

Réflexionsport

Scientifique & technique

17
Oct.
2017

EXTRAIT

L'échauffement

muscle

son jeu



L'échauffement muscle son jeu



Par Antonio J. Morales
Doctorant
à l'université de Grenade (ESP)



Lilian Lacourpaille
Post-doctorant
à l'université de Nantes



Gaël Guilhem
Directeur du Laboratoire Sport, expertise et performance (EA 7370) SEP,
unité Recherche à l'INSEP.



Incontournable de la pratique sportive, l'échauffement est aujourd'hui bien intégré dans les routines de préparation avant l'entraînement et la compétition. Du cerveau jusqu'au muscle, cet article propose de décrire les effets majeurs des différentes techniques d'échauffement et d'apprécier dans quelle mesure elles favorisent l'atteinte d'une performance optimale, voire contribuent à réduire le risque de blessure.



“ *Il ne faut que 10 à 15 minutes d'activité continue pour élever la température musculaire de 3 à 4 °C.* ”

Peu importe que vous soyez sprinteur, escrimeur, cycliste ou footballeur, l'échauffement est souvent considéré comme l'un de ces rituels « indispensables » à effectuer avant toute séance d'entraînement ou compétition. Bien que chaque discipline ait ses spécificités, les activités dites « générales » telles que le jogging ou le cyclisme ont été traditionnellement incorporées à l'échauffement. En effet, des études scientifiques ont montré que ce type de mise en action permettait d'améliorer la performance (McGowan *et al.* 2015) et contribuait à réduire le risque de blessures musculaires (Woods *et al.* 2007). Mais pourquoi ? Quel changement se produit-il réellement à l'intérieur de nos muscles ? Même si la plupart des stratégies d'échauffement employées sur le terrain

se basent sur l'expérience personnelle des entraîneurs et des sportifs, les progrès de la recherche contribuent à élucider certains mécanismes physiologiques en jeu. Ainsi, une meilleure connaissance des réponses physiologiques associées aux activités courantes d'échauffement nous aidera à optimiser les protocoles à privilégier selon les sports (ex : amplitude de mouvement, précision) et les besoins individuels (ex : antécédents de blessures musculaires). Passons donc en revue quelques faits connus concernant les effets physiologiques de l'échauffement.

Muscles, êtes-vous chauds ?

Comme l'indique le terme « échauffement », l'effet majeur recherché par cette technique serait l'augmentation de la température musculaire (Bishop, 2003). Mais est-ce le seul ? Si oui, alors il suffit d'adapter cette vieille comptine : « *Trempez les sportifs dans l'eau chaude, ça fera des muscles tous chauds !* » Malheureusement, ce n'est pas si enfantin ; car ce facteur, primordial dans l'augmentation de ▶

la performance, n'est pas le seul. Après avoir décrit les mécanismes associés à l'augmentation de la température lors de l'échauffement, nous rappellerons les principaux phénomènes nerveux impliqués dans cette routine.

Les muscles sont-ils vraiment plus chauds à la fin de l'échauffement? La réponse est oui! Il ne faut que 10 à 15 minutes d'activité continue pour élever la température musculaire de 3 à 4 °C. Cette augmentation peut sembler faible mais elle permet de hausser significativement les performances d'une tâche « simple ». Plus précisément, pour chaque augmentation de 1 °C de la température musculaire,

la hauteur d'un saut gagne 4 à 5 % (Figure 1; pour une revue détaillée, voir Racinais and Oksa, 2010). De plus, des améliorations de l'amplitude articulaire de mouvement sont habituellement observées (Wiktorsson-Moller *et al.* 1983). Ces résultats soulignent l'importance d'élever la température musculaire avant l'effort. Mais connaît-on les effets des modifications de température sur les mécanismes neuromusculaires? Il est établi que la température du tissu musculaire est directement liée à la vitesse de conduction des potentiels d'action (Farina, 2005). Les impulsions nerveuses provenant du cerveau se déplacent plus vite dans le muscle ►

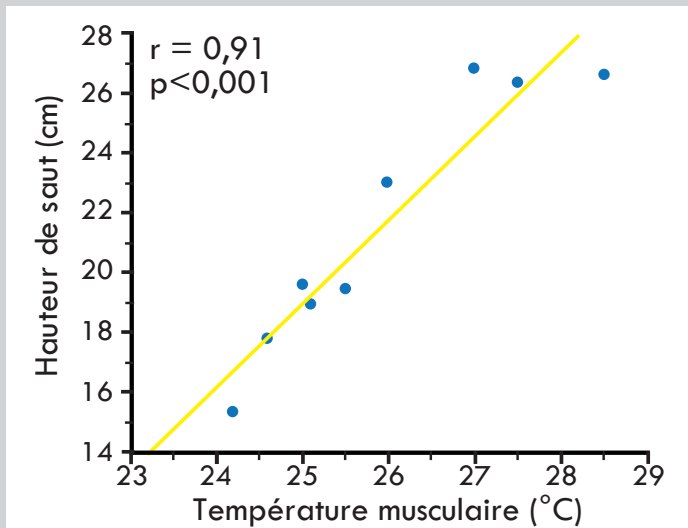


Figure 1 – Relation entre la température musculaire et la hauteur de saut (d'après Racinais and Oksa, 2010).



