu du gastrocnémien (détaché du solaire) était pour le lapin A : 50 mm., pour B : 65, pour C : 54, pour D : 70.

Divisons la longueur du corps charnu rapportée à 100 par la distance (l'écartement) des bouts tendineux, nous obtenons :

	Dans la flexion à 100° :	Dans la flexion à 30° :
Lapin A	$\frac{100 \times 11}{50} = 22\%$	$\frac{100 \times 16}{50} = 32\%$
» B	$\frac{100 \times 11}{65} = 17\%$	$\frac{100 \times 21}{65} = 32\%$
» C	$\frac{100 \times 11}{54} = 20\%$	$\frac{100 \times 18}{54} = 33\%$
» D	$\frac{100 \times 15}{70} = 21\%$	$\frac{100 \times 24}{70} = 34\%$
Moyennes des 4 expériences	20%	33%

Le gastrocnémien du lapin est donc étiré de 20 %, soit exactement $^1/_5$ de sa longueur dans la position intermédiaire (flexion à 100°) et de 33 %, soit $^1/_3$ de sa longueur dans la flexion complète (30°). C'est donc dans la même proportion que le muscle actif doit se raccourcir chez le vivant pour effectuer le mouve-

ment d'extension d'abord de 30 à 100, puis de 100 à 170° (amplitude totale 140°).

Ces chiffres ont été contrôlés sur le squelette au moyen de la méthode de Fick (IV, p. 439).

Le muscle est représenté par un cordon dont une extrémité est attachée au tendon d'Achille conservé à cet effet tandis que l'autre, tendue au moyen d'un poids, glisse dans un anneau fixé dans le fémur au niveau de l'insertion. Le genou étant maintenu immobile, on fléchit successivement le pied en allant de l'extension (170°) à la flexion complète (30°) et mesure au moyen d'un point de repère (un fil rouge p. ex. noué sur le cordon) de combien de millimètres le cordon s'allonge au cours du mouvement.

L'expérience a été faite sur le squelette du lapin B.

Etirement du gastrocnémien.

170°	0mm	90°	14mm
160	1	80	15
150	3	70	16
140	5	60	18
130	6	50	20
120	7	40	21
110	10	30	22
100	12		

Les chiffres obtenus (12mm dans la position moyenne, 22 dans la flexion complète) correspondent à un millimètre près aux mesures prises sur le tendon sectionné. (Voyez ci-dessus, lapin B).

J'ai mesuré sur le même squelette l'écart minimum et l'écart maximum des points d'insertion du gastrocnémien. Le fémur étant maintenu en extension, l'écart minimum = 85 mm. (dans l'extension du pied à 170°), l'écart maximum = 107 mm., soit 85 + 22 (dans la flexion du pied à 30°). On voit encore, en tenant compte de la longueur du ventre charnu (65 mm.) et de la longueur du tendon (20 mm.) que l'allongement du muscle doit être 65 + 12, soit 18 % de sa longueur naturelle dans la flexion à 100° et 65 + 22, soit 34 % de sa longueur naturelle dans la flexion complète. Ces chiffres concordent presque entièrement avec les mesures prises sur le lapin vivant.

Section du triceps fémoral. — L'expérience a été faite sur deux lapins désignés par les lettres E et F, narcotisés jusqu'à résolution complète du système musculaire au moyen de l'éther. Chez le premier, la section a été pratiquée immédiatement au-

dessus de la rotule. Chez le sujet F, la rotule elle-même a été divisée par un trait de scie. L'écartement a été mesuré comme ci-dessus au moyen de la règle, d'abord dans l'extension complète du genou (170°), puis aux divers degrés de flexion.

L'amplitude totale du mouvement = 140.

Ecart des bouts tendineux.

	Lapin E. (Exp. 5).	Lapin F. (Exp. 6).		Lapin E. (Exp. 5)	Lapin F. (Exp. 6).
170°	6mm	6mm	90°	16mm	14mm
160	8	7	80	17	15
150	10	8	70	19	15 ½
140	11	10	60	20	16
130	12	11	50	21	17
120	13	11 ½	40	22	18
110	14	12	30	24	19
100	15	13			

La valeur moindre des chiffres de la seconde colonne (lapin F) s'explique probablement par la présence de quelques adhérences aponévrotiques qui retenaient le fragment supérieur de la rotule.

