

Effets de la technique LPG® sur la récupération de la fonction musculaire après exercice physique intense

P. PORTERO (1), J.-M. VERNET (2)

(1) Université Paris XII et Institut de Myologie, GH Pitié-Salpêtrière, Paris.

(2) LPG Systems, Valence.

La performance musculaire peut être affectée principalement par l'apparition de la fatigue et des courbatures post-exercice. De nombreux moyens thérapeutiques sont utilisés pour faciliter la récupération de la fonction musculaire sans pour autant que les effets soient réellement démontrés et peu d'études ont cherché à isoler les mécanismes des effets décrits.

Les deux études présentées dans cet article portent sur les effets de la technique LPG® (mécanisation des tissus cutané et sous-cutané) sur la récupération d'une part de la fatigue musculaire d'origine métabolique (acidose) et d'autre part sur la récupération des courbatures induites par le travail musculaire excentrique. Les effets du traitement ont été quantifiés à l'aide de différentes techniques, biomécaniques, électromyographiques de surface (EMGs), morphologiques et subjectives.

Les résultats mettent en évidence l'efficacité de la technique sur la récupération de la fatigue et des courbatures. Concernant la fatigue, ce sont principalement les paramètres spectraux de l'EMGs, liés au métabolisme musculaire, qui marquent l'amélioration de la récupération. Pour les courbatures, le traitement a limité l'installation de l'œdème en mobilisant le liquide interstitiel ou intracellulaire, ce qui a probablement limité la douleur et facilité la récupération de la force deux jours après l'exercice excentrique. La diminution des phénomènes douloureux pourrait expliquer cette évolution.

En conclusion, la technique LPG® s'est révélée efficace alors que pour de nombreuses techniques préconisées, dont le massage manuel, les effets sur la récupération de la fonction musculaire post-exercice (fatigue et courbatures) sont controversés. Cependant des travaux complémentaires doivent être réalisés afin de vérifier les hypothèses émises sur les mécanismes mis en jeu dans ces processus de récupération.

Introduction

L'exercice physique intense peut altérer la fonction motrice de différentes façons. Deux cas ont été envisagés : d'une part la fatigue musculaire locale (d'origine métabolique après exercice supramaximal), et d'autre part les courbatures survenant après des exercices mus-

culaires inhabituels en durée, intensité ou modalité (excentrique en particulier).

LA FATIGUE MUSCULAIRE

Elle représente un thème sur lequel de nombreux travaux ont été réalisés. Elle s'applique à des états physiopathologiques extrêmement divers : réduction des capacités physiques du fait de maladies (cardio-vasculaires, musculaires) [1], mais également du fait d'un entraîne-

Tirés à part : P. PORTERO, voir adresse ci-dessus.

ment intense ou d'un exercice physique épuisant, qu'il soit d'une durée brève ou longue.

Parmi les définitions de la fatigue musculaire locale qui ont été proposées, retenons celle proposée par Edwards [2] : « *incapacité du muscle à maintenir un niveau de force ou de puissance donné au cours d'une contraction soutenue ou d'une série de contractions* ». C'est dans le cadre très précis de cette définition que l'étiologie de la fatigue musculaire a été largement étudiée depuis dix ans [3].

La contraction musculaire est l'aboutissement d'une chaîne d'événements physiologiques et chaque maillon de cette chaîne est un « site de fatigue » potentiel. Deux types de fatigue sont alors dissociés :

La fatigue centrale

Sa cause réside au niveau du système nerveux central (SNC) et repose sur l'altération de la motivation, de la transmission des commandes du SNC ou encore du recrutement des motoneurons. Cette fatigue centrale n'interviendrait que peu dans la baisse de la performance chez des sujets fortement motivés [4].

La fatigue périphérique

Elle englobe l'ensemble des mécanismes situés au sein du muscle. Plusieurs revues [5-7] ont présenté les clefs et les différents facteurs impliqués dans ce processus.

