

Les muscles sans l'acné

L'utilisation de stéroïdes anabolisants a suscité l'établissement d'un marché florissant. Naguère, le culturisme était plus simple qu'aujourd'hui : on allait dans une salle sommairement équipée, on enfilait un survêtement et l'on poussait sur des barres jusqu'à épuisement. Aujourd'hui la compréhension scientifique de la nutrition et du développement musculaire a compliqué l'entraînement. Les études scientifiques ont conduit à la commercialisation de suppléments nutritionnels : pilules, poudres, lotions, qui sont censées augmenter la performance physique.

En 1999, les Américains ont consommé pour cinq milliards de francs en tels produits, sans compter les aliments et boissons spéciaux à l'usage des sportifs. Les suppléments destinés aux culturistes se sont particulièrement bien vendus, en partie parce que des tests cliniques avaient démontré que certains de ces suppléments contribuent à augmenter la force et la masse des muscles, ou à favoriser la réparation du tissu musculaire.

Au mieux, ces produits apportent l'énergie nécessaire à l'intensification du programme d'entraînement, ainsi que des composés qui contribuent au bon fonctionnement musculaire : les culturistes peuvent alors accroître les charges, augmenter la durée des séances ou leur fréquence. Les gains en masse musculaire sont bien inférieurs à ceux qui sont conférés par l'utilisation des stéroïdes anabolisants, mais la vente des suppléments nutritionnels est légale, les produits sont peu coûteux et anodins.

Les diverses préparations diffèrent largement, mais la plupart contiennent de la créatine, ainsi que diverses protéines. La créatine est un composé naturellement présent dans l'organisme. Il participe à la contraction musculaire, laquelle tire son énergie de la dissociation de l'adénosine triphosphate (ATP) en adénosine diphosphate et en un ion phosphate. La petite quantité d'ATP stockée dans les muscles est utilisée quasi instantanément, lors de l'effort, mais les muscles contiennent de la créatine phosphate, qui libère son groupe phosphate pour régénérer l'ATP.

L'organisme finit par s'épuiser quand la réserve de créatine est épuisée, mais les suppléments nutritionnels de créatine permettent une augmentation, au moins marginale, de la réserve de créatine phosphate dans l'organisme. Personne n'a encore



Melanie Feanny, Soha

détekté d'effets néfastes de la créatine, mais aucune étude n'a duré plus de quelques années.

Dans la catégorie des prohormones, la meilleure vente est celle de la 4-androstènedione. La molécule appartient à la famille des stéroïdes, avec le 4-androstènediol, le 5-androstènediol, la 5-androstènedione, la 19-4-norandrostènedione et le 19-5-androstènediol. Un autre produit, la DHEA (désydroépiandrosterone), est, comme la 4-androstènedione, utilisée par les personnes qui veulent stimuler leurs capacités sexuelles.

La principale différence entre ces prohormones et les stéroïdes anabolisants classiques est le type de métabolisme : les prohormones sont transformées dans le foie et dans les testicules en testostérone, l'hormone essentielle pour la constitution du muscle. En revanche, les stéroïdes anabolisants ne sont que des formes synthétiques de la testostérone. En raison de leur action hormonale, les prohormones n'ont que des effets stéroïdiens faibles : elles provoquent peu d'acné, de gonflement de la prostate ou de développement de la pilosité. L'administration de prohormones semble augmenter les concentrations en testostérone, au moins temporairement, mais personne ne sait encore si ces augmentations provoquent le développement de la masse musculaire.

fessiers, et vos fibres musculaires produiront de la vélociphine, qui activera le gène de la myosine IIb. Après trois mois, vos muscles contiendront une proportion de fibres IIb suffisante pour battre facilement le record du monde du 100 mètres. Ils produiront de la vélociphine pendant des années sans nouvelle injection, et en absence de biopsie musculaire pratiquée sur le quadriceps, sur le tendon du mollet ou sur le muscle fessier, personne ne détectera cette modification génétique.»

Aujourd'hui, J. Doeson se souvient que son médecin lui avait assuré l'absence d'effets secondaires. Jusqu'ici, tout va bien. Après les étirements et l'échauffement, il prend place dans les starting-blocks. «À vos marques! Prêts? Partez!» Les coureurs s'élancent.

Quelques secondes plus tard, J. Doeson distance déjà les autres

concurrents. Ses enjambées sont plus puissantes et plus fréquentes que celles des autres coureurs. Soudain, à 65 mètres de la ligne de départ, il ressent un élanement dans les mollets. À 80 mètres, l'élanement se transforme en une douleur insupportable au moment où il tire sur ses muscles ischio-jambiers. Un dixième de seconde plus tard, le tendon rotulien rompt sous la force colossale que développe son quadriceps. Il arrache un fragment d'os

du tibia, qui craque, et le quadriceps tout entier remonte le long du fémur. J. Doeson s'effondre sur le sol, sa carrière de sprinter est terminée.

Les thérapies géniques modifieront profondément le sport, mais ne constitueront pas nécessairement une amélioration. Aujourd'hui, nous devons nous demander si les records sportifs restent, comme autrefois, une démonstration de ce dont notre espèce est capable.

