

# NOUVEAUX CONCEPTS ANATOMIQUES DU MUSCLE ET RÉPERCUSSIONS PRATIQUES

Arnaud CONSTANTINIDES<sup>1</sup>  
Jean-Paul CARCY<sup>2</sup>

## RÉSUMÉ

Le mouvement est généré par un tissu capable de modifier sa longueur : le muscle. Notre profession a un impact de taille au niveau de sa physiologie. Néanmoins, son rôle est parfois négligé et notre manière de le concevoir ne correspond pas toujours à la réalité.

De nouvelles données émergent tels que le rôle de l'aponévrose ou encore le rôle informationnel du muscle. Les interrogations qu'elles soulèvent vont probablement nous pousser à adapter nos méthodes sur certains points.

## SUMMARY

*Movement is generated by a tissue capable of changing its length: muscles. Our profession can have an impact on muscle with regards to its physiology. However, we often neglect and thus misinterpret the role of muscles.*

*New data regarding the role of the aponeurosis or even the informative role of muscle raises questions which will probably drive us to adapt our current methods.*

## MOTS CLÉS

Aponévrose - Fuseau neuromusculaire - Muscle

## KEYWORDS

Aponeurosis - Muscle spindle - Muscle



<sup>1</sup> Kinésithérapeute  
Montpellier (34)

<sup>2</sup> Kinésithérapeute  
Angoustrine (66)

Texte issu des 42<sup>e</sup> Journées de l'INK  
et du 40<sup>e</sup> Congrès de la SFMK  
Salon Mondial Rééducation  
Parc Floral de Paris - 8 et 9 octobre 2010

**L**A TRADUCTION LITTÉRALE de notre profession est le "soin par le mouvement". Cette mobilisation est générée par une force extérieure ou par le patient lui-même. Dans les deux cas, l'objectif est identique : permettre aux structures cibles de retrouver leur mobilité.

Le dernier maillon de la chaîne responsable du mouvement est le muscle. Nos connaissances à son sujet sont riches, aux niveaux microscopique, physiologique et physiopathologique.

Les mécanismes biochimiques ainsi que la structure histologique sont de même bien connues. Toutefois, il semble trop simple de considérer le muscle uniquement comme un effecteur. D'après les descriptions souvent mentionnées, il est le dernier maillon des mécanismes reflexes et volontaires. Aussi, il est regrettable de constater que son rôle est trop souvent survolé.

Dans bon nombre de travaux, le renforcement musculaire est cité mais rarement détaillé. Le muscle est encore considéré comme une structure fonctionnant d'une façon homogène quel que soit l'environnement articulaire.

De nos jours, certaines conceptions du système musculo-aponévrotique se limitent à un élément contractile situé entre deux structures inextensibles. Il existe une confusion architecturale entre la notion de fibre et celle de corps musculaire. Cet amalgame est probablement la cause des controverses au sujet des étirements.

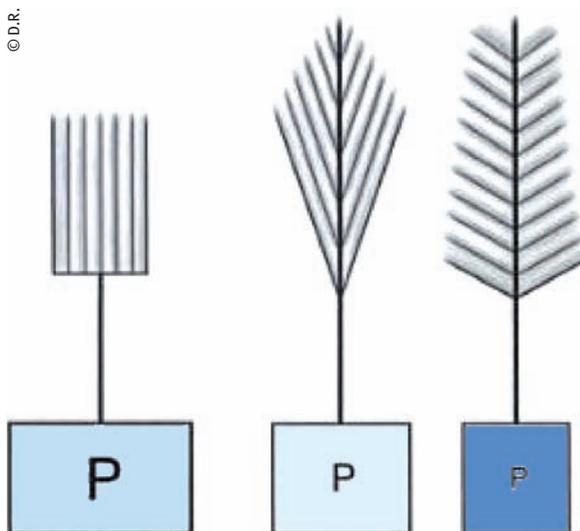
Les connaissances fondamentales qui datent du XVII<sup>e</sup> siècle avec Borelli, mettent en évidence que les méthodes rééducatives qui sont décrites dans les protocoles ne sont adaptées ni à l'anatomie ni à la physiologie.

