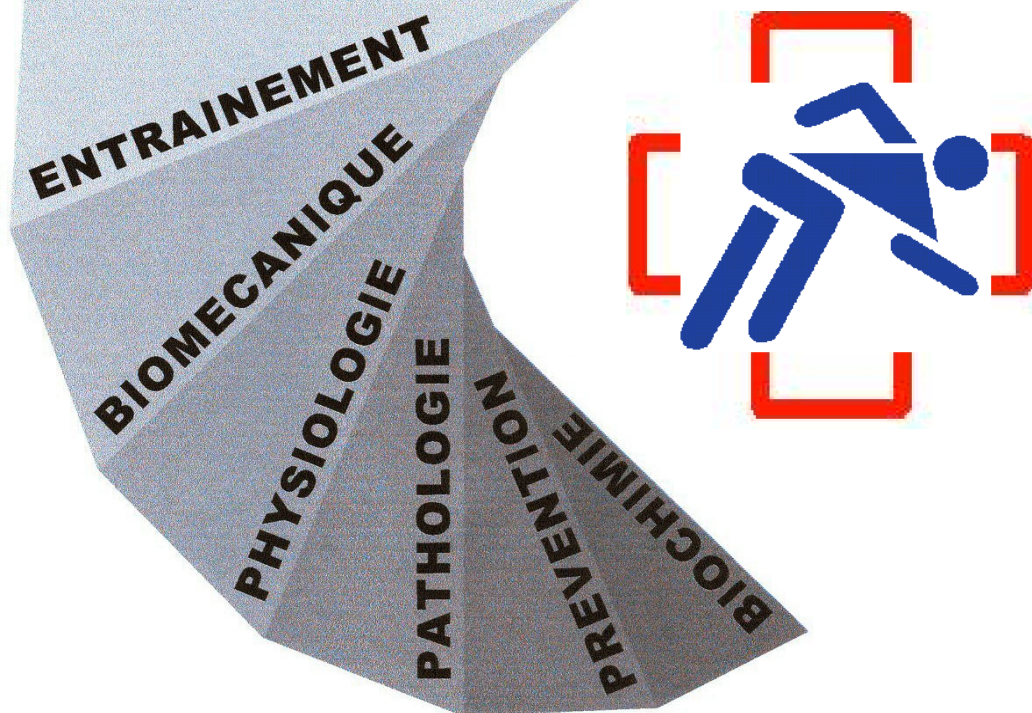


2ème colloque **MEDICO-SPORTIF** **ENTRE LABORATOIRE et TERRAIN**



le samedi
19 février 2005

RÉSUMÉ des COMMUNICATIONS



Intérêt de la méthode par contraste de charges pour le développement de la force explosive

J. DUCHATEAU

Institut Supérieur d'Éducation Physique et de Kinésithérapie, Université Libre de Bruxelles

Depuis de très nombreuses années, le renforcement musculaire occupe une place de choix dans les programmes d'entraînement des diverses disciplines en athlétisme. Dans ce contexte, le développement de la force explosive est devenu primordial non seulement dans les épreuves de puissance (Thépaut-Mathieu et coll., 1997; Duchateau & Hainaut, 2003) mais également en demi-fond (Gacon, 1997).

La force explosive est définie par Miller (1997) comme étant "la capacité du système neuromusculaire de faire varier brusquement sa propre quantité de mouvement ou celle d'un engin sur lequel il agit". En d'autres termes, il s'agit pour le système neuromusculaire de produire une force élevée dans le temps le plus court possible. Parmi les principaux procédés utilisés pour augmenter la force explosive, il convient de citer : les efforts concentriques sans contractions préalables ou à partir d'un niveau de tension initial (méthode "stato-dynamique"), les efforts mettant en jeu le cycle "étirement-détente" (méthode "pliométrique") ou encore la méthode par contraste de charges (méthode "bulgare") (Duchateau, 2001).

La méthode par contraste de charges associe un exercice de "force" à un exercice "dynamique" faisant intervenir les mêmes groupes musculaires. L'exercice de force consiste en 8-10 répétitions d'une charge correspondant à 60-80% de la force maximale. Après une récupération de 1 à 2 minutes, l'exercice dynamique est exécuté avec la plus grande vitesse possible. Cet exercice utilise des charges légères (charges < à 50%; sac de sable, medecine ball, ...) ou tout simplement le poids du corps ou de segments. Le nombre de répétitions varie habituellement entre 10 et 20. Il ne doit pas être trop important afin que la vitesse d'exécution de chute pas en fin de série. Après un repos de l'ordre de 2 à 3 minutes, une nouvelle série de ce duo d'exercices peut être à nouveau réalisée. En fonction du niveau d'entraînement, de 2 à 5 enchaînements sont réalisés pour un même groupe musculaire.

L'objectif de l'exercice de force est double. A long terme, il permet d'accroître la force maximale des muscles sollicités. A court terme, il augmente pendant 1 à 5 minutes la puissance maximale du muscle. Ce phénomène, bien connu des physiologistes est appelé "potentiation de post-activation". Il permet de réaliser des contractions plus rapides lorsque l'exercice dynamique est précédé de contractions en "force" que s'il est exécuté après une longue période de repos musculaire. Le but de la méthode par contraste de charge est donc d'utiliser ce mécanisme de potentiation pour pouvoir réaliser des mouvements plus rapides et par-là, augmenter la capacité d'adaptation du muscle à produire des contractions rapides.

Depuis quelques années, certains ont eu l'idée d'associer un exercice technique à la méthode par contraste de charges (Cometti, 1995). Celui-ci fait suite, soit à l'exercice de force, soit à l'exercice dynamique et met en jeu des groupes musculaires similaires à (aux) l'exercice(s) précédent(s). Pour certains entraîneurs, l'ajout d'un exercice technique permettrait un meilleur transfert de force vers les gestes spécifiques à la discipline sportive. Si cette idée nous paraît utopique, et n'a par ailleurs jamais été démontrée, l'intégration d'un geste technique dans un enchaînement d'exercices de renforcement musculaire pourrait néanmoins être utile dans certaines conditions.

Cet exposé a pour objectif de faire le point sur l'intérêt et les limites de cette méthode d'entraînement de la force explosive.

Références

Cometti, G. Football et musculation. Actio Biblisport, Joinville-le-Pont (1995)

Duchateau J. Caractéristiques et développement de la force explosive. AEFA (numéro hors série), 14-20 (2001).

Duchateau J. and Hainaut K. Mechanisms of muscle and motor unit adaptation to explosive power training. In Strength and Power in Sport (Komi P.V. ed). Blackwell Publishing, 315-330 (2003).

Gacon G. Amélioration de la force de l'appui et entraînement chez le coureur de demi-fond : "Le travail force-intermittent". AEFA 146, 40-74 (1997).

Miller Ch. Développement des capacités musculaires. In : Thépaut-Mathieu Ch., Miller Ch., Quièvre J. (éds). Entraînement de la force. Spécificité et planification. Les cahiers de l'INSEP, 21, 371pp (1997).

Thépaut-Mathieu Ch., Miller Ch., Quièvre J. (éds). Entraînement de la force. Spécificité et planification. Les cahiers de l'INSEP, 21, 371pp (1997).



Intérêt du système Optojump en tant qu'outil d'évaluation de l'entraînement plyométrique

C. LEHANCE¹, T. BURY¹

¹ Université de Liège (ULg), Secteur de Physiologie de l'Effort Physique, Institut Supérieur d'Education Physique et de Kinésithérapie, B-4000 Liège, Belgique

Dans beaucoup de sports, un gain de force et de puissance élève le niveau de performance. La chose paraît évidente pour des disciplines explosives comme les sauts, les sprints ou encore les lancers. Mais elle se vérifie également dans le cadre d'efforts beaucoup plus longs comme le marathon, le cyclisme ou la natation. L'entraînement plyométrique se caractérise par une recherche systématique d'exercices provoquant un étirement rapide du muscle avant sa contraction dynamique. En effet, un muscle soumis à une contraction excentrique immédiatement avant sa contraction concentrique développe une tension musculaire supérieure à celle enregistrée lors de contractions isotonique ou isométrique. Ce type d'entraînement consiste principalement à améliorer le rapport entre la force maximale et la force-vitesse. En effet, certains athlètes pourtant dotés d'une force maximale importante, sont incapables de "transférer" cette force dans des mouvements dynamiques.

La performance en force-vitesse peut être évaluée à l'aide du dispositif Optojump (Microgate SRL, Italy). En effet, ce système optique autorise l'enregistrement d'une série de paramètres comme le temps de contact au sol, le temps de vol, la vitesse, l'accélération, la longueur de chaque foulée,... lors de tests de détente ou de courses multi-variées. A partir de ce matériel de contrôle, de nombreux protocoles proches du geste sportif peuvent donc être envisagés.

	SJ (cm)	CMJ (cm)	CMJ fr. (cm)	DJ (cm)	SLSE (cm)	Multibonds		Sprint 30m		
						Longueur totale (cm)	tps de contact moy. (sec)	10 derniers mètres		tps (sec)
							Foulée moyenne (cm)	tps de contact moy. (sec)		
Sédentaires (n=14)										
Moyenne	35,3	36,3	42,3	34,6	209	724	0,21	192	0,14	4,5
E-T	5,0	4,3	4,3	3,9	56,3	59	0,02	16	0,01	0,2
Etudiants en Education Physique (n=9)										
Moyenne	39,8	42,3 ^a	49,9 ^a	40,7 ^a	250 ^a	792	0,21	208	0,14	4,4
E-T	3,4	2,8	2,6	3,8	8,4	64	0,03	13	0,01	0,1
Sprinteurs (n=5)										
Moyenne	46,2 ^{b,c}	48,7 ^{b,c}	57,8 ^{b,c}	47,7 ^{b,c}	268 ^b	950 ^{b,c}	0,18	225 ^b	0,11 ^{b,c}	4,1 ^{b,c}
E-T	3,1	4,6	4,8	3,9	15,5	94	0,02	22	0,01	0,1

Tableau 1. SJ : squat jump, CMJ : counter movement jump, CMJ fr. : counter movement jump bras libres, DJ : drop jump, SLSE : saut en longueur sans élan.