On voit, d'après ces mesures, que contrairement à ce que j'ai constaté sur le gastrocnémien, le triceps fémoral est déjà étiré de 6 mm. dans l'extension du genou; dans la flexion à 100°, l'étirement = 15 mm. et, dans la flexion complète, 24. Toutefois il faut remarquer que la hanche était en extension au moment de l'expérience; or, l'extension de la hanche tend fortement le droit antérieur et avec lui le triceps entier (bien plus fortement que l'extension du genou ne tend le gastrocnémien); il est probable que si la hanche avait été fléchie, le triceps n'aurait pas été étiré. La longueur du corps charnu du droit antérieur étant, chez le lapin E, 90 mm., chez le lapin F, 102 mm., on trouve en divisant cette dimension, rapportée à 100° par l'écart des bouts sectionnés :

Lapin E.

Extension (170°) $\frac{6 \times 100}{90} = 6{,}6\% = 1/15$

Flexion à 100° $\frac{15 \times 100}{90} = 16{,}6\% = 1/6$

Flexion à 30° $\frac{24 \times 100}{90} = 26{,}6\% = 1/4$ env.

Lapin F.

Extension (170°) $\frac{6 \times 100}{102} = 5{,}8\% = {}^1/_{17}$

Flexion à 100° $\frac{13 \times 100}{102} = 12{,}7\% = \frac{1}{8}$

Flexion à 30° $\frac{19 \times 100}{102} = 18{,}7\% = {}^1/_5$ env.

Le triceps du lapin E est donc étiré de 6,6 %, soit $^1/_{15}$ de sa longueur naturelle dans l'extension du genou, de 16,6 % soit $\frac{1}{6}$ de sa longueur dans la position intermédiaire et de 26,6 %, soit un peu plus du quart de sa longueur dans la flexion complète. Le triceps du lapin F est étiré de 5,8 %, soit $^1/_{17}$ de sa longueur dans l'extension du genou; de 12,7 %, soit $\frac{1}{8}$ de sa longueur dans la position intermédiaire et de 18,7 %, soit $^1/_5$ environ de sa longueur dans la flexion complète.

Si l'on retranche 6 mm. dès le début de l'expérience, on obtient :

		Lapin E	Lapin F.
Extension	(170°)	Ecart 0	0
Flexion à	100°	» 9	7
Flexion à	30°	» 18	13

et en faisant le calcul comme ci-dessus :

Flexion à 100° $\frac{9 \times 100}{90} = 10\%$ $\frac{7 \times 100}{102} = 6{,}9\%$

Flexion à 30° $\frac{18 \times 100}{90} = 20\%$ $\frac{13 \times 100}{102} = 12{,}9\%$

Pour le gastrocnémien, les chiffres correspondants étaient :

Dans l'extension du pied. 0
» la position intermédiaire . . . 20 %
» la flexion complète . . . . . 33 %

Le triceps serait donc plus fortement étiré dans l'extension du genou que le gastrocnémien dans l'extension du pied, plus faiblement, en revanche, dans la position intermédiaire et dans la flexion complète. J'ai lieu de croire cependant que le résultat est partiellement faussé par les adhérences aponévrotiques qui retiennent le triceps plus fortement que le gastrocnémien et s'opposent à la rétraction du bout central. On trouve, en effet, en contrôlant les résultats au moyen de la méthode de Fick que les

mesures prises sur le squelette (Lapin E) donnent des chiffres un peu plus forts.

Etirement du triceps fémoral (Procédé de Fick) :

170°	0mm	90°	13 ½mm
160	2 ½	80	15
150	4	70	16
140	5	60	17
130	7	50	18
120	9	40	19
110	10	30	20
100	12		

Il faut, pour que les chiffres soient comparables à ceux de l'expérience 5, partir de 6 au lieu de 0, en d'autres termes ajouter 6 à chacun des chiffres ; on obtient ainsi :

Dans l'extension	(170°)	6mm
» la flexion à	100°	18
» la flexion à	30	26

La valeur un peu inférieure des chiffres obtenus sur le vivant s'explique vraisemblablement par la présence des gaines musculaires.

Expériences pratiquées sur le chien.