© Icon sport

lorsque sa température augmente, à raison de $1 \text{ m/s}!$ ¹ (Farina, 2005). Pourquoi croyez-vous que l'on applique du froid sur une zone douloureuse ? Avec la chaleur, les réactions chimiques associées à la contraction se déroulent plus rapidement (Gray *et al.* 2002) et les vaisseaux sanguins se dilatent, ce qui contribue également à une accélération de l'apport d'oxygène du sang aux muscles (Barcroft et King, 1909). Le métabolisme anaérobie est également accéléré (Bishop,

¹—Conséquences du froid sur la conduction des messages nerveux aux récepteurs de la douleur.

2003), conduisant ainsi à une amélioration de la performance musculaire notamment durant des efforts explosifs de courte durée (Farina, 2005 ; Pearce *et al.* 2012 ; Racinais et Oksa, 2010). Il semble donc clair que les élévations de la température musculaire après l'échauffement apportent des effets positifs pour la performance musculaire.

L'élévation de la température ne sert pas qu'à améliorer les performances. Elle prévient aussi les risques de blessures. Depuis longtemps, elle est associée à une diminution de la raideur des tissus, en ►

d'autres termes à une meilleure extensibilité. Pour mieux vous représenter cet effet, il suffit de faire chauffer des pâtes dans une casserole pour s'apercevoir qu'elles sont plus difficiles à briser une fois cuites. Un exemple, moins évident à montrer sur le muscle. En effet, la recherche montre des résultats contradictoires concernant les effets de l'échauffement sur la raideur musculaire. Ce constat est probablement dû aux difficultés associées à l'exploration des propriétés mécaniques de chaque muscle (Magnusson *et al.* 2000 ; McNair et Stanley, 1996). Le couple passif, qui est la résistance produite lors de la mobilisation en rotation passive d'une articulation, a habituellement été utilisé comme une mesure de la rigidité musculaire.

Cependant, d'autres structures anatomiques telles que les tendons, la peau ou les articulations affectent également la force passive, ce qui rend difficile l'observation précise des réponses musculaires spécifiques. En ce sens, les progrès technologiques nous aident à mieux comprendre les effets de l'augmentation de la température musculaire induite par un échauffement, qu'il soit actif ou passif (voir la section sur les

innovations technologiques). Une étude récente menée par le laboratoire Sport, expertise et performance (SEP) de l'INSEP a montré le rôle clé de l'échauffement actif pour réduire de manière significative la raideur musculaire.

“ *L'élévation de la température ne sert pas qu'à améliorer les performances.* ”

À travers la technique de l'élastographie (type d'échographie capable de mesurer la raideur musculaire, NDLR), nous avons observé que 15 minutes de cyclisme réduit la raideur musculaire bien plus que l'automassage (méthode du *foam rolling*) sur une période de temps égale. Même si les deux activités ont été réalisées pendant l'échauffement (cyclisme dans un premier temps puis *foam rolling*), les effets n'étaient pas supérieurs à ceux du cyclisme seul. Cet exemple simple montre l'importance d'effectuer ▶

un échauffement actif afin d'obtenir des changements significatifs de propriétés élastiques musculaires (Figure 2).

Au-delà de l'augmentation de la température du muscle et du tendon, l'échauffement permet également de « huiler » les articulations *via* la production de liquide synovial² par la membrane synoviale. Ceci permettrait d'atteindre des amplitudes de mouvement plus larges (Wiktorsson-Moller *et al.* 1983). Si nous pouvons améliorer les propriétés élastiques du système musculo-articulaire grâce aux stratégies d'échauffement, ceci constitue une occasion d'augmenter la capacité de déformation des

2-Liquide visqueux nourrissant les cartilages et servant à limiter les frottements entre les os.

tissus et donc de les rendre plus résistants aux contraintes subies à l'exercice.

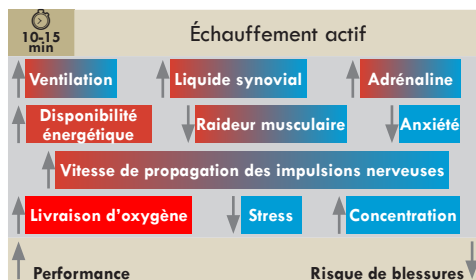
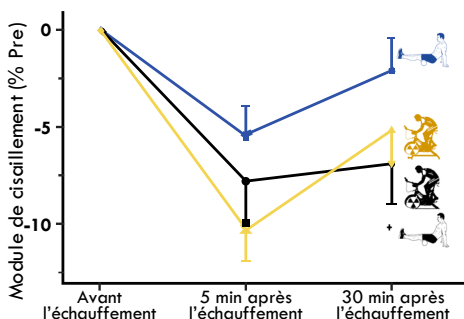


Figure 3 – Principaux mécanismes physiologiques associés à l'échauffement actif.

