Revue SCIENCES HumaineS ——— Vol 29 N°2, Décembre 2018, pp179-192 ———

CARACTERISATION CARDIORESPIRATOIRE ET METABOLIQUE DE L'ADAPTATION A L'EFFORT CHEZ LE JEUNE NAGEUR

Yassine Benkara[1,2]
Abderrahim Benlabed[1,2]
Fouad Chih [1,2]
Himoud Ahmed [1,2]
Abderrahim Sellami[1,2]

(1)-Institut des STAPS, Université Abdelhamid Mehri Constantine-2,
(2)-Laboratoire d'Expertise et d'Analyse de la Performance Sportive, Université Abdelhamid Mehri Constantine-2

Abstract:

This work aims morphofunctional adaptations of young swimmers, children and teenagers, exercise and training. 28 swimmers divided into 4 stages according to Tanner staging. (Age: 12.85 ± 2.30 years, height 159.02 ± 14.5 cm, weight: 51.05 ± 13.86 kg) were assessed twice, at the beginning and the end of the sports season. The investigations concerned the assessment of VO_{2max}, the change in heart rate, anthropometric measurements and blood samples. Also, an analysis has been devoted to the parameters of the training load. The muscular effort test was performed according to the protocol of Wasserman (1986). In our study, we recommend the age established between the 3rd and 4th stage of puberty according to Tanner staging for the increase of the loads of training without striking a blow at the health of these athletes.

Keywords: Adaptation- swimmers -VO_{2max}- heart rate - puberty- Morphofunctional -training

ملخص:

يهدف هذا العمل بحث آليات تكيف الجسم المرفووظيفي مع التمارين والتدريب للسباحين في مرحلة الطفولة والمراهقة.
شملت عينة البحث. 28 سباحا بأعمار (10-16) سنة، قسموا إلى أربع مجموعات حسب تصنيف تانير لمراحل البلوغ، تم إجراء الاختبارات الفيزيولوجية (كمية استهلاك الحجم الأقصى للأكسجين VO_{2max}، معدل ضربات القلب في حالة الراحة – أثناء الجهد البدني – بعد الجهد البدني)، وقياسات أنثروبومترية (الطول والوزن، 04 قياسات لسمك الثنايا الجلدية، الكتلة النسبية والمطلقة لدهون الجسم وكتلة الجسم الخالية من الدهون)، وبعض التحاليل البيوكيميائية للدم (إنزيم الكرياتين فوسفوكيناز Créatine PhosphoKinase - CPK ، إنزيم نازعة هيدروجين اللاكتات Lactate-Déshydrogénase - LDH، هرمون الكورتيزول والتستوستيرون)، حيث تم إجراء كل هذه الاختبارات مرتين في بداية ونهاية الموسم الرياضي.أهم التوصيات التي جاءت بها هذه الدراسة هي أن يتم تخطيط وبرمجت مختلف أشكال حمولة التدريب ابتداء من العمر الزمني (14.5 إلى 15.5) سنة والذي يناظره وفق تصنيف تانير بين المرحلة الثالثة والرابعة للبلوغ بزيادة حمولة التدريب بدون المساس بصحة هؤلاء الرياضيين.

الكلمات المفتاحية: التكيف، السباحين، الحجم الأقصى لاستهلاك الأكسجين VO2max ، نبضات القلب FC، البلوغ، التدريب، المرفو ووظيفي.

Introduction :

Le contrôle des effets de la charge d'entraînement est un aspect incontournable de la préparation sportive. Les enjeux de cette évolution consistent à se doter d'outils validés pour un entraînement optimal en renforçant les qualités physiques et énergétiques nécessaires à l'athlète (Helal. H 1982, 20).

© Université des Frères Mentouri Constantine1, Algérie, 2018.

1. L'adaptation morphofonctionnelle, représente les modifications de l'organisme pour s'ajuster aux charges de travail. L'adaptation de l'organisme à un sport donné n'est qu'un exemple d'adaptation morphofonctionnelle et biologique. Elle est observée quand l'effort imposé à l'organisme et les possibilités des sportifs sont relativement proportionnelles. A l'inverse, si l'écart est trop important l'adaptation devient très difficile. Elle peut être réversible, elle doit donc être constamment renouvelée pour la conserver. Les phases d'amélioration de la capacité d'adaptation dépendent des périodes et des limites des phases sensibles et critiques. Si les phases d'adaptation optimales ne sont pas suffisamment exploitées, l'utilisation maximale du potentiel génétique l'est aussi (Boussaidi. L, et col
2003, 16–19).

Les mécanismes d'adaptation de l'organisme à l'activité physique ont été bien documentés ces dernières années, cependant les adaptations chez les plus jeune, pré et post-pubère restent toujours controversés (Stone. EJ, et col 1998 298–315).

