

Traumatologie des Lanceurs en Athlétisme

Dr Louis PALLURE

Praticien hospitalier

Spécialiste MPR - médecin de médecine et traumatologie du sport et de médecine manuelle-ostéopathie - Pr de sport et musculation DE.

J'ai mis toute ma passion et une bonne part de mes connaissances et de mon expérience de médecin de terrain dans l'écriture de cet ouvrage dont le coeur est consacré à la Traumatologie des Lanceurs en Athlétisme que j'ai fait précédé par des rappels de physiologie de l'effort et de bien d'autres, qui sont à lire attentivement si l'on veut comprendre d'abord et ensuite prendre en charge les différentes pathologies des Lanceurs.

Il est dédié à tous les Lanceurs et Lanceuses des équipes de France cadets, juniors, espoirs et élite dont j'ai eu le privilège de m'occuper, à leurs coaches et tout spécialement à Jacques Pelgas, un immense entraîneur de Lanceurs et un homme merveilleux, mais aussi à tous ceux de niveau national, régional et départemental, aux athlètes et dirigeants de mon club : Athlé 66, à ceux du comité départemental d'Athlétisme des Pyrénées Orientales et de la Ligue Occitanie, à la Fédération Française d'Athlétisme, sa direction technique, ses CTR, à toute la grande famille de l'Athlétisme et à tous ceux qui s'intéressent à l'Athlé et aux Lanceurs. Dr L



Sommaire	page 4
Préface	page 5
Résumé	page 6
Introduction à la Traumatologie des Lanceurs en Athlétisme :	page 7
- Les 4 Lanceurs	
- Un peu d'histoire	
- Lanceurs et Lanceuses de l'équipe de France	page 10
Physiologie de l'exercice musculaire :	page 15
L'ATP, l'Oxygène O₂), les 3 filière énergétique :	
filieres aérobie, anaérobie alactique	
(phosphagène), anaérobie lactique, la sensori-	
-motricité, rappels de Neuro-physiologie	
Les qualités physiques des Lanceurs :	page 24
- La coordination	
- L'adresse	
- La force	
- La souplesse	
- Objectifs et moyens pour lancer loin	page 34
Le mental dans les Lanceurs	page 39
A propos des protéines, des suppléments	page 40
protéiques et de la créatine	
Bases médicales des blessures de surcharge	page 44
dans les Lanceurs	
Traumatologie des Lanceurs	
en Athlétisme	page 65
- L'épaule du Lanceur	
- Le coude du Lanceur	page 74
- Le poignet et la main	page 87
- Le rachis cervical du Lanceur	page 100
- Le rachis lombaire du Lanceur	page 110
- Le complexe lombo-pelvi-fémoral	
du Lanceur	page 125
- Le genou du lanceur	page 129
- Le Pied du Lanceur	page 155
Conclusion	page 192
Bibliographie	page 193

Préface de Didier L Poppe

Dans ma carrière d'entraîneur, j'ai passé une bonne partie de mon temps à accompagner les athlètes, non seulement dans leur préparation technique ou physique, mais aussi quand ils avaient des problèmes et que nous avions besoin d'une aide extérieure, le plus souvent médicale, étant donné les multiples sortes de blessures qui peuvent arriver dans la pratique des lancers .

L'entraîneur est "le compagnon des mauvais moments" disait Joseph Maigrot, mais le médecin l'est aussi assurément. Non seulement on compte sur sa compétence et son expérience pour vous tirer d'un mauvais pas (En espérant souvent qu'il fera des "miracles"!), mais aussi sur son humanité et sur la relation positive et confiante qu'il saura établir avec des gens pressés et stressés. (Soigner le mental fait partie de leur boulot)

Les médecins sont comme les entraîneurs , il y en a des bons, il y en a des mauvais et j'en ai vu de toutes les sortes. A force de poireauter dans les salles d'attente, d'observer les protocoles d'examen et d'essayer de déchiffrer les hiéroglyphes des rapports et des prescriptions, on finit par acquérir quelques connaissances et surtout la faculté de distinguer celui qui sait de quoi il parle et celui qui parle pour impressionner et faire croire qu'il sait.

Coach ou médecin, on reconnaît aussi un vrai expert à la manière claire et simple avec laquelle il s'exprime et sait présenter les choses , analyser les problèmes, proposer des solutions. Et là il vous suffira de lire le contenu de cet énorme travail du Dr Pallure pour voir tout de suite à qui vous avez à faire !

Chose curieuse, je ne pense pas avoir jamais rencontré personnellement le Dr Pallure, nous avons vécu dans des parties du monde différentes et nos chemins ne se sont pas croisés bien que gravitant tous les deux dans l'entourage des équipes de France. Mais, depuis qu'un contact s'est établi , que j'ai lu ce qu'il écrit , que j'ai vu que c'était quelqu'un de toujours disponible et de bon conseil, j'ai le sentiment que quelque chose qui m'a manqué est maintenant là pour aider ceux qui affronteront les "mauvais moments" !.

Auckland 23-02-2021 DLP



Résumé

Avant d'envisager très en détail la traumatologie des Lanceurs en Athlétisme, nous nous sommes intéressé au préalable à la physiologie de l'effort physique et à la neuro-physiologie, aux différentes qualités physiques du Lanceur, à son mental sans trop nous y attarder tellement c'est une évidence, nous avons fait le point sur les protéines, les suppléments protéiques et la créatine qui ne sont aucunement indispensables pour améliorer les qualités de force des Lanceurs, quelque soit leur niveau et enfin nous avons détaillé les bases médicales des blessures de surcharge, indispensables à connaître si l'on veut comprendre et prendre en charge les différentes pathologies de surcharge des Lanceurs.

Quant à la traumatologie des Lanceurs, pour bien l'appréhender, il est important de connaître l'anatomie, la biomécanique et les différentes forces intervenant pour assurer stabilité et équilibre de la colonne vertébrale, des articulations de l'épaule, du coude et du poignet, de l'ensemble bassin- hanches-fémurs, des genoux et du complexe du pied.

Tous ces préalables que nous venons d'énumérer sont nécessaires pour une bonne compréhension des différents mécanismes lésionnels, du diagnostic clinique, de la prise en charge thérapeutique et de la prévention des pathologies de ces zones anatomiques particulièrement exposées dans les Lanceurs.

Sur le plan médical, le bilan clinique et para-clinique doit être complet, un suivi régulier par le même médecin de terrain spécialiste des Lanceurs et des soins constants par des kinésithérapeutes du sport est fondamental dans toutes les pathologies présentées par les Lanceurs.

Ce bilan clinique par ailleurs peut aller jusqu'à un examen sous anesthésie générale et même jusqu'à une arthroscopie exploratrice par des confrères chirurgiens orthopédiques spécialisés comme peuvent l'être ceux des services SOS main, pour diagnostiquer la lésion causale.

D'une manière générale, de la précocité et de la précision du diagnostic lésionnel va dépendre la prise en charge la plus adéquate. Quant au traitement des différentes pathologies du Lanceur, il est le plus souvent médical conservateur. Sa finalité est l'indolence et la récupération d'une bonne mobilité et de la force musculaire.

Lorsque la chirurgie est indiquée, la correction chirurgicale de la primo-lésion, souvent une instabilité pathologique, s'avérera nécessaire pour un retour à la compétition, espéré sans perte de niveau.