“ ... l'échauffement permet également de « huiler » les articulations... ”



Pre = désigne la mesure de la raideur des muscles effectuée avant l'échauffement

— 15 min de foam rolling

— 15 min de vélo

— 15 min de vélo dans un premier temps suivi de 15 min du foam rolling

Figure 2 – Changements de raideur (module de cisaillement) des muscles ischio-jambiers 5 et 30 min après différents types d'échauffements (d'après Morales-Artacho *et al.* 2017). La mention « Pre » désigne la mesure de la raideur des muscles effectuée avant l'échauffement.

Échauffement passif : trop facile pour être vrai ?

Considérant les effets positifs de l'augmentation ponctuelle de la température musculaire, le recours aux stratégies d'échauffement passives (pommades, coussins et pantalons chauffants, bains chauds ou massages) semble intéressant. Pourtant, nombre de preuves scientifiques affirment que les mouvements actifs sont plus efficaces pour augmenter la température musculaire (McGowan *et al.* 2015), et entraînent d'autres changements neurophysiologiques impliqués dans la performance (Cf. section suivante).

En effet, les échauffements passifs ne permettent pas d'augmenter la température des tissus profonds d'où des bénéfices sur la performance généralement inférieurs à ceux observés après une mise en route active (Bishop, 2003). Néanmoins, tout ce qui concerne l'échauffement passif n'est pas mauvais. Ainsi, il peut être très utile quand il s'agit de garder les muscles chauds (Faulkner *et al.* 2013). Dans de nombreuses situations, le temps entre échauffement et compétition est assez important pour compromettre les réponses physiologiques positives dues à un échauffement actif. Les mi-temps et les remplacements de joueurs sont aussi fréquents dans certains sports pour lesquels l'échauffement passif peut être utile. Faute de bain chaud réalisable en compétition, les avancées technologiques deviennent primordiales. Par exemple, aux

Jeux olympiques de 2012, l'équipe britannique de cyclisme sur piste a été équipée de pantalons chauffants, afin d'éviter le refroidissement musculaire entre l'échauffement et la compétition (Figure 4).

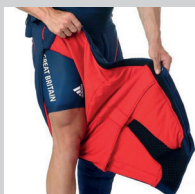


Figure 4 – Pantalon chauffant évitant le refroidissement musculaire entre l'échauffement et la compétition.

Les jambes mais aussi la tête

La performance musculaire peut être dans une certaine mesure positivement influencée par l'activité précédemment réalisée. Désigné sous le terme de « potentialisation post-activation » (PAP), ce phénomène signifie que certaines tâches pré-activatrices peuvent créer des conditions neuromusculaires avantageuses pour la performance athlétique à venir. Une étude néo-zélandaise, portant sur un échauffement de vélo de 15 minutes, a révélé que la réalisation de 4 séries de 4 tours de pédale avec une résistance élevée, a amélioré la puissance maximale sur un sprint de 6 secondes (Munro *et al.* 2017).

Des résultats similaires ont été observés avec des exercices de force (ex: squat), suggérant l'importance du « réveil » de la fonction neuromusculaire tout en s'échauffant avant une compétition. Cinq ►

ATTENTION à l'échauffement contre-productif !

Bien que l'élévation de la température soit positivement liée à la performance explosive musculaire, il existe un seuil où cette relation peut être inversée. En effet, une augmentation de la température centrale (corps) peut compromettre la réponse thermorégulatrice et nuire à l'endurance ou aux performances à long terme. Cela explique, paradoxalement, pourquoi les stratégies de refroidissement corporel sont souvent utilisées dans le cadre de « l'échauffement » précédant les épreuves d'endurance de longue durée (Ross *et al.* 2013). Dans ce contexte, il semble évident que les conditions environnementales et les vêtements sont des facteurs clés à prendre en considération lors de l'optimisation de notre stratégie d'échauffement



©/icon sport

à sept minutes de repos semblent fournir les meilleurs effets PAP, même si des athlètes moins forts physiquement peuvent avoir besoin de temps de repos plus longs (Seitz et Haff, 2016). Cependant, il ne faut pas oublier que la frontière entre la fatigue et le « PAP » peut être mince et de nombreux facteurs ont été proposés pour moduler cet équilibre (Seitz *et al.* 2016). Brièvement, les mécanismes physiologiques proposés menant au phénomène « PAP » comprennent une amélioration de l'interaction entre l'actine et la myosine (deux protéines responsables du processus de contraction musculaire), ainsi qu'une augmentation (recrutement spatial) et une optimisation (recrutement temporel) de la commande nerveuse dirigée vers les fibres musculaires. ▶



À propos des étirements...