Exp. 7. 18 janvier 1895. Chien de petite taille, narcotisé au moyen de l'éther. Je sectionne les tendons des *fléchisseurs communs* superficiel et profond des doigts à la face palmaire de la patte antérieure gauche, un peu en arrière des pelottes. Les tendons, soudés les uns aux autres, formaient dans cette région un paquet compact.

La rétraction du bout central immédiatement après la section = 1 cm., les doigts étant maintenus en extension (c'est-à-dire dans le plan de l'avant-bras)

Le ventre charnu du muscle mesurant 8 cm., on voit que le fléchisseur commun est étiré de $^1/_8$ environ, soit 12,5 % de sa longueur naturelle lorsque les doigts sont en extension.

Exp. 8. Quatre jours plus tard, le chien ayant été narcotisé de nouveau, la rétraction des fléchisseurs = 1 ½ cm. (les doigts en extension) ; elle a donc augmenté de 5 mm. La faradisation augmente le raccourcissement de 1 mm. à peine (le muscle réagit très mal).

Le chien est sacrifié pendant la narcose.

Deux jours après, le corps se trouvant en état de rigidité cadavérique, la rétraction du fléchisseur commun = 13 mm. (les doigts en extension) et 20 mm. (les doigts en flexion dorsale).

Exp. 9. 22 janvier 1895. Un second chien devant être sacrifié ce jour-là en vue de la démonstration des chylifères, je profite de la narcose pour sectionner le tendon du triceps fémoral au-dessus de la rotule et le tendon d'Achille au-dessus du talon.

Rétraction du *triceps* immédiatement après la section = 10 millimètres (le tibia en extension) et 15 mm. (le tibia en flexion complète).

La faradisation augmente de 5 mm. l'écartement des bouts tendineux.

Le ventre charnu du droit antérieur mesurant 10 cm., on voit que ce muscle est étiré de $^1/_{10}$ environ de sa longueur lorsque le genou est en extension.

Rétraction du *tendon d'Achille* immédiatement après la section = 4 mm. (le pied en extension) et 15 mm. (le pied fléchi à 90°).

Deux heures après la mort, l'écartement n'a pas changé.

Le corps charnu des gastrocnémiens mesurant 6 cm., on trouve par le calcul que ces muscles sont étirés dans l'extension du pied de $^1/_{15}$ = 6,6 %, et dans la flexion du pied à 90° du quart environ = 25 % de leur longueur naturelle.

Exp. 10. 22 janvier 1895. Sections tendineuses pratiquées sur le même chien 2 heures après la mort.

Quelques muscles (fléchisseur et extenseur communs) sont encore faiblement excitables par le courant d'induction ; d'autres (gastrocnémiens, biceps brachial) ont déjà perdu leur excitabilité.

Je sectionne le tendon du *biceps brachial.* La rétraction = 6 mm., lorsque l'avant-bras est fléchi à 90° et 13 mm., lorsque l'avant-bras est en extension.

Le corps charnu mesurant 4 ½ cm., on voit que le muscle est étiré de $^1/_8$ environ de sa longueur = 13,3 % dans la demi-flexion et un peu plus du quart de sa longueur = 27 % dans l'extension.

Je sectionne les tendons de l'*extenseur commun* des doigts au-dessus du ligament annulaire.

La rétraction = 8 mm. lorsque les doigts sont en extension, et 11 mm. lorsque les doigts et le poignet sont en flexion complète.

La flexion du poignet est très étendue chez le chien, la face palmaire de la main peut s'appliquer contre l'avant-bras ! En revanche les doigts se fléchissent beaucoup moins que chez l'homme. La faradisation augmente le raccourcissement de l'extenseur de 2 mm. seulement. Le corps charnu mesurant 5 ½ cm., l'étirement du muscle = $^1/_7$ de sa longueur naturelle, soit 14,3 % lorsque les doigts sont en extension et $^1/_5$ de sa longueur, soit 20 % dans la flexion complète.

Je sectionne le *long abducteur* du pouce. La rétraction = 4 mm. dans la flexion du poignet.

Je sectionne les deux *radiaux*. La rétraction = 4 mm. dans l'extension du poignet, 18 mm. dans la flexion complète et 12 mm. dans l'extension après que l'on a détaché les gaines [1].

Le corps charnu mesurant 6 cm., l'étirement du muscle entre ses points d'insertion = $^1/_5$ de sa longueur naturelle soit 20 % dans l'extension du poignet (muscle dégagé de sa gaine), et un peu moins du tiers, soit 30 % dans la flexion.