L'acidose métabolique est l'un des facteurs impliqués dans l'apparition de la fatigue musculaire. Le pH musculaire diminue d'une valeur de repos de 7 à 6,4-6,6 après un exercice intense poursuivi jusqu'à l'épuisement. Cette diminution du pH est due principalement à la charge supplémentaire de protons, liée à l'accumulation d'acide lactique. Cette diminution du pH intramusculaire peut modifier le métabolisme cellulaire à plusieurs niveaux, et en particulier les activités enzymatiques dont la Na-K ATPase régulant les mouvements ioniques transmembranaires, et donc l'excitabilité de la membrane externe de la fibre musculaire.

Une approche électrophysiologique non-invasive de ce problème peut être réalisée grâce à l'utilisation du signal EMG de surface et sur-

tout grâce à l'analyse spectrale de ce signal. En effet, les remaniements spectraux observés lors de l'épreuve isométrique de fatigue, augmentation de l'énergie et diminution de la fréquence moyenne ou MPF (mean power frequency) [8], seraient liés à la diminution de la vitesse de propagation des potentiels d'action le long de la fibre musculaire [9] suite à l'accumulation de métabolites au sein du muscle fatigué. Une relation entre le pH intramusculaire et la MPF a par ailleurs été mise en évidence lors d'une épreuve de fatigue isométrique [10]. De plus, l'ischémie locale engendrée par la contraction isométrique en renforçant l'installation de l'acide est considérée comme l'un des facteurs causaux de la fatigue [11].

LES COURBATURES

Celles-ci sont provoquées le plus souvent par des exercices musculaires réalisés pour la première fois ou inhabituels en durée, intensité ou mode de contraction. L'activité musculaire la plus fréquemment mise en cause est l'activité excentrique [12]. Ces sensations d'inconfort douloureux apparaissent après l'exercice sauf dans le cas d'épreuves de longue durée où l'endolorissement peut s'installer pendant l'activité. Leur acmé se situe 24 à 48 heures après la fin de l'exercice mais la disparition peut demander une semaine ou plus. Ces courbatures s'accompagnent d'une diminution de la capacité fonctionnelle musculaire avec restitution complète des capacités pouvant demander jusqu'à 3 semaines. Il existe un décalage entre sensations pendant l'exercice, et courbatures et lésions ultérieures [13].

Les courbatures et lésions induites par l'exercice siègent au niveau des fibres et des enveloppes membranaires. Au niveau des fibres, ce sont des nécroses limitées et localisées principalement au niveau de la strie Z, présentant la forme de ruptures qui peuvent toucher la moitié des fibres étudiées [14]. Ces lésions qui sont maximales dans la première semaine post-exercice s'accompagnent d'abord de réactions locales protéolytiques et inflammatoires (augmentation des activités lysosomiales, œdème, infiltration leucocytaire...) puis des mécanismes de la régénéra-

tion tissulaire qui apparaissent précocement et peuvent se prolonger sur plusieurs semaines [15]. L'importance des lésions peut être évaluée à partir de marqueurs plasmatiques plus ou moins spécifiques. Il s'agit de doser l'activité plasmatique ou sérique du taux d'enzymes (comme la créatine phosphokinase : CPK) ou de métabolites intracellulaires musculaires. Leur présence dans le sang est liée à la lésion de la membrane cellulaire. Ces lésions peuvent être d'origine mécanique ou métabolique. L'origine mécanique, provoquant la rupture de fibres musculaires, la cause fréquemment évoquée est la trop grande traction exercée sur les fibres (fragiles et/ou vieilles) [16], cependant des travaux plus récents ont montré que le facteur prédominant pour engendrer ces lésions serait la vitesse à laquelle le muscle est étiré [17]. L'origine métabolique a pour point de départ la présence excessive de calcium intracellulaire [18] à partir de l'activation de la phospholipase A, ce processus initial entraînant une cascade de réactions biochimiques dont certains points restent encore à élucider.

SOLUTIONS THÉRAPEUTIQUES

Bien que la fatigue musculaire et les courbatures soient totalement différentes d'un point de vue clinique et des processus cellulaires sous-jacents, les moyens préconisés et utilisés pour la récupération sont souvent les mêmes (massage, étirements, ultrasons, récupération active,...).