^a : différence significative entre le groupe sédentaire et Education Physique (p<0,05)
^b : différence significative entre le groupe sédentaire et sprinteur (p<0,05)
^c : différence significative entre le groupe Education Physique et sprinteur (p<0,05)

A travers certains travaux, nous avons démontré l'excellente reproductibilité des tests de détente verticale, horizontale et de sprint évalués à l'aide du système Optojump. Le caractère discriminant de certains de ces tests en fonction du niveau de pratique de l'athlète ou encore en fonction de la discipline sportive pratiquée a également été mis en évidence (tableau 1). Compte tenu des nombreuses potentialités offertes par le système Optojump, il nous a semblé intéressant de tester ce dispositif dans le cadre d'un entraînement plyométrique.

Vingt sujets de sexe masculin pratiquant moins de trois heures de sport par semaine ont été répartis, de manière aléatoire, en un groupe expérimental (n=10 ; âge : 22,5 ± 2,6 ans ; taille : 178 ± 3 cm ; poids : 72,0 ± 11,4 kg) et en un groupe contrôle (n=10 ; âge : 23,2 ± 3,9 ans ; taille : 182 ±

8 cm ; poids : $78,2 \pm 13,8$ kg). Le groupe expérimental a suivi un entraînement plyométrique (drop jump) contrôlé par le système Optojump durant six semaines, à raison de deux séances hebdomadaires. La hauteur de la marche de départ a été progressivement augmentée au cours de la période d'entraînement. Lors de chaque session, nous avons enregistré la hauteur et le temps de contact au sol pour chaque saut à l'aide du système Optojump afin de contrôler l'intensité individuelle de l'entraînement. Les performances fonctionnelles réalisées par les deux groupes à l'issue de la période d'entraînement sont exposées dans le tableau 2.

Variables	Groupe expérimental		Groupe contrôle	
	Pré-test	Post-test	Pré-test	Post-test
CMJ (cm)	$36,7 \pm 5,9$	$43,9 \pm 5,5^{***} \#$	$35,5 \pm 4,7$	$36,4 \pm 5,1$
CMJ fr. (cm)	$41,9 \pm 6,6$	$47,7 \pm 6,0^{***} \#$	$43,1 \pm 5,5$	$42,1 \pm 6,2$
DJ (cm)	$37,2 \pm 5,2$	$47,6 \pm 6,6^{***} \#$	$34,3 \pm 5,5$	$36,0 \pm 5,2$
DJ* (cm)	$21,4 \pm 4,2$	$24,7 \pm 4,4^{**}$	$19,4 \pm 3,7$	$20,6 \pm 3,4^*$
Sauts 10s (cm)	$15,4 \pm 4,9$	$16,8 \pm 4,6$	$14,4 \pm 1,9$	$14,5 \pm 1,6$
P 10s ($W \cdot kg^{-1}$)	$16,5 \pm 3,7$	$15,9 \pm 3,1$	$15,6 \pm 3,4$	$15,8 \pm 3,1$
Sprint 10m (sec)	$1,92 \pm 0,1$	$1,89 \pm 0,1$	$1,93 \pm 0,1$	$1,93 \pm 0,1$

Tableau 2. CMJ : counter movement jump ; CMJ fr. : counter movement jump bras libres ; DJ : drop jump ; DJ* : drop jump unipodal jambe dominante ; Sauts 10s : sauts unipodaux jambe dominante pendant 10 secondes ; P 10s : puissance calculée à partir du test sauts 10s.

* : différence entre pré-test et post-test (* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$)

: différence entre groupe expérimental et groupe contrôle lors des post-tests ($p < 0,05$)

A la fin de la session complète d'entraînement, nos résultats démontrent une amélioration très significative des performances réalisées par le groupe expérimental au CMJ, au CMJ fr. ainsi qu'au DJ par rapport d'une part au groupe contrôle et d'autre part aux pré-tests. Compte tenu du type de population testée et de la durée de l'entraînement, les gains obtenus sont probablement d'origine multifactorielles et résultent d'une amélioration d'une part de la commande motrice (augmentation de l'activation des unités motrices) et d'autre part de la composante élastique des muscles sollicités lors de ces différentes épreuves [1,2,3,4]. Par la combinaison de paramètres calculés ou mesurés par le système Optojump de type temps de contact au sol, temps de vol, hauteur de saut,... nous pensons pouvoir déterminer, à court terme, un indice fonctionnel, représentatif de la performance sportive potentielle et commode dans le suivi physiologique de l'entraînement sportif.

1. Ferry A. Performance et entraînement physiques et sportifs en force-vitesse (puissance). Science & Sports 1999 ; 14 : 115-29.
2. Komi PV. Stretch-Shortening Cycle. In: Komi PV, 2nd Ed. Strength and power in sport. Oxford: Blackwell Science; 2003. p 184-202.
3. Kraemer WJ, Fleck SJ, Evans WJ. Strength and power training : physiological mechanisms of adaptation. Exerc Sport Sci Rev 1996 ; 24 : 363-97.
4. Sale DG. Neural adaptation to strength training. In: Komi PV, 2nd Ed. Strength and power in sport. Oxford: Blackwell Science; 2003. p 281-314.



L'entraînement par contractions excentriques : la panacée des méthodes de musculation ?

O. BONNIER, A. CARPENTIER et J. DUCHATEAU

*Centre d'Evaluation de la Performance Sportive et Laboratoire de Biologie Appliquée
Université Libre de Bruxelles - 28, Avenue Paul Héger, CP168 1000 Bruxelles
obonnier@ulb.ac.be*

De nos jours, les exigences du sport de haut niveau sont telles que le renforcement musculaire est devenu incontournable dans la préparation du sportif. Dans ce contexte, le choix et les modalités des exercices doivent être les plus spécifiques possibles par rapport aux besoins de la discipline (Duchateau, 1997). Le but de cette étude était de comparer les adaptations consécutives à un entraînement par contractions concentriques (CON) et excentriques (EXC) sur une presse horizontale à quadriceps (Conex).

Trente huit sujets sportifs âgés de 20 à 37 ans répartis en deux groupes d'entraînement (CON et EXC) ont pris part à cette étude. L'exercice d'entraînement consistait à réaliser soit une extension (entraînement CON), soit une flexion (entraînement EXC) des membres inférieurs. Les sujets se sont entraînés durant 2 ½ mois à raison de 2 séances par semaine. La charge moyenne en début d'entraînement en CON et en EXC valait respectivement, 70% et 105% de la charge maximale développée lors d'une contraction concentrique à la presse, pour atteindre 100% et 180% de la charge initiale en fin d'entraînement. Les adaptations ont été évaluées par une extension des jambes à la presse, par un squat sur un ergomètre isocinétique (Ariel CES 6000) et ainsi que par des sauts verticaux sur un ergojump. La batterie de tests, mise au point par Bosco (1992), a été utilisée et comportait le squat jump, le counter movement jump et le drop jump.

Globalement, le groupe entraîné en régime CON a enregistré des progrès supérieurs pour l'ensemble des tests. C'est notamment le cas à la presse utilisée pour l'entraînement où, nous avons pu dégager une spécificité des adaptations à la posture et au régime de contraction. Cependant le transfert de force vers les autres types de mouvements était moins important. Les résultats à l'ergojump ont mis en évidence un gain significatif ($P < 0.05$) de 1,7 cm pour le squat jump mais uniquement après l'entraînement en mode CON. Ces résultats paraissent étonnants puisqu'il a été suggéré que les tensions musculaires plus importantes pendant des contractions EXC rendaient ce type d'exercice plus efficace que l'entraînement CON pour l'amélioration de la force et de la puissance musculaire (Hortobagyi, 1996).

En conclusion, les résultats de notre étude ne soutiennent pas l'idée que le régime EXC est Supérieur aux autres régimes de contractions.

Références

Bosco C. - L'évaluation de la force par le test de Bosco. Societa Sampa Sportiva, Rome, 1992,178p.
Duchateau J. - La spécificité du renforcement musculaire. Dans Thépaut-Mathieu C., Miller C. et Quièvre J. (Eds), « L'entraînement de la force : spécificité et planification », Paris, 1997, Les cahiers de l'INSEP, vol.21, pp.87-124.
Hortobagyi T. and al. - Adaptive responses to muscle lengthening and shortening in humans. J.Appl. Physiol.,1996, vol.80, n°3, pp.765-772.



Musculation athlétique : spécificités des entraînements en force et en vitesse maximale

B. JIDOVTSEFF, J.M. CRIELAARD

Université de Liège, ISEPK, B21

Allée des Sports 4, 4000 LIEGE

Tél. : 04/366.38.94 – Fax : 04/366.29.01 – email : B.Jidovtseff@ulg.ac.be

Introduction

L'entraînement musculaire est indispensable chez le sportif de haut niveau et a pour objectif de déplacer la relation force-vitesse vers des valeurs plus grandes de force et de vitesse (Miller, 1997). Chaque procédé d'entraînement aboutit cependant à un développement musculaire qui dépendra des stimuli proposés.

