

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE
FACULTÉ D'ÉDUCATION PHYSIQUE ET SPORTIVE
DÉPARTEMENT DE KINANTHROPOLOGIE

**Relations entre la maturité, la morphologie, la puissance anaérobie et la
performance de jeunes nageurs et de jeunes nageuses**

Par

Sébastien Bouthillier

Mémoire de maîtrise présenté au
Département de kinanthropologie
en réponse partielle aux exigences du
programme de Maîtrise en kinanthropologie

Avril 1997



National Library
of Canada

Acquisitions and
Bibliographic Services

395 Wellington Street
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

Bibliothèque nationale
du Canada

Acquisitions et
services bibliographiques

395, rue Wellington
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

Your file Votre référence

Our file Notre référence

The author has granted a non-exclusive licence allowing the National Library of Canada to reproduce, loan, distribute or sell copies of this thesis in microform, paper or electronic formats.

The author retains ownership of the copyright in this thesis. Neither the thesis nor substantial extracts from it may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

L'auteur a accordé une licence non exclusive permettant à la Bibliothèque nationale du Canada de reproduire, prêter, distribuer ou vendre des copies de cette thèse sous la forme de microfiche/film, de reproduction sur papier ou sur format électronique.

L'auteur conserve la propriété du droit d'auteur qui protège cette thèse. Ni la thèse ni des extraits substantiels de celle-ci ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

0-612-26552-8

Canada

REMERCIEMENTS

Le dépôt de ce mémoire constitue une occasion unique d'exprimer l'immense respect que je dois au professeur Jean-Pierre Cuerrier et de le remercier pour tous les efforts qu'il a investis afin de m'aider à compléter ce projet. Sa grande disponibilité et son support constant m'ont permis de me rendre à la fin de cette étape. Je veux également souligner l'aide du professeur Paul Deshaies, de Christian Blais, du professeur Rémi Bissonnette et de Nicolas Roy.

Sans le soutien indéfectible de mes parents que j'apprécie depuis près de 24 ans, je n'aurais sûrement pas complété ce travail. Bien qu'ils soient parfois physiquement éloignés, ils m'ont amené, par leurs judicieux conseils et leur support moral, à me dépasser. Je me souviendrai longtemps de cette phrase: « À travers la quantité, il y aura toujours de la place pour la qualité ».

À Annick, un gros merci pour les échanges enrichissants. Même si nous n'étions pas toujours d'accord, je sais maintenant qu'elle n'avait pas souvent tort.

Enfin, je dois souligner l'aide des bénévoles, entraîneurs et athlètes qui ont collaboré de près ou de loin à la réalisation de cette étude.

RÉSUMÉ

La recherche des facteurs qui peuvent influencer la performance constitue une préoccupation majeure de tous les intervenants du milieu sportif. La natation ne fait pas exception. Sport pratiqué par un grand nombre de jeunes en développement, la natation fait l'objet de plusieurs recherches sur les déterminants de la performance, autant d'ordre physique, physiologique, psychologique que biomécanique.

Les 200 mètres en style libre constituent une épreuve particulière à cause de sa durée (2 à 3 minutes), on ne peut la qualifier ni de sprint ni d'épreuve d'endurance. Ainsi, l'énergie requise pour ce type d'épreuve provient des systèmes anaérobie et aérobie. Par ailleurs, il s'agit d'une des épreuves les plus populaires auprès des athlètes de 10 à 16 ans.

Cette étude propose de vérifier qu'il existe des relations élevées entre le niveau de maturité, la mésomorphie, la puissance anaérobie et la performance. Afin de vérifier ces hypothèses, une évaluation de la maturité osseuse, de la croissance, de la puissance anaérobie et de la performance lors d'une course de 200 mètres en style libre est effectuée sur 59 sujets masculins et féminins âgés de 10 à 16 ans lors d'une compétition provinciale de natation.

Les résultats ne confirment pas la plupart des hypothèses lorsqu'ils sont analysés en fonction des trois groupes d'âges suivants: 10-12 ans, 13-14 ans et 15-16 ans. Par contre, lorsque l'on examine les résultats en fonction du genre, on obtient des relations significatives entre le niveau de maturité et la puissance anaérobie avec la performance.

L'étude permet également de caractériser les nageurs et les nageuses et de comparer les groupes d'âges. Quelques résultats indiquent entre autres que les nageurs ont une maturation semblable à celle de la population non athlète, qu'ils sont plutôt de type mésomorphe et que le développement de la puissance anaérobie se fait un peu plus hâtivement chez les nageuses comparativement aux nageurs. Au niveau de la prédiction de la performance, la taille constitue le facteur anthropométrique le plus important. De plus, pour les nageuses, l'adiposité semble liée à la performance, alors que cette relation n'existe pas chez les nageurs.

Ces caractéristiques fournissent des indications pour l'entraînement. Le niveau de maturité peut informer l'entraîneur sur la capacité de travail de l'athlète ainsi que sur le potentiel qu'il reste à développer. Au niveau de la morphologie, il est difficile de caractériser un bon nageur de 200 mètres en style libre. La taille est le seul facteur relié à la performance. Enfin, le développement de la puissance anaérobie est relié à une augmentation de la performance.

L'entraîneur qui tient compte de ces éléments peut diriger plus efficacement l'entraînement des jeunes nageurs et des jeunes nageuses. Ainsi au niveau anthropométrique, la taille semble être un facteur important relié à la performance. Chez les nageuses, le taux d'adiposité constitue un autre facteur relié à la performance. Le développement de la puissance anaérobie à l'adolescence est aussi relié à la performance.

TABLE DES MATIÈRES

| | |
|--|------|
| REMERCIEMENTS | ii |
| RÉSUMÉ | iii |
| TABLE DES MATIÈRES | v |
| LISTE DES FIGURES | vi |
| LISTE DES TABLEAUX | viii |
| CHAPITRE I | 1 |
| Introduction | 1 |
| Les 200 mètres en style libre à la natation | 1 |
| La pertinence de la recherche | 2 |
| Maturation | 3 |
| La maturation chez les jeunes athlètes féminins | 4 |
| La maturation chez les jeunes athlètes masculins | 6 |
| Morphologie et composition corporelle | 7 |
| Le somatotype | 7 |
| La somme de plis cutanés | 9 |
| Puissance anaérobie | 13 |
| Le test de Wingate | 15 |
| Le développement du métabolisme anaérobie | 16 |
| Objectifs de l'étude et hypothèses | 18 |
| CHAPITRE II | 19 |
| Méthodologie | 19 |
| Sujets | 19 |
| Matériel et procédures | 19 |
| Statistiques | 23 |

| | |
|--|---------------|
| CHAPITRE III | 24 |
| Résultats | 24 |
| Sujets | 24 |
| Maturation | 25 |
| Morphologie et composition corporelle | 26 |
| Puissance anaérobie | 27 |
| Performance | 28 |
| Relations entre les déterminants de la performance | 29 |
| Différences entre les nageurs et les nageuses | 31 |
| Années et heures d'entraînement | 32 |
| Prédiction de performance | 32 |
| CHAPITRE IV | 34 |
| Discussion | 34 |
| Sujets et procédures d'évaluation | 34 |
| Maturité | 35 |
| Anthropométrie | 36 |
| Puissance anaérobie | 38 |
| Performance | 39 |
| Heures et années d'entraînement | 39 |
| Prédiction de performance | 40 |
| Conclusion | 40 |
| Recommandations | 42 |
| BIBLIOGRAPHIE | 43 |
| ANNEXE 1 | 48 |
| ANNEXE 2 | 50 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|---|---|
| Figure 1. Âge d'Atteinte de la Ménarche chez les Athlètes de différents Sports (Adapté de Malina & Beunen, 1996) ----- | 4 |
|---|---|

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|--|----|
| Tableau 1. Pourcentage de Gras d'Athlètes Masculins Participant à Plusieurs Sports (Adapté de Wilmore, 1983) ----- | 10 |
| Tableau 2. Pourcentage de Gras d'Athlètes Féminins Participant à Plusieurs Sports (Adapté de Wilmore, 1983) ----- | 10 |
| Tableau 3. Sommes de Plis Cutanés pour Différents Échantillons de Nageurs Internationaux----- | 12 |
| Tableau 4. Contribution Relative de Chaque Phase du Métabolisme aux Différentes Distances à la Natation (Adapté de Maglischo, 1993)----- | 14 |
| Tableau 5. Répartition des Sujets selon le Genre et l'Âge ----- | 24 |
| Tableau 6. Caractéristiques de Maturation Osseuse des Nageurs et des Nageuses selon l'Âge----- | 25 |
| Tableau 7. Moyennes et Écarts types des Caractéristiques Morphologiques des Nageurs selon l'Âge ----- | 26 |
| Tableau 8. Moyennes et Écarts types des Caractéristiques Morphologiques des Nageuses selon l'Âge----- | 27 |
| Tableau 9. Moyennes et Écarts types du Test de Wingate chez les Nageurs et les Nageuses selon l'Âge ----- | 28 |
| Tableau 10. Moyennes et Écarts types des Temps (en secondes) Obtenus aux 200 Mètres en Style Libre selon l'Âge----- | 29 |
| Tableau 11. Corrélations entre la Performance et Certaines Variables chez les Nageurs---- | 30 |
| Tableau 12. Corrélations entre la Performance et Certaines Variables chez les Nageuses -- | 31 |
| Tableau 13. Moyennes et Écarts types des Années et des Heures Hebdomadaires d'Entraînement (Trois Derniers Mois en Fonction de l'Âge et du Genre) ----- | 32 |
| Tableau 14. Régression par Étape pour les Nageurs ----- | 33 |
| Tableau 15. Régression par Étape pour les Nageuses ----- | 33 |

CHAPITRE I

Introduction

Au Québec, comme dans beaucoup d'autres sociétés occidentales, la natation compétitive occupe une place de choix dans la panoplie des sports amateurs. La performance individuelle est au coeur de la préoccupation des intervenants qui oeuvrent dans ce secteur; une multitude d'études ont ainsi été réalisées sur les aspects biomécaniques, physiques, physiologiques et psychologiques de ce sport. Il en est résulté un raffinement des techniques d'entraînement qui explique en bonne partie pourquoi les temps de performance s'améliorent sans cesse depuis trente ans.