Concernant le massage, son utilisation remonte à l'antiquité pour améliorer la performance ou pour faciliter la récupération après un exercice intense [19]. De nombreuses techniques sont décrites [20] et en général, les effets bénéfiques du massage sont attribués à des réponses physiologiques provoquées par les stimuli mécaniques du massage. Trois types de réponses sont généralement décrites :

- augmentation de la perméabilité membranaire cellulaire à des substances « nocives » accumulées à l'intérieur des cellules ;
- augmentation du flux sanguin facilitant le remaniement de ces substances et le transport d'oxygène ;
- action sur les récepteurs sensitifs intramusculaires.

Le massage pourrait réduire la contribution de ces récepteurs à la tension musculaire ou provoquer une réponse analgésique atténuant l'inconfort souvent associé à l'exercice physique intense.

L'efficacité du massage sur la récupération de la fonction musculaire est particulièrement controversée [21, 22]. Malgré l'abondance des anecdotes, il n'existe pas de données permettant d'isoler les mécanismes responsables des effets décrits ou supposés. La seule exception à cet état de fait est la légère augmentation de la température observée pendant et après le massage. Cependant celle-ci est du même ordre que celle survenant lors d'une contraction de faible intensité mais sans la sollicitation du métabolisme de la contraction. L'hyperhémie induite par le massage augmenterait la vitesse d'élimination des métabolites de la contraction, et donc faciliterait la récupération. Le résultat « brut » devrait être la possibilité à effectuer un exercice à plus haute intensité et sur une plus longue durée. La récupération d'un exercice physique implique une perte progressive de la capacité fonctionnelle qui peut être inversée par le changement d'activité (sous différentes formes) ou le repos. Ceci s'accorde avec la définition de la fatigue et plus spécifiquement de la fatigue musculaire.

Le traitement des courbatures vise principalement à diminuer la douleur et rétablir un bon niveau de performance. De nombreuses études ont tenté de quantifier les effets de différents moyens prophylactiques et curatifs. Divers traitements médicamenteux sont classiquement proposés, corticoïdes [23], anti-inflammatoires non stéroïdiens [24, 25] ainsi que l'aspirine [26]. Les traitements de type physiothérapique sont également proposés, cryothérapie [27, 28], ultrasonothérapie [29], association de l'échauffement, des étirements et du massage [30, 31]. Peu d'études ont essayé de vérifier l'hypothèse selon laquelle le massage diminuait les courbatures [32, 33]. Smith *et al.* [34] ont montré qu'un massage appliqué deux heures après un effort, diminuait les courbatures, cependant cette situation de massage post-exercice a été peu explorée. Quelques études préliminaires rapportent des résultats contradictoires, pour les uns les effets

sont nuls [35-41], alors que pour d'autres les douleurs sont atténuées [42, 43]. La disparité des résultats peut s'expliquer, d'une part par la grande variété des techniques utilisées et de leurs modes d'application, et d'autre part par le protocole expérimental même et le type de muscle choisi. Les techniques de massage proposées sont généralement appliquées manuellement et se pose alors le problème de la reproductibilité et de l'efficacité des manœuvres d'un sujet à l'autre et d'un jour à l'autre. Récemment, Tiidus [44] a souligné la nécessité de développer des recherches spécifiques pour s'assurer de la validité thérapeutique des modalités de traitement des courbatures post-exercices et de la récupération de la fonction musculaire.

Depuis 1995, nous avons mis en place un programme d'études visant à quantifier les effets d'une nouvelle technique de mécanisation des tissus cutané et sous-cutané (technique LPG®), sous la forme d'un pli réalisé, par aspiration, et mobilisé entre deux rouleaux motorisés.