Le but de la présente recherche vise principalement l'aspect morphofonctionnel centré sur l'importance des adaptations cardiorespiratoires, biométriques et biologiques en relation avec la charge d'entraînement à différents stades de la maturation biologique et du développement des nageurs.

A cet effet, cette étude traite l'hypothèse de la variation des adaptations cardiorespiratoires et métaboliques liées à l'entraînement selon les stades pubertaires.

Ainsi orienter l'entraînement selon l'âge biologique, permettrait la meilleure prise en charge des nageurs pendant l'entraînement et la récupération en maitrisant la structuration de l'entraînement et le suivi rigoureux de ces jeunes nageurs en vue d'une amélioration des caractéristiques morphofonctionnels et un accroissement plus stable des possibilités individuelles en relation avec l'âge du nageur, permettant une meilleure installation de l'adaptation à l'effort musculaire.

Plusieurs études consacrées à la caractérisation de la charge d'entraînement chez les jeunes ont souvent rapporté des conclusions divergentes, voire même contradictoires. Les résultats des études de recherche et des protocoles expérimentaux pour une approche scientifique de l'entraînement restent encore hypothétiques et dépendent des observations tirées de quelques aspects fondamentaux liés à la préparation physique générale, la récupération, la planification et aux principes de l'entraînement.

Dans le milieu sportif, une telle étude revêt un intérêt indéniable dans la pratique sportive. Les informations obtenues peuvent servir pour la gestion, l'orientation méthodologique et le contrôle de l'entraînement chez l'enfant et l'adolescent nageur.

1. SUJETS, MATERIEL, ET METHODES.

1.1 SUJETS :

Une population de 28 nageurs de genre masculin, d'une taille de 159.02±14.5cm et d'un poids de 51.05±13.86kg, répartis en 4 stades pubertaires selon la classification de Tanner (Tanner. J.M, 1973) ont consenti à participer l'étude (tableau n°1).

Tab n° 1 : Caractéristiques de l'échantillon.

N=28	Stade 1 G1	Stade 2 G2	Stade 3 G3	Stade 4 G4
Age (an)/ Classe-Tanner	10.82 ± 0.89	12.94 ± 1,49	14.98 ± 0,66	16.07 ± 1,33
VKN (m)(1)	81750	118500	131100	133450

Les sujets, réalisent six (06) entraînements hebdomadaires de 90±30min/séance. La charge d'entraînement annuelle a été normalisée en volume kilométrique de nage (VKN) pour l'ensemble des exercices.

1.2 PROTOCOLE EXPERIMENTAL

Les sujets ont réalisé deux épreuves d'effort, en début de saison (E1) et en fin de saison sportive (E2).

Il s'agit d'épreuves d'effort musculaires (EEM) triangulaires standardisées et individualisées : La standardisation repose sur la durée de l'EEM ; Après une période d'échauffement de 3 min, il est préconisé une durée d'incrémentation de la charge pendant 10 minutes avec des paliers d'une minute : il faut donc en 10 paliers d'une minute chacun obtenir une charge maximale pour chaque sujet selon son aptitude physique (figure n°1).

Ensuite individualiser l'EEM par l'adaptation de la charge à chaque individu. Connaissant la durée de l'EEM et celle des paliers, l'incrémentation de la charge sera calculée à partir de la puissance maximale théorique (PMA), (Wasserman. K, et col, 1986).

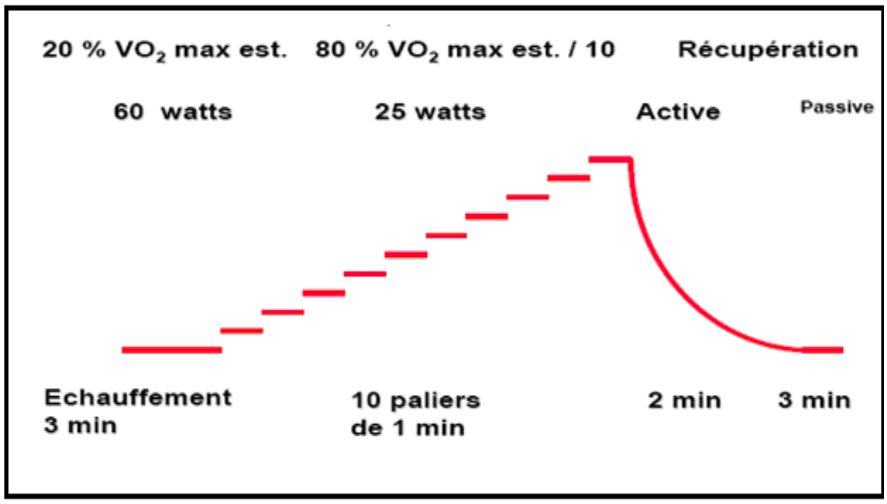

Figure n° 1 : Evaluation du $\dot{V}O2max$ selon le protocole de wasserman 1986

1.3 MATERIEL :

Pour cette étude nous avons utilisé :