Le travail d'entraîneur auprès de jeunes nageurs nous amène à nous interroger sur certains aspects qui peuvent influencer la performance. La préoccupation de la présente recherche se situe spécifiquement au niveau biologique et touche plus particulièrement l'importance de la morphologie, de la maturation et du développement de la puissance anaérobie dans la performance à la natation.

Les 200 mètres en style libre à la natation

Le physique des athlètes est souvent une caractéristique dominante associée à la performance sportive. Une morphologie longiligne et musculaire est fréquente chez les sauteurs en athlétisme et les attaquants de volley-ball alors qu'un physique combinant l'endomorphie et la mésomorphie favorise les lancers en athlétisme et certaines positions au football américain (Carter, 1988). Ce phénomène est applicable sous certaines réserves chez les jeunes adolescents compte tenu des différences de maturation, de vécu sportif et d'habiletés spécifiques qui les

caractérisent (Beunen, 1989). Il est par contre accepté que la maturation avancée de certains jeunes et par conséquent, leur développement morphologique les favorisent lors d'activités sportives (Beunen & Malina, 1996). En natation compétitive, chez les groupes d'âges (10 à 16 ans), il semble néanmoins difficile d'identifier une morphologie particulière à une épreuve; celle des 200 mètres en style libre ne fait pas exception, d'autant plus qu'un très grand nombre de jeunes y participent.

Par ailleurs, l'épreuve des 200 mètres en style libre en natation chez les jeunes adolescents présente une difficulté pour les entraîneurs puisqu'elle se situe à la croisée des chemins dans l'utilisation des différents systèmes énergétiques. Sa durée (deux à trois minutes selon l'âge, le sexe et le degré de compétence) en fait ainsi une épreuve difficile à catégoriser. Le système aérobie est plus sollicité que le système anaérobie chez la plupart des jeunes de 10 à 16 ans mais la contribution de ce dernier système est quand même importante (Maglischo, 1986). Nous savons que le système anaérobie lactique devient plus efficace à l'adolescence. Plus jeunes, les nageurs ne peuvent que solliciter leur système aérobie et leur système anaérobie alactique (Bar-Or, 1983), quelle que soit la durée de l'épreuve; ils complètent donc les 200 mètres en style libre en utilisant presque uniquement le système aérobie. En vieillissant, les nageurs développent leur puissance anaérobie et utilisent davantage ce système pour compléter l'épreuve. Les chercheurs s'expliquent encore mal le développement de ce système d'énergie.

La pertinence de la recherche

À date, peu de recherches ont été réalisées afin de déterminer l'importance de la maturation dans le développement de la puissance anaérobie. La présente recherche caractérise la relation entre l'âge biologique et le résultat obtenu à un test de puissance anaérobie. Cette

connaissance a des répercussions intéressantes pour les entraîneurs qui doivent assurer le développement des jeunes en croissance, dans la planification des entraînements comme dans la prescription des exercices qui provoquent la production d'acide lactique. Par ailleurs, l'étude permet également de faire ressortir les caractéristiques morphologiques dominantes par groupe d'âges dans l'épreuve des 200 mètres en style libre en natation.

Maturation

Le concept de maturité diffère fondamentalement de celui de croissance bien qu'il y soit étroitement relié. Le processus de maturation implique une évolution du système biologique, système qui tend inévitablement vers un développement accompli à l'âge adulte suivi d'une dégénérescence graduelle plus ou moins rapide. La maturité osseuse, par exemple, s'exprime par le degré d'ossification du squelette alors que la maturité sexuelle fait référence à la capacité de reproduction. La croissance, pour sa part, suppose nécessairement des changements d'ordre quantitatif, par exemple les modifications des dimensions corporelles.

Il existe une variété de méthodes pour estimer le degré de maturité chez l'humain dont certaines sont plus accessibles aux évaluateurs. Les moyens les plus souvent utilisés chez les enfants et les adolescents sont la maturation osseuse, le développement des traits sexuels secondaires et l'âge de la ménarche. Il est important de mentionner que, dans les recherches en activité physique, la détermination de la maturité osseuse est plus fréquemment citée.

La maturation osseuse est un processus continu qui s'amorce avant même la naissance et se poursuit jusqu'à l'âge adulte. L'état de maturité complète se manifeste de la même façon chez tous les humains (Beunen, 1973); par contre, les variations de maturité sont particulièrement prononcées entre les âges de 9 et 15 ans (Malina, 1988). Valadian et Porter (1977) rapportent

des corrélations élevées entre la maturité osseuse, la maturité sexuelle et la maturité physique générale. Ce dernier aspect supporte l'argumentation que l'évaluation de la maturité osseuse fournit un bon indice de la maturité physique générale. Il est possible de déterminer l'âge osseux d'un individu en comparant les radiographies de ses os avec des radiographies normatives. La technique de l'atlas de Greulich-Pyle (1959) est une méthode qui permet de comparer les radiographies du poignet et de la main gauche d'enfants en croissance. Les normes proviennent des résultats d'une vaste enquête réalisée auprès de 2500 jeunes Américains et utilisent la valeur médiane comme critère.

Les athlètes, et plus particulièrement les athlètes d'élite, représentent un petit pourcentage de la population. Il arrive souvent que ces jeunes présentent des caractéristiques morphologiques distinctes, certaines d'entre elles pouvant être expliquées par la maturation. Les chercheurs dans le domaine sont par contre aux prises avec certains problèmes. Premièrement, la définition d'un athlète est très vague et elle englobe une variété d'habiletés et de niveaux de compétence. Deuxièmement, les déterminants de la performance sont nombreux et comprennent des facteurs autres que biologiques.

La maturation chez les jeunes athlètes féminins

La maturation biologique des athlètes féminins a été maintes fois investiguée, principalement au moyen de l'identification de l'âge de la ménarche, âge de la première menstruation. Les résultats d'une méta-analyse (Malina & Beunen, 1996) portant sur l'âge de la ménarche indiquent clairement que les gymnastes et les patineuses artistiques sont les athlètes ayant la maturation la plus tardive. Dans les échantillons analysés par Malina, les gymnastes

avaient un âge moyen de la ménarche de 14,9 ans tandis que les patineuses vivaient celle-ci autour de l'âge de 14,6 ans (voir figure).

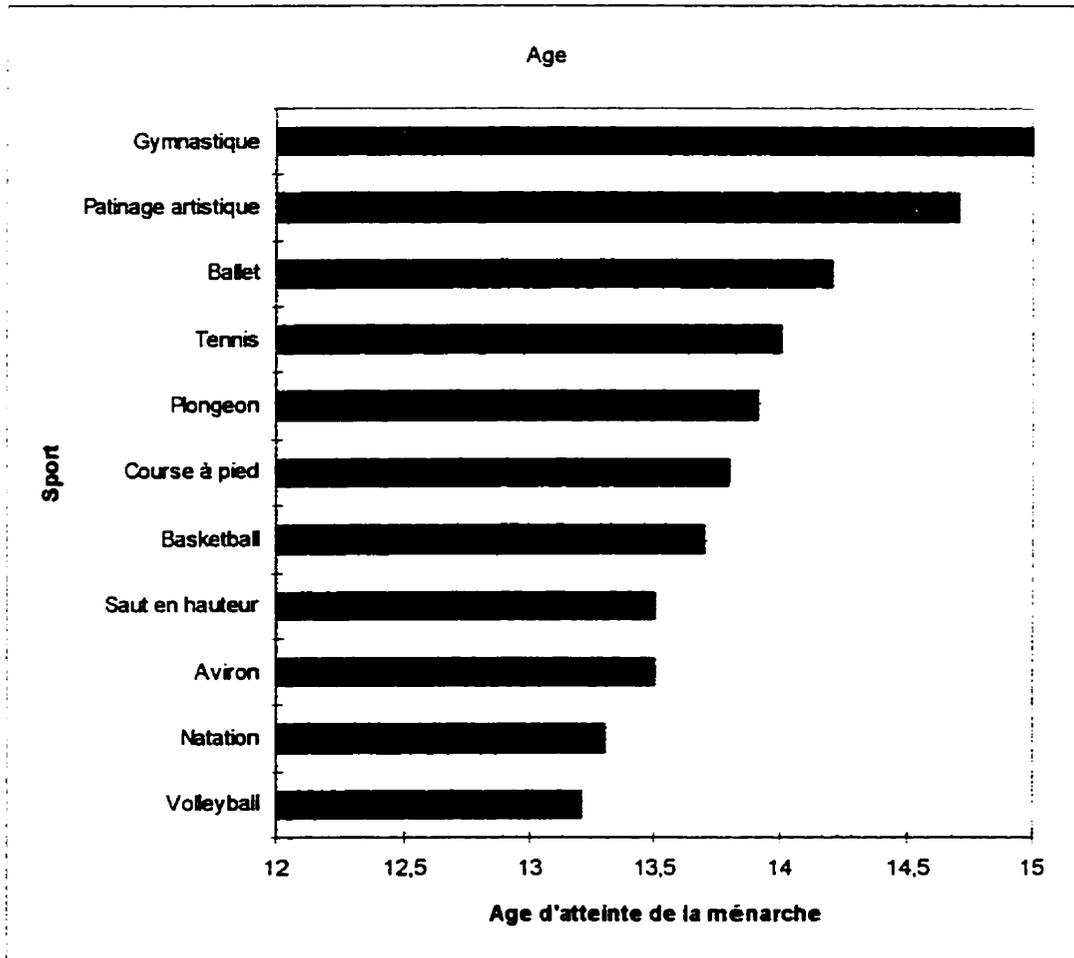


Figure 1. Âge d'Atteinte de la Ménarche chez les Athlètes de différents Sports (Adapté de Malina & Beunen, 1996)

Généralement, les premières menstruations arrivent plus tardivement chez les athlètes que chez les non-athlètes bien qu'il existe des variations d'un sport à l'autre. De plus, les athlètes évoluant à des niveaux supérieurs de compétition semblent vivre leur ménarche plus tardivement.