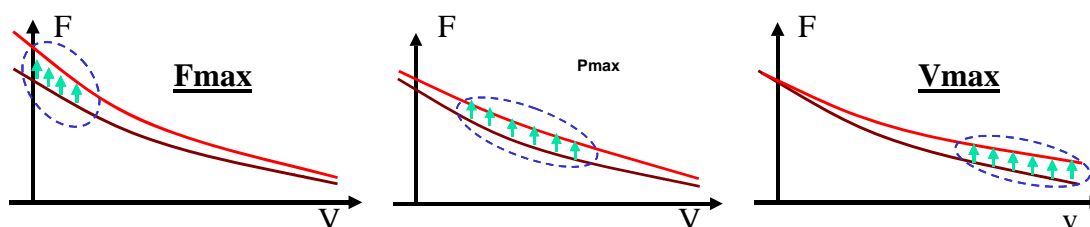


Figure 1 – relation force-vitesse et influence spécifique théorique de 3 procédés d'entraînement : Fmax, Pmax et Vmax.

Théoriquement, les améliorations musculaires resteraient spécifiques aux caractéristiques de l'entraînement. Le travail en force maximale (80 à 100% du 1RM) augmenterait surtout la force pure alors que le travail en vitesse maximale (0 à 40% 1RM) améliorerait essentiellement l'explosivité. Le travail en puissance maximale (30 à 70% 1RM) quant à lui présenterait des effets intermédiaires (figure 1).

L'entraînement de la force maximale d'une part, et de la vitesse maximale d'autre part apparaît fondamental dans le renforcement musculaire athlétique. L'influence de ces méthodes d'entraînement sur la performance musculaire a été mise en évidence par différentes techniques d'évaluation. L'isométrie montre qu'un entraînement explosif (plyométrie) améliore surtout le taux de développement de la force alors qu'un travail en force maximum améliore le pic de force (Hakkinen, 1989). Un entraînement isocinétique démontre que les gains sont les plus significatifs aux vitesses proches de celles utilisées à l'entraînement (Kanehisha, 1983). Malheureusement, les efforts réalisés au cours de ces évaluations restent éloignés du geste sportif. Il apparaît pourtant que, pour refléter au mieux les effets d'un entraînement, la technique d'évaluation utilisée doit se rapprocher du geste de l'entraînement. C'est le cas de **l'évaluation iso-inertielle** qui consiste à mesurer la vitesse d'un mouvement de musculation classique réalisé avec une charge déterminée. Ce concept n'a pas encore vraiment été exploité par les scientifiques. Il permet pourtant d'apprécier les relations force-vitesse et force-puissance dans des conditions d'effort fonctionnelle.

Matériel et méthodes

Un dynamomètre iso-inertiel, développé à l'Université de Liège, a été utilisé pour vérifier l'effet de 6 semaines de musculation (développé couché = DC) soit en force (FORCE), soit en vitesse (VITESSE) maximale sur la performance musculaire. Les sujets participant à l'étude ont été testés avant et après la période d'entraînement à 4 charges relatives différentes (35, 50, 70 et 95% du 1RM). A chaque charge, le sujet tentait de soulever la barre le plus vite possible. Le meilleur essai était systématiquement retenu pour l'analyse. Le dynamomètre utilisait un accéléromètre et un capteur de déplacement pour mesurer les valeurs moyennes et maximales de la vitesse (V_{moy} et V_{max}) et de la puissance (P_{moy} et P_{max}).

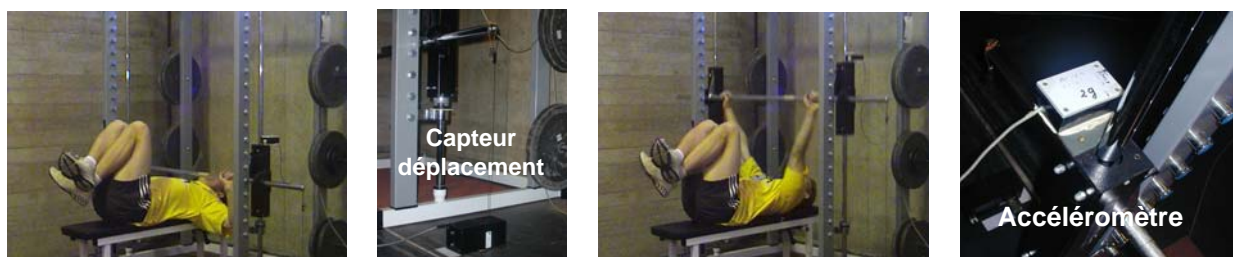


Figure 2 – Dynamomètre iso-inertiel utilisé dans le cadre de l'évaluation en développé couché.

Résultats

Une analyse de ces paramètres montre que l'entraînement de 6 semaines en force maximale améliore considérablement la puissance et la vitesse développées aux charges élevées (figure 3). A 95%, V_{moy} et P_{moy} sont particulièrement majorés. Aux charges plus faibles, les gains sont moins nets mais significatifs. L'entraînement à vitesse maximale apparaît plus efficace que l'entraînement FORCE pour les charges faibles (35 et 50%) mais pas pour les charges élevées (figure 3). La spécificité de l'entraînement semble respectée.

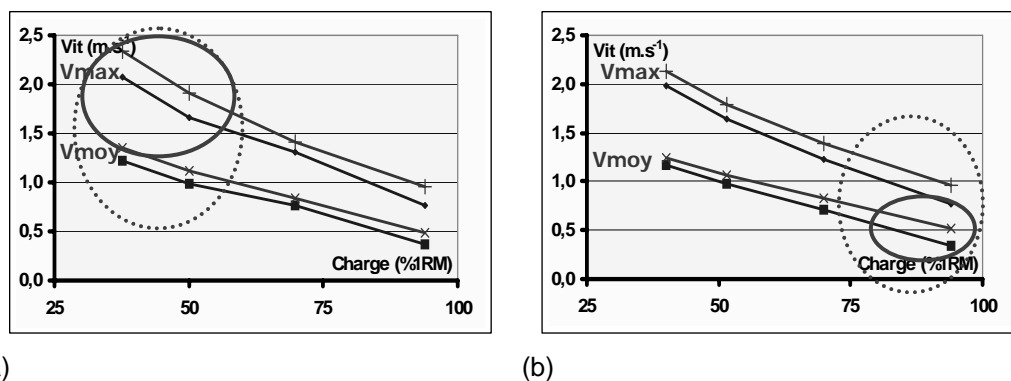


Figure 3 – Influence des entraînements FORCE (a) et VITESSE (b) sur le relation charge relative-vitesse.

Le dynamomètre iso-inertiel permet également d'étudier le développement point par point de la vitesse et de la puissance au cours du mouvement réalisé. Cette analyse de courbe offre des renseignements supplémentaires sur les effets de l'entraînement. Elle montre notamment que l'entraînement FORCE améliore essentiellement la première partie du mouvement, lorsque le recrutement musculaire doit être maximum et que la vitesse est faible. Le développement de la coordination musculaire et l'amélioration du recrutement moteur expliqueraient ces résultats. L'entraînement VITESSE quant à lui ne semble pas modifier l'initiation du mouvement mais influencerait principalement la fin du mouvement. Les seuils des réflexes musculaires pourraient être modifiés. L'accélération propulsive semble prolongée alors que l'action frénatrice musculaire de fin de mouvement serait raccourcie. Il en résulte une vitesse maximale gestuelle majorée. La contraction excentrique antagoniste finale serait plus intense.

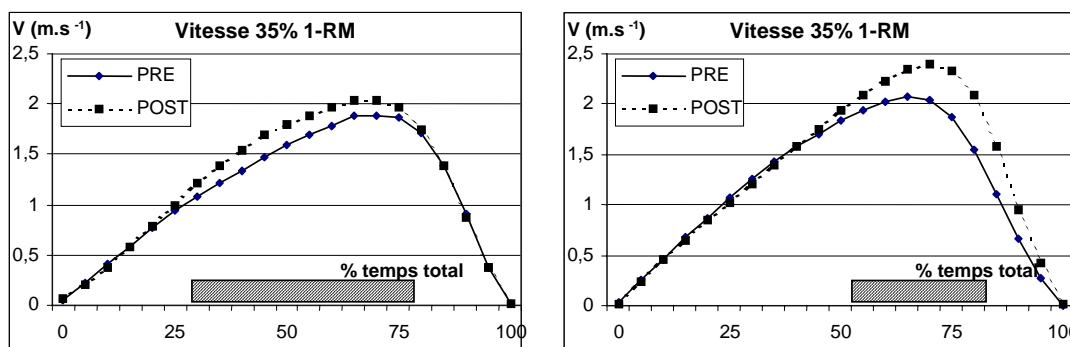


Figure 4 – Evolution de la vitesse tous les 5% du mouvement à 35% du 1RM avant et après les entraînements FORCE et VITESSE.

Conclusions et perspectives

Cette expérimentation démontre la réelle spécificité et la complémentarité des entraînements en FORCE et en VITESSE. Les résultats renforcent l'idée qu'un entraînement musculaire serait plus efficace lorsqu'il combine différentes modalités de travail (Figure 5). Les deux modalités étudiées ne sont évidemment pas exclusives et la prescription du type de travail doit se faire en concordance avec les caractéristiques de la discipline et dans le cadre d'une planification raisonnée.

