

## **Effets du mode de contraction musculaire et de l'entraînement de la force sur la variation sérique de la lactatedéshydrogénase et de la Créatinephosphokinase chez les footballeurs juniors de l'entente Sportive Setifienne.**

Boukherissa zahir

Maitre-assistant université Mohamed Lamine Debaghine Sétif 2

---

### **Résumé**

Nous avons cherché, à travers cette étude, à identifier des indicateurs biochimiques (CPK et LDH) capables de montrer le degré de lyse musculaire due aux différentes sollicitations musculaires intensives (mode de contraction musculaire) appliquées lors d'entraînement de la force. Au-delà d'une analyse des réponses enzymatiques des taux plasmatiques de la LDH et de la CPK après des protocoles d'entraînement de la force en différentes situations, à savoir concentrique et excentrique, réalisés sur une population algérienne, nous souhaitons avoir des résultats spécifiques à cette population et qui confirment ou infirment les données de la bibliographie.

### **Introduction**

L'activité physique intensive sollicitant l'appareil locomoteur occasionne un certain nombre de conséquences biologiques, qui peuvent actuellement être bien approchées. Les modifications au sein du muscle en activité et les effets cumulés causant l'apparition de la fatigue sont explorables par des techniques d'analyses biochimiques axées sur le diagnostic enzymatique et biologique. En effet, des liens existeraient entre le régime de la contraction musculaire utilisé lors d'un entraînement de la force et les types de réponses métaboliques ! Ce constat, constitue le point de départ de la problématique relative au phénomène d'adaptation biologique du muscle soumis à des charges intenses de type concentrique ou excentrique.

Selon Atamasov P. <sup>(2)</sup> les enzymes de LDH, de CPK et de leurs isoenzymes peuvent être utilisées comme des indices biochimiques capables de montrer le degré de l'entraînement ainsi que l'effet négatif des charges dures et épuisantes. L'importance et la permanence de ces variations vont, bien entendu, conditionner la performance et les possibilités de récupération. En effet, les douleurs musculaires retardées (DOMS), qui sont le signe de dégâts au niveau du cytosquelette de la fibre musculaire, conditionnent le degré des gains de la force maximale par le phénomène de l'hypertrophie. Le DOMS est plus prononcé après des contractions musculaires de type excentrique qu'après des contractions musculaires de type concentrique

<sup>(4)</sup>. Le diagnostic enzymologique (CPK et LDH) permet donc, au biais de ces indicateurs biochimiques de mieux programmer le processus d'entraînement de la force, de préserver l'intégrité organique des athlètes et de déterminer la méthode (mode de contraction musculaire) la plus intéressante pour obtenir les gains les plus élevés de la force maximale. Contrairement à ce qu'on a cru comme une certitude pendant longtemps, la douleur musculaire ne semble pas liée à l'accumulation d'acide lactique <sup>(20,32)</sup>. Puisque lors d'une course sur tapis roulant (expérience sur le rat mené par Olgivie et al. (1989), le lactate était plus élevé pendant la montée que la descente. Ces mêmes auteurs constatèrent 40 heures après la course une énorme accumulation dans le sang de la LDH et de la CPK, uniquement chez les rats qui ont couru en descendant (excentrique). Ce constat est également souligné par Hoppeler H. et Olgivie R.W. (1989) <sup>(32)</sup> qui retrouvent les mêmes résultats chez l'homme. S'appuyant sur ces données bibliographiques, nous pouvons dire que, la variation des paramètres biochimiques provoquée par un entraînement intensif destiné à développer les indices de la force maximale est un indicateur fiable traduisant le degré d'adaptation de la structure musculaire

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1. Population

La présente étude a été menée sur 20 footballeurs sains de sexe masculins et de niveau national. Ils sont en bonne santé apparente et ne présentent aucun problème musculaire, tendineux ou articulaire plausible. Leurs principales caractéristiques physiques et leurs performances aux tests de force maximale sont présentées dans le Tableau 1.

Avant de donner leur consentement, les sujets ont reçus toutes les informations liées à la nature et aux risques associés à cette étude. L'ensemble des athlètes retenus étaient motivés et habitués à produire des efforts maximaux pendant des séances de musculation.