Ces affirmations ont une portée limitée du fait qu'elles se basent sur des études d'échantillons restreints et spécifiques et à partir de moyennes.

De nombreuses études ont été réalisées auprès de jeunes nageuses afin de comparer l'âge de leur ménarche avec celui d'athlètes pratiquant d'autres sports et celui de la population en général. Des données recueillies par Stager et Hatler (1988) auprès de 268 nageuses démontrent que l'âge médian de la ménarche est de 13,1 années pour cet échantillon, comparativement à 13,2 années pour la population de non-athlètes. Cette recherche confirme les conclusions des chercheurs dans le domaine: les nageuses ont une maturation semblable à celle de la population des non-athlètes (Malina, 1983).

Peu d'information est disponible sur les autres aspects de la maturation chez les athlètes féminins (Beunen, 1989). Par contre, il semble que les athlètes de niveau local ne diffèrent pas de l'ensemble de la population en ce qui a trait à la distribution des stades 2 à 4 du développement des traits sexuels secondaires (Plowman, Liu & Wells, 1991). Ces traits sexuels secondaires incluent entre autres la pilosité pubienne et le développement des seins. De plus, il est démontré que les gymnastes sont moins avancées au niveau de ces caractéristiques que les nageuses ou les non-athlètes du même âge (Bernink, Erich, Peltenburg, Zonderland & Huisveld, 1983; Peltenburg, Erich, Bernink, Zonderland & Huisveld, 1984).

La maturation chez les jeunes athlètes masculins

Les données disponibles chez les garçons sont moins abondantes que chez les filles et ceci s'explique en partie par l'homogénéité des résultats retrouvés chez ces jeunes athlètes, peu importe le sport pratiqué. À quelques exceptions près, les athlètes masculins de différents niveaux de compétition et de différents sports, y compris la natation sont à maturation rapide ou

ont une maturité biologique normale et ce quel que soit l'indice de maturation utilisé (Beunen, 1989; Malina & Bouchard, 1991). Depuis 25 ans, toutes les études aboutissent pratiquement aux mêmes conclusions. Entre autres, Bar-Or (1975) et Meleski (1980), dans leurs études sur de jeunes nageurs, indiquent que les meilleurs athlètes ont une maturité plus avancée que leurs pairs. On peut en conclure que les nageurs ayant le plus de succès entre 10 et 16 ans sont ceux qui ont une maturation rapide. Troup (1991) pour sa part observe le même phénomène que Bar-Or (1975) et Meleski (1980) mais il note un revirement de situation par la suite: les nageurs qui obtiennent les meilleurs résultats après l'âge de 18 ans sont à maturation tardive.

Morphologie et composition corporelle

Tel que mentionné précédemment, certaines caractéristiques morphologiques semblent être reliées à la performance dans plusieurs sports, et la natation n'y fait pas exception. Par contre, pour ce qui est de cette dernière activité, les résultats sont contradictoires au niveau des caractéristiques favorables à de meilleures performances.

Le somatotype

Le somatotype est une des techniques qui permettent de caractériser la morphologie humaine. Il donne une évaluation quantitative de la forme et de la composition du corps humain et se calcule à partir de diverses mesures telles la taille, la masse corporelle, certaines circonférences, certains diamètres et plis cutanés. Cette évaluation s'exprime au moyen de trois indices qui représentent le degré d'endomorphie, de mésomorphie et d'ectomorphie. Ces indices, toujours présentés dans cet ordre, s'étendent sur une échelle allant de 0,5 à 9. Un résultat entre

0,5 et 2,5 est considéré comme bas, entre 3 et 5 modéré, entre 5,5 et 7 élevé et plus de 7,5 est considéré comme très élevé (Carter & Health, 1990).

Au fil du temps, le somatotype s'utilise de deux façons en recherche dans le milieu de la natation. D'abord, les chercheurs se servent du somatotype afin de décrire et de comparer les caractéristiques morphologiques des nageurs selon les âges et les niveaux de performance. Ainsi, on s'aperçoit que les nageurs diffèrent généralement des autres athlètes au niveau de la morphologie (Brief, 1986; Hebbelinck, Carter & DeGaray, 1975; Withers, Craig & Norton, 1986). En général, les nageurs sont moins endomorphes que les haltérophiles et les athlètes de lancers en athlétisme; ils sont plus endomorphes que les gymnastes, les coureurs de fond et les cyclistes. Au niveau de la mésomorphie, ils se situent à mi-chemin entre les coureurs de fond et les haltérophiles. Au niveau de l'ectomorphie, ils ont des valeurs semblables aux joueurs de handball mais supérieures aux sprinteurs en athlétisme (Stepnicka, 1986).

Par la suite, la relation entre le physique et la performance suscite l'intérêt d'autres chercheurs (Bale, 1986; Bloomfield, Blanksby, Ackland & Elliot, 1986; Mazza et coll., 1991). Généralement, les résultats de leurs études démontrent que les nageurs possèdent des caractéristiques physiques bien définies, que leur physique se modifie avec l'âge et les années d'entraînement et qu'il existe des différences de morphologies entre les nageurs selon les niveaux de performance. Par contre, les nageurs de niveaux plus élevés possèdent des physiques très semblables les uns aux autres. Un survol rapide de différentes études permet de constater que généralement, plus le niveau de performance augmente, plus l'indice de mésomorphie est élevé. Finalement, les différences de morphologies entre les spécialistes des différents styles de nage

ainsi que des différentes distances ne sont pas encore bien établies, à cause notamment des petits échantillons disponibles.

Bien qu'ils aient observé que les nageurs plus performants possèdent des physiques plus homogènes entre eux que ceux évoluant à des niveaux inférieurs, les chercheurs ne sont pas unanimes dans l'identification des caractéristiques morphologiques favorables à la performance. Récemment, les conclusions de Siders, Lukaski et Bolonchuk (1993) ainsi que de Duché et coll. (1993) illustrent le manque de constance des résultats dans ce domaine. Dans leur recherche sur une équipe universitaire, Siders et coll. (1993) rapportent des corrélations significatives entre la performance sur 100 mètres et quelques caractéristiques morphologiques dont la taille, les composantes ectomorphique et mésomorphique du somatotype, le pourcentage de graisse et le poids de la masse maigre des nageuses. Par contre, chez les nageurs, aucune caractéristique morphologique n'est en relation significative avec la performance. De leur côté, Duché et coll. (1993) dans leur étude sur de jeunes nageurs identifient des corrélations significatives entre les performances sur 50 à 400 mètres et la taille ainsi que la longueur de l'avant-bras.

La somme de plis cutanés

Le fractionnement de la masse totale du corps humain en ses multiples composantes suscite un grand intérêt depuis plusieurs années. Les premiers résultats publiés à ce sujet pour une population athlète par Welham et Behnke (1942) portent sur la composition corporelle de joueurs de football américain. Cette étude et plusieurs autres qui ont suivi se sont butées à de nombreux problèmes méthodologiques, problèmes que l'on tente de régler depuis. Bien que ne tenant pas compte de ces débats, les tableaux 1 et 2 présentent des pourcentages de gras obtenus dans des études effectuées auprès d'athlètes de différents sports (Wilmore, 1983).

Tableau 1

Pourcentage de Gras d'Athlètes Masculins Participant à Plusieurs Sports(Adapté de Wilmore, 1983)

| Sport | Pourcentage de gras (%) |
|---------------|-------------------------|
| natation | 5-9 |
| haltérophilie | 8-16 |
| ski alpin | 7-14 |
| gymnastique | 5 |
| tennis | 15 |

Tableau 2

Pourcentage de Gras d'Athlètes Féminins Participant à Plusieurs Sports(Adapté de Wilmore, 1983)

| Sport | Pourcentage de gras (%) |
|------------------|-------------------------|
| natation | 14-26 |
| gymnastique | 9-24 |
| ski alpin | 14-22 |
| basketball | 20-27 |
| course sur piste | 15-20 |

La validité de ces pourcentages et des comparaisons auxquelles ils peuvent servir est donc sujette à caution compte tenu de certaines erreurs méthodologiques possibles, notamment lors de l'utilisation de la pesée hydrostatique. Longtemps cette technique fut considérée comme

la méthode par excellence de la détermination de la composition corporelle. Cette méthode se base sur les prémisses que les densités des composantes grasses et maigres sont connues et relativement constantes chez tous les individus et que la contribution des tissus à la masse maigre est constante chez tout individu.