Je sectionne le *grand palmaire*. La rétraction = 5 mm. dans l'extension et 13 mm. dans la flexion du poignet.

Le corps charnu mesurant 5 cm., l'étirement du muscle = 10 % dans l'extension et 26 % dans la flexion du poignet.

Exp. 11. 24 janvier 1895. Mesures prises sur le second chien deux jours après la mort. Le corps est en état de rigidité cadavérique.

Section du *triceps* (le tibia est complètement fléchi ensuite de la prédominance des fléchisseurs laissés intacts).

La rétraction = 35 mm., soit 35 % de la longueur du ventre charnu.

Section du *tendon d'Achille*. Pied fléchi à 90°. La rétraction = 16 mm., soit 26,6 %. Pied en flexion dorsale forcée. La rétraction = 20 mm., soit 33,3 %.

Section du *biceps brachial* (avant-bras fléchi à 100°). La rétraction = 23 mm., soit 51,1 %.

Je n'ai pas pu mesurer la rétraction de l'extenseur commun des doigts, les tendons s'étant un peu ratatinés par la dessication.

[1] La rétraction des muscles après les sections tendineuses varie beaucoup suivant que le muscle est libre ou engainé et suivant la disposition des adhérences qui le retiennent ; il y a là une cause d'erreur dont il faut constamment tenir compte. J'ai fait autant que possible mes expériences sur des muscles entièrement dégagés de leur gaine.

Section des *radiaux* (poignet fléchi à 90°). La rétraction = 20 mm. soit 33,3 %.

Section du *grand palmaire*. La rétraction = 10 mm., soit le cinquième de sa longueur.

Résumé.

Section des fléchisseurs communs. Chien vivant.

		mm.
Les doigts en extension	Rétraction :	10 = $^1/_8$
Le même, 4 jours après	»	15 = $^1/_6$.
Le même, 2 jours après la mort les doigts en extension . . .	»	13 = env. $^1/_7$.
» en flexion	»	20 = $^1/_5$.

Section du triceps fémoral. Chien vivant.

Le genou en extension	Rétraction :	10 = $^1/_{10}$.
» en flexion complète. .	»	15 = env. $^1/_7$.
Le même, 2 jours après la mort (flexion complète)	»	35 = env. $^1/_3$.

Section du tendon d'Achille. Chien vivant.

Le pied en extension	Rétraction :	4 = $^1/_{15}$.
» fléchi à 90°	»	15 = $^1/_4$.
Le même, 2 jours après la mort. Le pied fléchi à 90°	»	16 = env. $^1/_4$.
» en flexion forcée . . .	»	20 = $^1/_3$.

Section du biceps brachial. Deux heures après la mort.

L'avant-bras fléchi à 90° . . .	Rétraction :	6 = env. $^1/_8$.
» en extension . . .	»	13 = env. $^1/_4$.
Le même, 2 jours après (avant-bras fléchi à 100°)	»	23 = env. $^1/_2$.

Section de l'extenseur commun. Deux heures après la mort.

Les doigts en extension	Rétraction :	8 = $^1/_7$.
Les doigts et le poignet fléchis .	»	11 = $^1/_5$.

Section du long abducteur. Deux heures après la mort.

Les doigts et le poignet en flexion	Rétraction :	4.

Section des radiaux. Deux heures après la mort.

Le poignet en extension. . . .	Rétraction :	4 = env. $^1/_{15}$.
» en flexion complète .	»	18 = env. $^1/_3$.
» en extension, après avoir détaché les gaines. . .	»	12 = $^1/_5$.
Le même, 2 jours après (le poignet fléchi à 90°)	»	20 = $^1/_3$.

Section du grand palmaire. Deux heures après la mort.

		mm.
Le poignet en extension. . . .	Rétraction :	5 = $^1/_{10}$.
» en flexion.	»	13 = env. ¼ .
Le même, 2 jours après (le poignet en extension)	»	10 = $^1/_5$.

Expériences pratiquées sur la grenouille.

J'ai opéré sur trois grenouilles (A, B, C), préalablement éthérisées jusqu'à résolution complète du système musculaire.