Une toise pour la mesure de la taille en (cm) ; Une balance à précision de 100 g (max 150 kg et min 3.5kg) type SECA ; Une pince de mesure des plis cutanés (type lange) ; Ordinateur ; Ergocycle à frein électromagnétique de type (ergoline, Bitz, Allemagne ; Les échanges gazeux sont monitoriés par un analyseur cycle par cycle en utilisant un module métabolique (ZAN 600, Meβgeräte, Allemagne) ; la fréquence cardiaque est enregistrée en continu ainsi que l'électrocardiogramme grâce au module intégré (ZAN 800 ECG) ; les mesures sont réalisées grâce à un cardiocollect de marque (Delmar Reynolds) ; Un fréquence mètre de type « Polar FS1» est utilisé en cas où les signaux de l'ECG ne seraient pas captés ou enregistrés ; Application informatique mise au point par l'équipe de recherche.

L'expérimentation est étalée sur 02étapes, la première étape en début de la saison sportive et la deuxième étape à la fin de la saison sportive.

Tous les paramètres étudiés sont exprimés en résultats descriptifs et analytiques : (ANOVA ; comparaison des résultats par le T de Student ; pourcentage ; la comparaison des moyennes (deux à deux) par le test de la différence significative minimale (LSD).

2. RESULTATS ET DISCUSSION.

2.1 . L'évaluation anthropométrique en E1 et en E2 :

✓ Différences significatives:

➢ Taille (E1:$F=22.842, p<0.05$. E2:$F=29.597, p<0.05$),

➢ Poids (E1:F=16.567,p<0.05. E2:F=20.812,p<0.05).

- ✓ Baisse significative de la MG du groupe en E2 (t=2.071,p=0.048).
- ✓ Augmentation significative de la MM (E1:F=20.812, p<0.05. E2:F=31.467,p<0.05) sauf pour G1.

L'étude portée sur les caractéristiques morphologiques de notre population à savoir : (la taille, le poids, le poids maigre et le pourcentage de la masse grasse) a montré la présence d'une différence statistiquement significative à (p<0.05) pour les paramètres de la taille, le poids et la masse maigre et ce lorsque l'analyse de variance à un facteur (ANOVA) est réalisée entre les sujets des quatre stades pubertaires de notre échantillon. Cette analyse est faite pendant la première et la deuxième série des investigations morphologiques. On s'appuyant sur la comparaison des moyennes (deux à deux) par le test de la différence significative minimale (LSD) pour la première et la deuxième série de nos investigations morphologiques, nous remarquons que c'est au quatrième stade (G4) que s'observent les plus grands changements sur le plan morphologique et notamment dans les indices de la taille, le poids et la masse maigre.

A la lumière de tous ces commentaires et concernant notre étude, nous pouvons dire que c'est à partir du troisième et pendant le quatrième stade de la puberté que se provoquent les plus grands changements en matière d'indices morphologiques des nageurs de notre échantillon et qui coïncide avec l'âge de (14-16 ans).

2.2 Les résultats biochimiques

- ✓ Différence significative entre les 4 stades :➢ Testostérone (F=3.882,p=0.041).
- ✓ Corrélation testostérone / VO2max (r=0.602,p<0.01). Les CPK présentent une faible corrélation (r=-0,575,p<0.01) alors que le Cortisol (13.99±2.55g/dl) et LDH (438.37±42.27UI/l) ne sont pas corrélés au VO2max.
- ✓ Le rapport cortisol/testostérone (2,37±0,48 g/mg ; VTU : 2.28g/mg) n'est pas en faveur d'une fatigue accrue suite à la charge d'entraînement.

Les taux relativement élevés des concentrations de CPK et LDH sont probablement du aux effets de la charge d'entraînement subie par les muscles des athlètes tout au long de la saison sportive.

Nos résultats sont en accord avec ceux de (J. Pincemail et col 2001, 168-170) . Pour ces auteurs les effets de l'exercice se résument en, L'augmentation de la production des radicaux libres, l'augmentation des dommages articulaires, l'augmentation de la LDH qui est le signe d'une souffrance cellulaire et en l'augmentation de la CPK, augmentation de la peroxydation lipidique.

Pour la concentration du cortisol, les résultats n'ont pas révélé une différence significative comparée avec des valeurs théoriques de laboratoire. Nous pensons que l'organisme du jeune nageur sujet de notre étude s'est adapté à l'état du stress oxydatif. Selon la littérature (M. Elloumi et col 2003, 164–165), un état de fatigue consécutif à une activité physique intensive est associé à des taux élevés de cortisol et à des taux diminués de testostérone.

2.3 La fréquence cardiaque

Le contrôle de l'indice fréquence cardiaque, avant le début de l'épreuve, à la fin du test d'évaluation de la VO_{2max} et après cinq minutes de la récupération, nous permet d'avoir des informations objectives sur l'état fonctionnel du système cardio-vasculaire de l'athlète à l'effort.