Tableau n°1 : caractéristiques physiques et les performances aux tests de force maximale des groupes expérimentales.

|                     | Poids « kg » | Taille « m » | Age ans      |
|---------------------|--------------|--------------|--------------|
| G1 « Concentrique » | 68,71 ± 2,82 | 1,74 ± 0,06  | 18,67 ± 0,71 |
| G2 « Excentrique »  | 73,36 ± 5,66 | 1,78 ± 0,07  | 18,38 ± 0,74 |

### 2.2. Matériel

Pour la mesure du poids et de la taille debout de nos sujets, nous avons utilisé une balance électronique et un anthropomètre traditionnel en bois. Une salle de musculation bien équipée (Barre olympique, charge additionnel disponible, Banc pour le développé couché, ... etc.) et un chronomètre électronique ont été mis à notre disposition par les responsables de l'OPOW de Sétif afin de réaliser à bien les objectifs

et tâches méthodologiques liés a la bonne marche des séances expérimentales prévus. La réalisation des prélèvements sanguins a nécessité l'utilisation d'une seringue à trois pièces à usage unique, avec aiguille indolore apyrogène, stérilisée à l'oxyde d'éthylène, un tube à essai standard, sec, pour l'analyse biochimique.

Les analyses biochimiques des échantillons sanguins réalisés au laboratoire centrale du CHU de Sétif ont été effectués a l'aide d'appareil de type BECKMAN COULTER SYNCHRON CX9 Clinical. System ALX

## 2.3. Protocole

### 2.3.1. Protocole expérimental

Le protocole de cette étude s'organise autour de quatre phases bien distinctes. La première phase qui a pour objectif l'accoutumance et l'acquisition de la coordination spécifique aux exercices (développé couchée et  $\frac{1}{2}$  squats) prévu par l'expérimentation. Les sujets réalisent 2 séances de musculation, à faible intensité (40 % de 1RM), par semaine.

La deuxième phase consiste a évalué et analysé les indices de la FM (1RM) avant l'expérimentation, soit au moins quatre vingt seize heures avant la séance expérimentale.

L'analyse enzymatique ainsi que le questionnaire (CR10 de Borg) ont été appliqué sur les sujets avant et après la séance expérimentale. Aussi, les unités des tests physiques destiné à évaluation la force maximale ont été réalisée 4 jours avant et respectivement 06h et 30h après la séance de musculation. Cependant, les enzymes CPK et LDH ont été prélevé 02 heures avant (à 8h du matin) et immédiatement (0h), 1h et 24h après la séance de musculation puis analysé au laboratoire central du CHU de Sétif.

Enfin la série de questionnaire (CR10 de Borg) de perception de la douleur musculaire ont été proposé aux sujets immédiatement après et ensuite 06h, 20h et 30h après la séance de musculation.

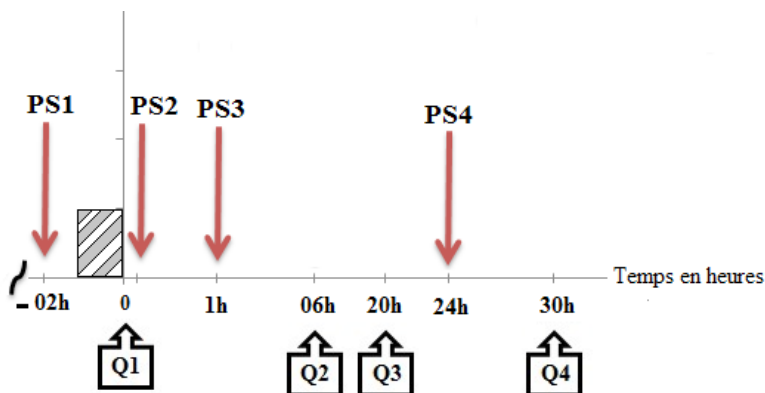


Figure n°1 : représente le protocole expérimental de l'étude

### 3. Analyse statistique

Les paramètres d'évaluation retenus ont été le moment de Force maximale (MFM). Les résultats ont été exprimés selon la moyenne et l'écart type. Le Test t pour échantillons appariés a comparé les deux protocoles d'entraînement d'un même sujet. Les résultats ont été considérés significatifs pour alpha inférieur à 0,05.