La densité du gras corporel humain est relativement constante chez les individus et elle se situe à 0,900 g/cc. Par contre, la densité des tissus maigres varie considérablement. Les variations des niveaux de minéralisation de l'os et de la quantité totale d'eau du corps peuvent mener à des estimations erronées du pourcentage de gras corporel (Wilmore, 1988). Pour les populations jeunes et âgées, la véritable densité du tissu maigre est moindre que celle estimée et occasionne un pourcentage estimé de gras inférieur à la valeur réelle. Pour les populations d'athlètes, les proportions des diverses composantes des tissus maigres peuvent être très différentes de celles estimées et ainsi devenir des sources d'erreurs considérables (Wilmore, 1983).

D'autres méthodes peuvent être utilisées pour estimer la composition corporelle. Des méthodes telles que celle de la détermination du potassium ou encore celle de la résonance magnétique semblent donner des résultats intéressants mais les problèmes de disponibilité ou de coût de l'appareillage nécessaire en font des méthodes peu pratiques pour l'évaluation de sujets nombreux. C'est ainsi que la mesure de plis cutanés devient la méthode pratique par excellence d'évaluation du taux d'adiposité. Certaines équations permettent de transformer ces mesures d'adiposité en pourcentages de gras mais ces conversions se basent souvent sur la technique de la pesée hydrostatique et ont les problématiques conséquentes; c'est pourquoi la somme des plis cutanés demeure un moyen efficace de détermination et de comparaison des taux d'adiposité.

En natation, la plupart des études entreprises depuis plus de vingt ans utilisent des sommes de plis cutanés. Les plis utilisés chez les groupes d'âges diffèrent cependant d'une étude à l'autre, d'où la difficulté d'en comparer les résultats. Par contre, chez les athlètes de niveau international, l'utilisation de la somme de six plis cutanés est fréquente. Le tableau 4 résume certains résultats obtenus auprès de nageurs de calibre international.

Tableau 3

Sommes de Plis Cutanés pour Différents Échantillons de Nageurs Internationaux

| Événement sportif | Publication | Sexe | N | Somme des 6 plis |
|------------------------------------|-------------------------|------|-----|------------------|
| Olympiques, Munich, 1972 | Novac et coll. 1976 | F | 7 | 71,2 |
| | | M | 14 | 55,0 |
| Olympiques, Montréal, 1976 | Carter & Yuhasz 1984 | F | 32 | 76,9 |
| | | M | 33 | 47,2 |
| Championnat mondial Perth, 1991 | Drinkwater & Mazza 1995 | F | 170 | 72,6 |
| | | M | 231 | 45,8 |

On ne peut pas comparer les résultats de ces trois études sans mentionner que, lors de l'étude réalisée à Munich, Novac, Bestit, Mellerowicz et Woodward (1976) utilisent le pli de la crête iliaque plutôt que le pli supraspinal, ce qui donne une somme de quatre à six millimètres supérieurs. Si l'on tient compte de cette correction, on note peu de différences chez les nageurs des trois études. Par contre, chez les nageuses, les résultats de Munich sont très inférieurs à ceux des deux autres études. La taille de l'échantillon étant toutefois très restreinte (N=7), il faut être prudent dans l'utilisation des résultats. De ces trois études, seulement celle de Drinkwater et Mazza (1995) tente de vérifier s'il y a une différence au niveau de la composition corporelle des nageurs de haut niveau. Ils n'observent d'ailleurs pas de différences significatives entre les douze meilleurs nageurs de chaque épreuve et les nageurs classés à un rang plus élevé. On peut en

déduire qu'à ce niveau, la composition corporelle n'est probablement pas un facteur déterminant de la performance.

D'autres études ne concluent pas à une relation significative entre l'adiposité et la performance à la natation (Siders et coll., 1993; Duché et coll., 1993). Ces études ne tiennent compte que d'un aspect de la composition corporelle, soit le tissu adipeux. Cependant, la composition corporelle comporte aussi, entre autres, la masse squelettique et la musculature. Ces éléments peuvent grandement influencer la densité corporelle et, par conséquent, le degré de flottabilité. L'utilisation de la somme de six plis cutanés et des équations du genre de celle de Clarys, Martin & Drinkwater (1984) afin d'estimer la masse musculaire et la masse osseuse peuvent permettre de mieux comprendre l'importance de la composition corporelle chez les nageurs.

Puissance anaérobie

Lors d'une épreuve d'une durée de deux à trois minutes comme c'est le cas pour les 200 mètres en nage libre chez les jeunes, l'énergie produite afin de compléter l'épreuve provient de diverses sources. Comme le montre le tableau 4, l'énergie requise provient de deux systèmes énergétiques distincts (l'énergie qui provient des phosphagènes est incluse dans la catégorie anaérobie); aux 200 mètres en nage libre, l'énergie nécessaire est principalement produite par le système aérobie et le système anaérobie lactique.

Tableau 4

Contribution Relative de Chaque Phase du Métabolisme aux Différentes Distances à la Natation(Adapté de Maglischo, 1993)

| Durée de l'effort | Distances de nage approximatives (mètres) | Pourcentage d'énergie anaérobie | Pourcentage d'énergie aérobie |
|-------------------|--|------------------------------------|----------------------------------|
| 10-15 sec. | 25 | 100 | 0 |
| 19-30 sec. | 50 | 98 | 2 |
| 40-60 sec. | 100 | 90 | 10 |
| 1:30-2 min. | 200 | 70 | 30 |
| 2-3 min. | 200 | 60 | 40 |
| 4-6 min. | 400 | 50 | 50 |
| 7-10 min. | 800 | 35 | 65 |
| 10-12 min. | 800-1000 | 29 | 71 |
| 14-22 min. | 1500 | 22 | 78 |

Il est prouvé que pour une épreuve d'une telle durée, le VO_{2max} , une mesure qui reflète la puissance aérobie, s'avère un excellent déterminant de la performance autant chez les adolescents (Montpetit, Lavoie & Cazorla, 1983; Nomura, 1983) que chez les adultes (Chatard, Bourgoïn & Lacour, 1990a; Chatard, Collomp, E. Maglischo & C. Maglischo, 1990b). Plus récemment, plusieurs études soulignent l'importance de la puissance « musculaire » (puissance anaérobie) comme déterminant de la performance sportive (Hawley & Williams, 1991; Hawley, Williams, Vickovic & Handcock, 1992). D'ailleurs, à la course à pied et en cyclisme, il semble que la variable qui prédit le mieux la performance d'endurance est le travail maximal qu'un athlète peut soutenir lors d'un test à effort progressif (Hawley & Noakes, 1992; Noakes, 1988; Noakes, Myburgh & Schall, 1990). Ces résultats indiquent donc que les résultats d'un test d'effort

d'intensité très élevée peuvent être valables pour prédire la performance dans une épreuve de moindre intensité mais de plus longue durée.

Le test de Wingate

Le test de puissance anaérobie de Wingate (WAnT) est utilisé dans plusieurs études pour évaluer la performance à des épreuves de courte durée mais d'intensité très élevée (Blimkie, Roache, Hay & Bar-Or, 1988; Hawley, Williams, Hamling & Walsh, 1989; Inbar & Bar-Or, 1986). Ce test peut mesurer la puissance développée par les membres supérieurs ou les membres inférieurs (utilisation d'un ergocycle modifié) lors d'un test maximal de trente secondes. Ainsi, on peut recueillir plusieurs données dont les principales sont la puissance maximale atteinte et la puissance moyenne soutenue reflétant l'endurance musculaire localisée. La plus grande partie de l'énergie requise par la tâche provient des phosphagènes mais surtout de la glycolyse anaérobie. Même si les tractions effectuées lors de ce test de laboratoire ressemblent peu au geste effectué par les bras lors de la nage libre, quelques chercheurs observent une relation intéressante entre la puissance moyenne développée lors du test de Wingate et la performance à la natation. En effet, Inbar et Bar-Or (1977) obtiennent une corrélation de -0,92 entre la puissance moyenne développée par les membres supérieurs et la performance sur 25 mètres à la nage lors d'une expérimentation sur un petit groupe de jeunes nageurs (N=9). Plus récemment, dans une étude plus élaborée, Hawley et Williams (1991) observent des corrélations significatives entre la puissance moyenne développée par les membres supérieurs lors du Wingate et la performance à la nage sur des distances allant de 50 ($r = -0,83$) à 400 mètres ($r = -0,63$) et ce, autant chez les garçons que chez les filles. Par contre, les résultats obtenus par Hawley et coll. (1992) ne permettent pas d'identifier les causes des différences individuelles lors du test. Les auteurs

suggèrent que des différences de maturation peuvent expliquer une partie de la variance. Ce qui est aussi intéressant, c'est la relation entre la puissance moyenne développée lors du test de Wingate pour les membres supérieurs avec la performance à la nage sur différentes distances. Plus la distance est courte, plus la corrélation est élevée, bien que l'on trouve quand même des corrélations significatives dans les épreuves de plus longue durée. Ces résultats remettent en question plusieurs techniques d'entraînement utilisées par les entraîneurs. Puisque la majorité des épreuves de natation font intervenir le métabolisme anaérobie (Bonifazi, Martelli, Marugo, Sardella & Carli, 1993), la nécessité d'un énorme volume d'entraînement (parfois plus de 10 000 mètres par jour) à des vitesses modérées doit être sérieusement remise en question (Hawley et coll., 1992). À ce sujet, Costill, Thomas et Robergs (1991) font d'ailleurs remarquer qu'il est difficile de comprendre comment un nageur qui s'entraîne trois à quatre heures par jour à des vitesses très inférieures aux vitesses de courses puisse être bien préparé pour ce type de sollicitation énergétique.

