

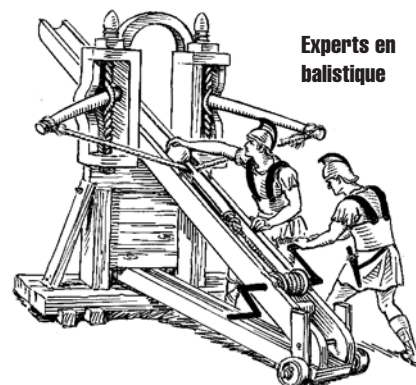


Sortez vos catapultes!

Voici la suite de notre enquête sur les vertus de l'entraînement excentrique. Elle intéressera les sprinteurs et les sauteurs qui rêvent de transformer leurs muscles en catapulte.

On en parle moins souvent que de la roue ou du feu, mais l'invention l'invention de la catapulte a révolutionné le monde. Cet outil a permis notamment d'asseoir la suprématie de l'empire romain pendant près de sept siècles. Imaginez la puissance de cette armée flavienne au pre-

mier siècle de notre ère lorsqu'elle se présentait face à l'ennemi, forte de ses 5200 soldats alignés sur 80 mètres de front et 250 mètres de profondeur. Tous à l'abri derrière leurs immenses boucliers! On ne voyait que leurs yeux. Et leurs glaives qui taillaient armes et chairs. Et s'il n'y avait que ça! Chaque assaut était précédé d'une pluie de 1500 javelots lan-



Experts en balistique

cés par des mains expertes, celles des «*hastati*». Il y avait les pierres aussi. C'est même elles qui nous intéressent dans le cadre de cet article! Cinquante-neuf balistes-scorpions position-



Place au collagène

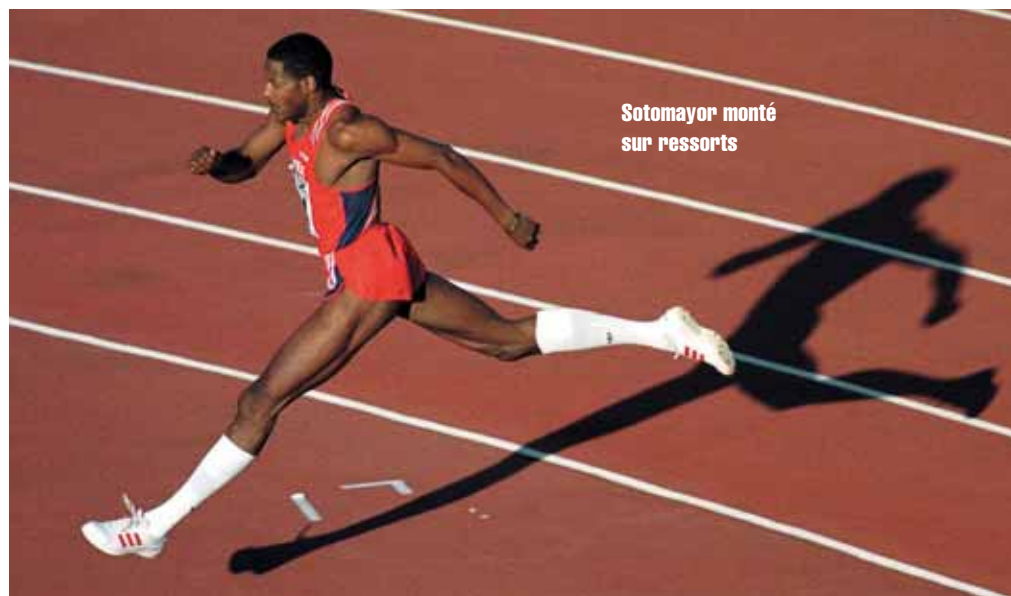
La civilisation romaine accusait sans doute quelques lacunes par rapport à la nôtre concernant les connaissances fondamentales en biologie. Mais elle savait tirer parti de l'observation de la nature et ces formidables catapultes (*) fonctionnaient un peu à la manière des puces sauteuses qui emmagasinent un maximum d'énergie dans leur pattes juste avant la phase d'envol. Elles réalisent ainsi des bonds qui correspondent à 150 fois leur taille ce qui, toutes proportions gardées, nous ferait franchir des obstacles de 250 mètres de hauteur! Leur secret réside dans un rapport poids/puissance tout à fait remarquable et dans l'existence d'un organe élastique à base de résiline en soutien du muscle: une substance qui possède des qualités comparables à celles de nos meilleurs caoutchoucs. En mille fois mieux! Les puces savantes n'ont pas usurpé leur réputation. Elles sont même les championnes de la création lorsqu'il s'agit de saut vertical. Plus proche de nous sur l'arbre phylogénétique, on trouve aussi quelques bons sauteurs parmi les rongeurs (gerboises) ou les félins (pumas). Eux aussi peuvent assez facilement élever leur centre de gravité à environ deux mètres. Quant à l'homme, il se défend plutôt bien dans ce classement. Surtout depuis le meeting de Salamanque (Espagne) du 27 juillet 1993. Ce jour-là, le Cubain Javier Sotomayor établissait un nouveau record du monde dans la discipline avec un bond à 2,45 mètres! Les images d'archives tournées en vidéo ont perdu de leur netteté. Mais on reste frappé par sa prise d'élan. Sotomayor ne donne pas l'impression de courir sur la