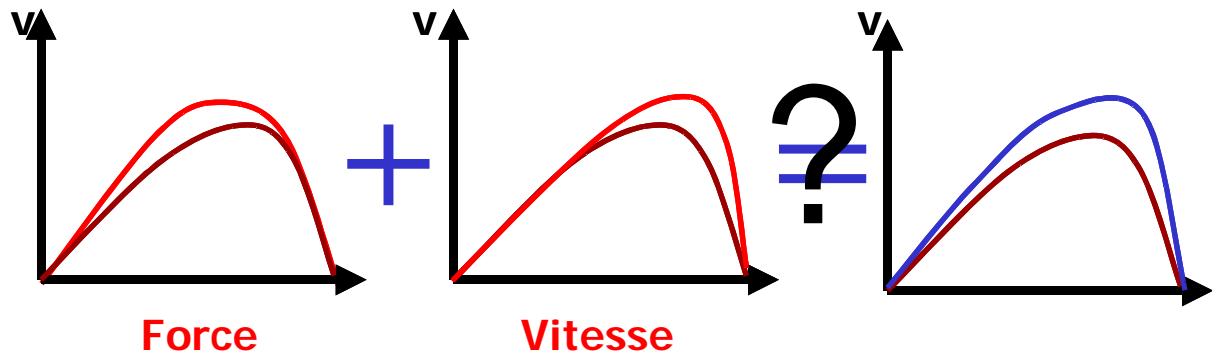


Figure 5 – Effet hypothétique de la combinaison d'un entraînement en force maximale et d'un entraînement en vitesse maximale.

Bibliographie

Hakkinen K - *Neuromuscular and hormonal adaptations during strength and power training. A review. J Sports Med Phys Fitness.* 1989 Mar;29(1):9-26.

Kanehisa H, Miyashita M. - *Specificity of velocity in strength training. Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1983;52(1):104-6.

Miller C – *Développement des capacités musculaires .In : Entraînement de la force : spécificité et planification. Les cahiers de l'INSEP N°21, 1997.*



Asthme et sport d'endurance

Th. BURY, ULg

Résumé

L'asthme ne constitue certainement pas un obstacle à la pratique d'un sport, bien au contraire.

De nombreux travaux scientifiques soulignent que les asthmatiques qui pratiquent une discipline sportive de type aérobie jouissent d'une bonne condition physique et paraissent moins recourir aux soins de santé.

Plus récemment, plusieurs études épidémiologiques ont fait état d'une forte prévalence de l'asthme et de l'asthme induit par l'effort dans le milieu sportif, tout particulièrement chez les athlètes endurants de niveau national et international.

C'est ainsi que des chiffres de prévalence de l'ordre de 15 à 20 % pour les athlètes de haut niveau sont régulièrement présentés dans la littérature, alors que la prévalence de l'asthme dans la population générale n'est que de 6 à 7 %.

La constatation de l'utilisation croissante de β 2-mimétiques par les athlètes, même si elle ne fait que confirmer ces données épidémiologiques, n'a pas contribué à clarifier la situation dans un contexte où les affaires de dopage font régulièrement la Une des médias.

Il est probable que la physiopathologie de la maladie asthmatique chez l'athlète soit de nature spécifique.

Actuellement, les principales hypothèses pouvant expliquer l'incidence plus élevée de symptômes respiratoires chez les sportifs sont les suivantes : rôle de l'hyperventilation en air froid et sec, exposition à la pollution ou à des irritants, exposition répétée et massive à des allergènes de l'environnement, libération excessive de médiateurs endobronchiques, fréquence élevée des pathologies rhino-sinusiennes chroniques chez le sportif.

Chez le sportif, le diagnostic de l'asthme doit être conforté par un bilan fonctionnel respiratoire complet comportant souvent un test d'hyperréactivité bronchique non spécifique.

Quant à la prise en charge thérapeutique des manifestations respiratoires asthmatiques du sportif, elle doit tenir compte d'une part de la fréquence et de la sévérité des plaintes mais aussi de la législation antidopage en vigueur.



Le syndrome des loges : une entité méconnue

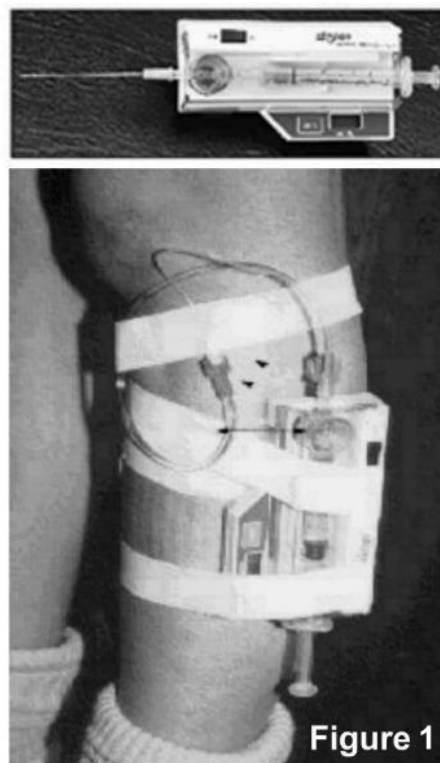
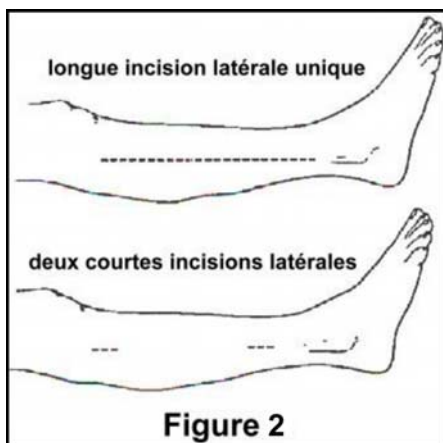
B. GODON, Chef de clinique adjoint en Médecine Physique
J.M. CRIELAARD, Professeur à l'Université de Liège, Chef de Service

Service de Médecine de l'Appareil Locomoteur, CHU SART TILMAN, LIEGE

Le syndrome des loges se définit par une augmentation anormale de la pression intra-tissulaire à l'intérieur des fascias inextensibles qui délimitent les loges musculaires. On décrit un seuil critique de pression intra-tissulaire qui a été évalué à 30 mm de mercure. Il s'agit de l'expression d'un conflit entre le contenant peu extensible (loge musculaire) et le contenu expansible qui provoque une augmentation de pression intramusculaire compromettant la circulation et la fonction neuromusculaire. Il peut revêtir deux formes fondamentalement différentes sur le plan thérapeutique et sur le plan du pronostic : la forme aiguë (syndrome de Volkmann) qui doit être considérée comme une véritable urgence chirurgicale d'aponévrotomie au risque de garder des séquelles fonctionnelles catastrophiques par ischémie et la forme chronique caractérisée par le déclenchement de phénomènes douloureux ne disparaissant qu'à l'arrêt de l'effort, engendrée par l'augmentation de la pression intramusculaire au-delà du seuil critique. Cette forme chronique est de loin la plus fréquente. On en distingue différentes formes anatomiques, la plus fréquente étant située au niveau de la loge antéro-externe de la jambe. Les autres loges concernées classiquement sont la loge externe de la jambe, les loges postérieures profonde et superficielle du mollet et la loge antérieure de l'avant-bras.

Le diagnostic repose sur la réalisation d'une mesure de pression intra-tissulaire réalisée maintenant grâce à des appareils miniaturisés à lecture digitale (Figure 1). Le syndrome des loges est prouvé dès lors que la pression intramusculaire à l'effort se situe au-dessus du seuil critique de 30 mm de mercure avec un retour aux chiffres initiaux très lents au-delà de 5 minutes.

Le traitement en est quasi exclusivement chirurgical, consistant en une aponévrotomie (Figure 2) permettant la guérison complète et la reprise des activités sportives.



Syndrôme des loges en traumatologie du sport. Bernard Godon, Jean-Michel Crielaard. Revue médicale de Liège, à paraître février 2005.



Le déséquilibre de force musculaire favorise-t-il la survenue d'une lésion ?

Prof. J.L. CROISIER

Département de Médecine Physique et Kinésithérapie et Réadaptation, Université de Liège
E-mail: jlcroisier@ulg.ac.be

La pathologie musculaire concerne particulièrement le membre inférieur et figure parmi les causes majeures éloignant le sportif de son activité [1]. La récurrence sanctionne fréquemment la musculature ischio-jambière (IJ) chez les athlètes exécutant des mouvements d'extension rapide ou puissante du genou. De nombreux facteurs pourraient contribuer à la survenue d'une lésion : extensibilité insuffisante, faiblesse musculaire et déséquilibre agonistes / antagonistes, échauffement insuffisant, excès de fatigue et surentraînement, troubles de la posture, ainsi que le caractère poly-articulaire et la typologie musculaire privilégiant les fibres de type II [2]. A ce jour cependant, seules certaines causes ont été scientifiquement associées à la lésion alors que d'autres demeurent purement hypothétiques. Les facteurs intrinsèques propres aux caractéristiques de l'individu seraient davantage prédictifs des accidents musculaires que les causes extrinsèques relatives à l'activité proprement dite et à l'environnement [3].

Le concept de déséquilibre musculaire peut évoquer une asymétrie bilatérale de force entre muscles homologues, mais fait principalement référence à la modification de l'équilibre entre les performances respectives des muscles agonistes et antagonistes (Quadriceps et Ischio-Jambiers par ex.). La détection de tels déséquilibres implique la sélection d'une méthode d'évaluation valide, telle la dynamométrie isocinétique qui autorise une mesure précise et reproductible de la qualité de force et l'établissement de ratios agonistes/antagonistes (ex.: fléchisseurs du genou / quadriceps, FI/Q) [4].

La comparaison bilatérale exige la définition de limites d'asymétries fixant le statut musculaire anormal : une approche statistique basée sur la distribution d'une population normale fixe le seuil à 15 % pour les muscles FI [5], tandis que la pratique clinique ne tolère en général que 10 %. Une faiblesse musculaire isolée, démontrée par la simple comparaison bilatérale, est considérée comme un facteur de risque lésionnel potentiel [6]. Concernant l'équilibre agonistes / antagonistes, les dynamomètres fournissent classiquement un ratio calculé pour un mode identique de contraction, souvent concentrique. L'analyse biomécanique de nombreux gestes sportifs indique pourtant une contraction concentrique de l'agoniste destinée à générer le mouvement et le fonctionnement simultané des antagonistes en mode excentrique. Cette action frénatrice protège l'articulation au terme du mouvement, à l'image des muscles IJ évitant l'hyperextension du genou lors du sprint ou de la frappe de balle. La musculature IJ subit en excentrique des tensions élevées, dépassant parfois les limites mécaniques de l'entité musculo-tendineuse. Plusieurs études isocinétiques ont dès lors proposé des ratios mixtes $FI_{\text{excentrique}} / Q_{\text{concentrique}}$ ($FI_{\text{exc}} / Q_{\text{conc}}$) plus proches de la réalité fonctionnelle [7,8].