- ✓ La FC avant l'effort (Fc1), à la fin de l'effort (Fc2) et après cinq minutes de récupération (Fc3) ne varie pas significativement en E1.
- ✓ En E2, une différence significative est observée pour la Fc2 (F=3.456,p=0.0322), la Fc-max normalisée (F=3.117,p=0.0449).

L'analyse des résultats E1-E2, montre une baisse significative de la Fc3 (t=4.780,p=0.00549), la Fc-max normalisée (t=2.481,p=0.020) et de l'intervalle Fc1-Fc3 (Repos–Récupération :t=2.743,p=0.042) comme le montre la figure (n°2).

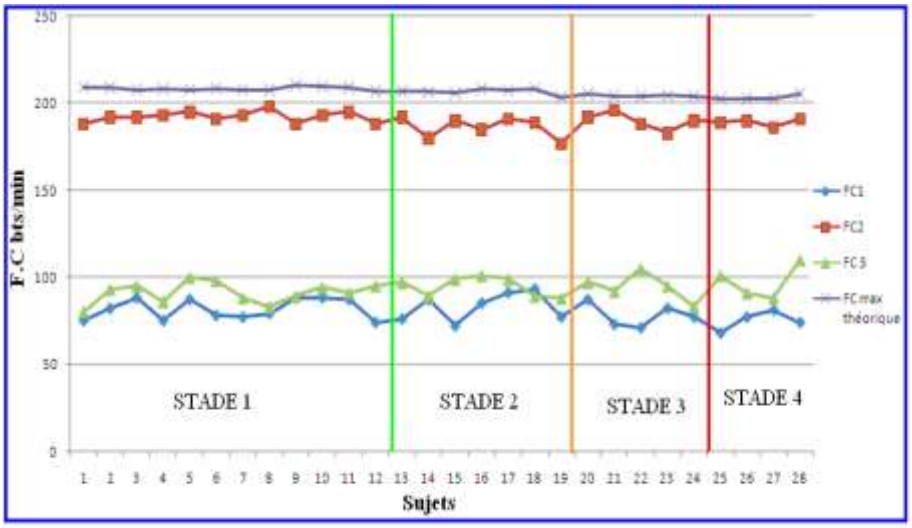

Figure n° 2 : Variation de la fréquence cardiaque au cours de la deuxième série des investigations physiologiques.

La comparaison des deux séries des investigations de laboratoire, a montré par le T-test de différences statistiquement significatives inter-stades pubertaires. Ceci est notamment valable pour la F.Cmax théorique, la F.C de récupération et le pourcentage de FCmax.

En résumé, l'attention est particulièrement portée sur ce qui suit :

- Pour le stade 1 : notons que la relation entre la fréquence cardiaque de fin d'effort, et celle de récupération est notable. A cette étape de la préparation les athlètes arrivent tout de même à récupérer après un effort d'intensité maximale et progressive. Même s'il n'existe pas de différence statistiquement significative entre FC 1 et FC 3, nous estimons que les nageurs à ce stade sont prédisposés à supporter des charges d'entraînement élevées.
- Pour le stade 2 : le fait de ne pas avoir observé aucune différence statistiquement significative, n'implique pas que les résultats observés sont sans conséquences sur la mise en place des adaptations cardiaques admettant la progressivité, la spécificité et la surcharge de l'entraînement.
- Pour le stade 3 : les différences statistiquement significatives, relevées au niveau de la F.Cmax théorique, sont attribuées à la disparité de l'âge chronologique, que regroupe le stade pubertaire, établi selon les normes biologiques. A cet égard la Fréquence cardiaque maximale (FCmax) est considérée dans la bibliographie spécialisée, comme étant la valeur de plafonnement de la FC obtenue à l'exercice lorsque le sujet est proche de l'épuisement ou de ses possibilités maximales. La FCmax est plus élevée chez les enfants qui montrent fréquemment des valeurs supérieures à 210 bpm. La FCmax baisse régulièrement avec l'âge. Cependant la valeur d'un sujet reste relativement stable sur une période donnée (Silvetti MS, et col, 2001, 169–74). De plus, la fréquence cardiaque de récupération a diminué en fin de saison et que le rapport FC1 et FC3 montre une diminution des battements cardiaques. Cet indice implique l'établissement des adaptations cardiaques favorables à augmenter aisément la charge d'entraînement, tant en volume qu'en intensité.
- Pour le stade 4 : de même que pour le stade trois, nous avons noté des observations similaires au niveau de FC3 et le rapport FC1 et FC3.