Le développement du métabolisme anaérobie

Ce n'est que récemment que les chercheurs se sont penchés sur le processus de développement des caractéristiques anaérobies des jeunes et des adolescents. Lors d'un test comme celui de Wingate, l'énergie est principalement le produit de la glycolyse anaérobie. Ce système dépend principalement de l'activité enzymatique de la phosphofruktokinase (PFK) et de la phosphorylase (Inbar, 1996). La masse musculaire impliquée semble aussi influencer la performance anaérobie (Inbar, 1996). Puisque les jeunes sont limités par une absence relative de PFK et qu'ils ont une masse musculaire moindre que celle des adultes, il est compréhensible que leur performance anaérobie soit affectée.

Il existe toutefois des différences sexuelles au niveau de la puissance anaérobie. Selon des études d'Inbar (1985) et de Blimkie et coll. (1988), la puissance anaérobie augmente avec l'âge pendant toute la période de la croissance chez les garçons tandis que chez les filles, elle ne s'améliore que jusqu'à la fin de la puberté puis reste constante ou diminue même quelque peu par la suite. Les différences de puissance anaérobie entre les garçons et les filles s'accroissent ainsi vers l'âge de treize ans en faveur des garçons et elles se manifestent davantage au niveau des membres supérieurs que des membres inférieurs. Par contre, ces différences sexuelles ne peuvent s'expliquer uniquement par des différences au niveau du volume des muscles utilisés. Inbar (1996) suggère que certains mécanismes, par exemple des différences hormonales, peuvent expliquer une partie de la différence de puissance entre les garçons et les filles. Une augmentation du taux d'androgènes et principalement du taux de testostérone pourrait favoriser la performance anaérobie. Les résultats d'une étude menée par Falk et Bar-Or (1993) tendent à confirmer cette hypothèse étant donné que les différences au niveau de la puissance anaérobie étaient significativement liées au degré de maturation.

Objectifs de l'étude et hypothèses

Cette étude a pour but d'identifier les relations entre la performance aux 200 mètres en nage libre et le degré de maturité physique, la morphologie, et enfin la puissance anaérobie. En fonction de cet objectif, trois hypothèses sont formulées. Il existe une relation significative négative entre le niveau de maturation, l'indice de mésomorphie, la puissance anaérobie et la performance lors d'une course de 200 mètres en nage libre.

De plus, l'étude permet d'identifier les interrelations entre les différentes variables évaluées, de comparer les nageurs et les nageuses et de caractériser les différents groupes d'âges aux niveaux de la maturité et de diverses caractéristiques anthropométriques.

CHAPITRE II

Méthodologie

Sujets

Au total, 59 sujets (29 masculins et 30 féminins) âgés de 10 à 16 ans participent à l'étude et sont regroupés selon le sexe et l'âge, créant ainsi six groupes distincts (10-12 ans; 13-14 ans; 15-16 ans; garçons-filles). Les sujets proviennent de cinq clubs québécois de natation et participent à une compétition provinciale de groupes d'âges à Sherbrooke en décembre 1996. Tous les sujets ont une expérience minimale de deux ans d'entraînement à la natation compétitive et détiennent au moins le standard A (établi par la Fédération de natation du Québec) aux 200 mètres en nage libre, épreuve à laquelle ils participent tous lors de la compétition. Les parents, entraîneurs et sujets ont tous été informés de l'étude et des procédures. Le comité de déontologie de la Faculté d'éducation physique et sportive s'est penché sur le sujet et en a accepté les détails.

Matériel et procédures

Âge chronologique (Ac) et âge osseux (Ao)

La vérification de certaines hypothèses de l'étude exige la mesure de l'âge réel des sujets et de leur niveau de maturité. Ac est déterminé au dixième d'année en calculant, à l'aide du logiciel AOS, la différence entre la date de naissance des sujets obtenue grâce à la carte d'assurance-maladie du Québec et la date de la saisie des données. Ao est l'indice du niveau de maturation biologique, et est évalué selon la méthode Greulich et Pyle (1959) décrite

précédemment. Une radiographie de la main des sujets est nécessaire. L'examen se tient au Centre sportif de l'Université de Sherbrooke au cours du déroulement de la compétition. Il est réalisé par un technicien accrédité et membre du personnel du Centre universitaire de santé de l'Estrie (CUSE) qui voit au bon déroulement de la séance d'évaluation, à la qualité de l'examen, à la sécurité des sujets et au développement des films. Les radiographies sont prises à l'aide d'un appareil de fluoroscopie portatif Hitachi (type PT-82-R; numéro de série 04 193-4) manufacturé en 1974. L'examen des radiographies est effectué par deux évaluateurs selon les procédures indiquées. Les résultats sont comparés et discutés afin d'en assurer la validité. La précision de cette mesure est de plus ou moins 1/10 d'année. Un sujet à maturation biologique moyenne est un sujet dont l'écart entre Ac et Ao est d'un an ou moins. Un Ao inférieur de plus d'un an à Ac détermine une maturation tardive tandis qu'un Ao supérieur de plus d'un an à Ac signifie que le sujet est à maturation rapide.

Morphologie et composition corporelle

La muscularité et l'adiposité sont les deux indices de la morphologie et de la composition corporelle mesurés dans cette étude. La muscularité est obtenue par l'identification du somatotype selon la méthode Heath-Carter et l'adiposité par la somme de six plis cutanés. Le calcul du somatotype se fait à partir des mesures de la masse corporelle, de la taille, de certains plis cutanés, de diamètres osseux ainsi que de circonférences spécifiques. Les plis cutanés sont les mesures les plus sujettes à l'erreur et aux variations, et ces mesures sont recueillies par l'auteur. Les autres mesures (taille, masse, diamètres, circonférences) sont effectuées par deux auxiliaires. Toutes ces personnes ont reçu une formation d'un kinanthropométriste accrédité.

La composante d'endomorphie est calculée à partir des plis cutanés mesurés au niveau du triceps, des régions sous-scapulaire et supra-iliaque et du mollet. La prise de deux autres plis (abdomen et devant de la cuisse) sert à obtenir la somme des six plis. Toutes les mesures, sauf celle de l'abdomen, sont prises du côté droit du corps à l'aide d'un adiposomètre de type Harpenden (John Bull LTD) précis à $\pm 0,2$ mm selon la technique proposée par la Société internationale pour l'avancement de la kinanthropométrie (ISAK).

Pour ce qui est de la composante de mésomorphie, elle est déterminée à partir de la taille, des diamètres osseux de l'humérus et du fémur droit ainsi que des circonférences du bras et du mollet droits. La taille est évaluée à l'aide d'une toise murale précise à ± 1 cm. Les diamètres sont mesurés à l'aide d'un anthropomètre précis à ± 1 mm. Les circonférences sont mesurées à l'aide d'un ruban à mesurer de marque Tailorform précis à ± 1 mm.

Finalement pour ce qui est de la composante d'ectomorphie, elle est déterminée par le ratio taille / masse corporelle ^{1/3}. Un pèse-personne de marque Détecto précis à $\pm 0,1$ kg sert à la mesure de la masse corporelle.

Puissance anaérobie

Les chercheurs de l'institut Wingate en Israël ont mis au point un test sur ergocycle permettant de déterminer la puissance anaérobie maximale ainsi que la puissance moyenne générée durant un test de 30 secondes sur un ergocycle de marque Monark. Le test est effectué avec les membres supérieurs et est administré la veille ou la journée même de la course des 200 mètres. En guise d'échauffement, le sujet pédale entre deux et quatre minutes à une intensité suffisante pour augmenter les pulsations cardiaques entre 150 et 160 battements par minute. Cet échauffement est entrecoupé de trois courtes périodes de travail maximal de quatre à huit

secondes chacune. Un repos de trois à cinq minutes précède le début du test. Au signal de départ, le sujet pédale le plus rapidement possible alors que l'évaluateur ajuste la résistance à un niveau équivalant à 0,037 kg par kilogramme de masse corporelle pour les nageurs et à 0,029 kg par kilogramme de masse corporelle pour les nageuses. Lorsque la résistance est bien ajustée (ce qui se fait en moins de trois secondes), l'évaluateur déclenche le chronomètre et le sujet doit effectuer le plus de révolutions possible en 30 secondes. Le nombre de révolutions est noté à chaque période de cinq secondes. Un retour au calme suit le test. Un capteur branché sur l'ergocycle permet de noter avec précision le nombre de révolutions qu'effectue le sujet pendant le test.

Deux calculs sont effectués: le premier sert à estimer la puissance maximale développée pendant cinq secondes (généralement les cinq premières secondes) et représente la puissance générée par la décomposition de l'ATP et de la créatine phosphate. L'équation utilisée pour calculer la puissance maximale est la suivante:

$$\text{Watts} = \text{résistance (kg)} \times \text{révolutions} \times 11,765$$

La moyenne des résultats obtenus pour chaque période de cinq secondes donne la puissance moyenne générée pendant les 30 secondes du test. Ce second résultat mesure la capacité anaérobie et représente la capacité maximale de production d'énergie en utilisant l'ATP-CP et le glycogène musculaire.

Performance

Tous les athlètes réalisent leur performance lors de la journée du 7 décembre 1996. Le temps de la course des 200 mètres en nage libre est exprimé en centièmes de secondes et est obtenu par un système de chronométrage électronique de type OSM 6.