Dans l'exploration de séquelles de déchirure des IJ caractérisées par des plaintes persistantes ou la récurrence lors du retour compétitif, CROISIER et CRIELAARD [9] observent une fréquence élevée (70 % des cas) d'anomalies des performances isocinétiques maximales des fléchisseurs en termes d'asymétries bilatérales et de déséquilibres agonistes / antagonistes. De tels résultats suggèrent l'insuffisance des programmes thérapeutiques classiques, principalement axés sur l'antalgie et la seule récupération de l'extensibilité musculaire. Un régime de contractions indolores, sous-maximales, devrait être instauré dès les premiers jours suivant la lésion ; un véritable renforcement musculaire, proposant le mode excentrique en position d'allongement, sera progressivement introduit au programme rééducatif.

Une étude ultérieure [10] a clairement établi que, dans le cas des muscles IJ, le renforcement excentrique et la normalisation des ratios contribuait à réduire la fréquence des récurrences après une lésion initiale. Ces résultats indiquent le rôle primordial assumé par les qualités de force et d'équilibre agonistes / antagonistes dans la prévention des récurrences de déchirure IJ. Le retour compétitif ne devrait dès lors s'envisager qu'au terme d'une rééducation spécifique contrôlée par l'exploration isocinétique. GARETT [11] rappelle que les lésions musculaires graves sont fréquemment précédées par un accident mineur bénéficiant d'une rééducation approximative.

Une démarche préventive basée sur des épreuves isocinétiques en début de saison semble également pertinente dans les sports à risque [12]. Une étude prospective [13] chez le joueur de football professionnel démontre que l'existence d'anomalies de performances multiplie par 4 à 5 le risque d'accident musculaire ultérieur de la face postérieure de la cuisse. Les concepts actuels encouragent ainsi, à titre préventif, l'entraînement simultané des muscles agonistes et antagonistes (tels les IJ).

En conclusion, et malgré les données contradictoires de la littérature, il semble que la qualité de force et l'équilibre agonistes / antagonistes remplissent, pour certains groupes musculaires, un rôle significatif dans la survenue lésionnelle.

Références

- [1] Woods C, Hawkins RD, Maltby S, et al. The Football Association Medical Research Program: an audit of injuries in professional football – analysis of hamstring injuries, *Br J Sports Med* 2004; 38: 36-41.
- [2] Croisier JL. Factors associated with recurrent hamstring injuries, *Sports Med* 2004; 34: 681-95.
- [3] Orchard JW. Intrinsic and extrinsic risk factors for muscle strains in Australian football, *Am J Sports Med* 2001; 29: 300-3.
- [4] Croisier JL, Crielaard JM. Méthodes d'exploration de la force musculaire : une analyse critique, *Ann Réadapt Méd Phys* 1999 ; 42: 311-22.
- [5] Croisier JL, Crielaard JM. Exploration isocinétique : analyse des paramètres chiffrés, *Ann Réadapt Méd Phys* 1999 ; 42: 538-45.

- [6] Knapik JJ, Jones BH, Bauman CL, et al. Strength, flexibility and athletic injuries, *Sports Med* 1992; 14: 277-88.
- [7] Aagaard P, Simonsen EB, Magnusson SP, et al. A new concept for isokinetic hamstring quadriceps muscle strength ratio, *Am J Sports Med* 1998; 26: 231-7.
- [8] Croisier JL, Crielaard JM. Mise au point d'un rapport isocinétique fléchisseurs du genou / quadriceps original. Application à une pathologie musculaire, *J Traumatol Sport* 1996; 13:115-9.
- [9] Croisier JL, Crielaard JM. Hamstring muscle tear with recurrent complaints: an isokinetic profile, *Isokin Exerc Sci* 2000 ; 8: 175-80.
- [10] Croisier JL, Forthomme B, Namurois M, et al. Hamstring muscle strain recurrence and strength performance disorders, *Am J Sports Med* 2002; 30: 199-203.
- [11] Garrett WE. Muscle strain injuries, *Am J sports Med* 1996; 24: S2-S8.
- [12] Croisier JL. Muscular imbalance and acute lower extremity muscle injuries in sport, *Int Sports Med J* 2004; 5: 169-76.
- [13] Croisier JL, Reveillon V, Ferret JM, et al. Isokinetic assessment of knee flexors and extensors in professional soccer players, *Isokin Exerc Sci* 2003; 11: 61-2.



Lactate sanguin : une autre version ?

Marc FRANCAUX

Institut d'Éducation physique et de Réadaptation, Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve

La mesure de la concentration de lactate sanguin $[La^-]$ est largement utilisée comme outil d'évaluation des sportifs d'endurance. Cette pratique s'appuie sur une abondante littérature démontrant un lien étroit entre les performances dans des sports d'endurance et $[La^-]$ mesurée à une intensité d'exercice sub-maximale donnée.

Classiquement, on croyait que lors d'un exercice physique intense l'acide lactique était uniquement formé lorsque les besoins énergétiques n'étaient pas couverts par les oxydations cellulaires. Sur cette base Wasserman a introduit en 1964, le concept de seuil anaérobie (SA) fixé à une concentration sanguine égale à 4mM. Ce SA a ensuite été lié à l'hyperventilation apparaissant lors d'une épreuve progressivement croissante ce qui a conduit à l'utilisation indistincte des concepts de seuil ventilatoire et de SA. La même démarche a été appliquée aux valeurs de quotient respiratoire supérieures à l'unité et Conconi l'a sans vergogne étendue à l'intensité d'exercice à laquelle l'évolution de la fréquence cardiaque rompt avec la linéarité. Qualifié de déchet métabolique, l'acide lactique a également été rendu responsable de presque tous les maux des sportifs : fatigue musculaire, crampes et douleurs musculaires ressenties le lendemain (ou le surlendemain) d'une épreuve ou d'un entraînement éprouvants. Quoi de plus normal puisqu'il est le principal responsable de l'acidose métabolique observée lors d'un exercice physique intense !

Ces concepts malheureusement encore bien ancrés dans le monde sportif, font depuis belle lurette sourire (ou fulminer de rage) les physiologistes. En effet, il est tout à fait évident que l'acide lactique n'est pas responsable des crampes, ni des douleurs musculaires retardées puisqu'il s'élimine en une ou deux heures après la fin d'un exercice très intense, type 400m-800m en athlétisme. Son rôle dans le phénomène de fatigue musculaire semble minime dans les conditions physiologiques et oh surprise, il n'est pas le principal responsable de l'acidose métabolique observée à l'exercice ! De plus, in vivo, il est produit dans des conditions largement aérobies et sa concentration sanguine est un très mauvais reflet de sa production au niveau musculaire. Heureusement pour le myocarde des sportifs, l'augmentation brutale de $[La^-]$ lors d'un exercice ne rend pas compte d'une quelconque anoxie musculaire ! Il n'y a pas non plus de lien direct et unique entre cette augmentation et le seuil ventilatoire ou un quotient respiratoire supérieur à l'unité.

La production d'acide lactique au niveau musculaire est directement liée à l'intensité d'utilisation des glucides. Son élimination est rapide et multiforme, de sorte que sa concentration sanguine reflète l'intégration de tous ces phénomènes.

Il n'en reste pas moins vrai que la mesure de $[La^-]$ est un outil utile et valide faisant partie de l'arsenal de l'évaluateur des sportifs d'endurance. Mais pour qu'il conserve toute sa crédibilité, il conviendrait d'en interpréter plus judicieusement les résultats et de ne pas attribuer à $[La^-]$ plus que sa signification physiologique première !



Equilibre musculaire agonistes / antagonistes de l'épaule : relation avec les performances de terrain

B. FORTHOMME, L. FORTHOMME, J.L. CROISIER

Département de Médecine Physique et Kinésithérapie et Réadaptation, Université de Liège
E-mail: jlcroisier@ulg.ac.be

Le mouvement de lancer impose des vitesses angulaires de rotation interne atteignant plus de $9000^{\circ}.s^{-1}$ (1). L'exécution d'un geste élaboré du membre supérieur exige une interrelation musculaire harmonieuse, un quelconque déséquilibre entre groupes musculaires agonistes et antagonistes pouvant modifier le déplacement respectif des constituants articulaires et en conséquence provoquer une baisse de la performance et/ou des lésions. L'encadrement du sportif de haut niveau devrait donc s'accompagner de mesures objectives de la force développée par les muscles de l'épaule afin d'optimiser la performance sportive et la prévention lésionnelle. La dynamométrie isocinétique autorise une mesure précise et reproductible de la qualité de force et l'établissement de ratios agonistes / antagonistes. Le rôle particulier des rotateurs internes (RI) et externes (RE) dans le mouvement d'armer-lancer ainsi que dans la stabilité de l'épaule justifie l'évaluation préférentielle de ces groupes musculaires.