## ANATOMIE ET FONCTIONNALITÉ MUSCULAIRE

La reprogrammation neuromusculaire est une technique rééducative incontournable de la prise en charge des patients touchés par des pathologies traumatologiques ou orthopédiques [1]. En effet, la coordination motrice conditionne le bon fonctionnement d'une articulation et la performance du corps dans son ensemble.



**Figure 1**  
Exemple de différence de pennation



**Figure 2**  
Incidence de la pennation  
sur le développement de la force

Les méthodes employées telles que la proprioception par anticipation sont efficaces mais limitées par leur aspect statique. Lors de la déambulation ou de l'activité sportive, la stabilisation a un caractère strictement dynamique.

Les muscles sont chargés d'agir de manière coordonnée pour stabiliser l'articulation dans tous les plans de l'espace. De plus, la structure géométrique du muscle corrobore l'importance du travail dynamique.

Les fibres musculaires n'ont pas, suivant leurs localisations au sein du muscle, la même direction, ni la même pennation (fig. 1). Une analyse de ces incidences au niveau du muscle soléaire confirme que les fibres musculaires ont des directions variables au sein du muscle (fig. 2). La biomécanique de l'articulation talo-crurale et sous-talienne explique ces variations. En effet, le mouvement de flexion-extension au niveau de cette articulation ne se déroule pas uniquement dans le plan sagittal.

Il existe une composante de mouvement dans les plans horizontal et frontal. Le talus et le calcanéum sont intimement liés dans leur fonctionnement. On retrouve donc cette même caractéristique de mouvement tridimensionnel au niveau du calcanéum. La traction du triceps sural, par l'intermédiaire du tendon achilléen, se modifie donc pendant la flexion dorsale et plantaire de la cheville. Par conséquent, les différentes parties du muscle sont sollicitées selon la position articulaire.

La stabilité articulaire active étant assurée par le muscle squelettique, il est nécessaire d'obtenir une alternance de positions articulaires dans la reprogrammation neuromusculaire. Les appareils de coordination motrice à plateau mobile motorisé actuellement disponibles sur le marché sont parfaitement adaptés au cahier des charges des mécanismes de stabilité.

Ces outils fonctionnent selon le principe de la double tâche. Le patient a pour objectif de réaliser une tâche consciente volontaire avec les membres supérieurs, tout en étant déstabilisé par les perturbations du plateau. Cette mise en œuvre permet donc un balayage articulaire sollicitant la quasi-totalité du muscle.

L'ensemble des fibres musculaires sont stimulées par le mouvement, et les déséquilibres liés à la surstimulation de certaines parties du muscle sont limités. Ce raisonne-

ment peut être calqué sur un des autres versants de la prise en charge qu'est le renforcement musculaire.

Le travail répétitif sur un dispositif guidé rend performantes les fibres musculaires sollicitées selon la position adoptée. Or, dans la vie de tous les jours, et davantage encore lors de la pratique sportive, les secteurs dans lesquels sont sollicitées les articulations sont variés. On peut comprendre que la répétition de mouvements dans une seule position provoque un déséquilibre intra-musculaire.

Lors de la pratique sportive, l'orientation des pièces osseuses ne cesse d'être modifiée. Pourtant, le corps doit être capable de réagir à un vaste panel de situations. En rééducation, il s'agira donc de confronter le patient à un maximum de situations contrôlées mais proche des schémas lésionnels.

Le traitement du syndrome rotulien stigmatise le manque de cohérence entre gain de force et biomécanique articulaire [2]. Depuis que l'on connaît l'effet néfaste de la chaîne ouverte, les exercices d'extension active dans les derniers degrés d'extension sont proscrits. Il est conseillé de réaliser ce renforcement à l'aide d'une presse [3].

