

I. INTRODUCTION

Le **travail** mécanique, au sens physique, est l'application d'une force qui entraîne le mouvement d'un objet. Le muscle squelettique accomplit un travail mécanique quand le muscle se contracte et qu'un objet est déplacé, comme si l'on soulevait un poids. Pour soulever un poids, les muscles doivent exercer une force assez grande pour maîtriser le poids. Si l'on exerce une force moindre, alors le poids ne bouge pas (Fig. 2.1).

Physiologiquement, le muscle squelettique se contracte par stimulation quand le cerveau ou la moelle épinière active les **unités motrices** du muscle.

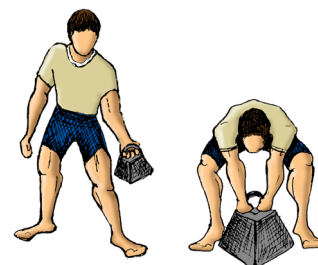


Fig. 2.1

Les unités motrices sont définies comme étant des neurones moteurs et toutes les fibres musculaires que les neurones moteurs innervent. Un potentiel d'action (PA) dans un neurone moteur humain entraîne toujours un potentiel d'action dans toutes les fibres musculaires de l'unité motrice. De toute évidence, les humains n'envoient pas qu'un seul PA à la fois à un neurone moteur. C'est **un train de PA** qui est envoyé –assez pour provoquer la **tétanie** (la fusion prolongée des convulsions de muscles individuels) dans les fibres musculaires de l'unité motrice.

(Les unités motrices et leur contrôle ont été présentés dans la leçon 1.)

La plupart des muscles squelettiques humains sont composés de centaines d'unités motrices (Fig. 2.2). Quand un muscle squelettique est appelé à accomplir un travail physique, le nombre des unités motrices activées dans le muscle par le cerveau est proportionnel à la quantité de travail que le muscle doit accomplir; plus il y a de travail à accomplir, plus le nombre d'unités motrices activées est grand. Ainsi, il y a plus d'unités motrices actives simultanément quand le muscle squelettique soulève 20 kg que quand ce même muscle soulève 5 kg.