Des mesures préventives en parallèle à l'entraînement physique et technique et une surveillance médicale régulière restent les meilleurs moyens de ne pas tomber dans la blessure récurrente.

I- INTRODUCTION A LA TRAUMATOLOGIE DES LANCERS EN ATHLETISME

Un Lanceur de Haut Niveau est par définition un athlète avec une intelligence motrice supérieure à celle des autres spécialités de l'Athlétisme (Didier Poppe). Cette intelligence motrice se définissant comme une adaptation optimale aux diverses situations, avec résolution de tous les problèmes moteurs rencontrés dans une discipline sportive. Intelligence motrice que les professeurs d'EPS doivent développer chez tout enfant scolarisé et les coaches de Lancer amener à leur quintessence.

Le socle de cette intelligence motrice est la sensori-motricité du mouvement. A partir de ce socle, elle se met en place par étapes successives de construction et de stabilisation avec participation active de la mémoire et de l'expérience qui sont essentielles afin de différencier ce qui permet la réussite de ce qui provoque l'échec, puis intégration du fruit de cette différenciation par exploration des extrêmes et ajustement progressif des réponses.

Rappelons que sur le plan musculaire les 4 Lancers mettent en jeu une chaîne musculaire prioritaire qui nécessite un alignement cuisse-bassin-tronc qui n'admet aucune rupture et va se traduire par le placement du bassin en rétroversion et une ligne solide passant par le pied, le genou, la hanche gauche et l'épaule droite chez un droitier.

Si lancer loin est l'apanage d'un tout petit nombre, c'est avant tout lancer bien, l'acquisition du geste technique juste, étroitement lié aux qualités de force-vitesse, de coordination, d'adresse et de souplesse est fondamental chez un Lanceur et loin d'être un long fleuve tranquille. Avoir un gabarit hors norme est un plus indéniable, mais sans un entraînement physique général et spécifique acharné, cet avantage naturel disparaît.

Les contraintes articulaires et rachidiennes pour acquérir l'indispensable force explosive allant au delà des seuils physiologiques de résistance, la blessure est omniprésente à très haut niveau, d'où l'impérieuse nécessité d'un encadrement médical de proximité de qualité (médecin de terrain et kinésithérapeutes du sport) que l'on ne saurait trouver sous les sabots d'un cheval.

1- Les 4 Lancers



Les lancers en Athlétisme sont au nombre de 4 : poids, disque, javelot et marteau et l'objectif pour tout Lanceur est d'envoyer ces 4 mobiles le plus loin possible avec une vitesse d'envol maximale. Chacun des 4 Lancers se caractérise par une phase de lancement dont le temps essentiel est une accélération progressive à l'intérieur de l'aire de lancer et une phase d'envol dont la hauteur par rapport au sol et la distance seront fonction de la morphologie du lanceur, de ses qualités musculaires, de son niveau technique et de l'angle d'envol par rapport au sol : autour de 42° pour le poids, 35° pour le disque, 34° pour le javelot et 44° pour le marteau.

2- Un peu d'histoire

Le Lancer de poids Il est connu depuis l'Antiquité. Celui mesuré à Olympie avec la pierre de Bybon n'a que très peu de rapport avec la pratique contemporaine. A partir du XII ème siècle il fait son apparition dans l'éducation des jeunes princes britanniques et ce n'est qu'au XIXème siècle que le poids a pris la forme sphérique que nous lui connaissons aujourd'hui et que sa masse a été officialisée à 7,260 kg pour les hommes, en référence au poids du boulet de canon utilisé dans l'artillerie à une époque, et celle des femmes à 4 kg.

Le Lanceur lance d'une seule main, poids au contact avec le cou tout au long du déplacement à l'intérieur d'un cercle de 2,135 m de diamètre et selon deux techniques de lancer : la technique en translation de O' Brien utilisée encore par un grand nombre de Lanceurs et Lanceuses et celle en rotation de Barichnikov, actuellement dominante chez les meilleurs Lanceurs hexagonaux (Frédéric Dagée, Antoine Duponchel) et mondiaux comme on a pu le voir au tout récent championnat du monde à Doha.

Compte tenu du déplacement plus grand de l'engin et d'une phase d'accélération plus importante, la rotation est d'un niveau technique supérieur à la translation.

Le Lancer de disque

A ses origines dans la Haute Antiquité le disque était en pierre; de nos jours il est en bois ou en métal et entouré d'une jante métallique. Sa masse est de 2 kg pour les hommes et 1 de kg pour les femmes. Dans le cercle le lanceur tourne le dos à l'aire de réception, le disque posé dans la main dominante repose sur la dernière phalange.

La phase de préparation débute lorsque le bras tendu dans l'axe des épaules se met en mouvement; s'ensuit ensuite une volte d'un tour et demi avec augmentation progressive de la vitesse. Pendant la phase d'éjection l'action coordonnée des membres inférieurs, du tronc et du membre supérieur permet d'augmenter la vitesse du disque jusqu'à son éjection à une vitesse de 25 m.s-1, pour une durée totale du mouvement inférieure à 1,5 s.

Le Lancer de marteau

C'est au Moyen Age en Irlande et de nos jours au cours de jeux traditionnels dans les pays Celtes, que le lancer de marteau, alors simple marteau de forgeron, est apparu pour répondre aux exigences de l'éducation des Princes. Actuellement il est composé d'une tête métallique, d'un câble et d'une poignée et l'ensemble a une masse de 7,260 kg pour les hommes et de 4 kg pour les

femmes, identique à celle du poids. Le lancer de marteau diffère des lancers de poids et de disque en ce sens qu'il est réalisé les deux membres supérieurs tendus, que la phase d'éjection n'implique pas une extension des membres supérieurs, que la puissance est essentiellement produite par les membres inférieurs, que le déplacement au sein de l'aire de lancer est plus important et qu'une part non négligeable de la force produite par les membres supérieurs sert à résister à la force centrifuge exercée sur le lanceur par le marteau.

Techniquement au départ le Lanceur fait tourner le marteau autour de lui pour lui donner de la vitesse et lorsque le mobile a suffisamment d'élan, l'athlète se déplace sur 4 tours avant éjection, à chaque tour la vitesse du marteau augmentant de façon significative, grâce à l'action synchrone des membres inférieurs, du tronc et des membres supérieurs. Au moment de l'éjection finale, la vitesse du marteau est d'au moins 29 m.s⁻¹ et malgré une masse équivalente et en raison du déplacement plus important dans l'aire de lancer, la vitesse d'éjection du marteau est presque deux fois supérieure à celle observée pour le poids et la durée totale du mouvement à compter du début du premier tour est de l'ordre de 2 à 2,5 s. A noter que la longueur des membres supérieurs influence le rayon de giration et donc la vitesse horizontale du marteau.

Le Lancer de Javelot

C'est le plus ancien et le plus naturel des Lancers. Nos lointains ancêtres se l'étant approprié à la fois pour se nourrir et se défendre. Introduit tout comme le lancer de disque, dans la Grèce antique aux Jeux Olympiques de 708 avant J-C, il va constituer l'une des cinq épreuves du pentathlon et jusqu'à l'effondrement du monde grec, il est resté l'une des activités sportives les plus pratiquées dans tout le bassin méditerranéen.

En 1908, c'est tout naturellement qu'il a été réintroduit aux Jeux Olympiques modernes.