### 4. Résultats

#### 4.1. Evolution de la concentration plasmatique de la CPK et de la LDH.

La mesure de l'activité de la CPK et de la LDH dans le plasma (moyenne  $\pm$  ET), des groupes expérimentaux, induit par les séances de musculation expérimentale en mode concentrique et excentrique est présenté sur **les tableaux 2** ainsi que les **figures 1 et 2**.

Au repos (P1), les concentrations de la Créatine phosphokinase et de la lactate-déshydrogénase dans le sang diffèrent d'une manière non significative entre le G1 et G2

Tableau 2 : Evolution des concentrations plasmatiques en enzyme musculaire avant (Pré-test) et après (Post-tests) les séances d'entraînements expérimentales de type concentrique et excentrique. Les valeurs sont rapportées en moyenne  $\pm$  ET. Abréviations : CPK : Créatine phosphokinase ; CON : concentrique ; EXC : excentrique ; F : footballeurs.

|             | Paramètres | Avant (P1)         | Après                   |                           |                        |
|-------------|------------|--------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------|
|             |            |                    | 0h après (P2)           | 1h après (P3)             | 24h après (P4)         |
| Groupe Con. | CPK        | 384,1 $\pm$ 133,35 | 648 $\pm$ 156,78 ****   | 922,7 $\pm$ 160,56 ****   | 674,3 $\pm$ 146,38 *** |
|             | LDH        | 678,3 $\pm$ 190,77 | 578,5 $\pm$ 127,17 NS   | 598,8 $\pm$ 135,87 NS     | 592,7 $\pm$ 124,22 NS  |
| Groupe Exc. | CPK        | 354,4 $\pm$ 96,23  | 622,8 $\pm$ 178,65 **   | 1037,25 $\pm$ 113,81 **** |                        |
|             | LDH        | 566,3 $\pm$ 80,91  | 725,11 $\pm$ 93,70 **** | 1071,7 $\pm$ 368,92 **    |                        |

En comparant la CPK des deux groupes de footballeurs (G1 et G2) dosé avant la séance de musculation concentrique (384,1  $\pm$  133,35 UI/L) et excentrique (354,4  $\pm$  96,23 UI/L), nous constatons que les valeurs relevées sont approximativement de valeurs presque égales, comme le montre le **Tableau 1**.

### 4.1.1. Evolution de la concentration plasmatique de la CPK

#### 4.1.1.1 Séance concentrique

Immédiatement après l'entraînement nous avons observé une élévation significative ( $P < 0,001$ ) des taux de CPK dans le sang chez les footballeurs travaillant en mode concentrique (G1) ( $648 \pm 156,78$  UI/L). Ce paramètre sanguin continu a augmenté une heure après l'entraînement concentrique pour atteindre un taux sérique de  $922,7 \pm 160,56$  UI/L. 24 heures après (P3) nous constatons une baisse très marquée des valeurs de la CPK ( $674,3 \pm 146,38$ ) qui se rapproche des valeurs de repos (P1).

A cet effet, Il nous semble important de signaler que le G1 a atteint la valeur pic des concentrations de la CK une heure après la séance a doublé, celle-ci a augmenté de 2,40 fois les valeurs basales d'avant la séance. La variation des taux sanguin de la créatinephosphokinase semble être influencée par l'entraînement concentrique, néanmoins la faible permanence de ses augmentations montre que l'impact de ce type de régime n'est pas très contraignant pour l'ultrastructure des fibres musculaires.