Puma, le plus félin de tous les félins

piste mais plutôt de rebondir comme un ballon de basket. Ce saut salmantin est parfait pour illustrer la fonction du collagène réticulé dans nos muscles et nos tendons. Car cette substance présente à la fois la souplesse nécessaire pour lisser les pics de force et nous préserver ainsi des blessures musculaires et articulaires qui ne manqueraient pas de survenir dans le cas contraire; et assez de solidité pour résister à des tensions qui s'expriment en centaines de kilos par centimètre carré. A masse égale, le collagène est dix fois plus résistant que l'acier! Les Romains ne s'étaient pas trompés en utilisant des tendons animaux pour le cordage des balistes. Bien sûr, la teneur en collagène varie selon les espèces. Elle change aussi en fonction des individus en raison d'influences à la fois génétiques et liées au mode de vie, les personnes les plus actives possédant généralement des muscles proportionnellement plus riches en collagène que les sédentaires. Ce renforcement compte d'ailleurs dans l'amélioration des performances. Ainsi la force

nées derrière les troupes d'assaut étaient chargées d'organiser ce déluge lapidaire. La reconstitution de ces machines infernales démontre qu'elles étaient capables d'envoyer des projectiles de 100 kilos à plus de 200 kilomètres/heure avec une précision diabolique. Plusieurs récits font état de frappes presque «chirurgicales» avec des tirs qui visaient et tuaient parfois une personne singulière alors que celle-ci était située à plusieurs centaines de mètres du front. Au fil du temps, différentes techniques ont été testées. La plus efficace restait cependant l'usage d'une corde torsadée qui retenait les bras de l'arc (voir schéma). Pour cela, les Romains utilisaient des tendons d'animaux qui présentent le double avantage d'être solides et légèrement élastiques.



Sotomayor monté sur ressorts

n'est pas seulement fonction du nombre, de la taille des fibres musculaires et de la puissance développée par tête de myosine, mais également des structures de soutien, notamment ce fameux collagène réticulé qui lui assure sa robustesse. Aujourd'hui, on a pris conscience de l'importance de ce facteur et plusieurs programmes d'entraînement ont été conçus pour le développer. Dans cette optique, rien ne fonctionne aussi bien que l'entraînement excentrique dont nous parlions déjà dans le précédent numéro. Rappelons qu'il s'agit de ralentir nos mouvements, et donc de proposer aux muscles des sollicitations équivalentes à celles des étirements provoqués par une course en descente ou lorsqu'on dépose un lourd paquet sur le sol. Dans l'article précédent, nous disions qu'on peut gagner facilement de la force en s'entraînant de la sorte et nous vantions les mérites du «fixie» (un vélo sans roue libre) qui, en cas de freinage, implique de s'opposer au mouvement de rotation des pédales et donc d'utiliser la musculature des jambes en excentrique. Dans cet article, nous restons sur le même sujet mais en portant notre attention sur un mode d'entraînement un peu plus classique appelé pliométrie. Sous cette égide, on regroupe un tas d'exercices

qui impliquent des étirements musculaires suivis de contractions brutales un peu à la manière de ces catapultes romaines présentées en introduction du papier. Dans un premier temps, les artilleurs armaient l'engin en stockant un maximum d'énergie dans les cordages tendineux et dans le bois de la structure balistique. Puis ils relâchaient soudain la pression pour envoyer le projectile au loin. Ici, il s'agit d'une gymnastique à base de sauts et de rebonds enchaînés rapidement qui se déclinent sur le modèle des foulées bondissantes bien connues des entraîneurs d'athlétisme. Le cas échéant, on peut durcir la contrainte en recourant à des charges additionnelles. On trouve des gilets lestés dans le commerce. A défaut, on peut se contenter aussi d'une chambre à air de voiture remplie de sable que l'on posera sur ses épaules (**). Le résultat est le même. La pliométrie se révèle diablement efficace pour fabriquer du collagène.

Hans Hoppeler, le bien nommé

Nos connaissances sur le travail excentrique doivent beaucoup aux expériences du professeur suisse Hans Hoppeler (Université de Berne) (1). Un bel exemple d'aptonyme. En anglais, *to hop* signifie sauter ou sautiller. En travaillant avec des basketteurs, Hoppeler a fait la démonstration qu'on pouvait améliorer la détente sèche de 8% (5 centimètres) grâce à un programme de pédalage excentrique poursuivi pendant six semaines seulement. Des résultats similaires ont été constatés chez des jeunes champions de ski alpin. Un groupe contrôle réalisait trois séances d'une heure de musculation lourde par semaine alors que le groupe expérimental remplaçait les dernières 20 minutes de musculation lourde par 20 minutes de travail excentrique à charge modérée. Dans cette expérience, seul le groupe expérimental a présenté une augmentation de 6,5% à la fois de sa masse musculaire et de ses performances en saut. Attention toutefois à ne pas forcer la dose. Lorsqu'on s'entraîne en excentrique, le muscle est très durement sollicité notamment lors des exercices de pliométrie. Les blessures sont fréquentes. Il faut donc y aller mollo au début et suspendre le programme dès qu'on ressent une petite pointe! Dans une étude que nous avons menée sur des jeunes volleyeurs de l'équipe de France, on a observé que le port d'un gilet lesté à l'entraînement augmentait effecti-