Section du tendon d'Achille. — Le tendon d'Achille ayant été sectionné, je mesure la rétraction de deux bouts immédiatement après la section, le jour suivant et quatre jours après (les grenouilles sont encore vivantes). Chaque fois, je prends les mesures dans trois positions successives : l'extension, la demi-flexion et la flexion complète du pied. Le fémur est placé en extension sur le tibia, afin de maintenir à la même hauteur l'insertion supérieure du gastrocnémien.

Voici les résultats :

Ecart des bouts tendineux immédiatement après la section.

Grenouilles	A (Exp. 12)	B (Exp. 13)	C (Exp. 14)
Extension . . .	4 mm.	4 mm.	3 mm.
Demi-flexion. . .	7	6	5
Flexion complète .	8	8	8

Le jour suivant, la rétraction du bout central augmente de 3 mm.

	A (Exp. 15)	B (Exp. 16)
Extension	7 mm.	7 mm.
Demi-flexion . . .	10	9
Flexion complète. .	11	11

Quatre jours après la section, la rétraction du bout central augmente encore de 2 mm.

	A (Exp 17)	B (Exp. 18)
Extension	9 mm.	9 mm.
Demi-flexion . . .	12	11
Flexion complète. .	13	13

La longueur du ventre charnu du gastrocnémien = chez A : 27 mm. ; B : 28 ; C : 30.

On obtient le degré de l'étirement du muscle en divisant comme ci-dessus la longueur du ventre charnu rapportée à 100 par l'écartement des bouts tendineux.

Etirement au moment de la section.

	A	B	C	Moyennes
Extension . . .	15 %	14,3 %	10 %	13 %
Demi-flexion . .	26	21,4	16	21
Flexion complète.	29,6	29	26,6	28,4

Etirement le jour suivant.

	A	B	Moyennes
Extension . . .	26 %	25 %	25 %
Demi-flexion . .	37	32	34,5
Flexion complète .	40,7	39,1	39,9

Etirement quatre jours après la section.

	A	B	Moyennes
Extension . . .	33,3 %	32 %	32,9 %
Demi-flexion . .	44,4	39,1	41,7
Flexion complète .	48,1	46,4	47,2

Section du tendon du triceps fémoral. Ecartement des deux bouts immédiatement après la section.

	A (Exp. 19)	B (Exp. 20)	C (Exp. 21)
Extension . . .	2 mm.	3 mm.	2 mm.
Demi-flexion . .	4	5	4
Flexion complète.	6	7	6

Le jour suivant, la rétraction du bout central augmente de 3 mm. chez la grenouille A et de 2 chez la grenouille B.

	A (Exp. 22)	B (Exp. 23)
Extension . . .	5 mm.	5 mm.
Demi-flexion . .	7	7
Flexion complète .	9	9

Quatre jours après la section, la rétraction du bout central s'est encore augmentée de 4 mm. chez la grenouille A et de 1 chez la grenouille B.

	A (Exp. 24)	B (Exp. 25)
Extension . . .	7 mm.	6 mm.
Demi-flexion . .	9	8
Flexion complète .	11	10

La longueur du ventre charnu du triceps (droit antérieur) = chez A : 28; B: 30; C : 32.

Etirement calculé comme ci-dessus au moment de la section.

	A	B	C	Moyennes
Extension . . .	7,1 %	10 %	6,2 %	7,7 %
Demi-flexion . .	14,2	16,6	12,5	14,4
Flexion complète	21	23,3	18,7	21

Etirement le jour suivant.

	A	B	Moyennes
Extension . . .	17,5 %	16,6 %	17,5 %
Demi-flexion . .	25	23,3	24,1
Flexion complète .	32,1	30	31,5

Etirement 4 jours après la section.

	A	B	Moyennes
Extension . . .	25 %	20 %	22,5 %
Demi-flexion . .	32,1	26,6	29,3
Flexion complète .	39,5	33,3	36,4

Résumons maintenant les résultats obtenus chez le lapin, le chien et la grenouille (Exp. 1 à 25), et voyons s'il est possible d'en tirer quelques déductions générales.

Je constate d'abord qu'il y a *une seule position* dans laquelle les muscles ne sont pas étirés et n'offrent en conséquence aucune rétraction au moment de la section, c'est la position dans laquelle les points d'insertion sont rapprochés au maximum; ce sera, par exemple, l'extension forcée s'il s'agit d'un extenseur; la flexion complète s'il s'agit d'un fléchisseur (voyez les exp. 1, 2, 3, 4, pratiquées sur le gastrocnémien du lapin).