2.4 L'évaluation ventilatoire : la consommation maximale d'oxygène (VO2max).

Nous indiquons que les protocoles des tests utilisés dans ce travail ne sont ni conçus pour générer des valeurs semblables de $VO_{2\ max}$ à chaque étape des investigations, ni pour donner des taux similaires d'augmentation entre les stades pubertaires. Cette procédure garantit que les résultats des deux séries

d'investigations ne sont pas seulement comparables, mais sont également applicables aux situations de terrain en imitant ce que font les athlètes dans le domaine, car habituellement ils ne respectent pas les mêmes protocoles de travail normalisé dans les modes d'exercice différents.

Au terme des deux séries d'investigations, l'évaluation du potentiel fonctionnel des jeunes nageurs de notre population d'étude par la mesure directe de la VO_{2max} ($ml.min^{-1}.kg^{-1}$) a révélé une augmentation significative à ($p<0.05$) de cet indice entre les sujets des quatre stades pubertaires retenus dans notre étude.

Pour les paramètres respiratoires notons une différence significative en E1 ($F=4.531$, $p=0.012$) et en E2 ($F=5.416$, $p= 0.00546$) et une Progression significative du VO_{2max} du groupe entre E1 et E2 ($t= 2.615$,$p=0.0144$).

Cette augmentation significative du VO_{2max} entre les sujets des quatre stades pubertaires aussi bien pendant la première série que pendant la deuxième série semble être liée aux changements du poids corporel et de la taille, comme en témoignent les résultats des paramètres anthropométriques, en effet, ces derniers représentent deux facteurs de variations du VO_{2max} (Wilmore J.H ; Costill D.L 2006) qui est exprimé, précisément, dans notre étude en valeur relative ($ml.min^{-1}.kg^{-1}$).

Dans ce contexte, ces auteurs indiquent que beaucoup de scientifiques considèrent que ce mode d'expression n'est pas toujours pertinent parce qu'il ne prend pas en compte l'ensemble des dimensions morphologiques. Ceci est tout particulièrement vrai lorsqu'il s'agit de comparer les enfants aux adultes ou les femmes aux hommes.

l'attribution de cet accroissement du VO_{2max} aux paramètres de la charge d'entraînement, ne semble pas être le cas dans notre étude, du fait que l'analyse statistique par la méthode T-test n'a pas montré de résultats significatifs interstades pubertaires pendant la première et la deuxième série des investigations physiologiques.

- La consommation maximale d'oxygène est en relation avec le poids du corps et qu'avant la puberté elle est identique chez la fille et le garçon.
- L'entraînement pendant la croissance ne favorise pas une amélioration importante de la VO2max, comme on peut le voir chez l'adulte.
- L'observation de ces enfants a permis de constater que l'activité sportive n'a pas nui à leurs résultats scolaires et à leur vie familiale.

Il ressort par ailleurs que les résultats de VO_{2max} de notre recherche restent moyens par rapport à la bibliographie (fig n°3).

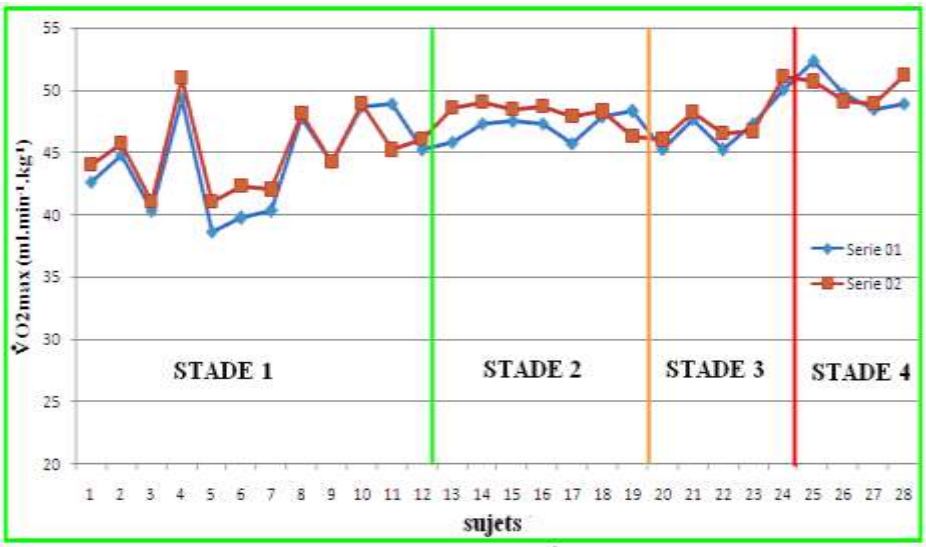

Figure n° 3 : Fluctuation du V̇O2mx (ml.min.kg) à la 1ere et à la 2ème série des investigations physiologiques.

Les valeurs au-dessus de 50 ($ml.min^{-1}.kg^{-1}$), les moyennes enregistrées à la première et au terme de l'expérimentation de laboratoire par certains sujets de notre population d'étude, confirme l'hypothèse attribuée aux caractéristiques individuels des jeunes nageurs, notamment en période de croissance. Ainsi, ces résultats ne sont que partiellement en accord avec les valeurs moyennes de la revue bibliographique.

