

SPORT & VIE

N°188 Septembre/Octobre 2021
Bimestriel

www.sport-et-vie.com

Myocène

Un nouvel outil
pour mesurer
la fatigue

Entraînement

Le test de
la pupille

Boxe

La vraie vie de
Primo Carnera

Enquête

Le suicide
des champions

Histoire

A la redécouverte
de Darwin

SCIENCE

Les lactates rendent fou!

FRANCE METRO : 6,90 € - BEL/LUX : 7,90 € - DOM. : 7,90 € -
ESP/ITA/GR/PT/PORTUGAL : 8,00 € - CAN. : 12,30 \$ CAD - CH. 12,00 FS

L 12403 - 188 - F - 6,90 € - RD





Charlotte Mouchet,
vice-championne de
France du 1500 mètres

Le nouveau thermomètre de la fatigue

En médecine, plusieurs outils existent pour relever la température, la pression artérielle, le taux de sucre dans le sang ou les paramètres respiratoires. Malheureusement, on ne trouve rien pour mesurer la fatigue. A moins que ce nouvel appareil ne vienne révolutionner les habitudes.

Commençons l'article par quelques généralités. Pourquoi pas? Si tellement de gens débutent ainsi leurs interventions, c'est forcément que les banalités recèlent des vertus insoupçonnées. Dans le cas présent, on rappellera ainsi que la vie d'un sportif est rythmée par l'alternance entre des phases d'effort et des phases de récupération, toujours dans le but d'amener le corps à performer au plus proche de son potentiel. A l'entame d'une compétition importante, les acquis de l'entraînement doivent être au plus haut et la fatigue au plus bas. Problème: on ne possède pas d'outil efficace permettant d'évaluer ces paramètres en toute objectivité. La définition de la fatigue reste elle-même assez évasive. *«Un état physiologique consécutif à un effort prolongé ou intense et qui se traduit par une difficulté à continuer ou à reproduire cet effort.»* Le genre de constat qu'on ne peut faire qu'a posteriori. Tel athlète passe complètement à côté de son objectif. *«Il était fatigué»*, explique son entraîneur pour justifier l'échec. C'est sans doute vrai. Seulement, il aurait été plus précieux de pouvoir objectiver cette fatigue et programmer l'entraînement de façon à éviter la survenue de cette contre-performance. C'est là qu'on regrette de ne pas avoir à disposition des outils assimilables à un thermomètre dont la fonction ne serait pas de relever la température mais de quantifier la fatigue. Au fil du temps, de nombreux chercheurs se sont évertués à mettre au point un tel instrument. La grande difficulté qu'ils rencontrèrent tient en l'apparence protéiforme de la fatigue. Dans le langage courant, on en parle en effet comme si elle était une et indivisible. Or pas du tout! Les fatigues se conjuguent au pluriel et se manifestent par des symptômes spécifiques. Elles évoluent aussi au fil du temps et résultent de l'épuisement de filières qui n'ont pas forcément grand-chose à voir les unes avec les autres. Dans le pire des cas, elles découlent aussi de maladies très différentes. Pour essayer de clarifier un peu les choses, les spécialistes distinguent en général fatigue centrale et fatigue périphérique qui, bien qu'elles se traduisent toutes les deux par une perte

de force, dépendent de causes distinctes. La première concerne le système nerveux (fonctionnement du cerveau et quantité des influx nerveux adressés aux muscles), tandis que la seconde s'applique à la capacité du muscle à répondre à ces influx nerveux et à se contracter à pleine puissance.