Même si les étirements en soi ne permettent pas d'augmenter la température musculaire, ils sont généralement utilisés dans le cadre de l'échauffement. Si l'étirement d'un muscle avec des amplitudes de mouvement larges peut être adapté à certains sports (ex : la gymnastique ou le taekwondo), il existe encore une controverse quant à son emploi avec les activités sportives exigeant une performance explosive neuromusculaire maximale.

D'une part, de nombreuses études scientifiques affirment que la capacité neuromusculaire à produire une force explosive peut être altérée après avoir étiré statiquement un muscle (Behm *et al.* 2004), ce qui entretient le débat sur « l'étirement vs. non-étirement » et encourage le recours aux étirements dynamiques. D'autre part, un étirement statique de longue durée (au-delà de 60 s) peut altérer la performance neuromusculaire. En-deçà (ce qui est généralement le cas), et associé à d'autres activités (ex : jogging, exercices dynamiques), les perturbations de la fonction neuromusculaire ne sont plus significatives (Behm *et al.* 2015). En outre, il existe également des preuves scientifiques montrant des réductions significatives de la rigidité musculaire après l'étirement (Freitas *et al.* 2015), ce qui peut amener à penser que les étirements avant l'exercice ne sont pas dénués de sens.

“ ... quelques répétitions d'un mouvement spécifique suffisent pour créer une « empreinte » dans le système nerveux... ”

Un autre point intéressant sur la fonction du système nerveux et potentiellement sur les routines d'échauffement, est le processus d'acquisition de compétences ou de pratiques récentes (Handford *et al.* 1997). Des travaux en neurophysiologie ont mis en évidence que quelques répétitions d'un mouvement spécifique suffisent pour créer une « empreinte » dans le système nerveux (Classen *et al.* 1998), ►

facilitant sa réalisation future. Souvent qualifiés de « potentialisation à long terme », les mécanismes de ce phénomène traitent de certaines structures de notre système nerveux et peuvent avoir des implications importantes concernant nos stratégies de coordination.

“ ... développer la proprioception, la souplesse, l'imagerie mentale, lorsque les sportifs sont encore « frais » ? ”



La routine d'échauffement constitue ainsi une bonne occasion de renforcer la coordination entre les muscles impliqués lors de mouvements spécifiques et de familiariser notre système nerveux avec une technique appropriée (Olsen, 2005). A contrario, les mauvaises habitudes gestuelles peuvent conduire à renforcer les mouvements indésirables voire à augmenter le risque de blessures.

Existe-t-il des effets à long terme des routines d'échauffement ?

Les effets bénéfiques de l'échauffement sur la fonction musculaire et la performance susmentionnés contribuent-ils à améliorer les adaptations à l'entraînement ? La nature multifactorielle des mécanismes de la blessure et des adaptations à l'entraînement, rendent difficiles la validation de cette hypothèse. Encouragées par l'impact économique élevé des blessures dans le sport, plusieurs recherches suggèrent que des pratiques globales d'échauffement visant à améliorer la force et la ▶

PARTIE 1 EXERCICES DE COURSE | 8 MINUTES**1** COURSE
LIGNE DROITE**2** COURSE
ROTATION INTERNE
- HANCHE**3** COURSE
ROTATION EXTERNE
- HANCHE**4** COURSE
ZIG ZAG**5** COURSE
CONTACT
EPAULES**6** COURSE
SPRINT AVANT
& ARRIERE**PARTIE 2 FORCE · PLIOMETRIE · EQUILIBRE | 10 MINUTES****7** GAINAGE
JAMBES
ALTERNÉES**8** GAINAGE LATERAL
ELEVÉ & BAISSÉ
HANCHE**9** ISQUIO-JAMBIERS
NORDICS**10** EQUILIBRE 1 JAMBE
LANCEMENT DE BALLON
AVEC COÉQUIPIER**11** SQUATS
FENTES AVANT**12** SAUTER
SAUT LATERAL**PARTIE 3 EXERCICES DE COURSE | 8 MINUTES****13** COURSE
SPRINT**14** COURSE
FOULÉES
BONDISSANTES**15** COURSE
CHANGEMENT DE
DIRECTION

Figure 5 – Protocole « FIFA 11 + », un programme d'échauffement soigneusement conçu pour traiter l'occurrence des blessures au football*.