2.5 Les paramètres liés à la charge d'entraînement et la Performance

La planification scientifique de l'entraînement sportif exige que l'entraîneur et l'athlète aient un contrôle sur l'intensité de chacun des procédés d'entraînement utilisés de même que sur le volume et la densité du programme d'entraînement auquel l'athlète est soumis.

Aussi, pour bénéficier d'une façon constante de l'adaptation positive de l'organisme à l'effort, il faut procéder à une augmentation cyclique de la charge d'entraînement en tenant compte de l'état psychophysique du pratiquant, comme l'indiquent les spécialistes de l'activité physique et sportive, notamment les entraîneurs.

Ainsi, dans le cadre de notre travail de recherche, nous avons établi une relation linéaire dans l'évolution des paramètres de la charge d'entraînement (volume kilométrique) entre les stades pubertaire de l'échantillon de notre population d'étude (fig n°4).

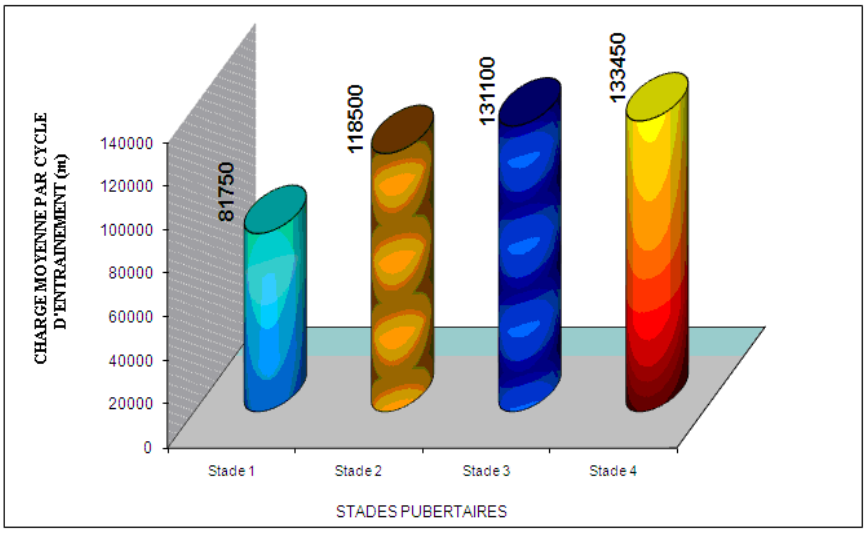

Figure n° 4 : Evolution de la Charge d'entraînement selon les stades pubertaires de Tanner. Contenu Moyen d'un Cycle d'entraînement tout au long de la saison sportive

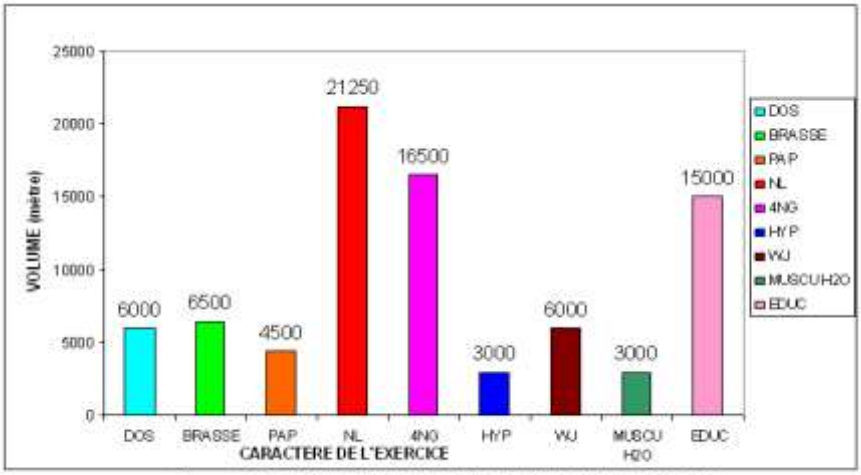

Figure n° 5 : Volume Moyen de la charge d'entraînement par style de nage au premier stade de la puberté.

Cependant, le travail en hypoxie, les exercices de gainage, la musculation dans l'eau, prennent des proportions importantes à travers toutes les étapes de la croissance des nageurs. Dans notre étude il s'agit des différents stades pubertaires selon la classification de Tanner (fig n° 5 et 6).