Sa masse est de 800 g chez les Hommes et de 600 g chez les Femmes. C'est un lancer à la fois extrêmement technique et traumatisant et contrairement aux 3 autres lancers, sa course d'élan est longue (30m).

Dans le premier temps c'est une course classique, javelot placé sur le côté. Dans un deuxième temps dit de préparation, le Lanceur placé de profil se déplace en pas croisé (Hop), javelot placé au niveau de la tempe et bras lanceur en position d'armé. Dans la dernière phase avant lancer, la course est arrêtée violemment sur un double appui et toute la vitesse de déplacement est alors transmise dans l'épaule qui va se détendre comme une fronde pour propulser le javelot.

Et à propos du double appui avec blocage avant le lâcher de javelot, il y a une grande différence entre nos lanceurs Hexagonaux qui se bloquent à 1 m de la ligne de lancer et les meilleurs mondiaux qui impulsent sans se bloquer à 4 m de la ligne (comme nous avons pu l'observer de concert avec Jean Yves Cochand (JYC), avec le vainqueur Johannès Vetter, à la dernière coupe d'Europe des Lancers, ce qui confirme ce que JYC avance depuis des années .

III - LES QUALITES PHYSIQUES DU LANCEUR

A- La coordination

La coordination est une qualité physique de base (avec la force/vitesse, l'adresse et la souplesse). Elle a une importance majeure dans la gestuelle des Lancers.

On peut la définir comme la capacité optimale à maîtriser et gérer de manière sûre et économique les différentes tâches motrices prévisibles et imprévisibles constitutives du geste technique juste, à la base de toutes les performances du système sensori-moteur.

Tout mouvement de Lancer quel qu'il soit est d'abord une performance coordinative du système sensori-moteur, performance par ailleurs impossible sans la force, la vitesse n'étant qu'une performance de force chapeauté par la coordination et l'adresse.

B- L'adresse

On vient de voir l'importance de la coordination dans les Lancers. Une autre qualité physique est toute aussi fondamentale, c'est l'Adresse (Jacques Pelgas).

Coordination et adresse sont des activités sensori-motrices qui font intervenir les récepteurs extéroceptifs visuels et cutanés et proprioceptifs (oreille interne, muscles, articulations, tendons, ligaments) et le cortex cérébral hémisphérique et limbique (programmation centrale et circuit de la mémoire) et partagent la même problématique d'acquisition et de maîtrise du geste.

L'adresse enrichit le bagage technique du sportif en coordonnant les actions motrices simultanées et la précision dans l'espace, dans le temps et dans les rythmes et elle est facteur d'économie dans l'effort (V. M. Zatsiorski).

Elle doit être introduite très tôt (Baby Athlé) dans les activités de Lancer, les enfants étant capables d'assimiler parfaitement une gestuelle complexe sans avoir à passer par la case gestuelle élémentaire (analytique).

A propos de la gestuelle des Lancers, elle est de type stéréotypée, comme en gymnastique, courses de haies et sauts en athlétisme et son apprentissage sera plus simple que pour les activités sportives à gestuelle non stéréotypée comme celle des sports de combat ou collectifs ou le slalom en ski, dans lesquelles l'apprentissage doit passer par l'acquisition, puis la maîtrise de situations motrices nouvelles et variées, la réponse adaptative à une situation mouvante étant déterminante.

A noter toutefois que dans les Lancers, l'adresse n'est spécifique que d'une seule discipline athlétique et ne s'étend pas aux autres spécialités.

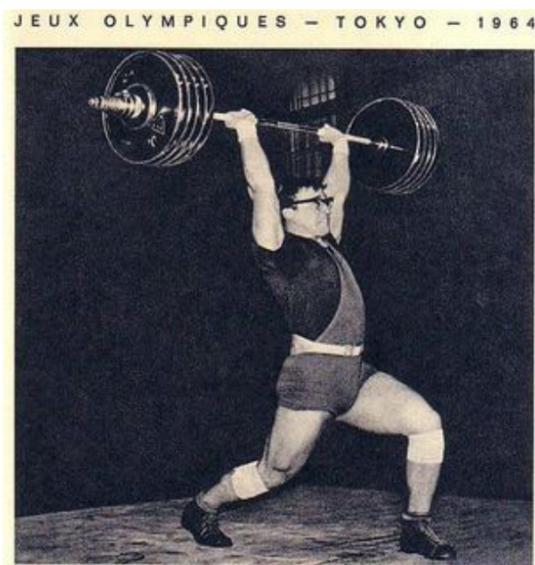
C- La force

C'est la qualité physique majeure dans les Lancers. Elle est également à la base et à des degrés divers, des autres qualités physiques.

Dans cet article, nous envisagerons successivement les différentes définitions de la force, puis les bases scientifiques de la force et enfin les différentes techniques de renforcement musculaire pour acquérir de la force. Ce n'est que plus loin que seront analysés les objectifs et moyens pour Lancer loin.

Pendant des lustres, l'école soviétique a dominé la pratique des sports de force et tout spécialement en Haltérophilie.

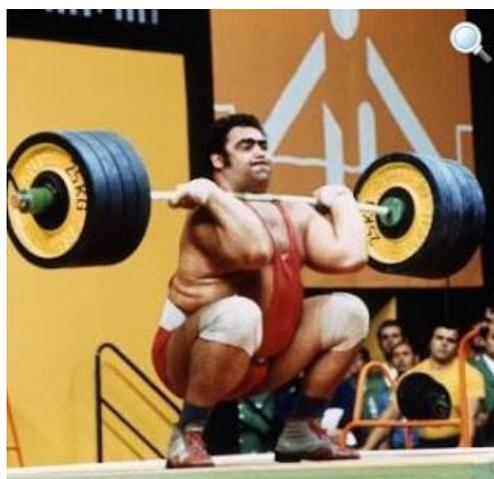
Ci dessous le soviétique *Vassili Alexeiev*, double champion olympique des super-lourds (1972, 1976), une légende pour tous les amateurs d'haltérophilie dont je fais partie. Il a écrit avec ses 2 compatriotes *Iouri Vlassov* et *Leonid Jabotinski*, colosse de 165 kg au meilleur de sa forme qui remporta, lui aussi, deux médailles d'or aux jeux Olympiques (1964, 1968), améliora dix-sept records du monde, portant en 1967 le total aux trois mouvements à 590 kg, une des plus belles histoires de ce sport; le colossal mano à mano aux jeux de Tokio en 1964 entre Vlassov et Jabotinski reste encore dans les mémoires. des amateurs d'haltérophilie



Iouri Vlassov



Léonid Jabotinski



Vassili Alexeiev

Quelques définitions d'abord

Dans la pratique sportive, on distingue:

- la force explosive pure (haltérophilie, lancers en athlétisme, tous les sports de détente)

- la force en mouvement combinée avec la vitesse: c'est la puissance musculaire ($P = F \times V$)

- la combinaison de force explosive, d'endurance musculaire et de puissance. **a- La force maximale** est la force qui varie en fonction du type de contraction musculaire (allongement/ raccourcissement), et en fonction de la Vitesse de réalisation du mouvement: à vitesse nulle, elle se nomme *force maximale isométrique*; pour des mouvements concentriques on l'appelle *force maximale concentrique* qui équivaut à 1 RM (charge maximale à 100% des possibilités du moment ne pouvant être développée qu'une seule fois).

Pour les mouvements excentriques, c'est la *force maximale excentrique*, très supérieure à la force maximale concentrique avec coefficient multiplicateur de 1,3 à 1,5 suivant les auteurs); pour les mouvements explosifs, on parle de *détente*.