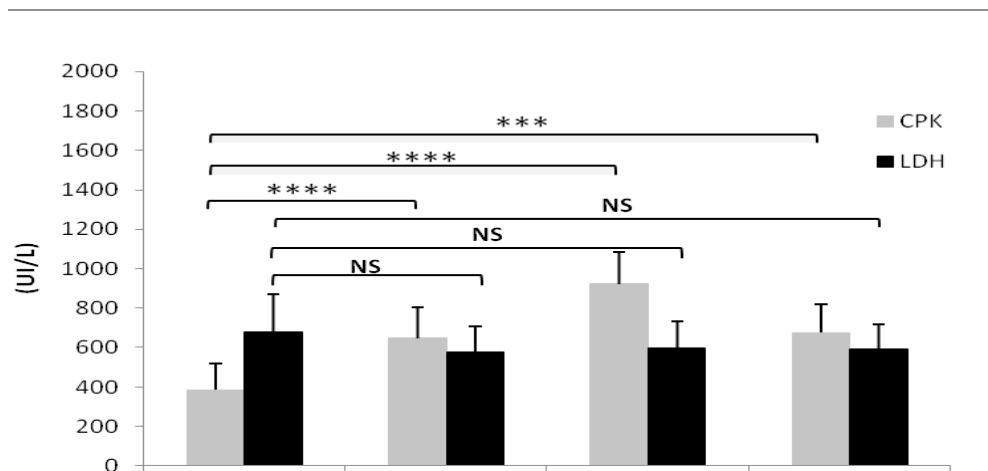


Figure n°1 : Variation du taux de la créatine phosphokinase (CPK) et de la Lactatedéshydrogénase (LDH) avant (P1), immédiatement après (P2), une heure après (P3) et le lendemain (P4) c.-à-d. 24h après la séance de musculation concentrique (CON) chez le footballeurs. Chaque valeur représente la moyenne ( $\pm$  SEM) des 4 prélèvements. Différence significative entre le premier prélèvement (P1) et les différentes épreuves (P2, P3, P4) : \*  $P < 0,05$ , \*\*  $P < 0,01$ , \*\*\*  $P < 0,001$  et \*\*\*\*  $P < 0,0001$

#### 4.1.1.2. Séance excentrique

La concentration de la CPK (enzyme sarcoplasmique) dans le plasma augmentation

significativement après la séance de musculation excentrique par rapport aux valeurs d'avant-effort (P1). Immédiatement à la fin de la séance (P2) les valeurs de la CPK plasmatique chez les sujets du G2 augmentent de façon significative, cette hausse ( $p < 0,01$ ) égale les  $622,80 \pm 178,65$  UI/L.

Une heure après la fin de la séance excentrique, cette enzyme intracellulaire atteint déjà un palier très significatives ( $P < 0.001$ ) avec une valeur de  $1037,25 \pm 113,81$  UI/L. Celle-ci continue à s'élever d'une manière très importante avec une valeur moyenne de  $1806,7 \pm 134,25$ .

L'augmentation de l'activité de la CPK dans le plasma franchie la limite de 5,09 fois les valeurs initiale (P1). Ce constat reflète une fuite de de cette enzyme au travers des structures membranaires lésée suite un entrainement de musculation dure et épuisant a l'image du régime excentrique.