vement les performances dans la hauteur maximale de smash. Seulement, tous ne l'ont pas aussi bien supporté et il arrivait fréquemment que ces joueurs plus fragiles doivent retirer leur gilet au cours du programme pour cause de douleurs anormales de type tendinite ou périostite. Leur appareil locomoteur n'était tout simplement pas capable d'encaisser des contraintes aussi lourdes. Pour la même raison, on déconseille les sauts avec surcharge dans le mois qui précède des échéances importantes. D'abord parce que cela ne sert plus à rien! Un effet positif sur la performance est long à se mettre en place. Puis ce n'est pas le moment de se blesser!

Je cherche après Titine

Ce renforcement de la puissance musculaire grâce à la pliométrie intrigue évidemment les chercheurs depuis plusieurs années.



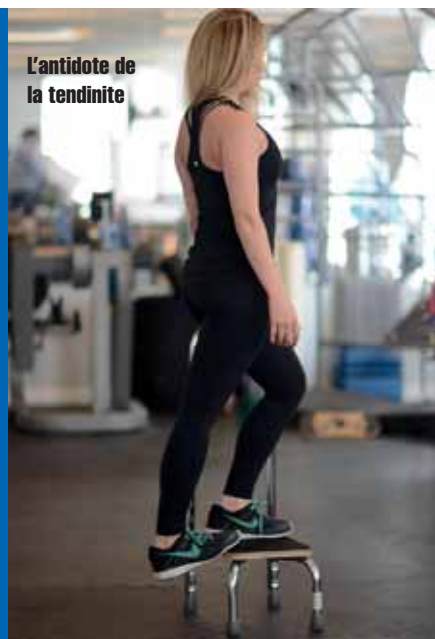
Le basketteur américain James Harden fabrique du collagène.



LA NOUVELLE KINÉSITHÉRAPIE

L'entraînement excentrique comporte décidément beaucoup d'avantages. Il améliore la raideur musculaire. Il accroît la force intrinsèque du muscle. Il favorise aussi la récupération en cas de traumatismes musculaires ou tendineux. Le docteur Keitaro Kubo (Université de Tokyo) a ainsi montré que la perfusion sanguine du tendon d'Achille est augmentée après une séance d'excentrique (8). Davantage de sang pénètre dans les tissus et, avec lui, bien plus d'éléments nécessaires à la cicatrisation. Bien sûr, il faut y aller prudemment: attention à ne pas aggraver la lésion que l'on entend soigner. Depuis quelques années, l'exercice de référence en cas de tendinite d'Achille consiste à se tenir sur le rebord d'un trottoir ou sur une marche d'escalier avec l'avant du pied au contact du sol et les talons dans le vide. On descend lentement le corps de façon à étirer le tendon et on résiste dans cette position pendant quelques minutes. Puis on recommence plusieurs fois par jour. L'excentrique a aussi été testé en rééducation après une opération du genou (9). Là encore, les résultats apparaissent plutôt favorables, même si bien des détails du mode d'action demeurent relativement obscurs. Rappelons que les ligaments croisés présentent cette particularité de courir à l'intérieur de l'articulation et souffrent de ce fait d'une très mauvaise vascularisation. Comme pour la tendinite d'Achille, on suppose que les contraintes en excentrique améliorent l'oxygénation des tissus et stimulent aussi la synthèse du collagène réticulé qui vient alors renforcer la trame ligamentaire.

L'antidote de la tendinite



Une avancée marquante a cependant été réalisée en 2003 par l'équipe du professeur Jean-Paul Doutreloux de l'Université de Toulouse (2). L'expérience consistait à entraîner des lapins pour une épreuve comparable à nos courses sur les haies. Après un entraînement spécifique, ces animaux présentaient en effet une élévation de la teneur musculaire en collagène réticulé. Une protéine en particulier attirait l'attention: la titine (appelée aussi connectine par ceux qui trouvent que titine manque de sérieux). C'est vrai que le nom est bizarre. D'ailleurs, tout le reste aussi. Sa taille par exemple. La titine est la plus grande de toutes les protéines de l'organisme. Elle fait 1 micron, soit un millionième de mètre. Pour une protéine, c'est géant. Grâce à son envergure impressionnante, elle arrive à relier entre eux les différents composants de l'architecture myofibrillaire et assure ainsi l'intégrité de la cellule en situation d'étirement. Cette protéine est donc indissociablement liée à ce que les entraîneurs de sport désignent par la souplesse ou la raideur passive, c'est-à-dire leur capacité à s'allonger sans se déchirer dans des mouvements d'étirements passifs. Attention à ne pas confondre cette raideur passive avec la raideur active qui définit plutôt la capacité du muscle à encaisser des contraintes mécaniques élevées en se contractant et à emmagasiner l'énergie pour la restituer après un délai de quelques millisecondes. Donc voilà le boulot de titine. A noter encore qu'elle existe sous différentes isoformes qui ne présentent pas toutes les mêmes proprié-