- b- La force explosive** est la contraction musculaire maximale pouvant être déclenchée en un temps minimum.

- c- La puissance** correspond au produit de la force par la vitesse ($f \times v$).

Elle est maximale pour des vitesses légèrement inférieures à la moitié de la vitesse maximale; elle est quasiment nulle si la vitesse est très lente et la Force maximale. La Puissance est quasiment nulle si la vitesse est très élevée et la Force minimale.

- d- La force statique**

Sur le plan hémodynamique, la force, exercice bref et intense est assimilable à un effort statique effectué à respiration bloquée (barrage pulmonaire) et le plus souvent de type isométrique sur la circulation périphérique (barrage périphérique) avec pour conséquences : peu ou pas d'incidence sur le débit cardiaque, hypertension artérielle systolique pour vaincre le barrage périphérique, hypertension artérielle diastolique d'adaptation au barrage pulmonaire par hypertrophie ventriculaire droite, hyper-pression encéphalique liée à la stase veineuse cardiaque droite

- e- La force dynamique**

C'est la puissance musculaire liée au pouvoir contractile du tissu musculaire et mis en jeu par les voies nerveuses de la plaque motrice.

Elle est proportionnelle à la surface musculaire des muscles qui travaillent et dépend de la réserve en matériel énergétique, essentiellement le phosphagène et le glycogène musculaire.

La puissance musculaire est influencée par la température, la fatigue, la récupération, les états émotionnels, les bras de leviers mécaniques musculaires, l'âge et le sexe : avant la puberté il n'y a guère de différence entre fille et garçon; après la puberté la force globale du corps qui est proportionnelle à la masse musculaire est supérieure de 30 à 50% chez les garçons avec supériorité franche au niveau de la force des épaules, des bras et

des muscles du tronc et supériorité moindre pour les membres inférieurs. En valeur absolue, la force décline après 35 ans.

Appréciation de la force musculaire statique et dynamique

On peut apprécier la force musculaire globale d'un individu par des tests de terrain en additionnant le nombre de flexions de bras sur barres parallèles (dips)+ le nombre de relevés de buste+ le nombre de tractions à la barre fixe, aussi bien qu'en soulevant des poids et haltères en salle ou au moyen d'un dynamomètre de force en laboratoire.

Pyramide de la force

- à la base il y a l'endurance musculaire
- au sommet la force explosive utile à la discipline sportive
- au milieu la force maximale qui n'est pas une fin en soi et peut même être contre-productive si elle ne sert pas la discipline sportive; et à quoi ça sert de pousser 200 à 250 kilos au Squat ou 150 à 180 kilos au Développé Couché si les tests de terrain de détente verticale et horizontale, de vitesse et d'endurance sont mauvais et si le sujet est incapable de maîtriser un entraînement intensif de qualité et varié dans le temps.

2- Bases scientifiques de la force

On sait depuis Zatsiorski que le développement de la force est plus lié à des phénomènes nerveux : recrutement et synchronisations des unités motrices, coordination intermusculaire liée à une bonne technique et à celui de l'élasticité musculaire en rapport avec le réflexe myotatique qu'à l'hypertrophie musculaire.

a- Le recrutement des unités motrices

Il intervient entre 0 et 80% de la force maximale et explique le gain de force rapide en début de période de musculation.

b- La synchronisation des unités motrices

Elle est de 80% chez le sujet entraîné et de 20% chez le sédentaire ce qui entraîne une réponse motrice à la fois plus brève et plus intense mais qui paradoxalement dans la vie de tous les jours serait défavorable car responsable de mouvements tremblés et violents.

Il existe physiologiquement un circuit intra médullaire désynchronisateur qui brouille la synchronisation naturelle des inter-neurons de Renschaw et pour développer la force, il va falloir lever cette inhibition.

Cela est rendu possible par l'activation d'un autre circuit nerveux qui va inhiber le circuit de Renschaw par un entraînement avec des charges supérieures à 80% de la force maximale.

c- La coordination intermusculaire

Son support physiologique est l'élasticité musculaire en rapport avec les fuseaux neuro-musculaires placés en parallèle et l'Organe tendineux de Golgi placé en série.

Sur le plan sportif, cette coordination inter-musculaire est en rapport avec la technique individuelle qui aboutit au geste juste, économe en énergie et d'efficacité maximale et un facteur déterminant dans la performance.

3- Les techniques de renforcement musculaire

Ces techniques utilisent le poids du corps, des haltères, des appareils de musculation, des lancers ou des portés d'objets de poids différents.

Ce sont des procédures de renforcement de muscles concourant à une même fonction (par exemple flexion de bras ou extension de jambe sur la cuisse).

Le but est de ne pas ressembler à un body-builder mais à un décathlonien.

α - Techniques basées sur le renforcement statique de la force

Le travail statique, encore dénommé travail isométrique, ne fait pas intervenir de mouvement. La force y est proportionnelle à la résistance qui s'oppose au déplacement du membre; résistance manuelle en cas de blessure et contrôlable par un tiers (kinésithérapeute) ou un dispositif fixe ou par l'intermédiaire d'un appareil de musculation ou d'un poids.

- *Hettinger et Muller* ont pu démontrer qu'une seule contraction isométrique d'1 seconde par jour contre une résistance maximale, suffisait à maintenir le niveau de force.

- *Troisier* a mis au point une méthode de renforcement statique intermittent (sur le modèle de l'entraînement fractionné) qui consiste à enchaîner des séries de contractions statiques de 6 secondes entrecoupées de phases de repos de 6 secondes, correspondant à un travail à la fois de force et d'endurance musculaire très favorable après blessure (affections orthopédiques sous plâtre ou rhumatologiques rachidiennes).

Le travail statique ne contraint ni les grosses articulations périphériques comme le coude ou le genou ni le rachis et ne comporte pas de risque.

β - Techniques basées sur le renforcement isotonique de la force

Le travail dynamique est encore dénommé travail *isotonique*; la résistance constante n'entrave pas le mouvement qui reste libre. En cas de faiblesse musculaire on peut alléger soit la résistance soit faciliter l'exécution du mouvement (mouvement actif aidé).

En cas de faiblesse majeure le renforcement isotonique peut être effectué sans la contrainte de la pesanteur. Ce travail dynamique doit être exécuté à pleine amplitude.

Les protocoles font varier soit la vitesse du mouvement isotonique, soit la charge, soit le nombre de répétitions du mouvement et le nombre de séries. Ils sont basés sur la charge maximale capable d'être mobilisée à pleine amplitude sur une répétition = 1 RM; le nombre (n) de répétitions réalisables à pleine amplitude avec une fraction de la charge maximale = n RM.

Suivant l'objectif recherché de force, de puissance ou d'endurance musculaire on privilégiera:

- 20 séries de 20 répétitions pour l'endurance musculaire (20x20) en utilisant son propre poids de corps (flexions de bras et de jambe par exemple).

- 10 séries de 10 répétitions (10x10) à 6 séries de 6 répétitions (6x6) pour la puissance musculaire avec haltères ou appareils de musculation.

- 1 série de 3 répétitions à 90% de la RM (1x3) + 1 série de 2 répétitions à 95% (1x2) + 1 répétition à 100% (1x1) pour améliorer la force maximale.