Nous avons évalué en isocinétisme les RI et RE d'épaules parmi les meilleurs lanceurs de javelot belges. L'exploration proposait le mode concentrique (de $60^{\circ}.s^{-1}$ à $400^{\circ}.s^{-1}$) et le mode excentrique ($60^{\circ}.s^{-1}$). Le moment de force maximum développé (MFM) et les ratios RE/RI ont été comparés aux valeurs de sportifs de loisir afin de déterminer l'influence de l'entraînement spécialisé. Les relations éventuelles entre les performances de force et les résultats d'un lancer de javelot effectué par les deux populations dans des conditions standardisées ont également été étudiées. D'éventuelles corrélations permettraient d'identifier les groupes musculaires déterminants pour la performance de terrain.

En valeur relative ($N.m.kg^{-1}$ de masse corporelle), les RI des lanceurs apparaissent modérément plus performants que ceux des sportifs de loisirs (différence non significative). Les RE des athlètes se démarquent peu des performances mesurées chez les sujets non entraînés. Une revue de la littérature ne révèle d'ailleurs pas de modification systématique du profil isocinétique de l'épaule dans le cadre d'une pratique sportive intensive. Plusieurs auteurs (2,3,4) soulignent le rôle du niveau d'habileté technique et la participation synergique de plusieurs segments corporels lors du lancer. Morriss et Bartlett (5) rappellent l'importance, en javelot, de la coordination musculaire lors de l'enchaînement séquentiel proximal – distal du membre supérieur : la décélération du segment proximal augmente la vitesse angulaire du segment distal.

Les ratios RE/RI pour un même mode de contraction et le ratio mixte plus fonctionnel (RE excentrique / RI concentrique) apparaissent réduits par rapport aux sportifs de loisir et ce, de façon significative pour le ratio mixte. L'augmentation de la force concentrique des RI (résultant de la gestuelle sportive et de la musculation) ne semble pas proportionnellement compensée chez les athlètes par l'action frédatrice des RE. Le travail excentrique de la sangle musculaire postérieure joue pourtant un rôle protecteur essentiel lors du lancer. Une telle réduction des ratios RE/RI est également observée dans d'autres sports de frappe ou de lancer, comme le volley, le tennis et le badminton (6).

Lors de l'analyse des corrélations entre les performances isocinétiques et celles de terrain (lancer de javelot), nous retrouvons des liens satisfaisants entre les RI et le lancer ($0,62 \leq r \leq 0,67$). De façon surprenante, les corrélations du meilleur niveau ($r \geq 0,78$) apparaissent avec les RE à $240^\circ \cdot s^{-1}$ et $400^\circ \cdot s^{-1}$ en mode concentrique. Cette observation va à l'encontre des consignes habituelles de musculation visant à renforcer exclusivement les muscles propulseurs (RI). Des RE performants autorisent une contraction excentrique réflexe des RI dans la phase d'armer, assurant ainsi un rappel concentrique de la sangle antérieure plus efficace alors durant la phase d'accélération (7). En effet, le processus de stockage-restitution de l'énergie potentielle au niveau des composants élastiques en série lors d'un cycle étirement – détente participe à l'efficacité musculaire. Les RE permettraient également de positionner correctement la tête de l'humérus dans la glène lors de la phase d'armer, évitant les contraintes sur les structures antéro-internes. De plus, un renforcement concentrique et excentrique des RE pourrait compenser la faiblesse de la sangle postérieure et rééquilibrer les ratios RE/RI réduits observés dans les sports de lancer ou de frappe (6,7).

En conclusion, l'entraînement classique du lanceur de javelot de haut niveau induit peu de majoration de la force isocinétique relative des rotateurs d'épaule. En complément au renforcement des muscles propulseurs (rotateurs internes), nous conseillons un travail spécifique des rotateurs externes antagonistes. Ces derniers apparaissent en effet liés à la performance du lancer de javelot. Un tel renforcement assurerait un positionnement adéquat de la tête de l'humérus au sein de la cavité glénoïdale et compenserait les déséquilibres RE/RI (ratio réduit) préjudiciables à l'épaule sportive.

Références

1. PAPPAS A.M., ZAWACKI R.M., SULLIVAN T.J. – Biomechanics of baseball pitching. A preliminary report. *Am J Sports Med* 13:216-222, 1985.
2. BAYIOS I.A., ANASTASOPOULOU E.M., SIOUDRIS D.S., BOUDOLOS K.D. – Relationship between isokinetic strength of the internal and external shoulder rotators and ball velocity in team handball. *J Sports Med Phys Fitness* 41:229-235, 2001.
3. NG L.R., KRAMER J.S. – Shoulder rotator torques in female tennis and nontennis players. *J Orthop Sports Phys Ther* 13:40-46, 1991.
4. KIBLER W.B. – The role of the scapula in athletic shoulder function. *Am J Sports Med* 26:325-326, 1998.
5. MORRIS C., BARTLETT R. – Biomechanical factors critical for performance in the men's javelin throw. *Sports Med* 21:438-446, 1996.
6. FORTHOMME B., CROISIER J.L., CICCARONE G., CRIELAARD J.M., CLOES M. - Factors correlated with volleyball spike velocity. *Am J Sports Med* (accepted, 12.2004).
7. FORTHOMME B., CROISIER J.L., FORTHOMME L., CRIELAARD J.M. (2003) Isokinetic profile of javelin throwers and relationship to field tests, *Vlaams Tijdschrift voor Sport Geneeskunde en Sport Wetenschappen*, 95, 72.

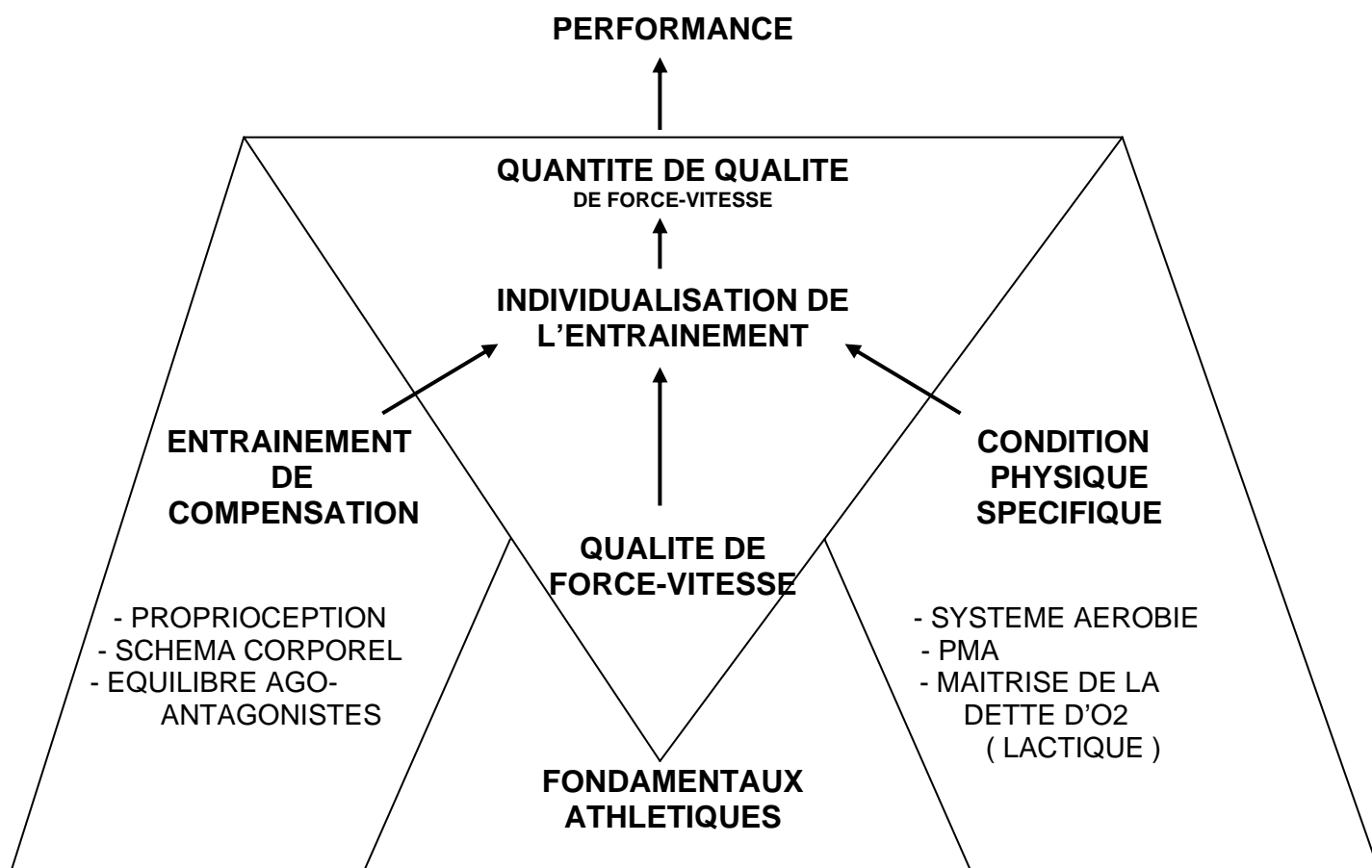
Apport des techniques d'entraînement en athlétisme à la préparation physique des autres sports



Guy NAMUROIS
(19/02/2005)

La préparation physique consiste en la mise en place d'un entraînement hypersollicitant de qualité (Tableau ci-dessous).

MISE EN PLACE D'UN ENTRAINEMENT HYPER SOLLICITANT DE QUALITE



La qualité de celui-ci repose sur la maîtrise parfaite des fondamentaux athlétiques décrits par Jacques Piasenta :

- La technique de course idéale
- Le pied fort et habile
- La mise en place correcte de la chaîne d'impulsion
- L'utilisation efficace des segments libres
- La connaissance du schéma corporel par les étirements
- La maîtrise du placement et de la mobilisation du bassin.

Ceux-ci garantissent la qualité des systèmes d'entraînement hypersollicitants de Force-Vitesse pour tous les sports.