Statistiques

D'abord, les statistiques descriptives incluent le nombre de l'échantillon, la moyenne des résultats, le minimum, le maximum, l'écart type ainsi que l'erreur type pour toutes les variables et pour tous les groupes d'âges. Puis, des corrélations sont calculées entre toutes les variables indépendantes et la variable dépendante (performance). De plus une régression multiple par étape est calculée afin d'établir la combinaison des variables indépendantes la plus efficace pour expliquer la variance de la performance. Finalement, des analyses de variance et des tests t sont effectués afin de déterminer les différences entre les résultats des nageurs et des nageuses ainsi qu'entre ceux des différents groupes d'âges.

CHAPITRE III

Résultats

Sujets

L'objectif initial de dix sujets pour chacun des sous-groupes n'est pas atteint dans seulement deux des six sous-groupes. Seulement sept nageurs de 10-12 ans et neuf nageuses de 15-16 ans participent à l'étude (voir tableau 5).

Tableau 5

Répartition des Sujets selon le Genre et l'Âge

| Âge | Nageurs | Nageuses |
|------------|---------|----------|
| 10-12 ans | 7 | 10 |
| 13-14 ans | 11 | 11 |
| 15 -16 ans | 11 | 9 |

Tous les sujets ont complété le questionnaire, l'évaluation anthropométrique ainsi que l'évaluation de la puissance anaérobie. Cependant il est impossible d'évaluer les radiographies de deux sujets, ainsi l'âge osseux est la seule donnée manquante pour chacun. Les réponses au questionnaire sur les habitudes d'entraînement (heures et années d'entraînement) et autres

informations générales sont présentées en annexe puisqu'elles ne font pas l'objet d'une hypothèse spécifique de l'étude.

Maturation

En fonction des critères identifiés précédemment, le tableau 6 révèle que la majorité des sujets sont à maturation normale. Par contre, la proportion de nageuses à maturation avancée est plus élevée que celle des nageurs. Plus exactement, 14,3% des nageurs ont un retard de maturation osseuse, 71,4% sont à maturation normale et 14,3% sont à maturation rapide. Du côté des nageuses, 10,3% des sujets ont une maturation osseuse retardée, 62,1% sont à maturation normale tandis que 27,6% sont à maturation avancée.

Tableau 6

Caractéristiques de Maturation Osseuse des Nageurs et des Nageuses selon l'Âge

| Groupe d'âge | Retard | | Normale | | Avancée | |
|--------------|----------|----------|-----------|-----------|----------|----------|
| | Nageurs | Nageuses | Nageurs | Nageuses | Nageurs | Nageuses |
| 10-12 ans | 1 | 0 | 6 | 8 | 0 | 2 |
| 13-14 ans | 2 | 0 | 6 | 6 | 3 | 5 |
| 15-16 ans | 1 | 3 | 8 | 4 | 1 | 1 |
| Total | 4 | 3 | 20 | 18 | 4 | 8 |

Morphologie et composition corporelle

Chez les nageurs, le tableau 7 indique que la taille, la masse corporelle, la somme des six plis, l'endomorphie et la mésomorphie augmentent avec l'âge. Seul l'indice d'ectomorphie baisse au fur et à mesure que les sujets vieillissent. Chez les nageuses (tableau 8), seule la taille augmente avec l'âge. Les résultats de la masse corporelle, de la somme des six plis cutanés et des indices d'endomorphie et de mésomorphie, dénotent une augmentation majeure chez les 13-14 ans par rapport aux sujets de 10-12 ans suivie d'une diminution plus ou moins marquée chez les 15-16 ans. L'indice d'ectomorphie se comporte de façon diamétralement opposée. Les résultats complets de l'évaluation morphologiques sont présentés en annexe.

Tableau 7

Moyennes et Écarts types des Caractéristiques Morphologiques des Nageurs selon l'Âge

| | Taille (cm) | Poids (kg) | Somme des 6 plis (mm) | Endomorphie | Mésomorphie | Ectomorphie |
|------------------|-------------|------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|
| 10-12 ans | | | | | | |
| N | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| μ | 154,54 | 41,74 | 55,07 | 2,07 | 4,21 | 4,07 |
| σ | 6,32 | 3,29 | 16,80 | 0,84 | 0,39 | 0,89 |
| 13-14 ans | | | | | | |
| N | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 |
| μ | 165,55 | 54,85 | 58,42 | 2,50 | 4,23 | 3,50 |
| σ | 8,25 | 9,79 | 15,37 | 0,87 | 0,65 | 1,05 |
| 15-16 ans | | | | | | |
| N | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 |
| μ | 171,44 | 67,93 | 69,84 | 2,77 | 5,41 | 2,32 |
| σ | 7,89 | 12,16 | 29,19 | 1,08 | 1,18 | 1,15 |

Tableau 8

Moyennes et Écarts types des Caractéristiques Morphologiques des Nageuses selon l'Âge

| | Taille | Poids | Somme des 6 plis | Endomorphie | Mésomorphie | Ectomorphie |
|------------------|--------|-------|---------------------|-------------|-------------|-------------|
| 10-12 ans | | | | | | |
| N | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| μ | 152,60 | 43,19 | 63,97 | 2,65 | 3,80 | 3,45 |
| σ | 6,99 | 7,45 | 13,49 | 0,67 | 0,67 | 1,04 |
| 13-14 ans | | | | | | |
| N | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 |
| μ | 164,07 | 61,76 | 97,61 | 4,50 | 4,00 | 1,95 |
| σ | 4,57 | 10,18 | 28,79 | 1,63 | 0,77 | 1,17 |
| 15-16 ans | | | | | | |
| N | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| μ | 165,59 | 60,67 | 85,61 | 3,67 | 3,44 | 2,44 |
| σ | 5,89 | 8,15 | 22,07 | 1,25 | 0,68 | 1,01 |

Puissance anaérobie

La puissance totale générée au cours des 30 secondes d'effort que dure le test de Wingate de même que la puissance maximale générée lors d'une période de cinq secondes (crête) sont exprimées au tableau 9. Tant chez les nageurs que chez les nageuses, la puissance générée augmente avec l'âge des sujets. Il faut cependant noter que les augmentations de la puissance totale générée et de la crête sont beaucoup plus marquées entre les groupes de 10-12 ans et les groupes des 13-14 ans qu'entre les 13-14 ans et les 15-16 ans et ce, plus particulièrement pour les filles.

Tableau 9

Moyennes et Écarts types du Test de Wingate chez les Nageurs et les Nageuses selon l'Âge

| | Puissance totale générée (W) | | Crête (W) | |
|-----------|---------------------------------|----------|--------------|----------|
| | Nageurs | Nageuses | Nageurs | Nageuses |
| 10-12 ans | | | | |
| N | 7 | 10 | 7 | 10 |
| μ | 569,79 | 470,84 | 106,63 | 86,60 |
| σ | 192,56 | 104,72 | 32,49 | 17,51 |
| 13-14 ans | | | | |
| N | 11 | 11 | 11 | 11 |
| μ | 942,25 | 703,26 | 178,24 | 125,52 |
| σ | 287,79 | 95,82 | 52,57 | 20,25 |
| 15-16 ans | | | | |
| N | 11 | 9 | 11 | 9 |
| μ | 1218,95 | 753,19 | 227,95 | 133,39 |
| σ | 331,11 | 138,28 | 59,85 | 28,56 |

Performance

La performance obtenue aux 200 mètres en nage libre est présentée au tableau 10. Elle provient du classement final de la compétition. Ce classement inclut les performances effectuées en préliminaires et lors des finales.

Tableau 10

Moyennes et Écarts types des Temps (en secondes) Obtenus aux 200 Mètres en Style Libre selon l'Âge

| Groupes d'âges | Nageurs | Nageuses |
|----------------|---------|----------|
| 10-12 ans | | |
| N | 7 | 10 |
| μ | 166,68 | 166,39 |
| σ | 9,26 | 11,39 |
| 13-14 ans | | |
| N | 11 | 11 |
| μ | 135,62 | 154,68 |
| σ | 5,50 | 7,11 |
| 15-16 ans | | |
| N | 11 | 9 |
| μ | 132,73 | 142,04 |
| σ | 4,36 | 6,09 |

Lorsque l'on examine les performances des différents groupes d'âges, on constate une amélioration de la performance en vieillissant. Cependant cette évolution est très mince entre le groupe des 13-14 ans et celui des 15-16 ans chez les nageurs. De plus, il est intéressant de noter qu'il y a très peu de différence de performance entre les groupes de 10-12 ans des deux sexes.

Relations entre les déterminants de la performance

Les tableaux 11 et 12 présentent les corrélations obtenues entre la performance et certaines variables évaluées chez les nageurs et les nageuses.

Tableau 11

Corrélations entre la Performance et Certaines Variables chez les Nageurs

| Performance VS | 10-12 ans | 13-14 ans | 15-16 ans | Tous |
|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|
| Âge réel | 0,61 | -0,12 | -0,47 | -0,75 * |
| Âge osseux | 0,58 | -0,51 | 0,21 | -0,70 * |
| Taille (cm) | 0,40 | -0,70 * | 0,09 | -0,62 * |
| Poids (kg) | 0,26 | -0,67 ** | 0,45 | -0,61 * |
| Somme des 6 plis (mm) | 0,09 | -0,24 | 0,55 | -0,12 |
| Endomorphie | 0,21 | -0,17 | 0,58 ** | -0,18 |
| Mésomorphie | 0,17 | -0,40 | 0,42 | -0,27 |
| Ectomorphie | 0,27 | 0,09 | 0,43 | -0,40 ** |
| Puissance totale générée (W) | 0,02 | -0,70 ** | 0,06 | -0,63 * |

* $p \leq 0,01$ ** $p \leq 0,05$

Chez les nageurs, il y a peu de corrélations significatives entre la performance et diverses variables anthropométriques et physiologiques. Dans le groupe des 10-12 ans, il n'y a aucune corrélation significative. Chez les 13-14 ans, la taille, la masse corporelle (poids) et la puissance totale générée au test de Wingate ont une corrélation significative négative avec le temps réalisé lors de la course des 200 mètres en nage libre. Chez les 15-16 ans, l'endomorphie constitue la seule variable dont la corrélation avec la performance s'avère significative positive. Cependant, si l'on regroupe tous les nageurs, l'âge réel, l'âge osseux, la taille, le poids, l'ectomorphie et la puissance totale ont une relation significative négative avec la performance.