tés élastiques et la même robustesse. Et cela compte lorsqu'on aborde la phase d'entraînement négatif. Nous disions plus haut que la titine était responsable de maintenir les choses en place au sein de la fibre musculaire. Elle est donc la première à souffrir en cas de sollicitations excentriques excessives. Au-delà d'un certain seuil de tensions, il lui arrive de rompre, ce qui provoque le désassemblage des sarcomères et l'arrivée sur les lieux d'une enzyme nettoyeuse, la calpaïne 3. Tout cela est assez douloureux à

vivre. C'est exactement ce que l'on ressent au lendemain d'une longue séance de course en descente. On a mal aux guiboles! Cependant, rassurez-vous, la titine apprend de son expérience. Après la casse, elle se régénère et celle que l'on produit en remplacement de l'ancienne est généralement dotée de capacités de résistance accrues. En cas de nouvelle rupture, elle reviendra plus solide encore. Et ainsi de suite. Au fil des entraînements, on peut se constituer ainsi des fibres d'une exceptionnelle raideur.

Il ne faut pas confondre la «raideur active» du coureur à pied et la «raideur passive» des gymnastes. Ici Gabrielle Douglas, championne olympique du concours général à Londres en 2012



Un petit truc pour sprinter plus fort

Les exercices excentriques ne se contentent pas de stimuler la production de collagène réticulé et de renforcer les structures de soutien. Ils agissent aussi directement sur la machinerie contractile et se révèlent très précieux dans un échauffement préparatoire au sprint. Lors d'une expérience récente, Florian Fernandez, un étudiant de l'Université de Toulouse, est même parvenu à améliorer assez nettement la puissance musculaire dans le sprint grâce à un échauffement constitué en partie de squats de type excentrique. Là encore, le protocole consistait à comparer deux groupes d'athlètes. La moitié d'entre eux faisait 60 squats en mode excentrique à 50% de la répétition maximale concentrique. L'autre faisait le même type d'exercice mais en mode concentrique. Dans le premier cas, les sujets de l'étude se contentaient donc d'effectuer la phase de descente du squat tandis que deux camarades remontaient la barre pour la remettre dans ses taquets. Dans le deuxième cas, c'était le contraire. Qu'est-ce qu'on ne ferait pas pour la science! Ce faisant, on se rend compte aussi qu'il n'est pas toujours nécessaire de disposer de coûteux appareillages pour mener des expériences intéressantes. Même si cela aide, évidemment (***). Mais revenons à nos sprinteurs. Après cette courte période d'échauffement, ils devaient se donner à fond dans un exercice de puissance maximale. A chaque fois, les résultats donnaient l'avantage aux sujets du groupe excentrique. On savait déjà que des exercices d'haltérophilie étaient efficaces dans le cadre d'un échauffement pour des sports de type explosif. Désormais, on sait que l'échauffement de type excentrique fait encore mieux!

Un travail négatif finalement très positif

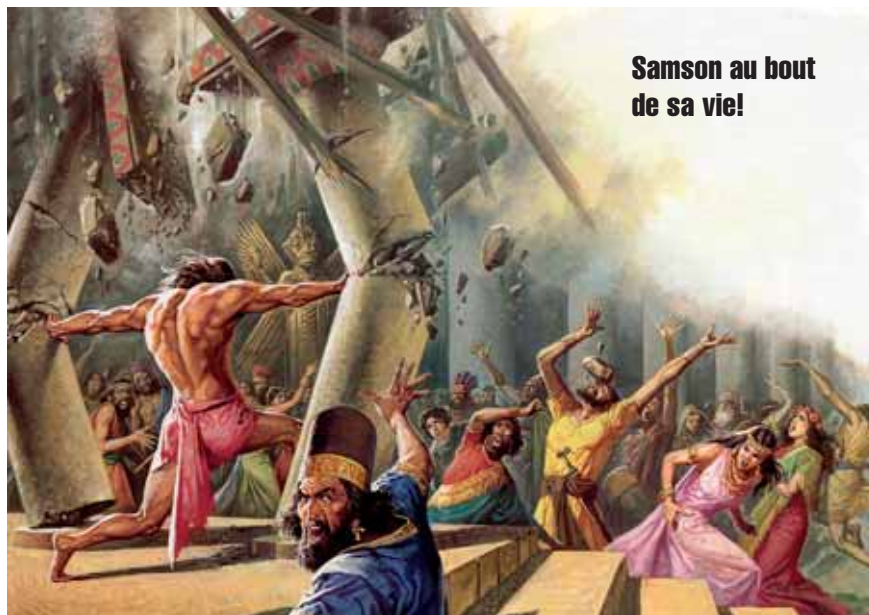
En sciences, il ne suffit pas de mettre un phénomène en évidence. Encore doit-on l'expliquer! D'où vient-il que l'excentrique permet de développer sa force aussi efficacement? Pour le comprendre, on doit se rappeler que chacun de nos gestes implique le coulisement de millions de filaments qui s'accrochent les uns aux autres grâce aux petites têtes de myosine qui tractent l'actine de part et d'autre de chaque moitié de sarcomère (****). La force développée par tête de myosine est infinitésimale (6 piconewtons