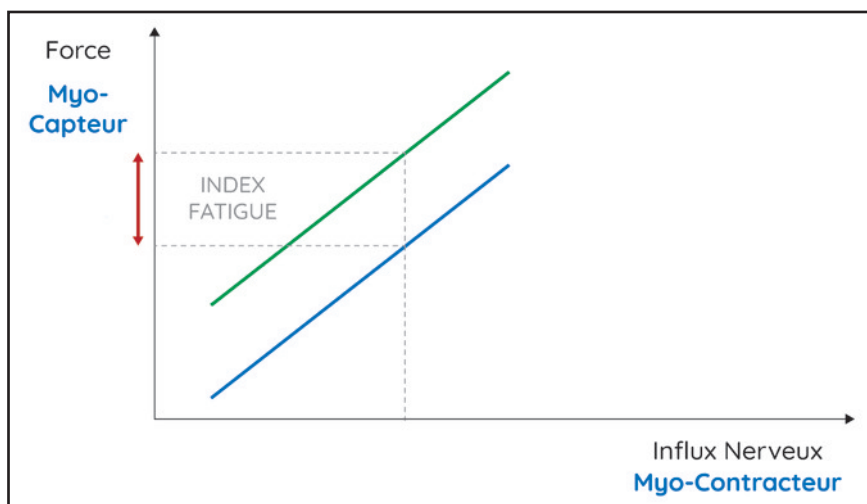
Debout là-dedans

Fin du premier paragraphe. Ici prennent fin les réflexions préliminaires dont on disait qu'elles seraient dépourvues de grandes révélations. On peut donc entrer dans le vif du sujet et présenter ce tout nouvel outil d'évaluation de la fatigue conçu par une société baptisée Myocene. Première remarque: ce nom n'a rien à voir avec l'ère géologique (miocène) au cours de laquelle la Terre s'est radicalement transformée, il y a vingt millions d'années. Le nom a été trouvé par simple juxtaposition du préfixe «myo» («muscle» en grec) et du substantif «cene» qui (avec l'accent) désigne habituellement le dernier repas du Christ. «Ne cherchez pas d'explications trop savantes», nous précise le patron de la marque, le docteur Pierre Rigaux. «Myocene ne signifie pas grand-chose pour un public francophone. Le nom nous a été proposé par nos experts en marketing californiens sans doute inspirés par le prestige de la Mayo Clinic et la sonorité particulière du nom de cet établissement. De ce côté de l'Atlantique, on a été séduits par le fait que Myocene donne des gages de sérieux scientifique et soit aussi déclina- ble dans toutes les langues. Rien de plus!» Cela dit, on peut aussi s'amuser à considérer cet outil comme la



clé d'une nouvelle ère en physiologie de l'effort. Pour cela, il faudra seulement que l'appareil confirme sur le terrain les bons résultats obtenus en laboratoire. Comment évalue-t-il l'état de fatigue? Tout repose sur l'observation d'un mécanisme essentiel dans le processus de contraction appelé «recrutement temporel». Il désigne l'accroissement de la force développée par un muscle grâce à l'augmentation de la fréquence des influx nerveux. Ce mécanisme physiologique présente une spécificité pour le muscle fatigué dans la mesure où il répond moins bien aux influx nerveux de basse fréquence alors que le muscle demeure réactif à haute fréquence. Pour bien expliquer cette singularité, une analogie sera très utile. Imaginez qu'à la place du muscle, on trouve une vraie personne et que son influx nerveux soit remplacé par un réveille-matin. Figurons-nous ensuite que cette personne soit très fatiguée après plusieurs nuits sans sommeil et qu'on ait préalablement réglé le réveille-matin sur la tonalité la plus faible. Dans cette situation, il est très probable qu'elle n'entende pas la sonnerie et laisse filer l'heure du lever. Bien sûr, les choses se seraient