Cependant, malgré le fait que ce type de dispositif soit adapté à la physiologie articulaire, les sollicitations sont toujours orientées dans le même plan de l'espace. L'objectif est de faire varier la position de l'articulation concernée mais aussi de celles sus et sous-jacentes. Ainsi, pour les muscles polyarticulaires, les axes de tension et donc les zones musculaires sollicitées seront variables. Ce concept est reproductible sur d'autres complexes articulaires tels que l'épaule et le rachis dans son ensemble.

### CARACTÈRE SENSORIEL DU MUSCLE

Longtemps, le muscle n'a été considéré que comme un simple effecteur. Son action première est de mobiliser et de stabiliser les segments osseux entre eux. Mais son rôle d'information est prépondérant. Depuis les travaux menés par Roll [4], le caractère sensoriel du complexe musculotendineux est reconnu. En effet, les études réalisées à ce sujet prouvent que la stimulation vibratile du système tendino-musculaire est capable de modifier le tonus muscu-

laire. Les informations que livre le fuseau neuromusculaire aux centres supérieurs servent donc à réguler la position du corps dans l'espace.

Par ailleurs, lors de chacun de nos mouvements, les éléments périarticulaires, comme la capsule et les ligaments, participent à assurer la stabilité articulaire. Mais ils sont exclusivement messagers lors du mouvement. Quant à lui, le FNM permet de bâtir une image corporelle. En effet, ce récepteur sensible à l'étirement émet un signal lors de chaque étirement.

La posture est, contrairement aux idées reçues, une attitude dynamique. Elle correspond en une succession d'oscillations à laquelle l'organisme répondra par des contractions adaptées. Le FNM constitue donc le point de départ de la construction posturale. Par les messages qu'il adresse aux différentes parties du cerveau, il contribue à façonner l'ensemble des schémas moteurs.

Roll [4] considère la fonction sensorielle du muscle comme étant un sixième sens tant son importance quant à la formation de l'image corporelle est grande.

Ces considérations trouvent un écho dans de nombreuses pathologies, dont la lombalgie est un exemple parlant. En effet, la lombalgie trouve en partie son origine dans le manque de force des muscles de la sangle abdominale et des paravertébraux. Il est donc recommandé d'effectuer un travail de tonification.

Dans un premier temps, les mouvements de flexion de tronc sont réalisés par le patient. Mais ils ne correspondent à aucune fonction physiologique. En effet, la sangle abdominale a pour fonction de transmettre les forces entre la ceinture scapulaire et le train porteur. Cette fonction répond donc davantage à un mode de contraction statique que dynamique.

Le travail de gainage respecte la fonction de poutre composite assumée par les abdominaux et les paravertébraux. Le passage de la position de repos à celle de travail provoque un léger étirement musculaire.

La stimulation du FNM permettra d'entraîner la contraction musculaire. Les informations qui émanent des muscles striés et qui permettent ce maintien sont autant d'afférences qui participent à l'élaboration de schémas moteurs adaptés (fig. 3, page suivante).

Ainsi, le corps aura emmagasiné de nombreuses informations et sera plus performant. Lorsqu'il sera confronté à