Tableau 12

Corrélations entre la Performance et Certaines Variables chez les Nageuses

| Performance VS | 10-12 ans | 13-14 ans | 15-16 ans | Toutes |
|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|
| Âge réel | -0,53 | -0,49 | -0,04 | -0,81 * |
| Âge osseux | -0,30 | -0,28 | 0,66 | -0,61 * |
| Taille (cm) | -0,33 | 0,12 | -0,39 | -0,60 * |
| Poids (kg) | -0,39 | 0,60 ** | 0,12 | -0,41 ** |
| Somme des 6 plis (mm) | -0,59 | 0,59 | 0,38 | -0,18 |
| Endomorphie | -0,51 | 0,60 ** | 0,39 | -0,11 |
| Mésomorphie | -0,19 | 0,56 | 0,09 | 0,23 |
| Ectomorphie | 0,21 | -0,46 | -0,51 | 0,17 |
| Puissance totale générée (W) | -0,47 | 0,43 | -0,19 | -0,59 * |

* $p \leq 0,01$ ** $p \leq 0,05$

Pour ce qui est des nageuses, on observe aucune corrélation significative dans les groupes des 10-12 ans et des 15-16 ans. Chez les 13-14 ans, le poids et l'endomorphie ont une relation significative positive avec la performance. Si l'on regroupe toutes les nageuses, on retrouve des corrélations significatives négatives entre la performance et l'âge réel, l'âge osseux, la taille, le poids et la puissance totale. Les matrices complètes de corrélations sont présentées en annexe.

Différences entre les nageurs et les nageuses

Les résultats à divers tests t démontrent plusieurs différences significatives entre les nageurs et les nageuses. Les nageurs ont une performance, une taille, une puissance, une mésomorphie et une ectomorphie supérieure aux nageuses. Par ailleurs, les nageuses ont une somme des six plis et une endomorphie supérieures aux nageurs.

Années et heures d'entraînement

Lors de l'évaluation, les sujets doivent répondre à deux questions relatives à leur passé d'entraînement. Ces deux questions visent à identifier le nombre d'années d'entraînement à la natation vécues par les sujets et la moyenne hebdomadaire d'heures d'entraînement au cours des trois derniers mois. Le tableau 13 en présente les détails.

Tableau 13

Moyennes et Écarts types des Années et des Heures Hebdomadaires d'Entraînement (Trois Derniers Mois en Fonction de l'Âge et du Genre)

| | Années d'entraînement | | Heures d'entraînement | |
|-----------|-----------------------|----------|-----------------------|----------|
| | Nageurs | Nageuses | Nageurs | Nageuses |
| 10-12 ans | | | | |
| N | 7 | 10 | 7 | 10 |
| μ | 3,82 | 3,21 | 8,00 | 10,00 |
| σ | 0,79 | 1,68 | 0,58 | 1,89 |
| 13-14 ans | | | | |
| N | 11 | 11 | 11 | 11 |
| μ | 4,80 | 4,15 | 12,00 | 11,09 |
| σ | 1,81 | 1,63 | 2,41 | 1,58 |
| 15-16 ans | | | | |
| N | 11 | 9 | 11 | 9 |
| μ | 6,35 | 6,32 | 15,27 | 14,11 |
| σ | 2,07 | 3,02 | 2,97 | 2,85 |

Tel que prévu, le nombre d'années d'entraînement et le nombre d'heures d'entraînement augmentent avec l'âge. Le nombre d'heures d'entraînement correspond, selon l'expérience de l'auteur, à ce que l'on observe dans la majorité des clubs de natation québécois.

Prédiction de performance

Une régression par étape permet d'identifier une combinaison de deux variables prédictives qui expliquent un pourcentage significatif de la variance dans la performance des

nageurs. Chez les nageuses, trois variables prédictives sont retenues dans l'équation de régression. Pour les nageurs (voir tableau 14), ce sont les heures d'entraînement et la taille qui composent l'équation de prédiction. En ce qui concerne les nageuses, on retrouve la taille, les années d'entraînement et la somme des six plis cutanés.

Tableau 14

Régression par Étape pour les Nageurs

| Étape | Variable | R | R ² | F |
|-------|--------------------------|------|----------------|-------|
| 1 | Heures d'entraînement | ,661 | ,437 | 20,96 |
| 2 | Taille | ,751 | ,563 | 16,77 |

$Y = 269,1 - 2,02 (\text{heures d'entraînement}) - ,62 (\text{taille})$

Tableau 15

Régression par Étape pour les Nageuses

| Étape | Variable | R | R ² | F |
|-------|--------------------------|------|----------------|-------|
| 1 | Taille | ,600 | ,360 | 15,72 |
| 2 | Années d'entraînement | ,802 | ,644 | 24,42 |
| 3 | Somme des 6 plis | ,847 | ,717 | 21,96 |

$Y = 342,77 - 2,99 (\text{années d'entraînement}) - 1,77 (\text{taille}) + ,16 (\text{somme des 6 plis})$

CHAPITRE IV

Discussion

Sujets et procédures d'évaluation

La présente étude nécessite certaines règles précises quant au choix des sujets ainsi que des procédures d'évaluation. Toutes les conditions particulières sont remplies par tous les sujets retenus: groupes d'âges, club de natation québécois, standard de performance et vécu d'entraînement. Au niveau des procédures, les techniques de mesures anthropométriques proposées par l'ISAK sont respectées intégralement et un seul évaluateur expérimenté se charge de prendre tous les plis cutanés, mesure qui est souvent sujette à l'erreur. En ce qui concerne l'âge osseux, la prise de radiographie est effectuée par deux techniciennes accréditées, assurant ainsi un maximum de sécurité pour les sujets. De plus, le protocole du Wingate est minutieusement respecté. Pour ce qui est de la performance, les temps des participants sont tous obtenus d'un système de chronométrage électronique. Ces contrôles assurent de meilleurs résultats lors de l'étude.

Par contre, l'étude présente certaines limitations. Le premier obstacle qui se présente est l'effort fourni par les sujets lors du déroulement des 200 mètres libre ainsi que lors du test de Wingate; bien que tous les participants soient encouragés de façon identique, si l'effort fourni n'est pas maximal, les résultats en sont faussés. De plus, l'étude ne contrôle pas la technique utilisée par les sujets lors des 200 mètres libre. En effet, bien que la qualité de la technique de nage ne fasse pas l'objet de cette étude, elle a sûrement une influence sur les résultats: un sujet ayant une grande puissance anaérobie selon le résultat au Wingate peut avoir une performance

moyenne aux 200 mètres libre s'il n'utilise pas une technique de nage adéquate. Finalement, il est difficile de vérifier la véracité des réponses des sujets au questionnaire en ce qui concerne le nombre d'années d'entraînement accumulées ainsi que le nombre d'heures d'entraînement hebdomadaires investies. Cependant compte tenu que presque tous les clubs de natation québécois fonctionnent de façon semblable au niveau de l'horaire d'entraînement, les réponses fournies par les sujets reflètent la réalité.

Maturité

L'hypothèse d'une relation significative positive entre la maturité et la performance n'est pas vérifiée lorsqu'on observe les corrélations obtenues entre l'âge osseux et la performance pour chacun des groupes d'âges. Cependant, si l'on regroupe les nageurs et que l'on fait de même pour les nageuses, les corrélations deviennent significatives. Il n'est pas étonnant de retrouver des corrélations significatives en regroupant les sujets puisque l'étendue d'âge devient alors grande (10 à 16 ans). Il est donc normal que plus un sujet vieillit, plus sa performance s'améliore.

Certains facteurs contribuent certainement à obtenir ces résultats qui vont à l'encontre de la littérature. Premièrement, un nombre de sujets variant entre 7 et 11 selon les sous-groupes rend plus difficile l'obtention de corrélations significatives. Deuxièmement, il est important de mentionner que la majorité des sujets sont à maturation normale (moins de un an entre A_o et A_c). En effet, 71% des nageurs et 62% des nageuses sont à maturation normale. Ces pourcentages s'apparentent à ceux observés dans la population normale. Étant donné le nombre restreint de nageurs et de nageuses à maturation lente ou rapide et l'étendue limitée (deux ans) des catégories d'âges, il est difficile d'obtenir des relations significatives au sein de chaque sous-

groupe. Procéder à l'inverse aurait pu donner des résultats différents. En effet, si l'on avait complété l'analyse des radiographies pour déterminer le niveau de maturité avant la compétition, il aurait été possible de sélectionner des échantillons incluant des nombres équivalents de sujets à maturation retardée, normale ou avancée. Les corrélations entre la performance et le degré de maturité auraient possiblement été plus élevées.