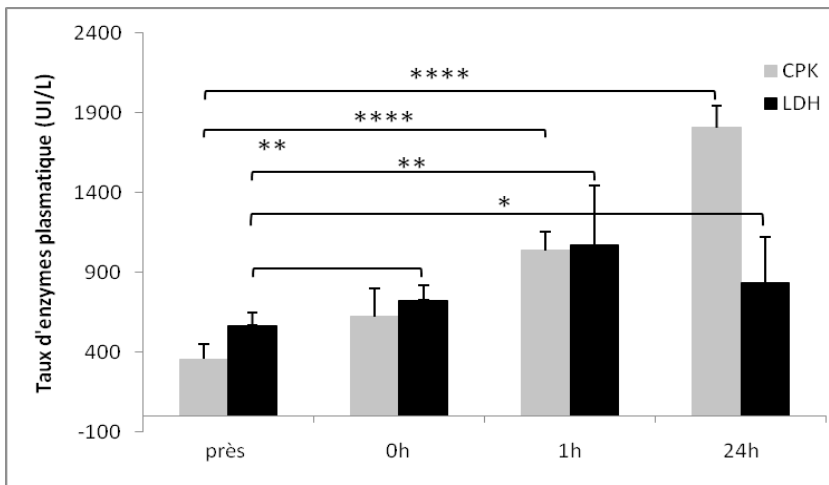


Figure n°2 : Variation du taux de la créatine phosphokinase (CPK) et de la Lactatedéshydrogénase avant (P1), immédiatement après (P2), une heure après (P3) et le lendemain (P4) c.-à-d. 24h après la séance de musculation excentriques (EXC) chez le footballeurs. Chaque valeur représente la moyenne ( $\pm$  SEM) des 4 prélèvements. Différence significative entre le premier prélèvement (P1) et les différentes épreuves (P2, P3, P4) : \*  $P < 0.05$ , \*\*  $P < 0.01$ , \*\*\*  $P < 0.001$  et \*\*\*\*  $P < 0.0001$

### 1.1.1. Evolution de la concentration plasmatique de la LDH

La concentration de la LDH (enzyme sarcoplasmique) dans le plasma n'a pratiquement pas varié d'une manière significative après la séance de musculation en mode concentrique chez le groupe de footballeur. Les valeurs de cette enzyme ont enregistré une baisse non significatif immédiatement (P2), une heure (P3) et

24heures (P4) après la séance de musculation concentrique.

Par contre, nous avons observé une élévation très importante ( $725,11 \pm 93,70$ ) immédiatement après la fin de la séance excentrique (P2), suivie d'une valeur pic une heure après (P3) le stimulus dépassant le double des valeurs initiales (P1). 24 heures après nous avons observé une baisse des taux plasmatique de la LDH mais elle reste quand même significativement élevé par rapport aux valeurs initiale (P1)

### 1.1. Evolution de la sensation de Douleur musculaire d'apparition retardée.

Les résultats des questionnaires CR10 administré à nos sujets montrent que l'entraînement en mode excentrique engendre des douleurs musculaires d'apparition retardée ou DOMS (*Delayed Onset muscle Soreness*) plus importantes comparativement avec l'entraînement en mode concentrique (fig.2).

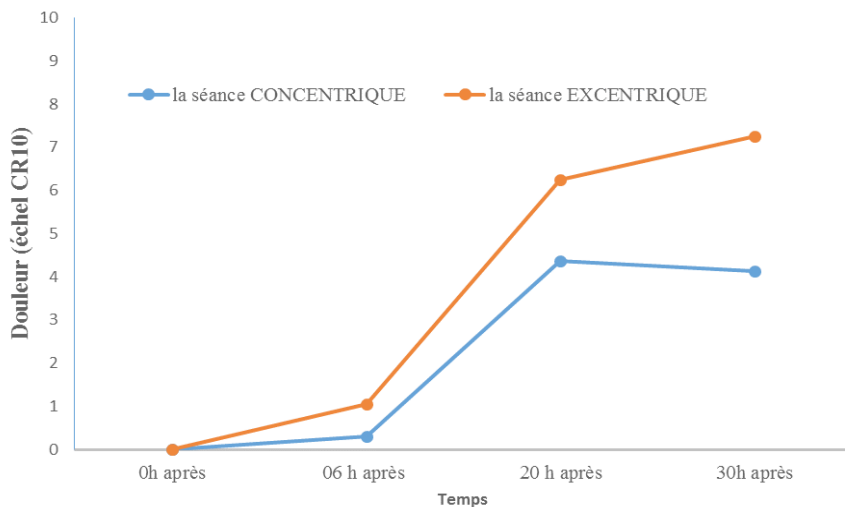


Figure 2 : Evolution de la Perception de la douleur musculaire après (Post-tests) les séances d'entraînements expérimentales. Les valeurs sont rapportées en moyenne  $\pm$  ET. ; CON: concentrique ; EXC: excentrique. G1 : groupe de footballeurs travaillant en concentrique, G2 : groupe de footballeurs travaillant en excentrique. La signification des valeurs de l'échèle CR10 de Borg sont comme suite : 0 : Absence de sensations de douleurs ; 0,5 : Sensations très légères de douleurs musculaires ; 2 : Sensations de douleurs musculaires n'affectant en rien les possibilités de mouvements ; 5 : Les douleurs musculaires sont assez intenses, mais perturbent peu l'exécution du mouvement ; 7 : La réalisation du mouvement musculaire est très perturbée (limitée) par les sensations de douleurs et 10 : L'impossibilité de se mouvoir à cause des sensations de douleurs.