Effet de la technique LPG® sur la récupération de la fatigue musculaire [45]

Cette première étude avait pour objectif de quantifier les effets de la technique LPG sur la récupération de la fatigue métabolique induite par un exercice supramaximal, générateur d'acidose musculaire, du muscle quadriceps. L'action locale sur le tissu conjonctif en améliorant la vascularisation locale et en augmentant le drainage faciliterait ainsi l'élimination des métabolites produits lors de l'exercice. L'efficacité de la technique LPG® sur la capacité d'endurance musculaire chez des sujets sains a été appréciée à partir d'une approche multiparamétrique. Les effets de la technique LPG® sur la récupération de la fatigue musculaire quadricepsitale, consécutive à un exercice isocinétique sollicitant fortement le métabolisme anaérobie et entraînant une chute importante du pH musculaire, ont été évalués à partir de différents critères : mécaniques, EMGs et subjectifs. Le plus original porte sur l'approche électrophysiologique non-invasive de ce problème réalisée grâce à l'analyse spectrale du signal EMGs. En

effet, les remaniements spectraux observés lors de l'épreuve isométrique de fatigue, augmentation de l'énergie et diminution de la fréquence moyenne ou MPF (mean power frequency) sont caractéristiques de la fatigue musculaire locale. Lors d'un test isométrique, la diminution de MPF peut être exprimée en terme de débit de MPF (% de diminution de la valeur initiale de MPF par minute de temps de contraction). Ce paramètre peut être considéré comme un indice fiable de la fatigabilité musculaire. Les résultats obtenus sur le débit de MPF (*figure 1*) démontrent l'efficacité de cette technique dans la récupération de la fatigue musculaire.

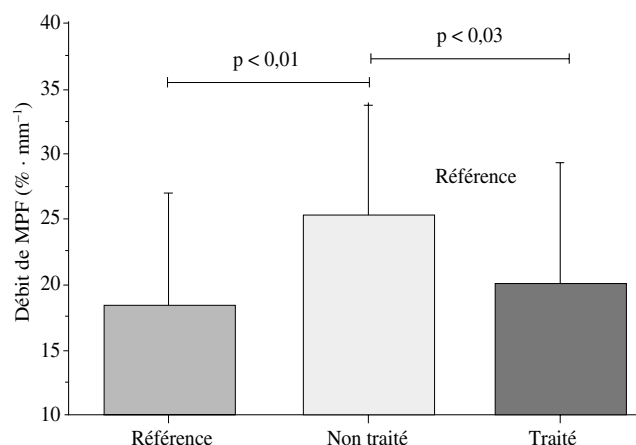


FIG. 1. — Débit de MPF du muscle *Vastus Lateralis* (index de fatigue EMG) lors de l'épreuve de fatigue isométrique.

Du fait des informations portées par l'analyse des paramètres spectraux de l'EMGs (relation avec l'acidose, recrutement des unités motrices...), les mécanismes mis en jeu, par l'action de la technique LPG®, faciliteraient l'évacuation des métabolites, produits de la contraction, sans exclure de possibles remaniements au niveau du recrutement moteur. Les autres paramètres (mécaniques et subjectifs) étudiés évoluent dans le même sens.

Effet de la technique LPG® sur la récupération des courbatures [46]

L'objectif de cette étude a été de quantifier les effets de l'application, quotidienne et sur une période d'une semaine, de la technique

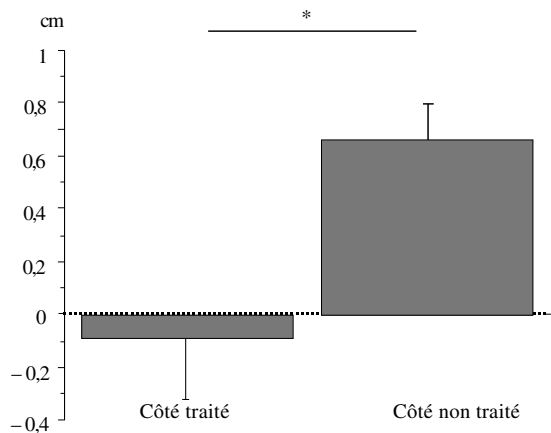


FIG. 2. — Variation de circonférence de cuisse à J₂ (* différence significative à $p < 0,01$).