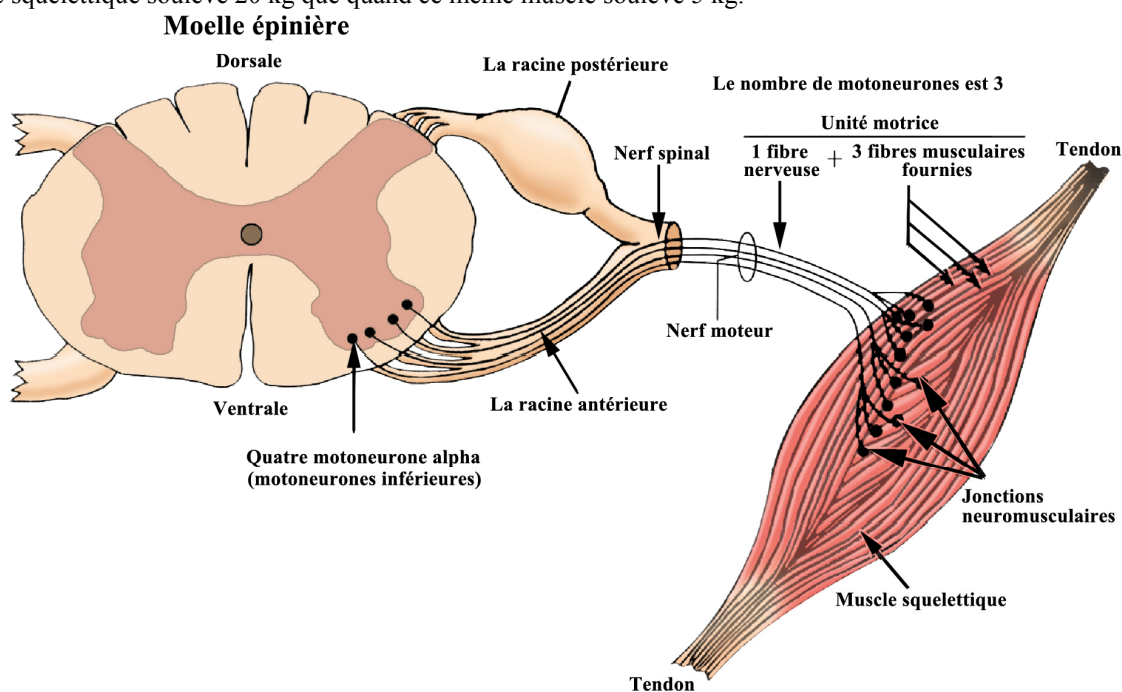


Fig. 2.2 Exemple d'unités motrices

Le cerveau détermine le nombre d'unités motrices actives dont le muscle a besoin pour accomplir une tâche donnée en utilisant l'information sensorielle donnée par les récepteurs de **tension/d'étirement** dans le muscle et les tendons associés et les capsules d'articulation. Par exemple, quand on soulève du sol un seau d'eau, le cerveau active d'abord diverses unités motrices dans le muscle squelettique sollicité. Si l'information sensorielle qui revient des muscles indique que les muscles se contractent, mais ne développent pas une puissance suffisante pour soulever le seau d'eau, le cerveau active des unités motrices supplémentaires jusqu'à ce que l'information sensorielle indique que le seau d'eau est soulevé. L'activation séquentielle des unités motrices dans le but d'accomplir une tâche donnée est appelée **recrutement des unités motrices**.

Une fois qu'on a soulevé un objet léger, le cerveau recrute environ le même *nombre* d'unités motrices pour garder l'objet en l'air, mais jongle avec *différentes* unités motrices. Les fibres musculaires consomment l'énergie emmagasinée disponible dans le muscle, et génèrent une force en se contractant. Comme les fibres musculaires épuisent cette source d'énergie, plus d'énergie doit être créée pour continuer la contraction. En recrutant différentes unités motrices, les unités motrices peuvent se reposer et refaire le plein d'énergie.

Les muscles squelettiques qui accomplissent un travail aigu maximal ou un travail chronique submaximal de nature répétitive va finir par se **fatiguer**. La fatigue est définie comme une baisse de la capacité du muscle à générer une force. La fatigue est causée par un épuisement réversible de la réserve d'énergie du muscle. Si le muscle utilise ses sources d'énergies plus vite que celles-ci ne sont générées par le métabolisme cellulaire, la fatigue apparaît. Pendant la contraction, les cellules du muscle squelettique convertissent l'énergie chimique en énergie thermique et mécanique, et par ce processus, produisent des déchets chimiques.

Normalement, le muscle est débarrassé des déchets par le système circulatoire de la même façon que le sang apporte les éléments nutritifs au muscle pour la transformation en énergie. Si certains déchets (métabolites) ne sont pas enlevés de façon suffisante, ils s'accumulent et interfèrent chimiquement avec le processus contractile, et de cette façon apparaît la fatigue. L'accumulation de déchets stimule aussi les récepteurs de douleur dans les tissus conjonctifs environnants et entraîne des crampes dans le muscle squelettique, qui signifie généralement que l'arrivée de sang dans le muscle n'est pas suffisante.

Dans cette leçon, vous allez étudier le recrutement des unités motrices et la fatigue du muscle squelettique en associant **électromyographie** et **dynamométrie**.

Quand une unité motrice est activée, les fibres musculaires qui la composent génèrent et transmettent leurs propres impulsions électriques qui provoqueront finalement la contraction des fibres. Bien que l'impulsion électrique générée et transmise par chaque fibre soit très faible (moins de 100 μ volts), le fait que plusieurs fibres transmettent simultanément induit une différence de voltage dans la peau qui est assez importante pour être détectée par une paire d'électrodes en surface.

La détection, l'amplification, et l'enregistrement de modifications du voltage de la peau produit par la contraction du muscle squelettique sous-jacent est appelée électromyographie. L'enregistrement ainsi obtenu est appelé **électromyogramme (EMG)**.

Le **signal EMG** est la conséquence de deux principales activités bioélectriques: 1) la propagation des influx nerveux moteurs et leur transmission aux jonctions neuromusculaires d'une unité motrice, et 2) la propagation des impulsions musculaires par le sarcolemme et les systèmes T-tubulaires entraînant un couplage excitation-contraction. Les amplitudes des potentiels d'action des unités motrices actives ne sont pas toutes les mêmes et ces potentiels ne sont pas tous en phase. Par ailleurs, la séquence temporelle de l'activation des unités motrices est variable. Le résultat de tous ces facteurs est le signal EMG. L'enregistrement de cette activité est réalisé par des électrodes de surface, et la propagation des impulsions musculaires et nerveuses implique à la fois une dépolarisation et une repolarisation. Les "pics" auront donc une composante négative et une composante positive. Les amplitudes seront influencées par la localisation des électrodes d'enregistrement en relation avec le nombre de muscles squelettiques sous-jacents et de fibres nerveuses motrices.