Au boulot, les fibres!

ou 6 millièmes de Newton) et aucune modulation n'est possible. Soit la tête de myosine est au repos, soit elle est en activité maximale. Il n'existe pas d'entredeux. Une gradation de la force musculaire reste néanmoins possible. Mais elle se trouve assurée par le nombre de têtes actives. Pour soulever une armoire, il faut recruter plus de têtes de myosine que pour ramasser un mouchoir tombé sur le sol. A partir de là, on pourrait s'attendre à ce que toutes les têtes de myosine soient réquisitionnées dans le cadre d'un effort à pleine intensité. C'est loin d'être le cas. Surtout pour des gestes effectués à grande vitesse. S'il s'agit de lancer une balle de baseball, on estime que seulement 5% des têtes sont effectivement recrutées. Cinq pourcents! Ce n'est pas grand-chose

et on pourrait se désoler qu'elles ne soient pas plus nombreuses à participer au mouvement. Mais on aurait tort! Trop nombreuses à s'engager, les têtes se gêneraient les unes les autres. Tout va très vite. Il ne faudrait pas que les têtes qui ont fini leur bascule restent attachées en trop grand nombre sur le filament d'actine car cela créerait une force résistive de nature à ralentir le mouvement. Cinq pourcents suffisent donc. Pour des mouvements plus lents, pas de problème, la proportion de têtes actives s'élève (3). Dans un effort maximal en isométrie (le muscle résiste sans bouger), cette proportion peut atteindre 30 ou même 40% du nombre total. Mais jamais plus! Même lorsqu'on est au bout de sa vie -comme Samson lorsqu'il écarte à mains nues les colonnes du

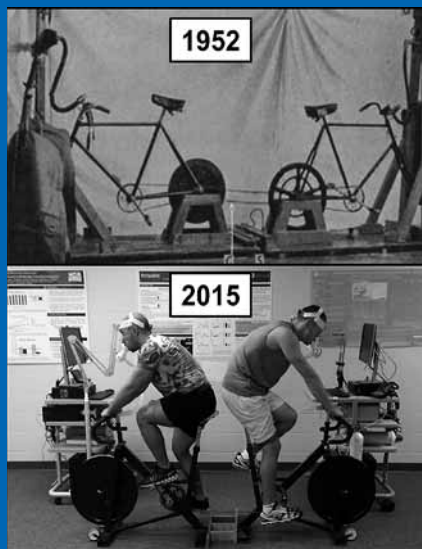


Samson au bout de sa vie!

LES SECRETS D'UN RÉGIME HYPOCALORIQUE

Le travail excentrique permet de solliciter le muscle à des intensités bien supérieures qu'en mode concentrique. Tout cela est expliqué dans l'article. Cependant on ne dit rien de la dépense énergétique. Suit-elle fidèlement la charge de travail? Auquel cas l'entraînement excentrique serait en plus une formidable méthode pour maigrir... Eh bien non! En fait, ce mode d'entraînement ne coûte presque rien au plan calorique. «*L'organisme présente une demande d'énergie plus faible pendant une contraction musculaire excentrique que pendant une action musculaire concentrique*», observait déjà Archibald Vivian Hill dans les années 20. L'expérience la plus marquante date cependant de 1952 et fut imaginée par le couple Abbott, mari et femme, dont nous parlions déjà dans un précédent article (1). Retour vers le futur. Abbott et Abbott avaient eu l'idée de coupler mécaniquement leurs deux bicyclettes dos à dos et de relier les pédales par une seule chaîne de telle sorte qu'un cycliste pédale normalement en produisant un travail positif et l'autre résiste en fournissant un travail négatif. A travail égal, ils constatèrent que le travail négatif (celui du cycliste qui résiste) coûte trois à quatre fois moins d'oxygène que le travail positif (celui qui essaie de tourner les pédales). L'ex-

plication est plutôt complexe. Mais en s'entraînant en excentrique, on court-circuite le processus habituel de décrochage des têtes de myosine de l'actine. En mode concentrique, celui-ci coûte chaque fois une molécule d'ATP. En clair, on paie pour se détacher. Rien d'obligatoire en excentrique. Les têtes de myosine lâchent leur prise sous l'effet des contraintes mécaniques si bien qu'une tête de myosine est capable de réaliser jusqu'à 10 cycles mécaniques d'attachement-détachement pour un seul ATP consommé. Au total l'excentrique ne coûte pratiquement rien! C'est donc un très mauvais moyen pour perdre du poids. En revanche, cet entraînement est idéal pour remettre en forme des personnes qui n'ont plus fait de sport depuis des années et qui disposent de ce fait d'une consommation maximale en oxygène très basse. Il convient aussi pour des patients atteints de bronchite chronique obstructive, donc incapables de respirer normalement. Bref, c'est un excellent moyen pour renouer avec le sport lorsqu'on est en petite forme. Quitte à passer plus tard à des sollicitations cardiovasculaires plus sérieuses.