Ce travail dynamique peut être exécuté:

- sur un mode *concentrique* qui rapproche les insertions musculaires (excellent pour les fléchisseurs des bras et les extenseurs de jambe)
- sur un mode *excentrique* qui éloigne les insertions musculaires et consiste à freiner le mouvement (excellent pour moyen fessier, droit antérieur de la cuisse, jumeau interne du mollet, ischio-jambiers, rotateurs des ceintures scapulaires et pelviennes, dorsi-fléchisseurs de cheville)

NB: le body-building obtenu par la méthode des efforts répétés (beaucoup de répétitions et beaucoup de séries) avec haltères ou appareils de musculation, entraîne une hypertrophie musculaire contre-productive avec perte de l'élasticité musculaire, baisse de la vitesse et autres effets négatifs incompatibles avec une pratique sportive autre que le culturisme.

c - Techniques basées sur le renforcement dynamique isocinétique

Il s'effectue sur machine iso-cinétique.

Dans ce type de travail, la vitesse de l'exercice est imposée et c'est la résistance de la machine qui s'adapte en permanence à la force développée par le sujet pour maintenir la vitesse de déplacement constante. La vitesse est de type angulaire et va de 30° par seconde à 240° par seconde.

Plus la vitesse est lente et plus la force développée par le sportif ou le blessé est grande. Cet appareil isocinétique est également le dynamomètre le plus précis pour mesurer la force musculaire en fonction d'une position articulaire.

Les indications du renforcement musculaire isocinétique sont :

- le développement musculaire spécifique des sportifs de haut niveau
- la rééducation des séquelles des affections neurologiques chroniques
- la récupération musculaire après entorse grave du genou opéré ou non
- le bilan musculaire des muscles du tronc du lombalgie chronique
- le bilan musculaire des muscles rotateurs d'épaule, des fléchisseurs et extenseurs de cheville.

d- techniques globales de renforcement musculaire

Les 3 mouvements de la force athlétique :

- squat
- développé-couché
- lever de terre.

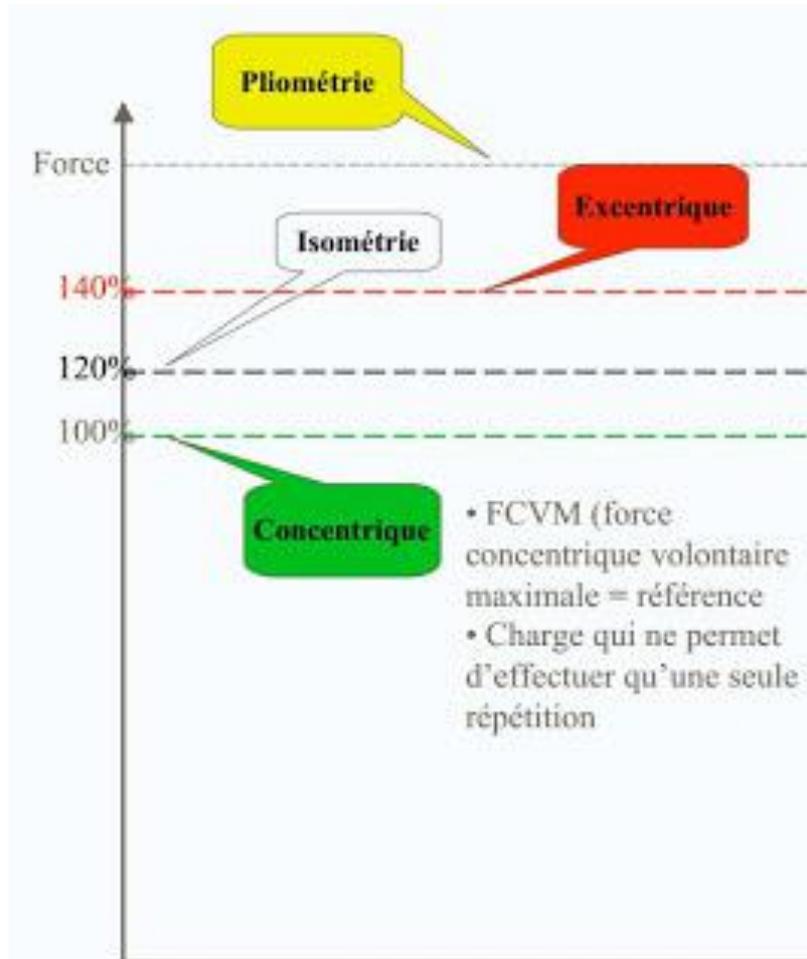
Les 2 mouvement d'althérophilie :

- l'arraché
- le développé-jeté.

Ces techniques globales renforcent les groupes musculaires agissant en synergie et concourant à une même fonction (muscles synergistes).



e- la Pliométrie (Zatsiorski, Zanon, Bosco, Comiti, Vercoshanski)



Sur le schéma ci-dessus, on voit que les renforcements pliométrique et en excentrique sont les méthodes d'entraînement les plus efficaces pour acquérir un niveau élevé de force. Renforcement musculaire pliométrique et en excentrique ne peuvent pas être laissés à l'initiative de n'importe qui et doivent être réservés uniquement à des préparateurs physiques ou des coaches qui maîtrisent parfaitement les différents paramètres. L'entraînement classique : squat, développé-couché, soulevé de terre, arraché, etc., est de type concentrique.

Aspects physiologiques de la pliométrie

La pliométrie est la méthode de renforcement musculaire la plus efficiente (schéma ci-dessus). Elle est basée physiologiquement sur le cycle étirement-raccourcissement des fibres musculaires.

On parle d'une action musculaire pliométrique lorsqu'un muscle qui se trouve dans un état de tension est d'abord soumis à un allongement (phase excentrique) et puis qui se contracte en se raccourcissant (phase concentrique).

On sait depuis Zatsiorski (1966) qu'un athlète qui pousse en position de squat sur une barre fixe produit une force donnée appelée force maximale isométrique. Le même athlète lors d'un saut en contrebas (exercice de pliométrie) va pouvoir développer une force supérieure d'une fois et demie à 2 fois sa force maximale isométrique.

Cette efficacité ne s'explique que grâce à l'utilisation du "cycle étirement-raccourcissement ».

On formule aujourd'hui deux types d'explications:

- l'intervention du réflexe myotatique
- le rôle joué par l'élasticité musculaire.

Illustrations

Les actions les plus courantes sont la plupart du temps pliométriques:

- dans la course la foulée comporte une phase d'amortissement (excentrique) et une phase de renvoi (concentrique).
- les foulées bondissantes et tous les bondissements sont également régis par les mêmes principes avec des tensions musculaires supérieures.

Effets immédiats de la pliométrie

Chez un sujet très entraîné, pour une séance de type pliométrie intense (avec plinths hauts) il faut 10 jours de récupération avant une compétition. On peut réduire ce délai en utilisant un travail de moyenne intensité avec des exercices avec bancs ou haies. Dans ce cas, 3 jours suffisent.

Effets retardés de la pliométrie

Il concerne le travail effectué pendant un cycle d'entraînement.

Pour un cycle de pliométrie intense comportant 4 séances de ce type il faut 3 semaines de récupération, chiffre que l'on peut ramener à 10 jours en cas de pliométrie d'intensité moyenne.

Les méthodes pliométriques

- La pliométrie simple :

elle est illustrée par des foulées bondissantes, sauts à la corde, plinth bas (20 cm), bancs.