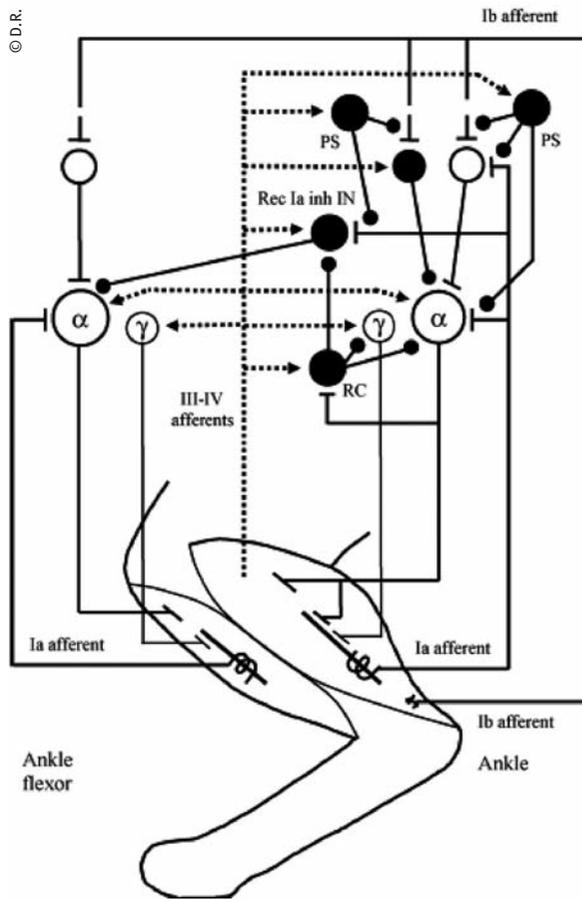


Figure 3  
Les réseaux neuronaux du muscle

une situation similaire, il sera capable de mettre en action ces muscles de manière adaptée et coordonnée.

Compte tenu du fait que tous les muscles du corps codent en permanence, la position du corps revêt une grande importance. En effet, lors de la prise en charge de l'entorse externe de cheville le renforcement des stabilisateurs de cheville est nécessaire.

Il est réalisé selon une progression bien précise. D'une stimulation initialement manuelle en décubitus, la position finale de travail est debout, le membre lésé en appui.

La situation dans laquelle est exécuté le mouvement se rapproche au maximum de la situation lésionnelle. Ainsi, lorsqu'une condition similaire se présentera, le cerveau ne sera pas en butte à une situation inconnue et pourra réagir de manière adaptée.



Figure 4  
Aponévrose du triceps sural

### ARCHITECTURE MUSCULAIRE ET ÉTIREMENT

L'aponévrose fait partie du tissu de soutien du muscle. Elle sert d'insertion aux fibres musculaires. Placée en profondeur et à la surface du muscle, sa composition est proche de celle du tendon. Son architecture est complexe (fig. 4).

Bonnel a montré qu'au niveau du soléaire, les fascicules sont très courts et obliques [5]. De plus, entre les zones centrale et périphérique, il existe des différences d'orientations entre les faisceaux. Ces directions variées sont le reflet de l'architecture du squelette conjonctif du muscle. Cette notion est à superposer à l'aspect tridimensionnel de la biomécanique articulaire. Chaque partie du muscle est capable de développer une tension maximum dans un secteur angulaire spécifique.

Le système musculo-aponévrotique a toujours été considéré comme une structure comprenant une partie contractile entre deux parties élastiques (fig. 5). Les descriptions anatomiques ainsi que les travaux biomécaniques sont

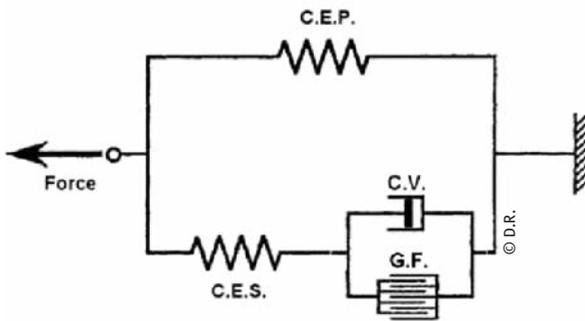


Figure 5  
Modèle de Hill

aujourd'hui plus précis. Dans certains cas, comme le triceps sural, l'aponévrose prend son origine au niveau des coques condyliennes et se confond avec le tendon achilléen dans sa partie terminale.