* Ce protocole est à retrouver sur la plateforme YouTube. Une série de vidéos explicatives et détaillées y présente ainsi chaque étape (<https://www.youtube.com/watch?v=RSJlp7e7fyY>).

proprioception³ peuvent réduire le risque de blessure (Soligard *et al.* 2008). Bien que cette réduction soit un objectif, la mise en place de stratégies d'échauffement comprenant plusieurs exercices s'apparente plus à une méthode d'entraînement qu'à une simple routine visant

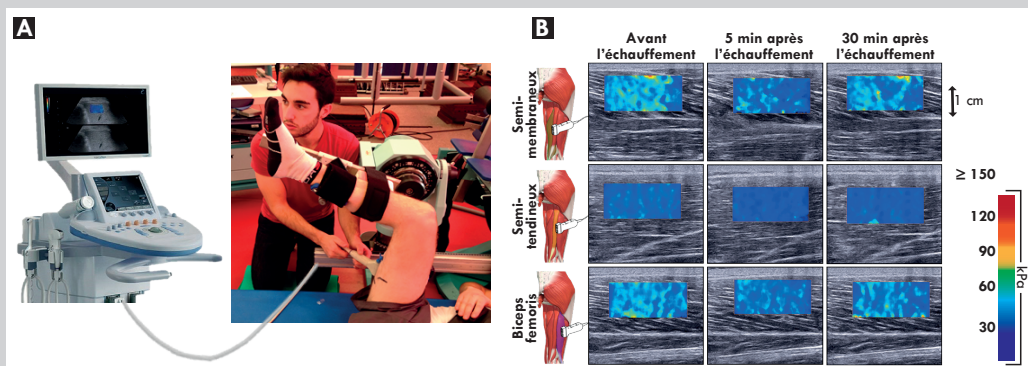
3—Capacité à avoir conscience de la position de son corps dans l'espace.

à élever la température musculaire (voir Figure 5 ci-après). Étant donné le planning chargé des athlètes de haut niveau, l'échauffement ne serait-il pas un moment privilégié pour développer la proprioception, la souplesse, l'imagerie mentale, lorsque les sportifs sont encore « frais » ?

Innovations technologiques pour l'exploration de propriétés mécaniques du muscle.

L'idée principale concernant l'adaptation des muscles et des tendons à l'échauffement est simple : une augmentation de la température des tissus entraîne une diminution de la rigidité, une augmentation de l'extensibilité et donc une amélioration de l'amplitude maximale de mouvement sans créer de dégâts. Si ce concept semble être assez clair dans les études animales, les choses se compliquent lorsque l'on souhaite étudier ces mécanismes chez l'humain en raison de la connexion directe entre muscle et système nerveux.

Prenons l'exemple de l'amplitude maximale de mouvement : la souplesse. Lorsqu'elle augmente, impossible de déterminer si les gains sont d'origine musculaire (le muscle est moins raide) ; ou nerveuse (la tolérance à l'étirement est augmentée). Par ailleurs, lorsque deux articulations sont progressivement éloignées l'une de l'autre, toutes les structures croisant l'articulation (les muscles, les tendons, les nerfs, la peau) sont étirées et sont susceptibles de limiter le mouvement. Dans ce contexte, les innovations technologiques dans le domaine de l'imagerie sont essentielles pour aider les scientifiques du sport à mieux comprendre les réponses musculaires à différentes sollicitations. Par exemple, en utilisant la technique d'élastographie ultrasonore (Figure 6), les récentes recherches effectuées par des chercheurs et collaborateurs de l'INSEP ont mis en évidence une modification de l'élasticité musculaire après différentes routines d'échauffement couramment utilisées par les athlètes telles que l'échauffement actif, le massage, l'automassage (*foam rolling*), les étirements ou bien l'application de froid (Tableau 1).



Utilisation de l'élastographie







	<ul style="list-style-type: none"> Activité : étirements passifs Changement de raideur : ↓12 % Muscle : jumeau Réf. : Akagi et Takahashi (2012)
	<ul style="list-style-type: none"> Activité : échauffement actif Changement de raideur : ↓10 % Muscle : ischio-jambiers Réf. : Morales-Artacho <i>et al.</i> (2017)
	<ul style="list-style-type: none"> Activité : vélo + foam rolling Changement de raideur : ↓8 % Muscle : ischio-jambiers Réf. : Morales-Artacho <i>et al.</i> (2017)
	<ul style="list-style-type: none"> Activité : massage Changement de raideur : ↓5 % Muscle : jumeau Réf. : Eriksson-Crommert <i>et al.</i> (2015)
	<ul style="list-style-type: none"> Activité : foam rolling Changement de raideur : ↓5 % Muscle : ischio-jambiers Réf. : Morales-Artacho <i>et al.</i> (2017)
	<ul style="list-style-type: none"> Activité : poche de froid Changement de raideur : +25 % Muscle : jumeau Réf. : Point <i>et al.</i> (2017)

Tableau 1 – Utilisation de l'élastographie pour évaluer les modifications de l'élasticité musculaire (module de cisaillement) après différentes activités couramment utilisées par les athlètes.