La recherche de la quantité de qualité nécessite une analyse complète de la discipline sportive envisagée.

Dans un premier temps, la programmation de l'entraînement nécessite deux démarches :

1. Une étude des contraintes bioénergétiques du sport afin de déterminer l'engagement relatif des différents processus énergétiques pour construire la condition physique spécifique du sportif.
2. Une étude des contraintes biomécaniques afin de définir les schèmes d'actions neuromusculaires spécifiques du sport. Ceci permet la mise en place des procédés de musculation adaptés du point de vue des exercices proposés et des régimes de contractions utilisés à chaque phase de la préparation.

Dans un second temps, il convient d'individualiser l'entraînement en tenant compte de trois facteurs :

1. Les qualités physiques du sportif en utilisant des tests de laboratoire ou de terrain.
2. L'analyse de son style de jeu, son poste sur le terrain, ...etc.
3. La programmation de sa saison, de sa carrière via l'interprétation des résultats des tests et l'enchaînement prévu des périodes d'entraînement et de compétition.

Enfin, l'hypersollicitation conduit inévitablement à la création de déséquilibres qu'il faut gérer par des entraînement de compensation et de récupération.

Par ses particularités techniques et physiques, on peut considérer l'ATHLETISME comme **LE** sport de référence dans l'analyse de ces contraintes et la mise en place de leur procédés d'entraînement. En effet, on y trouve la recherche du développement maximal des qualités physiques de base (Force, Vitesse, Résistance et Endurance) et des mouvements fondamentaux (Marcher, Courir, Sauter et Lancer). La préparation physique de la plupart des sports concerne essentiellement ces aspects.



La performance : fruit du fonctionnement de l'athlète.

Comment l'améliorer ?

Liège le 19 février 2005

Pr. Dr. Ph. GODIN

Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation
10, Place du Cardinal Mercier – 1348 LOUVAIN-LA-NEUVE
Tél/Fax : 32(0)10-47 44 72 - e-mail : philippe.godin@psp.ucl.ac.be
<http://www.ecsa.ucl.ac.be/pgodin.html>

1. Introduction

La performance est effectivement le fruit du fonctionnement de l'athlète. Elle est la résultante d'un ensemble de facteurs dont certains sont très contrôlables, d'autres moins, d'autres encore pas du tout. Les psychologiques commencent à être reconnus comme jouant un rôle de plus en plus prédominant. Sont-ils contrôlables en tout, en partie ? Peuvent-ils faire l'objet d'un apprentissage, d'une modification afin qu'une amélioration de ceux-ci concourent à améliorer la performance? C'est ici qu'un modèle analysant le fonctionnement de l'athlète peut permettre de répondre positivement, au moins en partie, à ces questions et revêtir un intérêt certain pour améliorer la performance.

2. Comment l'améliorer ? En disposant d'un modèle du fonctionnement de l'athlète.

Le modèle proposé est largement inspiré des travaux de nombreux auteurs tels que Lang, Sherrer, Frijda, Arnold,.. qui se sont des références scientifiques dans le domaine de la psychologie des émotions. Ce modèle tend à expliquer le mode de fonctionnement général de l'individu et les moyens qui permettent d'influer sur celui-là.

A partir d'une situation (multitudes d'événements), qui est toujours neutre émotionnellement, ce modèle distingue plusieurs niveaux, dont les deux principaux sont :

- 1°) Un processus continu d'évaluation analyse cette situation (ces événements). Durant cette phase, le caractère nouveau ou non engendre un état émotionnel particulier (valence qualitative). Des tendances à l'action en découlent.
- 2°) Cet état émotionnel engendre des symptômes. Certains sont plus objectivables que d'autres. Ceux-ci peuvent être, en grande partie, regroupés en trois composantes dont la particularité et l'intérêt sont d'être en interrelations.

Les cognitions qui contiennent l'ensemble des pensées produites volontairement ou non par la personne « *je ne vais pas y arriver, j'espère que j'aurai de la chance dans mon tirage,...* ». Cette catégorie contiendrait aussi les croyances.

La physiologie concerne toutes les manifestations, sensations physiologiques: pulsations cardiaques, tension artérielle, fréquence respiratoire, modification du tonus, frissons,..

Les comportements contiennent toutes les manifestations visibles: les expressions faciales, la démarche, la posture, les gestes,...

Ce modèle explique, par conséquent, qu'il est possible de disposer de trois « portes » d'entrée. Chaque athlète en privilégierait l'une ou l'autre sans pour autant n'en exclure aucune.

Est-ce un hasard, si la revue de la littérature dans ce domaine, nous amène à pouvoir regrouper l'ensemble de ces méthodes en 3 grandes catégories qui correspondent à ces mêmes composantes ? (ces catégories ne sont pas totalement exclusives l'une de l'autre).

Les méthodes à dominante physiologique : la respiration, la méthode de Jacobson, le Training Autogène de Schultz (1° niveau), le bio-feedback.

Les méthodes à dominante cognitive : l'auto-langage, la gestion des pensées, la restructuration cognitive (pensées irrationnelles), l'auto-inoculation du stress, la désensibilisation systématique et l'imagerie.

Les méthodes à dominante comportementale : la gestion des expressions faciales, attitudes et postures, l'apprentissage des routines.

3. Conclusion

Lorsqu'une aide en vue d'un soutien psychologique est sollicitée, celle-ci est très souvent libellée d'une manière brute, peu précise, généraliste. Ce modèle permet de fournir la rigueur en proposant des éléments permettant d'affiner, de préciser le diagnostic. Il crédibilise les techniques et méthodes de préparation psychologique scientifiquement valides. Il oriente le choix de la ou des méthodes à privilégier selon le cas. Il contribue à mieux cibler les points à améliorer, renforcer voire corriger.



Electromyostimulation : analyse critique

Prof. M. VANDERTHOMMEN

Département de Médecine physique et Kinésithérapie-Réadaptation
Université de Liège – email : mvanderthommen@ulg.ac.be

Les stimulations électriques excitomotrices (SEEM) se sont développées ces dernières années dans le cadre de la rééducation du muscle atrophié (3) mais également pour renforcer le muscle sain du sujet sédentaire (8) et sportif (2). Les programmes de SEEM sont généralement réalisés à l'aide d'électrodes de surface placées en regard des points moteurs musculaires, permettent au kinésithérapeute ou à l'entraîneur de moduler de nombreux paramètres.

Le courant de stimulation le plus adéquat comprend des impulsions électriques de forme rectangulaire (5) et d'une durée égale à la chronaxie des axones moteurs stimulés, comprise entre 0,2 et 0,4 ms (1). Cette sélection paramétrique autorise l'augmentation de l'intensité de stimulation à un niveau permettant l'excitation d'un nombre optimum d'unités motrices.

Dans un souci de totale innocuité, l'impulsion sera immédiatement compensée par une seconde impulsion rectangulaire de même surface, de même forme et de signes opposés (18), permettant de définir un courant bidirectionnel et symétrique.

Les impulsions doivent se succéder à une fréquence comprise entre 50 et 100 Hz pour optimiser le tétanos musculaire (17).

Une électrode dite "excitatrice", de petite taille, sera placée sur le point moteur musculaire et le circuit est fermé à l'aide d'une électrode "indifférence", dont la surface est idéalement trois fois supérieure à celle de l'électrode excitatrice (5).

L'électrostimulation du quadriceps bénéficie d'un montage particulier comprenant trois électrodes excitatrices de petite taille reliées à trois canaux distincts et placées sur les points moteurs des trois chefs superficiels du muscle (vaste interne, vaste externe et droit antérieur). Pour la musculature ischio-jambière, il apparaît judicieux de placer quatre électrodes excitatrices (longue portion du biceps fémoral, courte portion du biceps fémoral, demi-tendineux et demi-membraneux). Dans le cadre de l'électrostimulation du quadriceps, les conditions biomécaniques angulaires optimales sont obtenues avec une flexion de genou à 60°. Par contre, pour la stimulation des ischio-jambiers, le positionnement idéal correspond à 30° de flexion du genou et 90° de flexion de la hanche (19).

Une première évaluation de l'efficacité des SEEM consiste à quantifier, de manière instantanée, la force évoquée électriquement maximale (FEE max.) et à l'exprimer en pourcentage de la force isométrique maximale volontaire (FIMV). Pour le quadriceps, la FEE max. induite à l'aide de paramètres adéquats de stimulation reste généralement comprise entre 60 et 80% de la FIMV (10,13). Cette analyse confirme l'efficacité supérieure des contractions volontaires mais précise la possibilité de développer, sous stimulation électrique percutanée, des contractions musculaires sous-maximales. La force musculaire induite électriquement, plus faible en regard de l'effort volontaire, s'expliquerait par l'impossibilité d'obtenir un recrutement spatial complet suite aux sensations nociceptives accompagnant la stimulation maximale (9,14) mais également par l'absence de participation des muscles posturaux stabilisateurs (11).

Certains auteurs rapportent l'obtention de contractions quadricipitales électro-induites, parfois supérieures aux potentialités maximales volontaires. Ces résultats ne résistent pas à l'analyse critique car ils sont obtenus dans des conditions contraignantes et irréalisables en pratique médico-sportive. En effet, il s'agit de contractions évoquées à l'aide d'électrodes musculaires implantées (6) ou encore d'une stimulation directe du nerf fémoral (7).

L'entraînement électro-induit apparaît efficace comme méthode de musculation chez le sujet sain (8). Par ailleurs, l'amélioration de la FIMV sera directement proportionnelle à l'intensité de la contraction électro-induite lors des séances d'entraînement (11), confirmant l'intérêt d'utiliser des paramètres adéquats de stimulation.