LPG® sur la récupération des courbatures induites sur les muscles antérieurs de la cuisse après une épreuve de course à pied en descente d'une durée de 40 minutes. Le traitement d'une durée de 10 minutes a été effectué sur la même cuisse. Les mesures ont été réalisées avant chaque séance et le traitement a duré 6 jours. Le côté non traité a été comparé au côté traité. Hormis l'observation de l'évolution du tableau douloureux [47] l'étude s'est attachée à quantifier les effets du traitement sur la circonférence de la cuisse, une augmentation de la circonférence étant le reflet de l'œdème siégeant au niveau du segment, sur la force musculaire représentant un des paramètres de la performance musculaire, et enfin sur la douleur musculaire post-exercice excentrique.

Les trois principaux résultats montrent :

- une augmentation significative ($p < 0,01$) de la circonférence de cuisse du côté non traité contrairement au côté traité (figure 2). Cette augmentation de volume est le reflet de l'œdème consécutif au travail excentrique. Le traitement a limité son apparition du côté traité ;

- une douleur à la contraction (maximale à J₂) significativement moins importante ($p < 0,01$) du côté traité (figure 3), ceci étant probablement lié à l'absence d'œdème ;

- une diminution post-exercice d'environ 15 % de la force maximale isométrique du quadriceps

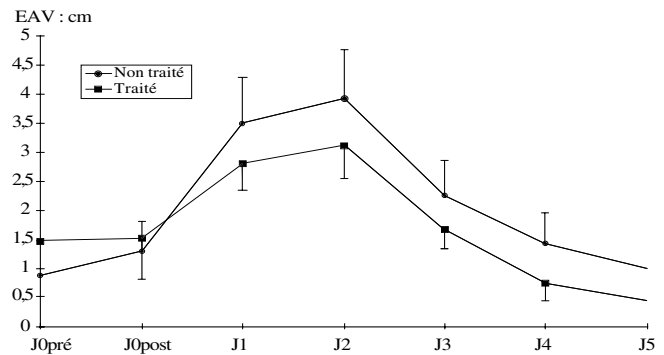


FIG. 3. — Évolution de la douleur à la contraction isométrique.

(figure 4). À J₂, cette diminution persiste du côté non traité alors que du côté traité la récupération est effective ($p < 0,02$), 75 % du déficit étant récupéré. La diminution de la douleur à la contraction a probablement favorisé la récupération de la fonction musculaire.

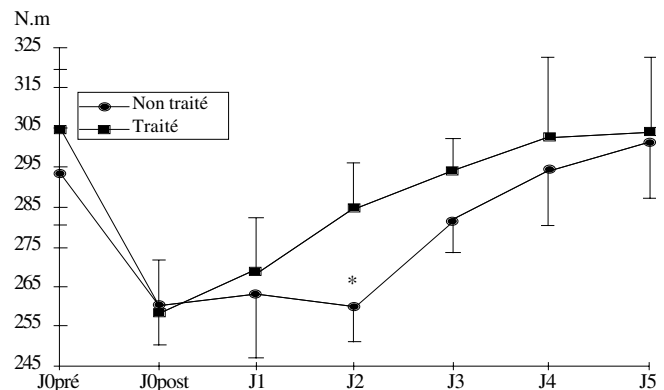


FIG. 4. — Évolution du couple de force maximal isométrique (* différence significative à $p < 0,01$).

La technique utilisée est efficace dans la récupération des courbatures. Les mécanismes mis en jeu ne sont pas clairement établis, cependant il est possible de suspecter un rôle de facilitation du traitement dans la mobilisation liquidienne pour limiter l'œdème. La différence d'efficacité par rapport au massage manuel est probablement liée aux techniques mêmes du massage manuel et au fait que la mobilisation tissulaire réalisée avec le système utilisé n'est pas réalisable manuellement.