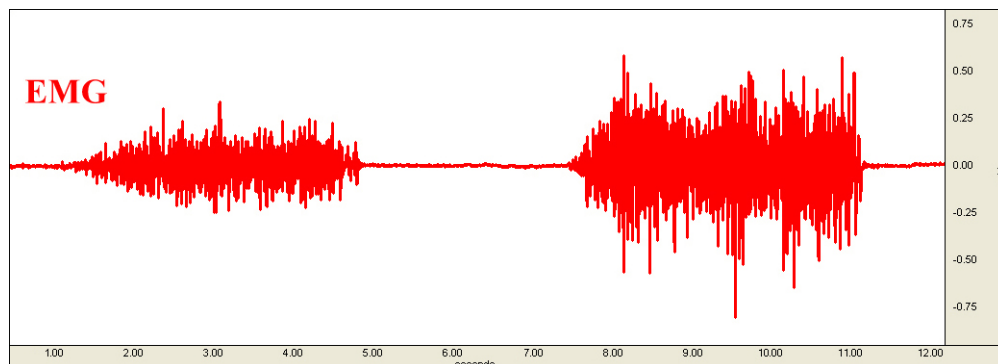
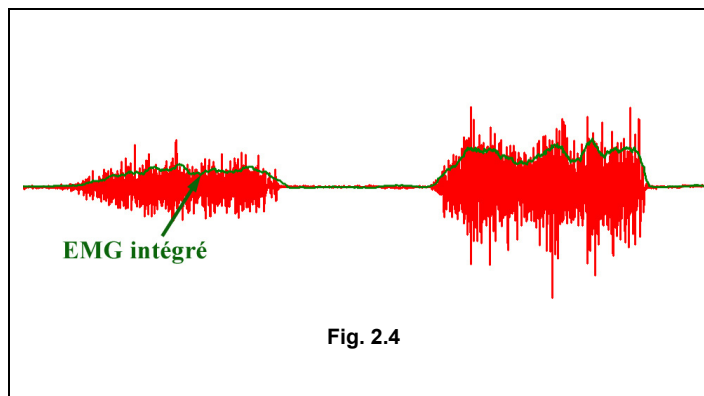


Fig. 2.3 Signal EMG



L'EMG intégré est une vue alternative du signal EMG qui montre clairement la forme de l'activité du muscle. L'EMG intégré "moyenne et supprime" les pics dus au bruit de l'EMG brut pour donner une indication plus précise du niveau de l'EMG. L'EMG intégré calcule une moyenne qui se déplace (moyenne mouvante) de l'EMG en rectifiant chaque point dans 'intervalle du point (inversant toutes les valeurs négatives) puis en calculant la moyenne. Dans la leçon, chaque point de l'EMG intégré est calculé en utilisant 100 points de l'EMG source, aussi les 100 premiers points devront être ignorés car ils reflètent le nombre de 0 ayant été moyennés dans les premiers points des données.

La **puissance** est définie comme étant la quantité de travail fourni par unité de temps. La **dynamométrie** est la mesure de la puissance (dyno = puissance, metre = mesure), et l'enregistrement graphique tiré de l'utilisation d'un dynamomètre est appelée **dynagramme**.

Dans cette leçon, la puissance de contraction des muscles de **serrement** sera déterminée par un dynamomètre à main équipé d'un capteur électronique. Le modèle SS25LA/L mesure les forces en "kg"; le modèle SS56L mesure proportionnellement à la pression de la force de serrement sur la poire en "kg/m²" (unité de pression). Les 2 mesures sont adaptées pour les mesures relatives enregistrées dans cette leçon.

Le système BIOPAC enregistrera simultanément trois groupes d'information:

- 1) La force exercée sur le capteur,
- 2) Le signal électrique produit par le muscle pendant la contraction, et
- 3) La courbe intégrée qui est une indication des niveaux d'activité du muscle.