A potentiel égal, l'excentrique gagnera toujours

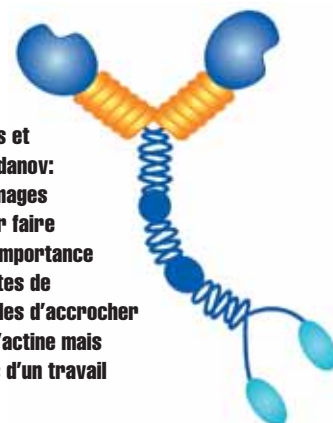
(1) Lire *Malin comme un muscle* dans *Sport et Vie* n°143

Palais de Gaza qui s'écroulent sur les Philistins- même dans ces cas extrêmes, seule une petite moitié de ses têtes de myosine sont actives. Les autres se placent en réserve de la République et attendent une contrainte mécanique digne de ce nom pour se sortir de leur torpeur. Lorsqu'on passe en mode excentrique, tout change. Sous l'effet de l'étirement du muscle, des places se libèrent et le muscle se trouve alors en situation de recruter toutes ses forces vives pour faire face aux contraintes. De ce fait, le nombre de têtes de myosine impliquées dans le mouvement augmente considérablement. Et même plus que vous ne le pensiez! Car il faut savoir en effet que la molécule de myosine est à l'instar du célèbre chien Orthos de la mythologie grecque: elle possède deux têtes! En mode concentrique, ces deux têtes ne peuvent pas intervenir en même temps. Leurs sites d'ancrage sont trop proches l'un de l'autre. Quant l'une travaille, l'autre se repose. Un peu comme les frères Bogdanov. Même s'ils disent la même chose, les deux ne causent jamais en même temps. En mode excentrique, c'est différent. L'étirement du muscle libère de la place et réveille la deuxième tête d'Orthos qui entre à son tour

en action et trouve ainsi sa raison d'exister alors qu'on se posait encore la question de son utilité jusqu'à récemment. En fait, c'est logique. On n'étudiait le travail musculaire que dans le seul cadre des contractions maximales isométriques. De ce fait, on ne voyait



Le chien Orthos et les frères Bogdanov: on utilise les images qu'on peut pour faire comprendre l'importance des doubles têtes de myosine capables d'accrocher les filaments d'actine mais seulement lors d'un travail excentrique.



jamais la deuxième tête entrer en action et on se demandait même pourquoi la nature avait créé ce doublon. A présent, on a la réponse. C'est pour faire face aux contraintes excentriques. On refait le topo? Dans un travail excentrique, la sollicitation extrême du muscle couplé à l'éloignement de ses points d'attache produit un stress énorme. Grâce à la titine qui relie entre eux les différents éléments cellulaires, on réveille ainsi un maximum de têtes de myosine qui sinon seraient restées inactives (4). Un exemple? Lorsqu'on saute d'une hauteur d'un mètre environ et que l'on rebondit sur le sol pour franchir tout de suite après une haie de même taille, on recrute jusqu'à 80% des têtes de myosine! On comprend mieux l'efficacité des séances de pliométrie. Elles sont sans équivalent dans le mode concentrique.

La fin de l'énigme

Encore une petite expérience? Celle-ci a été menée par le professeur Wakako Tsumiyama (Université d'Hiroshima) chez des rongeurs (5). Elle montre que l'entraînement excentrique change assez fondamentale-

MUSCLES EN VOIE DE RÉAPPARITION

Nos sociétés se caractérisent par une augmentation de la longévité moyenne, ce qui est plutôt une bonne chose lorsqu'on se rappelle la cruauté des époques précédentes où la mort frappait avec beaucoup d'injustice: les bébés, les enfants, les femmes en couches et les pauvres de façon générale. Mais cette situation pose aussi mille problèmes organisationnels. Au plan de la santé notamment. Comment fait-on pour garder la forme en dépit des années? Or il se trouve que l'entraînement excentrique possède là encore beaucoup d'atouts pour accompagner le vieillissement sans (trop) souffrir de ces désagréments. On redoute évidemment la fonte osseuse qui fragilise le squelette et la sarcopénie qui s'enclenche en vieillissant et s'accélère vers la fin de la vie. Tout doit être entrepris pour que ces phénomènes surviennent le plus tard possible. Dans ce contexte, l'exercice excentrique paraît tout indiqué dans la mesure où il réclame peu d'énergie et un investissement mental réduit. Autant il est difficile d'encourager une personne âgée et fatiguée d'aller faire sa séance de sport lorsqu'il s'agit de rouler sur un vélo fixe ou soulever des poids et que le moral n'y est pas, autant c'est simple quand la consigne se résume à freiner un mouvement de pédalage ou ralentir n'importe quel type de mouvement sur un appareillage adapté. On arrive ainsi à regagner de la force même dans le cas de personnes gravement déconditionnées. On assiste aussi à un prolongement de la vie en bonne santé. C'est bien cela qui compte finalement!



**Sautez, sautez:
il en restera toujours
quelque chose!**

L'excentrique marche pour tout. Sauf pour perdre du poids!

(*) A l'origine le mot «catapulte» s'appliquait aux engins qui projetaient des flèches et celui de «balistes» était utilisé pour les lanceurs de cailloux. Plus tard, la confusion se fit entre les deux termes et «catapulte» a écrasé «baliste».