Conclusion

Contrairement à ce qui est démontré dans la plupart des études sur le massage manuel, cette méthode de mécanisation, dite technique LPG®, des tissus cutané et sous-cutané est efficace pour la récupération de la fonction musculaire et ceci aussi bien pour la fatigue musculaire que pour les courbatures. L'optimisation de la performance passe souvent par une augmentation de la charge d'entraînement mais aussi par l'amélioration de la tolérance à l'entraînement qui devient alors un facteur clé de la réussite sportive. À la lumière des travaux de Kyröläinen *et coll.* [48] et Komi *et coll.* [49] on peut penser que les effets de cette technique sur certains facteurs de la fatigue musculaire et des courbatures ont un impact sur l'amélioration de la performance motrice dans la mesure où le cumul de la fatigue et des courbatures va être un facteur majeur de perturbation de la capacité à stocker et restituer une certaine quantité d'énergie élastique au cours des cycles étirement-raccourcissement [50].

Cependant, les mécanismes mis en jeu qui faciliteraient, lors de cette mobilisation tissulaire, l'évacuation des métabolites de la contraction ou de l'œdème induit par le travail excentrique restent à élucider. La récupération des différentes fonctions musculaires doit être optimisée et en particulier la puissance musculaire et la capacité à produire la force explosive qui apparaissent comme certains des facteurs prépondérants de la performance. La fatigue musculaire et les courbatures induites par l'exercice intensif sont des facteurs importants de la diminution de l'efficacité motrice et en particulier de la diminution du potentiel de force explosive.

Références

- [1] RADDA GK, BORE PJ, GADIAN G, ROSS BD, SYLES P, TAYLOR DJ, HUGUES JM. P NMR examination of two patients with NADH-CoQ reductase deficiency. *Nature*, 1982 ; 295 : 608-609.
- [2] EDWARDS RHT. Human muscle function and fatigue. In : Porter R and Whelan J (eds) *Human muscle fatigue : Physiological Mechanisms*. London : Pitman, 1981 : p. 1-18.
- [3] MAC LAREN DPM, GIBSON H, PARRY BILLING M, EDWARDS RHT. A review of metabolic and physiological factors in fatigue. *Exer Sports Rev* 1989 ; 17 : 29-68.
- [4] GIBSON H, EDWARDS RHT. Muscular exercise and fatigue. *Sports Med* 1986 ; 2 : 120-132.
- [5] VOLLESTAD NK, SEJERSTED OM. Biochemical correlates of fatigue. *Eur J Appl Physiol* 1988 ; 57 : 336-347.
- [6] WESTERBLAD H, LEE JA, LÄNNERGREN J, ALLEN DG. Cellular mechanisms of fatigue in skeletal muscle. *Am J Physiol* 1991 ; 261 : C195-C209.
- [7] ENOKA RM, STUART DG. Neurobiology of muscle fatigue. *J Appl Physiol* 1992 ; 61 : 81-87.
- [8] DE LUCA CJ. Myoelectrical manifestations of localized muscular fatigue in humans. *Crit Rev Biomed Eng* 1984 ; 11 : 251-279.
- [9] MORTIMER JT, MAGNUSSON R, PETERSEN I. Conduction velocity in ischemic muscle : effects on EMG Frequency spectrum. *Am J Physiol* 1970 ; 219 : 1324-1329.
- [10] LAURENT D, PORTERO P, GOUBEL F, ROSSI A. Electromyogram spectrum changes during sustained contraction related to proton and diprotonated inorganic phosphate accumulation : a ³¹P nuclear magnetic resonance study on human calf muscles. *Eur J Appl Physiol* 1993 ; 66 : 263-268.
- [11] SJOGAARD G, KIENS B, JORGENSEN K, SALTIN B. Intramuscular pressure, EMG and blood flow during low-level prolonged static contraction in man. *Acta Physiol Scand* 1986 ; 128 : 475-484.
- [12] ARMSTRONG RB. Initial events in exercise-induced muscular injury. *Med Sci Sports Exerc* 1990 ; 22 : 429-435.
- [13] JONES DA, NEWHAM DJ, ROUND JM, TOLFREE SEJ. Experimental human damage : morphological changes in relation to other indices of damage. *J Physiol* 1986 ; 375 : 435-448.
- [14] FRIDEN J, SJOSTROM M, EKBLUM B. Myofibrillar damage after intense eccentric exercise in man. *Int J Sports Med* 1983 ; 4 : 170-176.
- [15] MACINTYRE DL, REID WD, MACKENZIE DC. Delayed muscle soreness. The inflammatory response to muscle injury and its clinical implications. *Sports Med* 1995 ; 20 : 24-40.
- [16] NOAKES TD. Effect of exercise on serum enzyme activities in humans. *Sports Med* 1987 ; 4 : 245-267.
- [17] LIEBER RL, FRIDEN J. Muscle damage is not a function of muscle force but active muscle strain. *J Appl Physiol* 1993 ; 74 : 520-526.
- [18] DUNCAN CJ. Role of intracellular calcium in promoting muscle damage : a strategy for controlling the dystrophic condition. *Experientia* 1978 ; 34 : 1531-1535.
- [19] HARRIS HA. *Greek athletes and athletics*, Hutchinson and Co., London 1964.
- [20] PRENTICE WE. *Therapeutic modalities in sports medicine*. St Louis, Mosby-Year Book Inc 1994.
- [21] CAFARELLI E, FLINT F. The role of massage in preparation for and recovery from exercise. *Sports Med* 1992 ; 14 : 1-19.
- [22] TIIDUS PM. Manual massage and recovery of muscle function following exercise : a literature review. *J Orthop Sports Phys Ther* 1997 ; 25 : 107-112.
- [23] KILSTROM M, SALMINEN A, VIKHO V. Prednisolone decreases exercise-induced acid hydrolase response in mouse skeletal muscle. *Eur J Appl Physiol* 1984 ; 53 : 53-56.
- [24] KUIPERS H, KEISER H, VERSTAPPEN FTJ, COSTILL DL. Influence of prostaglandin — inhibiting drug on muscle