- La pliométrie intense :

elle s'effectue avec des plinths hauts (60 à 100 cm) et s'exécute au moyen de différentes flexions de jambes à 130°, 90°, 60°, en les combinant ou sans les combiner.

- La pliométrie avec charge :

elle consiste à exécuter des squats en introduisant un ou plusieurs temps de ressort.

Le travail de la force explosive par la pliométrie

Son but est de développer et d'améliorer l'explosivité des muscles de la jambe , très profitable à tous les sportifs de haut niveau.

Consignes de réalisation :

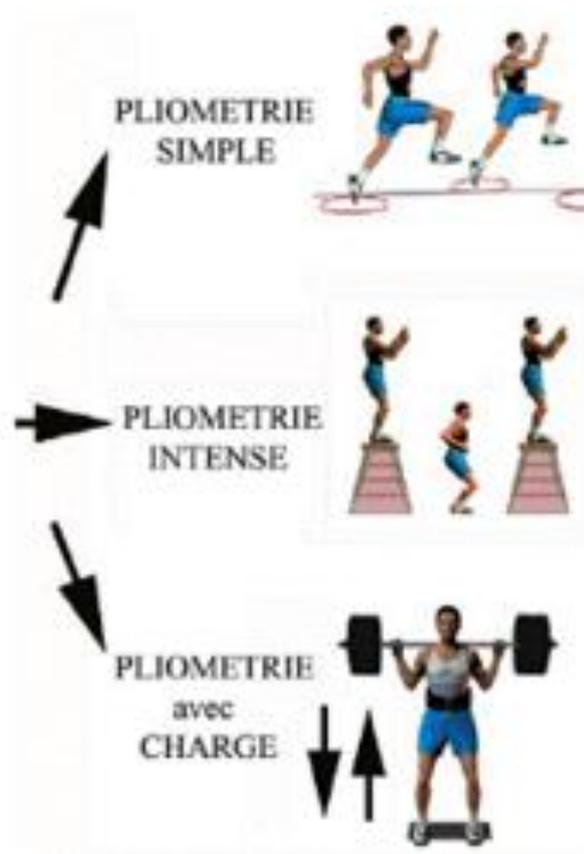
- Gainage: 10 secondes dans la position de la chaise romaine, cuisses à l'horizontale, bras équilibrateurs tendus devant soi, regard horizontal, nuque et épaules relâchées, talons au sol.

- Sauts: 10 sauts enchainés sans temps d'arrêt "temps de ressort", extension complète, aide des bras lancés vers le haut, réception sur jambes mi-fléchies.

- *Sprint*: sur 10 mètres amorcé dès la réception au sol du dernier saut, sans aucun temps d'arrêt. L'athlète cherche à être en accélération constante durant les 10 mètres. La récupération entre chaque répétition des trois séquences gainage-sauts-sprint est très courte (5 secondes).

Programme d'entraînement Poigne:

Il est possible de réaliser une série de 4 à 10 répétitions des trois séquences et de 3 à 5 séries, la récupération entre les séries étant de 2 à 5 minutes environ, en fonction de l'état de forme du moment. Le protocole le plus usité dure 3 semaines à raison de 3 séances d'1 heure par semaine, pour un gain espéré de + 20% de la RM.



Pour conclure sur les différentes techniques de renforcement musculaires

Toutes ont leur intérêt, mais il faut savoir que les techniques de renforcement en excentrique et plus encore pliométrique ne peuvent être confiées à des non spécialistes, à cause de l'augmentation considérable de la charge de travail qui génère de la fatigue et des lésions musculaires que l'on peut quantifier en dosant les CPK (créatine-phospho-kinase) qui sont les enzymes musculaires, témoins de la lyse musculaire.

Chaque séance de pliométrie doit être suivie d'une période de récupération plus importante que pour les autres techniques, sous peine de blessures musculaires récurrentes.

D- La souplesse : qualité physique facilitatrice de la haute performance

La souplesse est également une activité neuro-musculaire. Elle met en jeu l'élasticité des muscles et des articulations et la tonicité musculaire.

Elle fluctue au cours du nyctémère et en fonction des conditions climatiques et doit être développée chez les jeunes entre 11 et 14 ans. Au delà de cet âge, la qualité physique de souplesse sera entravée par l'accroissement de la force musculaire.

La base de travail de la souplesse consiste à faire des étirements quotidiens sur des muscles préalablement échauffés, sans chercher à atteindre les amplitudes articulaires extrêmes qui pourraient nuire à l'efficacité de la gestuelle spécifique à chaque discipline athlétique.

Une fois en place et après l'âge de 15 ans, la souplesse s'entretient aisément grâce à quelques minutes d'étirements en début et fin de séance d'entraînement.

Son évaluation en clinique :

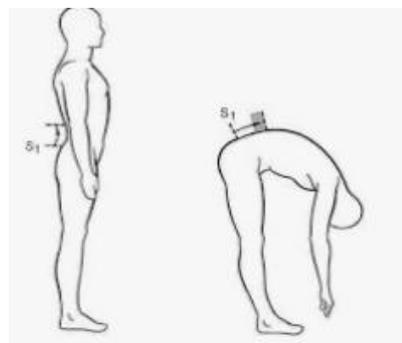
- quadriceps par la mesure en cm de la distance talon- fesse (N = 0 cm).
- ischio- jambiers par la mesure de l'angle poplité (angle entre la verticale et l'axe de la jambe, sujet en décubitus dorsal, hanche à 90°: plus l'angle se rapproche de 0, plus les IJ sont souples).
- rachis par le test de Schober et la distance doigt-sol.



Distance talon-fesse



Angle poplité



Test de Schober

E- Objectifs et moyens pour lancer loin

Lancer loin nécessite des qualités de coordination, d'adresse et de force/ vitesse des membres inférieurs et supérieurs qu'il est possible de mesurer pour cette dernière, par des tests de laboratoire sur ergocycle (Sargeant et Wingate) et des tests de terrain : squat pour tester la force des membres inférieurs et développé-couché pour tester celle des membres supérieurs (Bosco, Rahmani, Izquierdo, Cronin). Peu d'études, en dehors de celles de Bouhler en 2007 sur le javelot et d'Olivier Rambaud en 2008 pour les autres lancers, ont corrélé force et vitesse des membres avec la performance dans les 4 disciplines de Lancers.

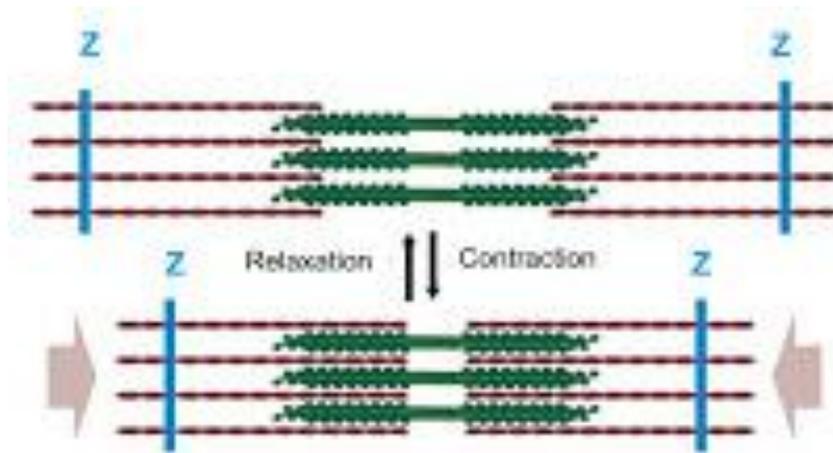
1- Les ressources mécaniques

La performance en Lancer est fonction de la vitesse d'envol. Pour imprimer à l'engin une vitesse d'envol maximale, le lanceur doit produire un niveau de force élevé sur un temps très court, le déplacement du système lanceur-engin étant limité par la taille de l'aire de lancer, cela renvoie au concept de puissance qui dépend de l'aptitude des muscles impliqués à développer des niveaux de puissance élevés, avec corrélation significative entre la performance en lancer et la force musculaire des membres inférieurs et supérieurs, appréciée par la détermination du 1 RM (une répétition à charge maximale) en squat et en développé couché. Bouhler et coll. (2007) ont démontré une relation significative entre la puissance maximale des membres (déterminée sur ergocycle) et la performance en javelot.