passées différemment si le réveil avait été poussé à plein volume. Même fatiguée, la personne se serait réveillée. A présent, envisageons un deuxième cas de figure: le sujet qui doit se réveiller n'est pas particulièrement fatigué et se trouve donc dans un état de plus grande réceptivité. Une sonnerie, même faible, suffira à l'extraire des bras de Morphée. A fortiori, ce sera aussi le cas si son réveille-matin est tonitruant. Pour le muscle, c'est pareil. Lorsqu'il est fatigué, il reste capable de se contracter quasiment à pleine puissance, mais il lui faudra un stimulus important. En l'occurrence, une sollicitation par des influx nerveux à une fréquence d'au moins 120 hertz. A basse fréquence (20 hertz), il réagira de façon moins marquée. Cela marque une nette différence avec le muscle non fatigué qui se contracte bien sûr à pleine puissance (120 hertz) mais se montre aussi bien réactif à basse fréquence (20 hertz). Cette caractéristique permet donc de déduire l'état de fatigue musculaire de façon objective. En pratique, le dispositif Myocene fonctionne de la manière suivante: le sujet s'assoit sur un petit coussin en plaçant la jambe de telle façon que le tibia repose sur la butée rembourrée d'un dynamomètre (capteur de force). Par électrostimulation, on provoque des contractions musculaires du quadriceps. D'abord à 20 hertz puis à 120 hertz. On enregistre les données puis on les compare attentivement. Chez une personne en pleine forme, on observe que la réponse à 20 hertz correspond à environ 75% de celle à 120 hertz. Chez une personne fatiguée, cela tombe beaucoup plus bas: 60%, 50% voire même 40%. Tout dépend de l'ampleur de la fatigue. En quelques minutes d'une manipulation pas très agréable mais pas douloureuse non plus, on peut donc réaliser une mesure qui aidera l'entraîneur à affiner son programme en tenant compte des fatigues musculaires résiduelles.



Sur ce schéma, on voit comment la force développée dépend de la fréquence de l'influx nerveux lorsque le muscle est reposé (en vert) ou fatigué (en bleu). On peut donc évaluer la fatigue en comparant des mesures prises à de fréquences identiques, en l'occurrence 20 et 120 hertz.

Les fatigues se suivent et ne se ressemblent pas

Certes, il est encore trop tôt pour savoir si cette innovation changera ou non les méthodes d'entraînement. A ce stade, elle permet néanmoins de prendre conscience d'une série de phénomènes physiologiques qui enrichiront la connaissance que chaque sportif devrait avoir de son propre mode de fonctionnement. Sur le plan périphérique, la fatigue s'apparente rarement à une incapacité totale et définitive du muscle à se contracter. Les myofibrilles peuvent toujours coulisser les uns sur les autres et vaincre ainsi des forces importantes. Pour que cela se produise, il faut cependant qu'on leur adresse des ordres sévères. Des influx légers ne suffisent pas. On doit obligatoirement passer par de hautes fréquences, ce qui épuise progressivement le système nerveux central. A ce stade, on peut d'ailleurs faire l'hypothèse qu'à force d'exiger de lui qu'il envoie des sollicitations toujours plus fortes, on finisse par épuiser le cerveau. En somme, la fatigue dite centrale ne serait que la conséquence d'une fatigue périphérique devenue chronique. Le sportif doit alors bien se connaître pour ne pas tomber dans le piège du surentraînement. Certains y parviennent joliment. Rappelez-vous la décision prise par Roger Federer de quitter le dernier tournoi de Roland-Garros alors qu'il était toujours qualifié après trois victoires contre Denis Istomin, Marin Cilic et Dominik Koepfer. Fort de ses vingt années d'expérience sur le circuit, le joueur

suisse avait senti qu'il se mettait en surrégime et qu'il risquait tôt ou tard de développer une fatigue centrale (ou mentale) qui le desservirait pour les futurs défis de sa saison. C'était culotté de sa part. Mais tout le monde n'est pas capable d'une telle introspection. D'où ce besoin d'un nouvel appareil qui permettrait d'objectiver les sensations de fatigue. Reste une question délicate à élucider: quelle est l'origine de la fatigue musculaire que ce test est désormais capable de mettre en évidence? Révélerait-elle un simple épuisement des réserves de carburant? Cette piste énergétique est évidemment la première à laquelle on pense. Elle ne semble pourtant pas déterminante. En effet, le test révèle une fatigue qui s'étale sur plusieurs heures ou même plusieurs jours après un effort important alors qu'en règle générale, les stocks de carburant se reconstituent beaucoup plus rapidement. Cela dure quelques minutes si on vient de fournir un effort bref et intense. En cas d'exercice de longue durée, cela peut prendre plus longtemps. Mais la déplétion des réserves n'explique pas les différences révélées par les tests (*). Cette fatigue serait-elle alors le témoin d'une destruction