- soreness after eccentric work. *Int J Sports Med* 1985 ; 6 : 336-339.
- [25] HASSON SM, DANIELS JC, DIVINE JG, NIEBUHR BR, RICHMOND S, STEIN PG, WILLIAMS JH. Effect of ibuprofen use on muscle soreness, damage and performance : a preliminary investigation. *Med Sci Sports Exerc* 1993 ; 25 : 9-17.
- [26] PÉRÈS G, ALTUNA A, ZUNZUNEGUI J, CHEVROT M, FIEVET MH. Activité sérique de la créatine-kinase sous apport d'acide acétyl-salicylique avant ou après exercice de longue durée. *Cinésiologie* 1989 ; 28 : 357-361.
- [27] MEEUSEN R, LIEVENS I. The use of cryotherapy in sport injuries. *Sports Med* 1986 ; 61 : 398-414.
- [28] YACKZAN L, ADAMS C, FRANCIS KT. The effects of ice massage on delayed muscle soreness. *Am J Sports Med* 1984 ; 12 : 159-165.
- [29] HASSON S, MUNDORF R, BARNES W, WILLIAMS J, FUJII M. Effect of pulsed ultrasound versus placebo on muscle soreness perception on muscular performance. *Scan J Rehabil Med* 1990 ; 22 : 199-205.
- [30] RODENBURG JB, STEENBEEK D, SCHIERECK P, BÄR PR. Warm-up, stretching and massage diminish harmful effects of eccentric exercise. *Int J sports Med* 1994 ; 15 : 414-419.
- [31] HIGH DM, HOWLEY ET. The effect of static stretching and warm-up on prevention of delayed onset muscle soreness. *Res Q Exerc Sport* 1989 ; 60 : 357-361.
- [32] GOATS GC. The scientific basis of an ancient art : Part 2. Physiological and therapeutic effects. *Br J Sports Med* 1994 ; 28 : 153-156.
- [33] STAMFORD B. Massage for athletes. *Phys Sportsmed* 1985 ; 13 : 178.
- [34] SMITH LL, KEATING MN, HOLBERT D, SPRATT DJ, MCCAMMON MR, SMITH SS, ISRAEL RG. The effects of athletic massage on delayed onset muscle soreness, creatine kinase, and neutrophil count : a preliminary report. *J Orthop Sports Phys Ther* 1994 ; 19 : 93-99.
- [35] LIGHTFOOT JT, CHAR D, McDERMOTT J, GOYA C. Immediate postexercise massage does not attenuate delayed onset muscle soreness. *J Strength and Cond Res* 1997 ; 11 : 119-124.
- [36] GULICK DT, KIMURE IF, SITLER M, PAOLONE A, KELLY JD. Various treatment techniques on signs and symptoms of delayed onset muscle soreness. *J Athl Train* 1996 ; 31 : 145-152.
- [37] MILLAR AL, BLAKELY J, BLAKELY M. The effects of massage on delayed onset muscle soreness, force production and physiological parameters. *Med Sci Sports Exerc* 1996 ; 28 : S 67.
- [38] LEBLANC LD, HILL DW. Massage after bench stepping : No effect on delayed onset muscular soreness. *Med Sci Sports Exerc* 1994 ; 26 : S26.