Ainsi, les sujets s'entraînant en situation excentrique et en concentrique

---

présentent une même cinétique d'apparition des douleurs jusqu'à 6h après (Q1 et Q2) ou nous relevons des douleurs légère à modérée. La Perception de la douleur musculaire post-effort augmente significativement le lendemain de l'entraînement chez les deux groupes quel que soit le régime de contraction musculaire utilisé (PIC). Néanmoins, le travail excentrique semble être le plus contraignant puisque les valeurs les plus élevées ont été relevés 20h après l'entraînement (Q3) chez les sujets qui ont subi la séance excentrique.

## **Conclusion**

La principale constatation qui ressort des résultats de notre étude est qu'elle vient confirmer les travaux de Hoppeler H. et Olgivie R.W. ; (1989) ainsi que celle de beaucoup d'autres auteurs. Effectivement, l'élévation dans le sang des taux de l'enzyme créatine-phospho-kinase (CPK) et l'enzyme lactate déshydrogénase (LDH) reflètent l'étendue des dégâts musculaires produit par les exercices de force selon les protocoles d'entraînements utilisés (concentrique et excentrique). Cela trouve probablement son explication dans le fait que la CPK et LDH sont normalement strictement intracellulaires, et l'augmentation de leur taux dans le plasma reflète leur fuite au travers des structures membranaires de cellule musculaire. Ce qui peut indiquer l'existence de lésions de la membrane de la fibre musculaire suite aux exercices de musculation dure et épuisante.

Dans le cas des exercices de musculation en mode excentrique, incrimine par beaucoup d'auteurs, nous avons remarqué une concordance entre nos résultats et celle d'une large communauté d'auteurs fait nécessairement de la CPK un indicateur fidèle par excellence de lésions musculaires post-effort.

Les sensations de douleur musculaire d'apparition retardée (DOMS) sont des conséquences des microlésions des tissus conjonctif et musculaire causé par le protocole d'entraînement administré aux sujets composant nos échantillons. Ce constat est soutenu par le fait que la permanence de ce phénomène, est soutenu tout le long du processus de régénération de l'ultra-structurale de la cellule musculaire endommagé ou partiellement lésé.

## **Bibliographie**

1. Anselme B., (1997). Le corps humain : anatomie, biologie, santé. Éd Nathan, Paris.
2. Atamasov P., (2000). Diagnostic enzymatique des charges physiques. Thèse de Doctorat. thèse de l'auteur. Académie sportive, SOFIA.
3. Babault N. & Pousson M., (1999). Évaluation de l'activation pendant la sollicitation musculaire isométrique et excentrique. 8<sup>ème</sup> Congrès de l'ACAPS, Macolin : communications orales UFR STAPS, Dijon.