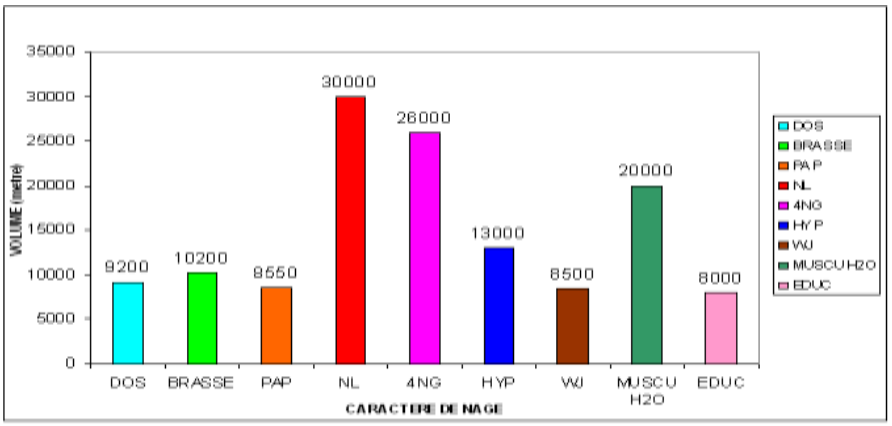

Figure 6 : Volume moyen de la charge d'entraînement par style de nage au 4ème stade de la puberté.

De même, nous pouvons également observer que concernant l'intensité, indiquée dans notre recherche par des zones de 1 à 5. Le constat établit à ce titre fait ressortir une intensité en zone 1 et 2 prédominant pendant les stades 1, 2 et 3 de la puberté. Ce fait implique la prédominance du travail aérobie préconisé à ce niveau de la préparation de jeunes nageurs. Ceci, n'exclut pas la planification de charges en zone 5 représentant surtout les parcours en vitesse pure.

Les exercices dans les régimes mixtes « aéro-anaérobie » prennent une place modérée dans le protocole d'entraînement de notre échantillon de recherche (fig n° 7).

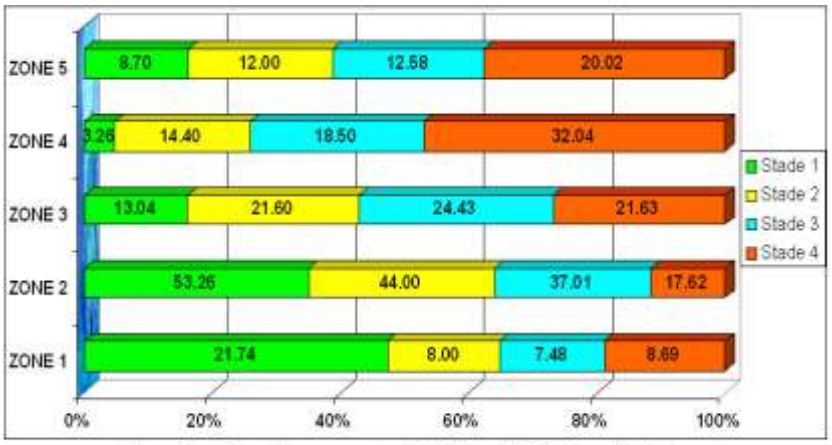

Figure n° 7 : Répartition en pourcentage (%) de l'intensité de la charge d'entraînement selon les stades pubertaires de Tanner.

- ✓ La progression de la performance des nageurs en terme de résultats selon les compétitions a été de : G1=41.66%, G2=42.85%, G3=40%, G4=75%, alors que la progression de l'ensemble du groupe est de 46.42% (fig n°8).

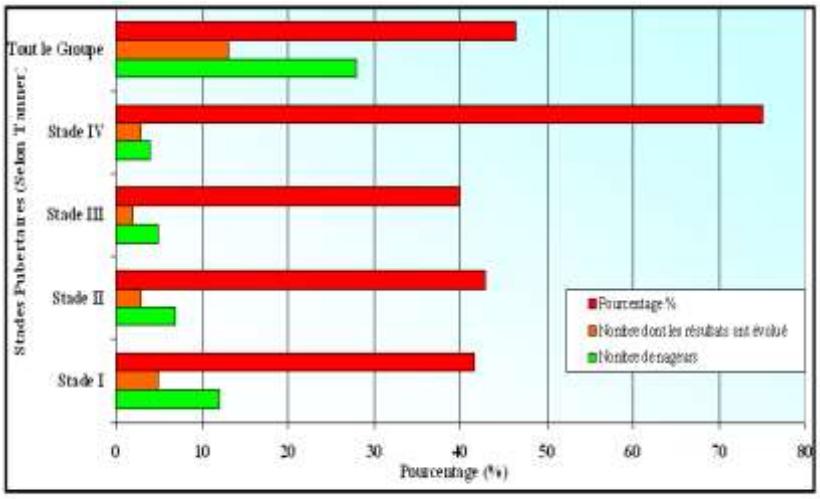

Figure n° 8 : Histogramme des Nageurs dont les résultats ont évolué au cours de la saison sportive.