“ ... les stratégies d'échauffement ne sont toutefois pas figées... ”

Recommandations pratiques : du laboratoire au terrain

Idéalement spécifiques à chaque sport et aux besoins individuels de l'athlète, les stratégies d'échauffement ne sont toutefois pas figées ; certaines lignes directrices peuvent être extraites de la littérature scientifique. Tout d'abord, l'élévation de la température musculaire reste un point crucial lorsqu'il s'agit d'optimiser les qualités neuromusculaires et mécaniques (Bishop, 2003 ; McGowan *et al.* 2015). Ainsi, les routines d'échauffement doivent comprendre une partie dite générale constituée de mouvements dynamiques actifs de 5 à 15 minutes (Magnusson *et al.* 2000). Une légère « transpiration » peut être un indicateur simple de l'élévation de la température centrale et musculaire, bien que d'importantes différences individuelles existent et que d'autres facteurs tels que les conditions environnementales et les vêtements utilisés influencent directement le taux de sudation. De nombreuses recherches ont révélé l'importance de maintenir passivement une température corporelle entre le temps de l'échauffement et celui de la compétition (McGowan ▶

et al. 2015). En conséquence, l'utilisation de stratégies passives (ex : pantalons chauffants) devrait être considérée lors de l'élaboration du plan de pré-compétition. Par ailleurs, dans les activités sportives comprenant une longue durée d'inactivité lors de la mi-temps (ex : football) ou entre les combats (ex : taekwondo), des routines spécifiques de ré-échauffement sont recommandées (Zois et al. 2013) ainsi que des stratégies passives de maintenance thermique (Faulkner et al. 2013).

Suite à l'activité dynamique générale, les routines d'échauffement doivent comprendre des efforts spécifiques au sport avec une intensité proche de la compétition. Un article, récemment publié dans la revue scientifique *Sports Medicine*, a compilé les données disponibles concernant la nature et la quantité d'échauffement qui peuvent conduire à des améliorations dans les performances de course, de cyclisme, de natation ou des sports collectifs (McGowan et al. 2015). L'utilisation d'efforts semblables à ceux observés pendant la compétition (ex : temps de travail – temps de récup ; course sur des distances spécifiques) montre

des bénéfices dans les efforts de sprint et de distance moyenne. Par conséquent, la planification et l'utilisation correcte des protocoles PAP devraient être ciblées lors de la conception d'une stratégie d'échauffement.

“ ... les habitudes d'échauffement sont une bonne occasion de préparer notre tête à bien communiquer avec nos muscles. ”

Cependant, d'un point de vue physiologique, les effets aigus de protocoles PAP pourraient être moins intéressants dans d'autres activités sportives comprenant de multiples efforts répétés, par exemple, les sports d'équipe ou de raquette. Dans ce contexte, l'ajout de tâches techniques et tactiques pendant l'échauffement apparaît plus pertinent à l'entraînement ou en compétition. Par exemple, des ►

jeux à effectif réduit (*small-sided games* dans la nomenclature anglo-saxonne), comprenant des tâches techniques et physiques spécifiques au sport, peuvent être inclus dans les routines d'échauffement de sport d'équipe (McGowan *et al.* 2015). Bien que les réponses neuromusculaires aiguës du PAP ne soient pas pertinentes dans certaines modalités sportives (ex: ce qui nécessite des efforts répétés), nous ne devons pas oublier les implications du phénomène de « potentialisation à long terme » pour l'efficacité du mouvement et la prévention des blessures. Que ce soit lors d'un apprentissage d'un nouveau geste ou pour effectuer un protocole d'évaluation, les habitudes d'échauffement sont une

bonne occasion de préparer notre tête à bien communiquer avec nos muscles.

Qu'elle implique une stratégie spécifique de PAP ou un jeu à effectif réduit, toute routine d'échauffement devrait impliquer une quantité minimum d'efforts et produire un maximum de bénéfices. Ce n'est donc pas uniquement une question de temps mais également de ressources énergétiques. En effet, il existe un seuil à partir duquel la disponibilité en énergie peut être compromise et des symptômes de fatigue apparaissent. Dans ce contexte, la réduction du volume et de l'intensité de l'échauffement peut avoir des avantages sur la performance (Bishop *et al.* 2001; Mujika *et al.* 2012; ►



Tomaras et MacIntosh, 2011). Ceci souligne l'importance d'adapter et d'individualiser les routines de pré-exercice. Par exemple, les sportifs dépendant d'une catégorie de poids mettent presque systématiquement en place des stratégies de perte de poids corporel avant les compétitions. Bien qu'une stratégie nutritionnelle optimale puisse permettre un recouvrement rapide des stocks énergétiques, des différences de disponibilité énergétique peuvent exister en fonction des conditions d'entraînement. Le volume et l'intensité de l'échauffement doivent donc être adaptés en conséquence. En outre, les émotions du sportif doivent être prises en compte afin d'adopter une approche holistique du protocole d'échauffement de compétition.

Au-delà des avantages physiologiques aigus de l'échauffement avant une compétition, créer un environnement positif autour du sportif à travers des routines pré-compétitives telles que l'activation des muscles le matin ou le visionnage d'un film motivant quelques heures avant la compétition (Kilduff *et al.* 2013) est une condition sine qua non pour maximiser les performances. ▶



“ Le volume et l'intensité de l'échauffement doivent donc être adaptés en conséquence. ”



©Icon sport

Pour approfondir sur le sujet, cliquez sur l'image ci-dessous pour visionner cet échange lors d'une conférence organisée à l'INSEP en juillet 2014



À retenir !