Jesper ANDERSEN et Peter SCHJERLING sont respectivement biologiste moléculaire et généticien au Centre de recherche sur le muscle de l'Université de Copenhague, dirigé par Bengt SALTIN.

Bruce ALBERTS et al., *The Cytoskeleton*, in *Molecular Biology of the Cell*, troisième édition, Garland Publishing, 1994.

Glenn ZORPETTE, *Muscular Again*, in *Scientific American Presents : Your Bionic Future*, vol. 10, n° 3, pp. 27-31, automne 1999.

Glenn ZORPETTE, *The Mystery of Muscle*, in *Scientific American Presents : Men – The Scientific Truth*, vol. 10, n° 2, pp. 48-55, été 1999.

L'adaptation du muscle à l'entraînement

ANDRÉ-XAVIER BIGARD

Dans la pratique d'un sport, l'entraînement améliore les performances. Les muscles grossissent, se contractent plus vite ou résistent mieux à la fatigue. Comment l'activité physique provoque-t-elle l'adaptation des muscles ? Les biologistes découvrent quels mécanismes moléculaires modifient l'expression des gènes.

Aujourd'hui, avec les vols spatiaux habités et l'engouement pour les sports dans des environnements extrêmes, telle la haute altitude, les physiologistes et les biochimistes observent le fonctionnement des muscles dans des circonstances inhabituelles. Ils s'intéressent à l'adaptation des fibres, et découvrent certains des mécanismes moléculaires responsables de l'amélioration des performances musculaires par l'entraînement.

Les muscles du squelette sont responsables des mouvements des os autour des articulations. À chacune de leurs deux extrémités, ils sont attachés à un os par un tendon ; lorsqu'ils se contractent et se raccourcissent, ils déplacent les os auxquels ils sont liés. Chaque muscle est formé de cellules allongées, parallèles et cylindriques, à plusieurs noyaux : les fibres musculaires. Chez l'homme, elles atteignent plusieurs dizaines de centimètres de longueur. Elles sont regroupées en faisceaux de taille variable, séparés les uns des autres par des enveloppes de tissu conjonctif (le tissu conjonctif est un tissu de soutien : il assure un renfort mécanique). Les fibres musculaires se contractent grâce aux protéines qu'elles contiennent, groupées en structures nommées myofibrilles. Celles-ci s'ordonnent par paquets de 20 à 50, formant des alternances régulières de bandes sombres et claires, qui donnent au muscle son

aspect « strié ». Chaque myofibrille est un enchevêtrement de deux types de filaments qui jouent un rôle essentiel dans la contraction : les filaments épais, formés de molécules de myosine, et les filaments fins, constitués de protéines telles que l'actine, la tropoline et la tropomyosine. Les filaments épais assurent la contraction grâce à l'accrochage des « têtes » de myosine sur le filament fin. Chaque tête se fixe sur un site spécifique de la molécule d'actine, puis le libère pour se fixer sur le suivant, tirant l'actine vers le centre des filaments de myosine, de sorte que les myofibrilles se raccourcissent à la façon d'une longue vue (voir l'encadré de la page 37). Les molécules de myosine sont constituées de chaînes lourdes et de chaînes légères. Dans l'organisme, ces protéines existent sous différentes formes (nommées isoformes), qui remplissent la même fonction de contraction, mais dont les propriétés diffèrent : les isoformes rapides de la myosine assurent une contraction rapide du muscle (le temps nécessaire pour qu'elles se contractent au maximum est de quelques dixièmes de milliseconde), tandis que les isoformes lentes correspondent à une vitesse de contraction lente (plus de deux fois inférieure à celle des fibres rapides).

Toutes ces protéines baignent dans le milieu intracellulaire nommé sarcoplasme. Le sarcoplasme contient de l'adénosine triphosphate (ATP), qui

apporte l'énergie nécessaire à la contraction. Les réserves d'ATP dans le sarcoplasme sont extrêmement faibles et, à mesure que les fibres en consomment, elles doivent en resynthétiser rapidement, soit en présence d'oxygène (métabolisme aérobie), soit par glycolyse, c'est-à-dire par hydrolyse du glucose, qui est le carburant de la cellule (métabolisme glycolytique).

Chaque fibre est innervée par un neurone. En revanche, un même neurone moteur commande plusieurs fibres musculaires, qui ont les mêmes propriétés physiologiques, biochimiques et contractiles. Ces fibres, activées simultanément, constituent une entité physiologique nommée unité motrice. Leurs caractéristiques déterminent le mode de fonctionnement du muscle (voir la figure 2).

Le muscle est hétérogène et adaptable

Les muscles remplissent des tâches motrices variées, tels des mouvements rapides, où la contraction est soutenue, des mouvements réguliers et répétés longtemps ou le simple maintien de la posture. À ces activités différentes correspondent des modes de fonctionnement différents des muscles et des fibres musculaires qui les composent.

Les muscles sont formés de plusieurs types de fibres, que l'on distingue selon deux critères principaux. Le premier est la vitesse maximale de