Parallèlement à cette étude, la progression dans la réalisation de bonnes performances n'est pas concluante. Elle ne concerne que 46.42 % des effectifs, c'est-à-dire que seulement 13 sur 28 nageurs ont vu leur performances évoluées aux compétitions auxquelles ils ont participés tout au long de la saison sportive. Cette indication est faite selon les analyses des différents procès-verbaux des compétitions des championnats nationaux organisés par la fédération algérienne de natation.

Les performances sportives les plus élevées, sont retrouvées au quatrième stade de la puberté. L'effet des 75 % des nageurs qui ont amélioré leurs performances, est vraisemblablement attribué d'un côté, au nombre restreint de sujets investigués, d'un autre côté, nous estimons qu'à ce stade, les nageurs sont mieux adaptés sur le plan morphologique, physiologique et mental, pour mieux supporter des volumes kilométriques de nage plus importants, et des intensités plus soutenus, leur permettant de réaliser de meilleurs performances.

CONCLUSION.

Les mécanismes d'adaptation de l'organisme à l'activité physique ont été largement documentés ces dernières années. Plus récemment, certains d'entre eux, de plus en plus nombreux, ont cherché à comprendre le fonctionnement du corps humain, lors de l'activité physique ou de la pratique du sport.

Il a été question, dans cette étude, des adaptations morphofonctionnelles du jeune nageur, enfant et adolescent, à l'exercice physique. Le suivi longitudinal a permis d'observer une évolution significative des paramètres biométriques. L'évolution des paramètres biochimiques est en faveur d'une adaptation des nageurs à l'intensité des exercices et à la charge d'entraînement (Sirard JR, Pate RR, 2001, 439–454). Les paramètres cardiorespiratoires montrent une meilleure adaptation à l'effort et une amélioration de la récupération, exprimées par la Fc1, la Fc3 et par l'intervalle Fc3-Fc1 (Sallis J. F, et col 2000, 963-975). L'aptitude aérobie exprimée par le VO2max a progressé significativement durant la saison (Wakayochi K, et col 1993, 368-372. L'évaluation du potentiel fonctionnel selon l'âge biologique en fonction de la charge d'entraînement, a montré une adaptation à l'effort de l'ensemble des stades, plus marquée en stade 3 et 4 (Sallis J. F, et col 2000, 963-975).

Notre approche montre que les indices morphofonctionnels influencent directement la performance et l'aptitude aérobie du jeune nageur. Il est donc nécessaire de prévoir une démarche d'évaluation, afin de pouvoir organiser et planifier correctement les programmes d'entraînement à cette catégorie d'âge et en contrôler l'exécution dans le but de permettre un éventuel ajustement.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Boussaidi L, Petibois C, Melin A.M, Cazorla G. Adaptations métaboliques à
2. Elloumi M., Maso F. Robert A, Michaux O., Lac G.: Réponses du cortisol et de la testostérone salivaires au cours de la récupération post-compétitive en rugby. Science & Sports 18 (2003) 164–165
3. Helal. H : Méthodologie de l'entraînement. Spécial Sport. INSEP. 1982. l'entraînement En début de saison de natation. Différences en fonction du sexe. Science&Sports18(2003)16–19
4. Pincemail J., Lecomte J., Castiaux J. P., Collart E., Limet R., Defraign J. O.: Évaluation de l'état de stress oxydatif chez des footballeurs et des basketteurs professionnels. Science & Sports, Volume 16, Issue 3, 2001, 168-170
5. Sallis J. F, Prochaska J.J, and Taylor W. C. A review of correlates of physical activity of children and adolescents. Med. Sci. Sports Exerc 2000 ; 32(5):963-975.

6. Silvetti MS, Drago F, Ragonese P. Heart rate variability in healthy children and adolescents is partially related to age and gender. Int J Cardiol2001;81:169–74
7. Sirard JR, Pate RR. Physical activity assessment in children and adolescents. Sports Med 2001; 31(6):439–54
8. Stone EJ, McKenzie TL, Welk GJ, Booth ML. Effects of physical activity interventions in youth. Review and synthesis. Am J Prev Med 1998; 15(4):298–315.
9. Tanner. J.M. : Growing up. Oxford. Blackwell. Scientific Publication. 1973.
10. Wakayochi K, Yoshida T, Ikuta Y, Mutoh Y, Miyashita M. : Adaptations to 6 months of aerobic swim training –Changes in velocity, stroke rate, stroke length and blood lactate. Int J Sports Med 1993 ;14:368-372.
11. Wasserman. K, Hansen. JE, Sue. DY, Wipp. BJ. Principles of exercise testing and interpretation. Philadelphia , Lea & Febiger 1986.
12. Wilmore JH , . Costill DL : Physiologie du sport et de l'exercice (Adaptations physiologiques à l'exercice physique) Ed. De Boeck (3e édition) 2006).

Note :

(1)-Volume Kilométrique Nage.