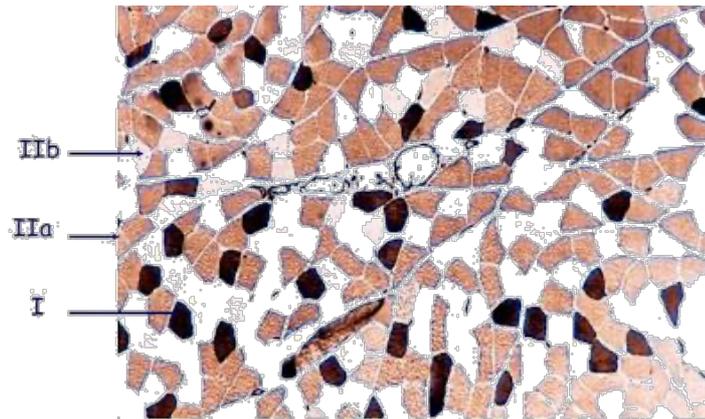
2- La production de puissance maximale (PMax)

est fonction :

a- de la longueur du muscle avec une relation tension-longueur optimale correspondant à un maximum de ponts d'union entre les filaments musculaires d'actine et de myosine (schéma ci-dessous)



b - de la vitesse de contraction des fibres musculaires de type II à contraction rapide développent une puissance maximale cinq à dix fois supérieure à celle des fibres de type I à contraction lente et atteignent cette valeur pour une vitesse optimale.



c - des éléments passifs aponévrotiques possédant des propriétés élastiques vont s'ajouter à la force produite par la composante musculaire contractile (les filaments musculaires d'actine et de myosine).

3- Muscles mis en jeu dans les Lancers

Au niveau des membres inférieurs, l'extension du genou et de la hanche sollicite les muscles grands fessiers pour la hanche, quadriceps et triceps sural pour le genou; muscles également sollicités au cours du squat. Au niveau des membres supérieurs interviennent :

- les muscles rhomboïdes, fixateurs de l'omoplate; ils maintiennent la posture des membres supérieurs et travaillent en isométrie, dans les disciplines de poids, marteau et disque
- les muscles adducteurs d'épaule : grand pectoral et deltoïde antérieur travaillent en dynamique au cours des mouvements de lancer du poids et du disque et en isométrie au lancer de marteau
- le muscle triceps brachial lors du mouvement d'extension du coude, travaille en dynamique au cours de l'éjection au lancer de poids et en isométrique au lancer de marteau.

Ces muscles adducteurs d'épaule et extenseurs du coude sont également sollicités au cours du mouvement de développé couché.

4- La raideur musculo-tendineuse

Tout comme en sprint sur courte distance (40m), il a été démontré une relation significative entre la performance en Lancer et la raideur R, déterminée lors d'un exercice de rebonds maximaux des membres inférieurs. Relation en rapport pour le sprint, avec l'aptitude à accélérer sur la première partie d'un 100 m et dans les Lancers avec une relation significative entre la puissance lors d'un mouvement concentrique et la raideur des membres, un niveau de raideur musculo-tendineuse élevé permettant de maintenir dans des conditions optimales de longueur et de tension, les éléments contractiles d'Actine et de Myosine de la fibre musculaire, ce qui améliore la capacité de production de force.

Enfin cette qualité de raideur permettrait une meilleure transmission de la force produite aux éléments du squelette dans la phase initiale du mouvement, permettant aux Lanceurs de développer et de transmettre rapidement des niveaux de force élevés, ce qui va se traduire par une forte accélération en début de mouvement.

5- Mesure de la PMax des membres supérieurs et inférieurs

Les premières études de mesure de la force musculaire ont été réalisées par Hislop et Perrine en 1967 sur des dynamomètres iso-cinétiques. Ce sont des appareils de mesure de la force musculaire dont la résistance s'adapte à un effort réalisé à vitesse constante. Ils mesurent de la manière la plus sécuritaire possible, le quotient de force entre agonistes et antagonistes.

Ils constituent en médecine de rééducation, un excellent moyen de bilan de la force musculaire après un traumatisme conséquent des membres et de suivi post traumatique de la récupération de cette force musculaire.

Très adaptés au milieu médical, ces dynamomètres iso-cinétiques manquent malgré tout de pertinence quand il s'agira de mesurer la force musculaires des membres chez les sportifs de haut niveau et en particulier chez les Lanceurs, les mouvements humains en général et dans la pratique sportive étant caractérisés par des phases successives d'accélération et de décélération d'une masse constante (conditions iso-inertielle), cette force musculaire maximale ne peut être analysée qu'en laboratoire sur des plateformes de force, gold standard en matière de qualité de mesure de la force musculaire iso-inertielle, mais inadaptées en pratique chez des sportifs de force comme les Lanceurs. Une des bonnes solutions de remplacement sera alors d'étudier la force musculaire à partir de mouvements utilisant les mêmes groupes musculaires que ceux impliqués dans un exercice iso-inertiel : le squat pour les membres inférieurs et le développé couché pour les membres supérieurs, mouvements se rapprochant à la fois des conditions d'exercice et de performance et très utilisés dans le cadre de l'entraînement de force/vitesse et donc très appropriés à l'évaluation des Lanceurs.

6- Rôle de la vitesse d'envol

Une revue de la littérature démontre l'influence majeure de la vitesse d'envol de l'engin sur la performance en Lancer, vitesse d'envol maximale qui ne peut être atteinte que si le lanceur est apte à produire un niveau de force élevé sur un temps inférieur à 3 secondes.

7- Analyse par discipline

Les qualités musculaires des membres inférieurs des lanceurs de chaque discipline sont comparables lorsque Pmax est rapportée à la masse corporelle et il n'existe pas de différence significative entre les trois disciplines de poids, disque et marteau (seuls les Lanceurs de poids ont une Pmax significativement plus élevée de 20%, uniquement parce que leur poids de corps est plus élevé).

Il est intéressant aussi de noter que les lanceurs de marteau ont des valeurs de Pmax des membres supérieurs très inférieures à celles des lanceurs de poids et de disque, en accord avec la spécificité du lancer de marteau, les bras restant tendus tout au long du mouvement (travail en isométrie), leur rôle étant de résister à la force centrifuge de l'engin tout en maintenant un rayon de giration optimale. En conséquence, ayant besoin de moins de force la part d'entraînement des membres supérieurs des lanceurs de marteau est très inférieure à celle des lanceurs de poids et de disque.