C'est donc dans cette position seulement que le muscle, observé sur le vivant, offre sa longueur naturelle, c'est-à-dire qu'il n'est ni étiré, ni contracté (chez l'animal narcotisé). Il va sans dire que le muscle peut néanmoins se tendre dans cette position (par la contraction physiologique) quand il s'agit de maintenir les os aussi rapprochés que possible, ou de résister à une traction effectuée en sens inverse, mais la contraction agit dans ce cas avec moins de puissance que dans les positions où le muscle est étiré. Au surplus, la règle que je viens d'indiquer ne se vérifie pas dans tous les cas d'une manière uniforme. J'ai constaté dans plusieurs de mes expériences, au moment déjà où les points d'insertion offrent leur rapprochement maximum un léger écartement des bouts sectionnés. Ainsi en coupant le gastrocnémien du chien (Exp. 9) j'ai observé une rétraction de 4 mm., à un moment où le pied était en extension; en sectionnant le triceps du même animal une rétraction de 10 mm. et en opérant sur le triceps du lapin (Exp. 5, 6) une rétraction de 6, à un moment où le tibia était en extension. J'ai déjà fait remarquer que ces résultats un peu contradictoires s'expliquent par la position donnée au fémur dans le premier cas et la position donnée au bassin dans les deux derniers. Le gastrocnémien et le droit

antérieur sont des muscles « biarticulaires »; ils agissent sur deux articulations à la fois. Il faudrait pour résoudre d'une façon plus claire le problème qui nous occupe, opérer sur des muscles agissant sur une articulation unique.

Si le muscle a justement sa longueur naturelle quand les insertions sont rapprochées, nous constatons en revanche que l'étirement est manifeste dès que les insertions commencent à s'éloigner l'une de l'autre. Chez le chien le fléchisseur commun, observé dans la position moyenne du poignet et des doigts, est étiré de 1 cm., soit d'un huitième environ de sa longueur (Exp. 7); le biceps brachial est étiré dans la demi-flexion du coude de 6 mm., soit d'un septième environ de sa longueur; l'extenseur commun des doigts est étiré de 8 mm., soit encore d'un septième de sa longueur, dans la position moyenne du poignet et des doigts (Exp. 10). Chez le lapin où la position moyenne de l'articulation tibio-tarsienne a été évaluée avec plus de précision, l'étirement du gastrocnémien mesure exactement le cinquième de la longueur du ventre charnu (Exp. 1, 2, 3 et 4.) Chez la grenouille l'étirement paraît à peine plus fort, ainsi pour le gastrocnémien 21 % de la longueur du ventre charnu dans la demi-flexion du pied (Exp. 12 – 18).

Enfin dans l'écartement maximum des points d'insertion, l'étirement atteint le cinquième, le quart et même le tiers de la longueur naturelle du muscle.

J'ai mesuré 20 %, soit un cinquième de la longueur pour l'extenseur commun des doigts et le grand palmaire du chien, 27 % pour le biceps du chien, 25 % pour le gastrocnémien du chien (Exp. 10), 33 % pour le gastrocnémien du lapin (Exp. 1, 2, 3, 4), 28.4 % pour le gastrocnémien de la grenouille (Exp. 12-14), et 21 % pour le triceps du même animal. (Exp. 19-21.)

Les résultats varient naturellement suivant que les muscles sont formés de fibres droites ou de fibres obliques [1].

Il résulte de ces chiffres que lorsqu'un muscle se contracte chez le vivant, pour mouvoir une articulation, le raccourcisse-

[1] Les chiffres indiqués par Mlle de Besser paraissent un peu faibles en comparaison de ceux qui ont été publiés par Edouard Weber et plus tard par J. Gubler (Ueber die Längenverhältnisse der Fleischfasern. Diss. Zurich 1860).