(*) Une autre explication un peu plus complexe permet de comprendre pourquoi l'état des réserves énergétiques n'affecte pas beaucoup - ou pas du tout - les résultats du test. Celui-ci repose sur une différence d'excitabilité entre deux fréquences d'influx à 20 ou à 120 hertz. Dans le cas où il y a effectivement une déplétion des réserves énergétiques, celle-ci abaisse la qualité des deux réponses à l'unisson et la différence entre elles, sur laquelle repose le diagnostic de fatigue, n'est pas affectée.

des fibres au cœur du muscle? Non plus! Certes, on sait qu'un effort intense est susceptible de mettre à mal notre architecture musculaire et de causer des lésions qui brisent le bel agencement des sarcomères. Tous les sportifs font régulièrement l'expérience de ces courbatures qui surviennent le lendemain ou plus encore le surlendemain d'une grosse séance d'entraînement ou d'une compétition. Dans ce cas précis, on le sait bien, la moindre contraction (descendre un escalier, par exemple) est douloureuse et il est probable que l'application du test révèle une détérioration de la réponse, même si cela reste à explorer. Cependant, pas plus que l'épuisement des réserves de carburant, cette destruction musculaire n'est seule responsable du diagnostic de fatigue. La preuve? On peut mettre en évidence une fatigue quand bien même l'intégrité du muscle est préservée, c'est-à-dire que le sujet ne ressent pas la moindre courbature. En réalité, la fatigue que révèle le test dépend plus intimement du processus de recapture des ions calciques après un cycle de contractions musculaires relativement intenses (lire encadré). Cette fatigue spécifique intervient entre l'épuisement d'origine énergétique (ou fatigue métabolique) et l'épuisement résultant d'une destruction des fibres (à l'origine des courbatures), s'étale sur un, deux ou trois jours en moyenne, et dépend beaucoup de l'état de forme du sujet. Il est en outre probable qu'elle dépende de son âge ou même de son sexe. Pour les ingénieurs de la marque Myocene, cette



La fatigue enfin visible

fatigue constitue une des pierres de taille de la programmation d'un entraînement. Selon les périodes de la saison, on pourrait avoir tendance à l'accentuer pour ensuite la faire suivre d'une période de repos relative qui doit alors coïncider avec le rebond classique de la surcompensation. En période de compétition, on veillera au contraire à ce que la fatigue soit la moindre possible et que le muscle conserve toute sa fraîcheur, à la fois comme garantie de rendement et comme prévention contre les blessures. Voilà ce que promet cette nouvelle technologie. Pour le moment, l'appareil ne fonctionne que pour un groupe musculaire, les quadriceps. Il était logique de commencer par ce

groupe-là compte tenu du très grand nombre de sports qui le sollicitent pour courir ou pédaler le plus intensément possible pendant de longues périodes. D'autres déclinaisons sont à prévoir dans l'avenir pour les besoins de disciplines spécifiques comme le kayak ou l'aviron, où la performance dépend du travail des bras. L'autre caractéristique du dispositif Myocene est la passivité. On ne demande rien au sujet sinon de se laisser faire. A l'avenir, on pourra imaginer des protocoles d'étude qui combineront ce test avec une mesure de la force volontaire, ce qui permettra aussi de mieux identifier les différents types de fatigue, centrale et périphérique. Pierre Rigaux, le président de la