- Un échauffement efficace doit viser l'augmentation de la température musculaire.
- L'échauffement actif est plus efficace pour élever la température musculaire. Néanmoins, les vêtements de chauffage passif sont utiles pour maintenir la température du corps pendant de longues périodes entre l'échauffement et la compétition.
- L'échauffement (spécialement actif) est associé à une diminution de la raideur des tissus (muscle, tendons) et une augmentation du liquide synovial, ce qui entraîne des augmentations de l'amplitude maximale de mouvement et potentiellement une réduction du risque de blessures.
- Des efforts moins fatigants, réalisés à haute intensité et de courtes durées peuvent améliorer les performances ultérieures.
- La routine d'échauffement constitue ainsi une bonne occasion de renforcer la coordination et de familiariser notre système nerveux avec une technique appropriée, qui peut aider à améliorer l'efficacité des mouvements et réduire les risques de blessures.

- L'intensité et le volume de l'échauffement doivent être ajustés selon les caractéristiques individuelles (ex : stress) et contextuelles (ex : perte de poids)
- Les routines d'échauffement intégrant des tâches ciblant d'autres objectifs d'entraînements (ex : souplesse, proprioception) peuvent avoir des avantages positifs sur la performance et sur la prévention des blessures à long terme. ■

Bibliographie

AKAGI R, TAKAHASHI H, « Acute effect of static stretching on hardness of the gastrocnemius muscle », *Medicine and science in sports and exercise*, 2013, 45(7), 1348-1354.

BARCROFT J, KING WOR, « The effect of temperature on the dissociation curve of blood », *J. Physiol*, 1909, 39 (5), 374-384.

BEHM DG, BAMBURY A, CAHILL F, POWER K, « Effect of acute static stretching on force, balance, reaction time, and movement time », *Med. Sci. Sports Exerc*, 2004, 36 (8), 1397-1402.

BEHM DG, BLAZEVICH AJ, KAY AD, MCHUGH M, « Acute effects of muscle stretching on physical performance, range of motion, and injury incidence in healthy active individuals: a systematic review », *Appl. Physiol. Nutr. Metab*, 2015, 41 (1), 1-11.

BISHOP D, « Warm up I: potential mechanisms and the effects of passive warm up on exercise performance », *Sports Med. Auckl NZ*, 2003, 33 (6), 439-54.

BISHOP D, BONETTI D, DAWSON B, « The effect of three different warm-up intensities on kayak

ergometer performance », *Med. Sci. Sports Exerc*, 2001, 33 (6), 1026-32.

BUCHTHAL F, KAISER E, KNAPPEIS GG, « Elasticity, viscosity and plasticity in the cross striated muscle fibre », *Acta Physiol. Scand*, 1944, 8, 16-37.

CLASSEN J, LIEPERT J, WISE SP, HALLETT M, COHEN LG, « Rapid plasticity of human cortical movement representation induced by practice », *J. Neurophysiol*, 1998, 79 (2), 1117-23.

FARINA D, « Effect of temperature on spike-triggered average torque and electrophysiological properties of low-threshold motor units », 2005, *J. Appl. Physiol*, 99 (1), 197-203.

FAULKNER SH, FERGUSON RA, GERRETT N, HUPPERETS M, HODDER SG, HAVENITH G, « Reducing muscle temperature drop after warm-up improves sprint cycling performance », 2013, *Med. Sci. Sports Exerc*, 45 (2), 359-365.

FREITAS SR, ANDRADE RJ, LARCOUPAILLE L, MIL-HOMENS P, NORDEZ A, « Muscle and joint responses during and after static stretching performed at different intensities », 2015, *Eur. J. Appl. Physiol*, 115 (6), 1263-1272.

GRAY SC, DEVITO G, NIMMO M, « Effect of active warm-up on metabolism prior to and during intense dynamic exercise », *Med. Sci. Sports Exerc*, 2002, 34 (12), 2091-2096.

HANDFORD C, DAVIDS K, BENNETT S, BUTTON C, « Skill acquisition in sport: Some applications of an evolving practice ecology », 1997, *J. Sports Sci*, 15 (6), 621-640.

KILDUFF LP, FINN CV, BAKER JS, COOK CJ, WEST DJ, « Preconditioning strategies to enhance physical performance on the day of competition », *Int. J. Sports Physiol Perform*, 2013, 8 (6), 677-681.

LI H, MORELAND JJ, PEEK-ASA C, YANG J, « Preseason anxiety and depressive symptoms and prospective injury risk in collegiate athletes », *Am. J. Sports Med*, 2017, 45(9), 2148-2155, doi: 10.1177/0363546517702847.