La spécificité de l'aponévrose et du tendon est d'être des structures compliantes. Cette caractéristique se définit comme la capacité d'une structure à se déformer, puis à retrouver sa longueur d'origine. Ce tissu conjonctif est donc capable d'emmagasiner de l'énergie et de la restituer. Cependant, des analyses prouvent que leurs caractéristiques mécaniques ne sont pas identiques [6]. La capacité de déformation de l'aponévrose *ex vivo* n'est pas la même que dans son environnement musculaire.

Le terme d'étirement regroupe de multiples techniques. Il existe de nombreuses controverses quant à leurs effets. Celles-ci proviennent probablement du fait que les objectifs sont différents. Performance et soin sont deux domaines qui ne répondent pas aux mêmes exigences. Par ailleurs, les protocoles expérimentaux sont divers et variés. Le panel de techniques d'étirements à notre disposition est important. Ils peuvent être passifs ou actifs, avec un objectif de diminution de la raideur passive ou active du muscle. Le but est d'augmenter les amplitudes de mouvement par adaptation du tonus musculaire.

Les différents mécanismes neurophysiologiques de régulation tonique sont en partie à l'origine des modifications de cette raideur qui revêt deux versants. Les étirements actifs de type balistique consistent à effectuer des mouvements d'amplitude et de vitesse croissante. Les récepteurs sensibles au mouvement tel que le fuseau sera donc activé. Réalisés en début de pratique, ils augmentent leur seuil de déclenchement et minimisent le risque de blessure.

En passif, la mise en tension de la fibre musculaire diminue le seuil d'activation. Mais l'architecture et la composition du muscle peuvent apporter de nouvelles données

quant à ces effets. Les étirements passifs semblent s'adresser de manière spécifique sur la structure du muscle. Il semble donc que, réalisé selon le principe de la limite douloureuse, nous ayons peut d'espoir de jouer sur un élément dont la résistance et l'enraidissement peuvent être très importants.

## CONCLUSION

Le muscle est une structure complexe dans sa composition et son fonctionnement. Notre manque de connaissance tend à s'améliorer avec les avancées de la science. Ces nouvelles notions comme la pennation, la nouvelle considération des aponévroses, ainsi que l'aspect sensoriel du muscle amènent de nouvelles réflexions sur notre manière d'exercer.

La rééducation traditionnelle a fait la preuve de son efficacité. Mais des améliorations peuvent être apportées aux méthodes actuelles qui sont parfois limitées.

Les points que nous avons développés ne sont que des exemples. L'intérêt de ces concepts est qu'ils trouvent un écho dans nombre de pathologies. Mais, au delà d'apporter des réponses à toutes les interrogations soulevées par ces nouveaux éléments, ils doivent nous encourager à remettre en question notre conception du muscle et de la rééducation fonctionnelle. ■

## Bibliographie

- [1] Coutagne X, Monnet S, Lempereur JJ. Activité des muscles fibulaires sur différents appareils de rééducation proprioceptive : mesure par électromyographie de surface sur plateau de Freeman, table de Vaast et Myolux™. *Kinésithérapie, la Revue* 2008; Vol. 8; Issue 83:34-8.
- [2] Fournier P, Phaner V, Condemine A, Coudeyre L, Gautheron V, Calmels P. Le traitement conservateur dans l'arthrose fémoro-patellaire. *Journal de Réadaptation Médicale : Pratique et Formation en Médecine Physique et de Réadaptation* 2005; Vol. 25; Issue 2:69-71.
- [3] Vielpeau C, Locker B, Vaneck J. La rotule du jeune sportif. *Science & Sports* 1986; Vol. 1; Issue 1:65-73.
- [4] Roll JP. Physiologie de la kinesthèse. *Intellectica* 2003; 36-37:49-66.
- [5] Bonnel F et coll. La pennation musculaire. In: *Le muscle : nouveaux concepts*. Sauramps Médical, 2009 : 80-105.
- [6] Lieber RL. Muscle fiber length and moment arm coordinating during dorsi and plantar flexion in the mouse hindlimb. *Acta Anatomica* 1997; 159:84-9.