(**) Pour une gamme complète d'exercices, consultez les sites spécialisés sur Internet. Notamment les nombreuses séquences consacrées à l'entraînement du skieur suisse, Didier Cuche. Edifiant!

(***) On trouve sur le marché des outils magnifiques comme le «1080 Quantum» qui ressemble à une cage de musculation «high tech» permettant d'exercer sa force en mode concentrique et excentrique contre des résistances entièrement modulables avec enregistrement de toutes les données de l'exercice: vitesse, travail, puissance. Le prix? Comptez environ 25.000 euros!

(****) Lire *Les secrets de la deuxième tête* dans *Sport et Vie* n°108, page 24

Références:

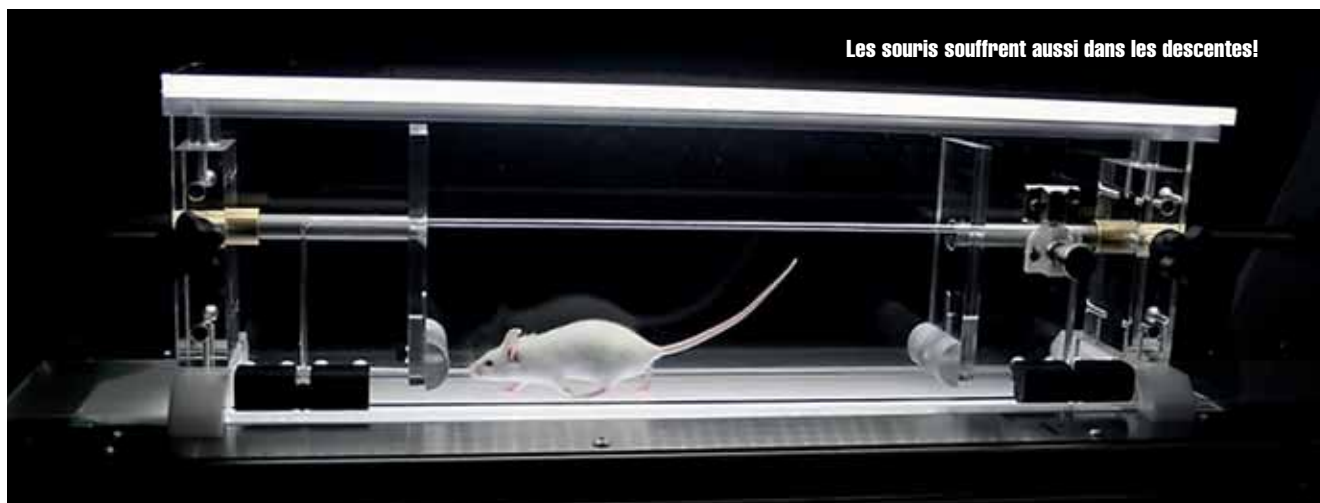
- (1) Moderate Load Eccentric Exercise; A Distinct Novel Training Modality, dans *Frontiers in Physiology*, novembre 2016
- (2) Effects of jump training on passive mechanical stress and stiffness in rabbit skeletal muscle: role of collagen, dans *Acta Physiologica Scandinavica*, 2003
- (3) Force generation by skeletal muscle is controlled by mechanosensing in myosin filaments, dans *Nature*, 2015
- (4) Titin strain contributes to the Frank-Starling law of the heart by structural rearrangements of both thin- and thick-filament proteins, dans *PNAS*, février 2016
- (5) Induction of Muscle Hypertrophy in Rats through Low Intensity Eccentric Contraction, dans *Journal of Physiology, Therapy and Science*, octobre 2014
- (6) Effects of eccentric strength training on biceps femoris muscle architecture and knee joint range of movement, dans *European Journal of Applied Physiology*, 2009
- (7) Induction of Muscle Hypertrophy in Rats through Low Intensity Eccentric Contraction, dans *Physical Therapy Science*, 2014
- (8) Effects of Repeated Concentric and Eccentric Contractions on Tendon Blood Circulation, dans *International Journal of Sports Medicine*, 2015
- (9) Effect of Eccentric Strengthening After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction on Quadriceps Strength, dans *Sport Rehabilitation*, 2013



ment la structure et la force du muscle. Vingt séances d'entraînement excentrique de basse intensité (une course en descente sur tapis roulant) ont suffi pour augmenter sensiblement la masse des muscles et la section transversale des fibres. Pour l'autre groupe de rats qui couraient sur terrain plat, on n'observait rien de similaire. En conclusion, oui, l'entraînement excentrique est bien celui qui nous permet le mieux de progresser et de se fabriquer progressivement des muscles plus volumineux avec un angle de pen-

sion majoré et surtout avec de plus nombreux sarcomères en série (6,7). Au total des muscles plus solides, plus puissants et plus réactifs. Cette découverte n'est pas récente. En 1882 déjà, le physiologiste allemand, Adolf Fick avait observé qu'on était capable de développer plus de force musculaire en résistant à un étirement plutôt qu'en phase de raccourcissement. La grande différence, c'est que désormais, on sait aussi pourquoi!