Par ailleurs, l'intérêt d'associer la musculation classique par contraction volontaire aux SEEM apparaît en raison des mécanismes complémentaires d'adaptation musculaire : la contraction volontaire agit surtout au niveau de la commande musculaire et favorise l'aspect neuronal de l'activité motrice (12) alors que l'électrostimulation engendre directement des modifications trophiques et biochimiques musculaires (4,15,16).

BIBLIOGRAPHIE

1. Bowman BR & Baker LL. - Effects of waveform parameters on comfort during transcutaneous on muscular electrical stimulation. *Ann Biomed Eng*, 1985, **13**, 59-74.
2. Delitto A, Brown M, Strube MJ, et al. - Electrical stimulation of quadriceps femoris in an elite weight lifter: A single subject experiment. *Int J Sports Med*, 1989,**10**, 3, 187-191.
3. Draper V, Ballard L. - Electrical stimulation versus electromyographic biofeedback in the recovery of quadriceps femoris muscle function following anterior cruciate ligament surgery. *Phys Ther*, 1991, **71**, 6, 455-464.
4. Duchateau J, De Montigny L, Hainaut K. - Differential effects of training by electrostimulation and by voluntary contractions. *Arch Int Physiol Bioch*, 1988, **96**, 2, P11-P12.

5. Dumoulin J, De Bisschop G. - Electrothérapie. 5^{ème} Edition. Maloine, Paris, 1987, 163-165.
6. Hultman E, Sjöholm H. - Electromyogram, force and relaxation time during and after continuous electrical stimulation of human skeletal muscle in situ. *J Physiol*, 1983, **339**, 33-40.
7. Kramer JF, Mendryk SW. - Electrical stimulation as a strength improvement technique: A review. *J Orth Sports Phys Ther*, 1982, **4**, 2, 91-98.
8. Kramer JF. - Effect of electrical stimulation current frequencies on isometric knee extension torque. *Phys Ther*, 1987, **67**, 1, 31-38.
9. Lambert H, De Bisschop F, De Mey G, et al. - Calculation of electric current distribution in tissue. *Eur J Phys Med Rehabil*, 1991, **1**, 5, 126-132.
10. Maier P, Scharf HP, Puhl W. - Elektrostimulation des Musculus quadriceps Wirkung unterschiedlicher Reizströme. *Z Phys Med Baln Med Klim*, 1989, **18**, 352-357.
11. Miller C, Thepaut-Mathieu C. - Comparaison entre entraînement par contraction volontaire et entraînement par contraction électro-induite chez le sportif, in Pelissier J, Roques CF Ed., *Electrostimulation des Nerfs et des Muscles*. Masson, Paris, 1992, 184-191.
12. Moritani T, De Vries HA. - Neural factors versus hypertrophy in the time course of strength gain. *Am J Phys Med*, 1979, **58**, 3, 115-130.
13. Reisman MA. - A comparison of electric stimulators in eliciting muscle contractions. *Phys Ther*, 1984, **64**, 5, 751.
14. Vanderthommen M, Depresseux JC, Dauchat L, et al. - Spatial distribution of blood flow in electrically stimulated human muscle: a positron emission tomography study. *Muscle Nerve*, 2000, **23**, 482-489.
15. Vanderthommen M, Duteil S, Raynaud JS et al. - A comparison of voluntary and electrically induced contractions by interleaved ¹H and ³¹P NMRS. *J Appl Physiol*, 2003, **94**, 1012-1024.
16. Vanderthommen M, Gilles R, Carlier P, et al. - Human muscle energetics during voluntary and electrically induced isometric contractions as measured by ³¹P NMR spectroscopy. *Int J Sports Med*, 1999, **20**, 279-283.
17. Vanderthommen M, Kelleter B, Crielaard JM. - Détermination de la fréquence de stimulation produisant la contraction tétanique maximale du quadriceps fémoral, in Pelissier J, Roques CF Ed., *Electrostimulation des Nerfs et des Muscles*. Masson, Paris, 1992, 33-37.
18. Vanderthommen M, Kelleter B, Crielaard JM. - Les courants excito-moteurs de basses fréquences. Détermination des durées d'impulsions optimales de stimulation. *Ann Kinésithér*, 1991, **18**, 10, 483-484.
19. Vanderthommen M, Monfort J, Knoden A, et al. - Les courants excitomoteurs au niveau du quadriceps et des ischio-jambiers. Détermination des conditions fonctionnelles idéales de stimulation. *Kiné 2000*, 1992, **5**, 15.



La prise de créatine : intérêts et risques

Jacques R. POORTMANS

*Institut Supérieur d'Éducation Physique et de Kinésithérapie,
Université Libre de Bruxelles.*

La consommation de monohydrate de créatine exogène a pris de plus en plus d'extension au cours de ces dix dernières années. Plusieurs publications ont indiqué qu'un complément alimentaire en créatine permettait d'améliorer les performances de sujets réalisant des exercices intermittents de haute intensité ou des séries répétées de contractions intenses (1,10). Par contre aucun effet n'a été rapporté sur la performance en endurance.

La complémentation de monohydrate de créatine avoisine les 20 g par jour pendant une période de 5 jours consécutifs. Au-delà, les athlètes et les sportifs occasionnels consomment de 1 à 10 g par jour pendant plusieurs semaines, mois, années. Sur un plan purement théorique, l'apport exogène de créatine exogène supprime sa synthèse hépatique [limitée à 1-2 g par jour]. La destinée de cette substance est essentiellement musculaire [95%] et l'excès de consommation exogène est éliminé par les reins [en moyenne 60-70% de la prise de créatine]. Le but recherché est un accroissement de la production musculaire en phosphorylcréatine (PC), un réservoir énergétique qui re-synthétise l'ATP indispensable à la contraction musculaire.

De nombreuses allégations commerciales attestent que la créatine exogène recule le seuil de fatigue, favorise une récupération plus rapide, augmente la masse musculaire protéique. Par spectrométrie en résonance magnétique nucléaire, il a été démontré que le sujet jeune récupère ses réserves en PC avec la même rapidité (environ 5 min), avec ou sans complémentation en créatine (2). Par ailleurs, en utilisant des isotopes stables d'acides aminés, nous n'avons pas observé de modifications de la synthèse et de la dégradation des protéines musculaires sous l'effet d'une prise de créatine exogène (3).

Les publications scientifiques relatives aux effets indésirables de la créatine exogène sont quasi inexistantes quoique des médias sportifs ou scientifiques avancent des allégations non vérifiées. L'analyse de la littérature, ainsi que nos investigations relatives au fonctionnement du foie et des reins, ne confirment pas la réalité d'effets délétères pour l'organisme humain sain (6,8). Les enzymes hépatiques et la production d'urée restent stables même après une complémentation de plusieurs mois, voire années (8). Il en est de même pour le taux de filtration glomérulaire, la perméabilité du glomérule et la fonction tubulaire rénales (4,5,6,7,9).

Les allégations relatives aux crampes musculaires et aux troubles gastro-intestinaux induits par la consommation de créatine restent anecdotiques (8).

Quelques rares publications attirent l'attention sur la potentialité d'effets mutagéniques et carcinogéniques induits par une prise excessive de créatine. Il s'agit d'observations réalisées *in vitro* dans des conditions expérimentales extrêmes et non confirmées par des circonstances *in vivo*. Toutefois, seules des analyses complémentaires pourront vérifier ces allégations concernant les effets potentiellement délétères d'un excès de créatine exogène.

Sans nous prononcer définitivement sur la nécessité d'une complémentation en créatine exogène par des sportifs, nous constatons l'absence de conséquences néfastes sur les sujets sains que nous avons suivi régulièrement. Toutefois, la prudence s'impose compte tenu des réactions individuelles inopinées face à une consommation excessive de compléments alimentaires. Il nous semble indispensable d'établir, régulièrement, des bilans biologiques pour pallier toute manifestation aberrante.

Références succinctes

- (1) Francaux M, Poortmans. Effects of training and creatine supplement on muscle strength and body mass. *Eur. J. Appl. Physiol.* 1999, 80 :165-168.
- (2) Francaux M, Demeure R, Goudemant JF, Poortmans JR. Effect of exogenous creatine supplementation on muscle PCr metabolism. *Int. J. Sports Med.* 2000, 21 :139-145.
- (3) Louis M, Poortmans JR, Francaux M, Berré J, Boisseau N, Brassine E, Cuthbertson DJR, Smith K, Babraj JA, Waddell T, Rennie MJ. No effect of creatine on human myofibrillar and sarcoplasmic protein synthesis after resistance exercise. *Am. J. Physiol.* 2003, 285 :E1089-E1094.
- (4) Poortmans JR, Auquier H, Renaut V, Durussel A, Saugy M, Brisson GR. Effect of short-term creatine supplementation on renal responses in men. *Eur. J. Appl. Physiol.* 1997, 76 :566-567.
- (5) Poortmans JR, Francaux M. Renal dysfunction accompanying oral creatine supplements. *The Lancet* 1998, 352 :234.
- (6) Poortmans JR, Francaux. Les effets indésirables de la créatine exogène : de la fiction à la réalité. *Science & Sport* 1999, 14 :271-277.
- (7) Poortmans JR, Francaux M. Long-term oral creatine supplementation does not impair renal function in healthy athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1999, 31 :1108-1110.
- (8) Poortmans JR, Francaux M. Adverse effects of creatine supplementation. *Sports Med.* 2000, 30 :155-170.
- (9) Poortmans JR, Francaux M. Renal implications of exogenous creatine monohydrate supplementation. *Am. J. Med. Sports* 2002, 4 :212-216.
- (10) Saint-Pierre MA, Poortmans JR, Léger L. Supplémentation en créatine – Etat de la question. *Science & Sports* 2002, 17 :55-77.



Nos partenaires



Partner for Life



*Ministère
de la Communauté
française*