société Myocene, insiste pour présenter son appareil à la fois comme un outil de contrôle de l'entraînement et comme un instrument de recherche qui, espère-t-il, titillera l'imagination des chercheurs. La commercialisation a débuté au mois de septembre. On est curieux de savoir quel accueil le monde de la performance lui réservera. S'agira-t-il d'un instrument de plus dans la panoplie de ceux qui, en laboratoire, mènent des recherches sur l'évaluation de la fatigue au fil du temps ou sera-t-il adopté par le terrain et considéré comme la clé manquante pour rendre l'entraînement scientifique... encore plus scientifique?

Gilles Goetghebuer

TANT QU'IL RESTERA DU CALCIUM

Pour comprendre le processus de contraction musculaire, il faut se représenter la progression d'un mille-pattes sur un brin d'herbe. L'animal accroche ses quelques dizaines de paires de pattes aux bords du végétal, puis il tire dessus pour se mouvoir. Et il recommence plusieurs fois de suite. C'est exactement comme cela que procède une grosse protéine musculaire appelée myosine (*) pour se déplacer le long des filaments d'actine beaucoup plus fins qu'elle. Notons toutefois quelques différences entre le mille-pattes et la myosine: dans le cas d'une contraction musculaire, tout est infiniment plus rapide que chez les arthropodes. Pour se rapprocher de la réalité, il faut imaginer un mille-pattes qui répéterait son geste plus de cinquante fois par seconde. Un champion! Il faut aussi tenir compte d'une différence d'échelle. Les filaments d'actine qui coulisent les uns contre les autres ont un diamètre de l'ordre du micron, c'est-à-dire du millionième de mètre. Une unité contractile fait ainsi à peine 1/30^e de l'épaisseur d'un cheveu. Vu au microscope, le brin d'herbe du mille-pattes prendrait des allures de tronc d'arbre au regard des roseaux que seraient ces filaments protéiques. Voilà ce qui se passe dans l'intimité de nos muscles à chacun de nos gestes, qu'il s'agisse de cligner des yeux ou de lancer le marteau. Bien sûr, il faut réunir un certain nombre de conditions pour que tout se déroule en harmonie. Ces réactions de coulissement impliquent de disposer de l'énergie nécessaire et donc de la présence de grandes quantités de molécules d'ATP (adénosine triphosphate) qui seront dégradées en ADP (adénosine diphosphate) au cours de la réaction. Il faut aussi avoir des stocks abondants d'ions calcium. Sans eux, les mille-pattes ne parviennent pas à accrocher le brin d'herbe ou, plus précisément, les têtes de myosine ne réussissent pas agripper les filaments d'actine (**). C'est simple!



A chaque fois que le calcium entre dans la cellule, le muscle se contracte. A chaque fois qu'il en ressort, il se relâche. Or il apparaît qu'après une grosse séance de sport, ce système qui permet le largage et le repompage du calcium met un peu de temps à revenir à la normale: un jour, deux jours, trois jours. Tout dépend de l'état de forme de l'individu et de son passé athlétique. Mais on passe tous par une phase de moindre réactivité. Or c'est précisément cette forme de fatigue musculaire que le nouvel appareil de la société Myocène permet de mettre en évidence avec précision et fiabilité.

(*) La myosine est la protéine la plus abondante du muscle (environ 50% de son volume). Elle se présente aussi sous différentes formes qui permettent de déterminer trois types de fibres: lentes (type I), rapides (type II a) ou très rapides (type II x).

(**) Le calcium se fixe sur une protéine (troponine), ce qui a pour effet de libérer les sites de fixation des têtes de myosine masqués par une autre protéine (tropomyosine). Le calcium agit donc comme le catalyseur de la contraction. Quand la libération de calcium produite par un influx nerveux est réduite, il se forme moins de ponts (moins de pattes sont accrochées) et le muscle développe moins de force.