Weber donne le chiffre 47 à 50 % comme représentant le raccourcissement des muscles uniarticulaires observés *in situ*. Pour les mus-

ment qu'il subit pour passer de l'écartement extrême au rapprochement maximum de ses points d'insertion correspond exactement au degré d'étirement dans lequel se trouve le muscle au début du mouvement. Ainsi, si le muscle est étiré d'un quart de sa longueur dans l'écartement extrême, il devra se raccourcir d'un quart pour passer au rapprochement maximum, s'il est étiré d'un tiers il devra se raccourcir d'un tiers et ainsi de suite. Les chiffres qui expriment le raccourcissement maximum des muscles observés sur le vivant et normalement insérés sont, on le voit, beaucoup plus faibles que ceux qui ont été obtenus dans des expériences de laboratoire sur des muscles détachés du corps. Il suffit de rappeler qu'en faisant contracter l'hyoglosse de la grenouille, Ed. Weber (X, p. 121) a obtenu un raccourcissement équivalent aux $^5/_6$ de la longueur du muscle préalablement étiré au moyen d'un poids.

Une autre déduction qui ressort de mes expériences est que l'action des muscles serait à peu près nulle, si au moment où un mouvement doit se produire, ces organes n'étaient pas déjà étirés entre leurs points d'insertion. Ceci ressort nettement des essais que j'ai entrepris au moyen de l'appareil à induction. L'effet de l'excitation électrique qui est si frappant quand on électrise un muscle normalement inséré et par conséquent tendu entre ses points d'attache, est au contraire à peu près nul si l'on opère après la ténotomie sur des muscles revenus sur eux-mêmes. Ainsi chez le chien dans l'expérience 8, la faradisation du fléchisseur commun ne produit qu'un raccourcissement de 1 mm. Dans l'expérience 7 la faradisation du triceps porte la rétraction à 20 mm. au lieu de 15; le raccourcissement (5 mm.) équivaut au dixième seulement de la longueur totale. Dans l'expérience 10, section de l'extenseur commun, la faradisation augmente la rétraction de 2 mm. (10 au lieu de 8). Dans les expériences 1-4, section du gastrocnémien, la faradisation porte la rétraction pour le lapin A de 12 à 15 mm. (de 15 à 20 après

cles pluriarticulaires le raccourcissement atteindrait 62 $^0/_0$. Gubler donne des chiffres encore plus forts.

Ces résultats un peu contradictoires proviennent vraisemblablement de ce que Mlle de Besser a mesuré le corps charnu en masse, au niveau des plus longues fibres, tandis que les auteurs précités ont mesuré pour chaque muscle un certain nombre de faisceaux isolés, tant à la surface qu'à l'intérieur du corps charnu et ont déduit de ces mesures la longueur moyenne des fibres (Bugnion).

que l'on a détaché une forte adhérence); pour le lapin B, de 13 à 19; pour le lapin C de 13 à 15, (de 15 à 20 après avoir détaché une adhérence); pour le lapin D de 16 à 22.

Les quatre dernières expériences ont été faites au moment de la mort chez des animaux qui réagissaient encore parfaitement.

On voit que l'effet est très faible comparé à celui que l'on obtient sur des muscles normalement insérés ou bien dans les expériences de laboratoire sur des muscles détachés du corps et étirés au moyen de poids appropriés à leur force.

Enfin les expériences pratiquées sur le chien et la grenouille m'ont permis de constater :

1° Que la rétraction succédant à la ténotomie augmente encore un peu pendant les jours qui suivent si on laisse vivre l'animal.

(Expérience 8, section du fléchisseur commun du chien ; rétraction 1 cm.; quatre jours plus tard 1 $^1/_2$ cm.

Exp. 12-18, section du tendon d'Achille chez la grenouille : rétraction 8 ; le jour suivant 11 ; trois jours après 13.)

2° Que la rétraction succédant à la ténotomie augmente après la mort ensuite de la rigidité cadavérique.