4. Balnave C. D. & Thompson M. W., (1993). Effect of training on eccentric exercise-induced muscle damage. *J. appl. Physiol.*, Canada.
  5. Borel J., Chanard J., Gougeon J., Leutenegger M., Potron G., Randoux A., Zeitoun P., (1981). Comment prescrire et interpréter un examen de biochimie. Maloine éd. S.A., Paris.
  6. Brooks G.A., Fahey T.D., White T.P., (1995). *Exercise Physiology Human Bioenergetics and its Applications*. 2<sup>ème</sup> Éd. Mayfield Publishing Company, Mountain View, California London, Toronto.
  7. Charrin M., Vanneste P., (1991). *Hématologie : Aspects théoriques et pratiques*. Doin éd., Paris.
  8. Colombat P., Binet C., Desbois I., Lamagnere J.P., (1991). *Hématologie pratique*. Doin éd., Paris.
  9. Cometti G., (1989). *Les méthodes modernes de musculation : données théoriques*, t.1, UFR STAPS, université de Bourgogne, Dijon.
  10. Cometti G., (1989). *Les méthodes modernes de musculation : données pratiques*, t.2, UFR STAPS, université de Bourgogne, Dijon.
  11. Cometti G., Petit G., Pougheon M., (1991). *Sciences Biologique : Brevet d'état d'Educateur sportif 1<sup>er</sup> et 2<sup>ème</sup> degré*. Éd. Vigot, Paris.
  12. Dekkar N., Brikci A., Hanifi R., (1990). *Techniques d'évaluation physiologique des athlètes*, 1<sup>ère</sup> éd. C. O. A., Alger.
  13. Donnadieu J. (s.d), *Aspects historique, méthodologique et scientifique*. Cahier d'I.N.S.E.P, Paris.
  14. Dorosz P., (2001). *Constantes Biologiques et Repères Médicaux*. 3<sup>ème</sup> éd. MALOINE, Paris.
  15. Doutreloux J.P., Masegla M., Robert P., (1992). *Le Muscle : de l'entraînement et de l'entretien à la performance*. Éd. Amphora S.A.
  16. Duchateau J., (1992). *L'entraînement de la force spécifique en sport : fondements physiologiques et applications pratiques*. Les cahiers de l'INSEP, n° 3 – Année, Paris.
  17. Fox E L., Mathews D.K., (1984). *Bases physiologiques de l'activité physique*. Ed. Vigot, Paris.
  18. Garnier A., Waysfel B.D., (1992). *Alimentation et Sport*. Éd. Maloine, France.
  19. Gartner L.P., Hiatt J.L., (1997). *Atlas en Couleur d'Histologie*. 2<sup>ème</sup> éd. française : nouvelle traduction et adaptation française sous la direction de Jean-François Bernaudin. Éd. Pradel, Masson Williams & Wilkins, France.
  20. Hamladji R.M., (1998). *Précis de sémiologie*. OPU, Alger.
  21. Helga & Letzelter M., (1990). *Entraînement de la Force*. Éd. Vigot, Paris.
  22. Hort W., Flöthner R., (1984). *Les Bases Scientifiques de la Musculation et de la Traumatologie Musculaire*. Éd. Vigot, Paris.
  23. Lacoste C., Alezra G., Dugal J.P., Richard D., (1996). *La pratique du sport : Biologie, entraînement, santé*. Éd Nathan, Paris.
  24. Laure P., Dine G., (2001). *Exploration et suivi biologique du sportif*. Éd. Masson, Paris.
  25. Marini J.F., (1987). *l'étude des adaptations métaboliques du muscle squelettique : effets de l'entraînement sur les activités enzymatiques*. *Rev. science et motricité*, n° 1.
-

26. Marks D.B., (2001). Biochimie : Traduction et adaptation française Nathalie Cartier Dr en médecine chargée de recherche à l'INSERM (U 342). Hôpital Saint-Vincent-de-Paul. Éd. Pradel, Paris.
27. Matveiv L.P., (1983). La base de l'entraînement. Éd. Vigot, Paris.
28. Monod H., Flandrois R., (1997). Physiologie du Sport : Base Physiologiques des Activités Physiques et Sportives. Éd. Masson, Paris.
29. Parlebas P., Cyffers B., (1992). Statistique appliquée aux activités physiques et sportives. INSEP Publications, Paris, France.
30. Platonov V.N., (1984). L'entraînement sportif : THEORIE ET METHODOLOGIE. Traduit du russe par Jonco N., & Wattez D., en collaboration avec Lacour J.R., Prof de physiologie. Ed. rev. EPS, Paris.
31. Proske U., & Morgan D.L., (2001). Muscle damage from eccentric exercise mechanism: mechanical signs, adaptation and clinical applications. *J. of Physiol.*, pp. 333-345
- Rieu M., & Barrault D., (1989). Les troubles biologiques liés à l'entraînement physique intense. Éd. rev. EPS, Bioénergétique, Paris.
32. Roth S.M., Gajdosik R., & Ruby B.C., (2001). Effects of Circulating Estradiol on Exercise-Induced Creatine Kinase Activity. *J. of Exerc. Physiol., Offic. J. Amer.*, vol. 4, n°2.