8- Relation entre force musculaire et performance

Il existe une relation significative entre la puissance maximale déterminée au cours des tests de demi-squat et mieux de squat complet et de développé couché et la performance réalisée en compétition dans les 3 disciplines de poids, disque et marteau, mais aussi au javelot. Relation en accord avec l'étude de Bouhlef et coll. (2007) qui montre l'influence significative de la puissance maximale des membres supérieurs et inférieurs, déterminée au cours d'un exercice sur bicyclette, avec la performance dans une population de lanceurs de javelots de niveau national. A noter que l'action des membres inférieurs permet de déclencher le mouvement, puis d'accélérer le système lanceur engin dans l'aire de lancer grâce à un mouvement de translation pour les lanceurs de poids et un mouvement de rotation pour les lanceurs de disque et les lanceurs de marteau. L'accélération finale de l'engin avant son éjection dépend ensuite de l'action des groupes musculaires du tronc et principalement des membres supérieurs.

Pmax est corrélée avec MP (meilleure performance), surtout pour les lanceurs de poids avec relation significative entre la valeur de 1-RM déterminée lors d'un exercice de squat et la performance en lancer de poids dans une population de lanceurs confirmés.

Il existe également une relation significative entre Pmax et MP dans chaque discipline. Les qualités de force et de vitesse des membres supérieurs sont également déterminantes dans la performance en lancer. Cette importance des qualités de vitesse est en accord avec l'analyse technique des différentes disciplines : les membres inférieurs permettent d'accélérer le système lanceur-engin, mais l'accélération finale de l'engin avant son éjection résulte de l'action du tronc et des membres supérieurs : grâce à l'action des membres inférieurs le lanceur et son engin atteignent des vitesses comprises entre 2,5 et 7 m.s⁻¹ pour le lancer de poids et de disque respectivement. L'action du tronc et des membres supérieurs permet d'augmenter la vitesse de l'engin de 12,5 m.s⁻¹ pour le lancer de poids et 18 m.s⁻¹ pour le lancer de disque. L'atteinte de ces niveaux de vitesse est possible car la charge liée à la masse des engins respectifs est faible (7 kg environ pour le poids et 2 kg pour le disque).

En accord avec la relation Force-Vitesse, les niveaux de vitesse atteints par chacun des engins sont en rapport direct avec leur masse respective.

9- Applications dans le cadre de l'évaluation et de l'entraînement des lanceurs

a- Ce sont les qualités de force explosive qui déterminent la puissance maximale et la performance en lancer

Elles sont parfaitement déterminées par les exercices de demi-squat ou de squat complet et de développé-couché. Une mesure de la raideur neuro-musculaire lors d'un exercice de rebonds est également conseillée.

Pour les lanceurs de marteau, la mesure de 1-RM est certes très pertinente, mais la mesure de la force maximale isométrique sous barre guidée pour évaluer les membres supérieurs chez les lanceurs de marteau l'est également.

b- Rôle des qualités d'explosivité

Alors que l'analyse de l'aptitude aérobie par un test maximal est réalisée régulièrement dans les disciplines d'endurance afin de s'assurer du bon fonctionnement du système cardiovasculaire, à laquelle on peut associer la détermination de la cinétique lactique pour fournir des données utiles au contrôle de l'intensité des séances d'entraînement (fréquence cardiaque maximale et seuil lactique), dans les Lancers les qualités d'explosivité (relation Force-Vitesse) pourraient bénéficier en sus des tests de force maximale de terrain, d'un test de force -vitesse sur bicyclette ergométrique .**c-c- Le Test de laboratoire Wingate (Ayalon et coll 1974)**

Ce test explore le métabolisme anaérobie alactique et lactique. Le sportif effectue un effort violent sur bicyclette ergométrique de 30 secondes dont la résistance est fonction du poids corporel et de la cadence de pédalage.

La capacité anaérobie lactique est difficile à distinguer de celle du métabolisme anaérobie alactique en raison de l'intervention quasi immédiate de la glycolyse anaérobie avec production de lactates dès les premières secondes de l'exercice. Elle prend en compte la Pmax observée dans les 5-8 premières secondes (en prenant en compte l'inertie de l'ergocycle) et la capacité lactique (puissance moyenne sur les 30 secondes). Trois indices peuvent être retenus pour ce test :

- puissance pic (des 5-8 première secondes). Le pic de puissance correspond à la puissance maximale alactique.
- puissance moyenne sur toute la durée du test de 30 secondes = puissance métabolisme anaérobie lactique + alactique (après avoir atteint le pic de puissance maximale, on observe ensuite une baisse continue de puissance).
- endurance anaérobie lactique = faculté de soutenir un fort pourcentage de la Puissance pic (Ppic/Pfin test).

Résultats du test : ce test est intéressant dans les sports de haut niveau à forte capacité anaérobie. Il peut être aussi utilisé pour le contrôle du développement musculaire après blessure ou pour suivre les effets d'un entraînement spécifique. Dans les Lancers en Athlétisme, la détermination du Pic de puissance est nécessaire et suffisante.

10- Conclusion

Il existe une corrélation entre la PMax des membres inférieurs et supérieurs testés sur 1 RM en demi-squat, squat complet et développé-couché et la performance dans les 4 Lancers. Différentes études ont également souligné l'importance d'un niveau de raideur élevé pour être performant lors d'un exercice explosif, avec relation significative entre la raideur des membres supérieurs et la force maximale isométrique ainsi que le travail réalisé pendant la phase concentrique d'un mouvement de développé couché. Les athlètes avec un niveau de raideur des membres supérieurs élevé ont un niveau de puissance maximale et une vitesse de montée en puissance supérieurs lors d'un exercice de développé couché en mode concentrique. L'exploration force-vitesse sur ergocycle (test de Wingate jusqu'au Pic de Puissance) peut être intéressante pour déterminer les qualités musculaires spécifiques propres à chaque Lancer.

IV- LE MENTAL DANS LES LANCERS



Le mental c'est cette force qui permet qui permet aux Lanceurs et Lanceuses Elite d'exploiter pleinement leur potentiel sportif, les rend imperméables au stress, à la pression de la performance, des Médias et du public, à la nervosité qui en découle et de répondre présents à chaque grande compétition. Cette force mentale est bâtie sur le socle de 3 facultés psychologiques :

1- L'audace

Avoir de l'audace, c'est oser, tenter des choses difficiles en se moquant parfois du danger et des obstacles de toutes sortes. Elle fait appel à la confiance en soi et porte à des actions qui bravent les habitudes.

2- La persévérance

Persévérer c'est être constant, obstiné, opiniâtre et tenace dans l'effort, le talent n'est qu'à ce prix.

3- L'intelligence

C'est la faculté reine, celle qui module audace et persévérance, permet de comprendre vite, de s'adapter facilement, d'être rationnel sans brider son intuition et ses propres sensations.

Tous les Lanceurs de haut niveau, filles et garçons que nous avons pu côtoyer au fil du temps sont tous sans exception intelligents dans leur discipline, mais aussi dans la vie de tous les jours.

Avoir du mental est donc la marque de fabrique des champions et c'est là qu'intervient la préparation mentale qui va rendre l'entraînement encore plus efficace et les Lanceuses et Lanceurs plus forts en compétition.

Dans cette préparation mentale, les médecins de terrain avec leurs collègues kinésithérapeutes ont toute leur place.

Mélina Robert Michon, Quentin Bigot, Alexandra Tavernier