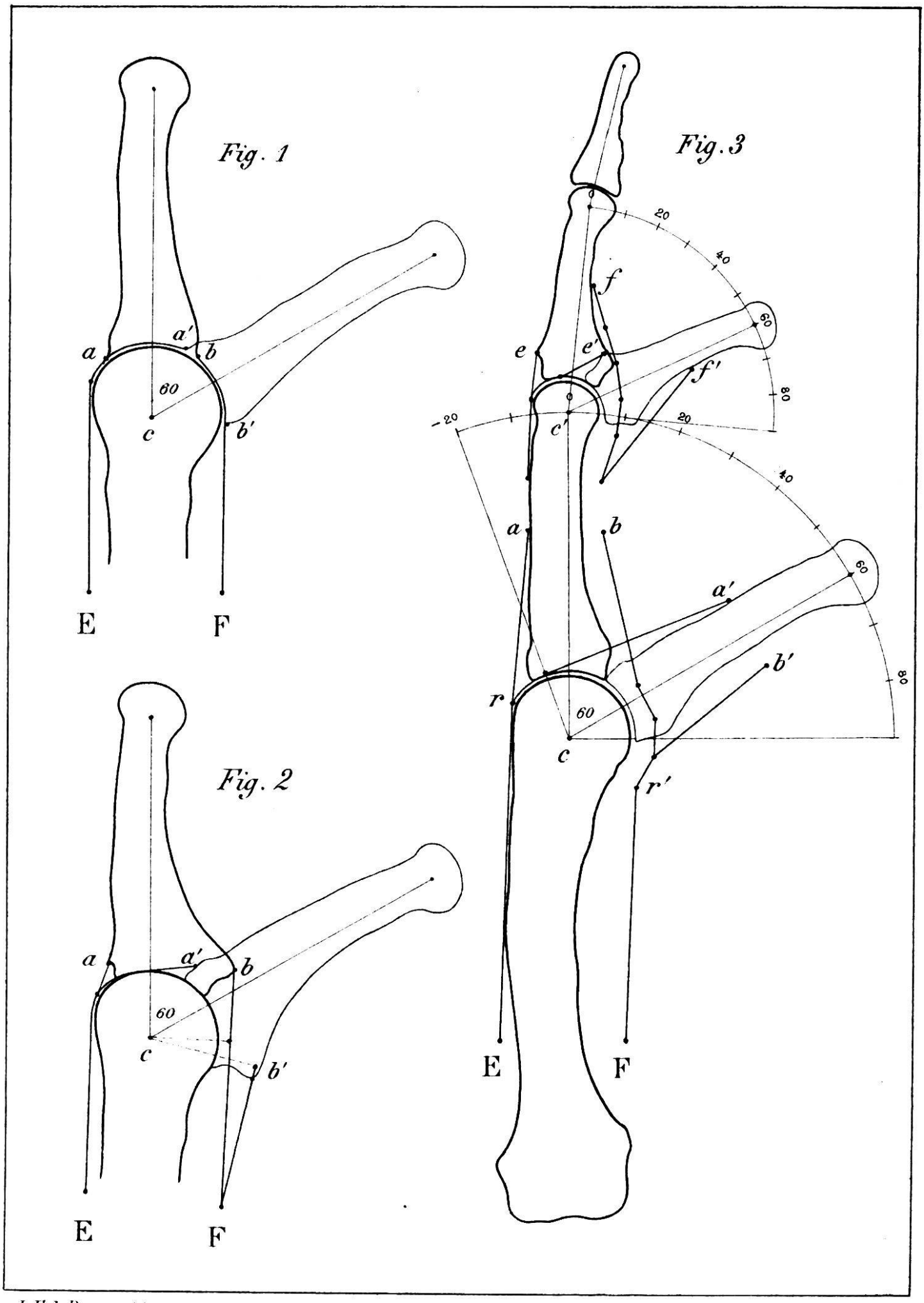
(Exp. 10 et 11, section du biceps brachial; rétraction deux heures après la mort 6 mm.; deux jours après la mort 23 mm. Section du grand palmaire; rétraction deux heures après la mort 5 mm.; deux jours après la mort 10 mm.)

En terminant cette étude j'exprime ma vive reconnaissance à mon cher maître, M. le prof. Bugnion, pour l'extrême bienveillance qu'il m'a témoignée et pour tous les conseils qu'il a bien voulu me donner.

PLANCHE V. — EXPLICATION DES FIGURES

Fig. 1 et 2. Articulations imaginaires. — **Fig. 3.** Coupe sagittale de l'index du sujet D avec le métacarpien correspondant. Grandeur naturelle.

c. c,' Centres de courbure (axes de flexion).
E, tendon extenseur.
F, tendon fléchisseur.
aa', *ee'*, insertion de l'extenseur.
bb', *ff'*, insertion du fléchisseur.
rr', points de réflexion.



L.E. de Besser, del.

LITH. J. CHAPPUIS, LAUSANNE.