**Robin Candau, Florian Fernandez,
Anthony MJ Sanchez**



Les souris souffrent aussi dans les descentes!



Sortie de piste

Les exercices en mode excentrique favorisent-ils la guérison des blessures? Nous avons posé la question à un spécialiste du short-track et des maux de genoux.



Tristan Navarro est un des meilleurs spécialistes français du short-track. Finaliste aux championnats du monde junior et médaillé d'or et d'argent lors du Festival olympique de la jeunesse européenne (FOJE) de Brasov (Roumanie) en 2013, il détient aussi plusieurs titres de champion de France. Tristan effectue cette année ses premiers pas sur le circuit sénior.

On savait déjà que le ski alpin ruinait les genoux. Est-ce aussi le cas du short-track?

Pas de la même façon, mais oui. Dans ces deux disciplines, on soumet ses genoux à des contraintes qui sont à la limite du supportable. En ski, ce sont souvent les ligaments croisés qui trinquent. En short-track, beaucoup de compétiteurs souffrent du tendon rotulien. A la sortie des virages, on doit relancer alors qu'on se trouve encore écrasé par les forces d'inertie. Il faut des quadriceps à la fois puissants et réactifs. Du coup, on fait beaucoup de musculation et les genoux sont mis à rude épreuve. Je sors de blessures aux tendons rotuliens de chaque jambe: fissure à gauche et nodules à droite. La totale!

Qui est responsable à votre avis: le patinage ou l'entraînement en salle?

Plutôt la salle. Dans mon cas, les premières douleurs ont toujours apparues dans le cadre des entraînements en salle, jamais sur la glace. Lors des séances de pliométrie, on effectue des sauts avec rebonds depuis des hauteurs de plus en plus vertigineuses. La moindre faiblesse articulaire se paie cash.

Comment ce travail en salle se répartit-il au cours de la saison?

Au début, cela occupe l'essentiel de notre temps. On reste plus longtemps en salle de sport (40% du temps) qu'à la patinoire (30%). Le reste, on l'utilise pour sortir un peu. Par exemple, on fait beaucoup de vélo en phase de préparation physique générale. Ensuite la relation s'inverse. Le travail sur la glace devient prépondérant (80%). Quant au vélo, on s'en sert encore mais seulement dans le cadre de séances très spécifiques avec



des hauts pourcentages de PMA (puissance maximale aérobie) à respecter. Toujours en salle évidemment. Quand la saison des courses démarre vraiment, c'est-à-dire au début du mois de novembre, on ne met plus beaucoup le nez dehors. C'est dommage. La station est si belle en hiver (*).

Comment vos blessures ont-elles été prises en charge?

On a essayé différents soins en kinésithérapie. Sans résultat. Les médecins m'ont alors proposé des injections de PRP (plasma riche en plaquettes) à la suite desquelles j'ai tout arrêté pendant un mois. Un mois, c'est long. Cela suffit pour que les masses musculaires fondent comme neige au soleil. A la reprise d'entraînement, je manquais clairement de puissance. Le programme était assez léger, heureusement. Sans charge, je devais seulement faire des flexions du genou. Je descendais sur une jambe et je remontais en m'aidant de l'autre (**). Puis je suis passé

à l'excentrique à la presse. Dans un exercice appelé *leg extension*, on doit retenir une charge en gardant la jambe tendue puis on l'abaisse lentement. Petit à petit, les muscles reprennent du volume.

J'imagine qu'on doit se sentir très anxieux à l'idée que la douleur revienne?

J'ai vécu cela au début de phase de rééducation. Malgré le repos, malgré les injections, la douleur était toujours là! Je me suis dit alors que c'était foutu et que je ne m'en sortirais jamais. Les kinés, eux, se montraient plus rassurants. Ils me disaient que la force reviendrait et que les douleurs iraient s'atténuant. A l'époque, je ne les croyais qu'à moitié mais ils avaient parfaitement raison. Bientôt, je pouvais faire tout le programme de rééducation sans la moindre gêne. Pour moi, c'était une première victoire. Restait à vérifier si le genou était capable de supporter les contraintes habituelles d'une reprise d'entraînement. Lors des premières séances, j'étais réellement angoissé à l'idée d'une nouvelle défaillance. Cela faisait plus d'un an que je n'avais plus fait de sauts ou de sauts sans ressentir les élancements caractéristiques. Quand j'ai réalisé que je pouvais de nouveau forcer sans avoir mal, quel soulagement: j'ai vécu cela comme une libération! Enfin, je pouvais penser à ma participation aux épreuves qualificatives pour les Jeux de Pyeongchang autrement que sous forme de doux rêve.

Propos recueillis par Anthony MJ Sanchez et Robin Candau



Le short-track met sur les rotules

(*) Tristan Navarro s'entraîne actuellement dans les Pyrénées-Orientales au sein du CREPS-CNEA de Font-Romeu.
(**) Une étude récente montre qu'en cas de tendinopathie patellaire, des exercices de squats excentriques sont aussi efficaces que les ondes de choc ou que les injections de PRP. *Treatment Options for Patellar Tendinopathy: A Systematic Review*, dans *Arthroscopy*, avril 2017.