- [39] WEBER MD, SERVEDIO FJ, WOODALL WR. The effects of three modalities on delayed onset muscle soreness. *J Orthop Sports Phys Ther* 1994 ; 20 : 236-242.
- [40] SERVEDIO FJ, WEBER MD. Effects of exercise, massage, or no treatment on muscle soreness associated with eccentric exercise in females. *FASEB J* 1991 ; 5 : A767.
- [41] WESNOS JZ, BRILLA LR, MORRISON MJ. Effect of massage on delayed onset muscle soreness. *Med Sci Sports Exerc* 1990 ; 22 : S34.
- [42] THIDUS PM, SHOEMAKER JK. Effleurage massage, massage, muscle blood flow and long-term post-exercise strength recovery. *Int J Sports Med* 1995 ; 16 : 478-483.
- [43] MACDERMOTT JJ, CHAR DL, GOYA C, WHITEHURST M, LIGHTFOOT JT. Effects of massage on delayed muscle soreness. *Med Sci Sports Exerc* 1992 ; 24 : S37.
- [44] THIDUS PM. Massage and ultrasound as therapeutic modalities in exercise-induced muscle damage. *Can J Appl Physiol* 1999 ; 24 : 267-278.
- [45] PORTERO P, CANON F, DUFOREZ F. Massage et récupération : approche électromyographique et biomécanique. Entretiens de Médecine du Sport 1996, *Expansion Scientifique Française*, Paris, 1996 ; p. 114-119.
- [46] PORTERO P, CANON F, DUFOREZ F. Effets d'une nouvelle technique de massage sur la récupération des courbatures. *Science & Sports*, accepté en 2001.
- [47] PRICE DD, McGRATH PA, RAFII A, BUCKINGHAM B. The validation of visual analogue scales as ratio scale for measures for chronic and experimental pain. *Pain* 1983 ; 17 : 45-56.
- [48] KYRÖLÄINEN H, TAKALA TES, KOMI PV. Muscle damage induced by stretch-shortening cycle exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1998 ; 30 : 415-420.
- [49] KOMI PV, NICOL C, MARCONNET P. Neuromuscular fatigue during repeated stretch-shortening cycle exercises. In : Marconnet P, Komi PV, Saltin B, Sejersted OM (eds) : Muscle fatigue mechanisms in exercise and training. *Med Sport Sci Basel, Karger* 1992 ; 34 : 172-181.
- [50] KOMI PV. Stretch-shortening cycle : a powerful model to study normal and fatigued muscle. *J Biomech* 2000 ; 33 : 1197-1206.

INFORMATIONS

SEMAINE MÉDICALE DE PARIS**Médecine du Sport**

Date : mercredi 12 septembre 2001 - Thème : « Épaule du sportif : de l'examen clinique à la thérapeutique »

Médecine Orthopédique et de Rééducation

Date : vendredi 14 et samedi 15 septembre (matin) - Thèmes : « Gonarthrose », « Rachis cervical »

Podologie

Date : samedi 15 septembre 2001 - Thèmes : « La marche : moyens d'évaluation en podologie », « Les arthroses du pied »

Les congrès se dérouleront à la :

Faculté Pitié-Salpêtrière
91, boulevard de l'Hôpital, 75013 Paris