MAGNUSSON SP, AAGAARD P, LARSSON B, KJAER M, « Passive energy absorption by human muscle-tendon unit is unaffected by increase in intramuscular temperature », *J. Appl. Physiol*, 2000, 88 (4), 1215-1220.

MCGOWAN CJ, PYNE DB, THOMPSON KG, RATTRAY B, « Warm-Up Strategies for Sport and Exercise: Mechanisms and Applications », *Sports Med*, 2015, 45(11), 1523-1546.

MCNAIR PJ, STANLEY SN, « Effect of passive stretching and jogging on the series elastic muscle stiffness and range of motion of the ankle joint », *Br. J. Sports Med*, 1996, 30 (4), 313-317, discussion 318.

MORALES-ARTACHO AJ, LACOURPAILLE L, GUILHEM G, « Effects of warm-up on hamstring muscles stiffness: Cycling vs foam rolling. Scand », *J. Med. Sci. Sports*, 2017.

MUJKA I, DE TXABARRI RG, MALDONADO-MARTÍN S, PYNE DB, « Warm-up intensity and duration's effect on traditional rowing time-trial performance », *Int. J. Sports Physiol. Perform*, 2012, 7 (2), 186-188.

MUNRO LA, STANNARD SR, FINK PW, FOSKETT A, « Potentiation of sprint cycling performance: the effects of a high-inertia ergometer warm-up », *J. Sports Sci*, 2017, 35 (14), 1442-1450.

NORDEZ A, GROSS R, ANDRADE R, LE SANT G, FREITAS S, ELLIS R, MCNAIR PJ, HUG F, « Non-muscular structures can limit the maximal joint range of motion during stretching », *Sports Med*, 2017.

OLSEN O-E, « Exercises to prevent lower limb injuries in youth sports: cluster randomised controlled trial », *BMJ*, 2005, 330:449.

PEARCE AJ, ROWE GS, WHYTE DG, « Neural conduction and excitability following a simple warm up », *J. Sci. Med. Sport*, 2012, 15 (2), 164-168.

POINT M, GUILHEM G, HUG F, NORDEZ A, FREY A, LACOURPAILLE L, « Cryotherapy induces an increase in muscle stiffness », *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 2017.

RACINAIS S, OKSA J, « Temperature and neuromuscular », *Scand J. Med. Sci. Sports*, 2010, 20 Supple 3, 1-18.

ROSS M, ABBISS C, LAURSEN P, MARTIN D, BURKE L, « Precooling methods and their effects on athletic performance: a systematic review and practical applications », *Sports Med*, 2013, Auckl. NZ, 43 (3), 207-225.

SAPIN-DE BROSSES E, GENNISSON JL, PERNOT M, FINK M, TANTER M, « Temperature dependence of the shear modulus of soft tissues assessed by ultrasound », *Phys Med Biol*, 2010, 55 (6), 1701-1718.

SEITZ LB, HAFF GG, « Factors modulating post-activation potentiation of jump, sprint, throw, and upper-body ballistic performances: a systematic review with meta-analysis », *Sports Med*, 2016, 46 (6), 231-240.

SEITZ LB, TRAJANO GS, HAFF GG, DUMKE CCLS, TUFANO JJ, BLAZEVIČ AJ, « Relationships between maximal strength, muscle size, and myosin heavy chain isoform composition and postactivation potentiation », *Appl. Physiol. Nutr. Metab*, 2016, 41 (5), 491-497.

SOLIGARD T, MYKLEBUST G, STEFFEN K, HOLME I, SILVERS H, BIZZINI M, JUNGE A, DVORAK J, BAHR R, ANDERSEN TE, « Comprehensive warm-up programme to prevent injuries in young female footballers: cluster randomised controlled trial », *BMJ*, 2008, 337.

TOD D, IREDALE F, GILL N, « 'Psyching-up' and muscular force production », *Sports Med*, 2003, 33 (1), 47-58.

TOMARAS EK, MACINTOSH BR, « Less is more: standard warm-up causes fatigue and less warm-up permits greater cycling power output », *J. Appl. Physiol. Md 1985*, 2011, 111 (1), 228-235.

WIKTORSSON-MOLLER M, OBERG B, EKSTRAND J, GILLQUIST J, « Effects of warming up, massage, and stretching on range of motion and muscle strength in the lower extremity », *Am. J. Sports Med*, 1983, 11 (4), 249-252.

WOODS K, BISHOP P, JONES E, « Warm-up and stretching in the prevention of muscular injury », *Sports Med*; 2007, 37 (12), 1089-1099.

WRIGHT V, JOHNS RJ, « Quantitative and qualitative analysis of joint stiffness in normal subjects and in patients with connective tissue diseases », *Ann. Rheum. Dis*, 1961, 20 (1), 36-46.

ZOIS J, BISHOP D, FAIRWEATHER I, BALL K, AUGHEY RJ, « High-intensity re-warm-ups enhance soccer performance », *Int. J. Sports Med*, 2013, 34 (9), 800-805.