Cependant, il est essentiel de mentionner que les informations individuelles sur la maturité des sujets peuvent servir de guide pour les entraîneurs. À titre d'exemple, la nageuse qui a réussi la meilleure performance aux 200 mètres en nage libre est âgée de 16,31 ans mais a un âge osseux de seulement 13,5 ans, ce qui représente un retard de près de trois années au niveau de la maturation. Bien qu'elle soit la plus performante de son groupe d'âges, elle est beaucoup moins mature que ses pairs mais possède vraisemblablement un énorme potentiel qui n'est pas encore complètement exploité.

Anthropométrie

Au niveau du somatotype, les résultats ne confirment pas l'hypothèse d'une relation significative positive entre la mésomorphie et la performance. Aucune des corrélations obtenues pour les différents groupes d'âges n'est significative.

C'est plutôt au niveau de l'endomorphie que l'on retrouve certaines relations significatives avec la performance et ce, autant chez les nageurs que chez les nageuses. Ces résultats raniment le débat sur l'importance de l'adiposité en natation, débat dont il a été quelque peu question au chapitre un. Qu'est-ce qui est le plus favorable? La flottabilité que procure le tissu adipeux ou l'hydrodynamisme que favorise un faible taux d'adiposité? De plus, la somme des six plis cutanés ressort comme étant un prédicteur important chez les nageuses lorsque l'on

fait état des facteurs qui expliquent le mieux la variance au niveau de la performance. Cette somme de plis cutanés est supérieure à celle des nageurs et des nageuses de calibre international évalués aux Championnats du monde en 1991. Cette comparaison peut s'expliquer par le fait que les nageurs des groupes d'âges de niveau provincial n'ont pas le même bagage d'entraînement que ceux de classe mondiale et que les variations du taux d'adiposité à l'adolescence sont encore présentes. Enfin, l'importance de la taille est confirmée puisque cette variable ressort, au niveau de la prédiction de performance, en accord ainsi avec les résultats de Boissy (1993) et de Duché et coll.(1993).

Les résultats descriptifs et comparatifs permettent également d'identifier certaines tendances. Ainsi, chez les nageurs, on remarque que la performance, la taille, le poids, la somme des six plis, l'endomorphie et la mésomorphie augmentent avec l'âge. Certaines de ces augmentations dont celles de la performance et la mésomorphie peuvent être en relation avec l'entraînement. L'ectomorphie constitue la seule composante anthropométrique à décliner avec l'âge. Des trois composantes du somatotype, la mésomorphie est celle dont l'indice est le plus élevé et ce, chez tous les groupes d'âges. Dans la population en général, les mésomorphes sont généralement plus performants dans diverses tâches physiques que les ectomorphes et les endomorphes. Il est donc normal que l'on observe une tendance à la mésomorphie chez ces sujets entraînés.

Pour ce qui est des nageuses, on remarque que la performance et la taille constituent les deux seules variables qui augmentent constamment avec l'âge. Quant au poids, à la somme des six plis, à la mésomorphie ainsi qu'à l'endomorphie, c'est pour le groupe des 13-14 ans que ces variables sont les plus élevées. Ainsi, on constate une augmentation entre les groupes de 10-12

ans et 13-14 ans, suivie d'une diminution de la valeur de ces variables pour le groupe des 15-16 ans. L'ectomorphie suit une tendance inverse. Tout comme chez les nageurs, les nageuses ont une somme des six plis qui est supérieure à celle des nageuses de calibre international. Ces variations à l'adolescence au niveau du somatotype sont semblables à celles observées chez des non-athlètes: chez les garçons, la mésomorphie augmente tandis que chez la fille, c'est l'endomorphie qui augmente parallèlement à une baisse de l'ectomorphie.

Puissance anaérobie

On retrouve une relation positive significative entre la puissance totale générée au test de Wingate et la performance seulement pour le groupe des nageurs de 13-14 ans. L'hypothèse est donc partiellement confirmée. Cependant, si l'on regroupe les nageurs et les nageuses par sexe, on obtient des corrélations significatives entre la puissance totale et la performance aux 200 mètres en nage libre. Ces résultats nous portent à croire que dans un groupe d'âges précis, les différences de puissance anaérobie importent peu dans les différences de performance. Par contre, si l'on compare les groupes d'âges entre eux, le développement de la puissance anaérobie peut devenir un facteur important dans les différences de performance.

Une comparaison des résultats des différents groupes d'âges permet de constater que la puissance augmente avec l'âge. Cependant, l'écart des résultats de la puissance des nageuses de 13-14 ans et de celle des 15-16 ans n'est pas très élevé par rapport à l'écart qui existe entre ces deux mêmes valeurs pour les groupes de nageurs. Ces résultats semblent indiquer que les nageuses de 13-14 ans sont en avance au niveau du développement de leur puissance par rapport aux nageurs du même groupe d'âges. Cette constatation va de pair avec la maturité. Étant donné

qu'à cet âge, les filles sont plus matures biologiquement, il est normal que leur métabolisme anaérobie soit plus développé.

Performance

Il est intéressant de noter qu'il n'y a pas de différence significative de performance entre les nageurs et les nageuses de 10-12 ans. Cette absence de différence peut s'expliquer par le fait qu'à cet âge, les nageuses ont une maturation plus avancée que celle des nageurs. Par contre, lorsque l'on observe les performances des autres groupes d'âges, les nageurs ont toujours une performance supérieure à celle des nageuses. Tel que prévu, les performances augmentent normalement avec l'âge des nageurs. Par ailleurs, la performance des nageuses augmente de façon plus constante que celle des nageurs. En effet, il n'y a pas beaucoup de différence entre la performance des nageurs de 13-14 ans et ceux de 15-16 ans. Cette mince différence de performance entre ces groupes peut être mise sur le compte de la spécificité de l'échantillon puisque si l'on se base sur des résultats obtenus lors de compétitions antérieures, l'écart observé entre la performance des 13-14 ans et celle des 15-16 ans est beaucoup plus important que celui observé lors de cette étude.

Heures et années d'entraînement

Les résultats de ces deux variables vont de pair: plus les sujets vieillissent, plus ils accumulent des années d'entraînement et plus ils investissent d'heures. Les résultats sont sensiblement les mêmes pour les nageurs et les nageuses. Tout comme la maturité, le passé d'entraînement contribue à l'amélioration de la performance. Il est toutefois important de noter que le nombre hebdomadaire d'heures d'entraînement est considérablement élevé pour des

athlètes de calibre provincial. Bien que ce nombre d'heures puisse paraître élevé, il faut noter que cette moyenne constitue la normalité en natation.

Prédiction de performance

En ce qui a trait à la régression par étape, seulement deux variables sont retenues chez les nageurs tandis que chez les nageuses, une troisième est incluse dans l'équation de régression. Les variables incluses dans ces équations, à part la somme des six plis pour les nageuses, sont toutes des variables qui évoluent avec l'âge; il s'agit de la taille, des années d'entraînement et des heures d'entraînement. Il est donc normal de retrouver ces facteurs de prédiction lorsqu'on regroupe des nageurs de 10 à 16 ans. Pour ce qui est de la somme des six plis chez les nageuses, l'inclusion de cette variable dans l'équation de prédiction de performance ne fait que corroborer les résultats au niveau de l'endomorphie chez les 15-16 ans: plus la somme est élevée, moins bonne est la performance.

Conclusion

Lorsque l'on examine la littérature traitant de la performance à la natation, on retrouve une multitude de facteurs qui peuvent influencer le rendement. Le niveau de maturité, la mésomorphie et la puissance anaérobie ressortent comme des facteurs déterminants de la performance. Toutes les hypothèses de cette étude visant à mettre en relation ces trois aspects avec la performance à l'intérieur de groupes d'âges ne sont pas supportées sauf pour la puissance anaérobie chez les nageurs de 13-14 ans. Cependant, d'autres variables sont liées significativement à la performance.

L'entraîneur de natation qui prend connaissance des résultats de l'étude peut tirer certaines conclusions. Premièrement, les caractéristiques anthropométriques et physiologiques observées démontrent clairement les différences entre les groupes d'âges. Pratiquement, il devient alors justifié de modifier l'entraînement en fonction des capacités des jeunes nageurs. À titre d'exemple, il est impossible de demander le même travail anaérobie à un nageur de 11 ans qu'à un autre de 16 ans. Par contre, dans les groupes de nageurs et de nageuses de 10-12 ans, on peut s'attendre à peu de différences dans l'entraînement puisque ceux-ci présentent des caractéristiques semblables. Il semble aussi que le développement de la puissance anaérobie, tout comme la maturité générale, se fasse plus rapidement chez les nageuses: il en résulte qu'une nageuse de 14 ans a généralement un système anaérobie plus développé que son pendant masculin.

L'équation de prédiction de performance identifie certaines variables comme ayant de bonnes valeurs prédictives. La taille, que l'on retrouve chez les nageurs et les nageuses, ne peut être modifiée par l'entraînement mais l'entraîneur doit tenir compte de l'importance de ce facteur pour l'épreuve des 200 mètres en nage libre. Pour ce qui est de la somme des six plis cutanés chez les nageuses, ce résultat constitue un paramètre modifiable. Le contrôle périodique du taux d'adiposité peut donner un indice valable de l'évolution de cette caractéristique chez l'athlète et ainsi orienter la nageuse au niveau nutritionnel. Cependant, il faut être prudent compte tenu des répercussions psychologiques néfastes que ce contrôle peut causer.

Recommandations

Afin d'améliorer notre compréhension des facteurs pouvant être reliés à la performance, il faut ajouter des informations d'ordre biomécanique, physiologique, physique, psychologique et socio-économique. Ces informations pourraient éventuellement fournir une image plus complète des facteurs reliés à la performance et des aspects sur lesquels l'entraîneur doit mettre l'accent afin d'assurer l'atteinte du potentiel de chacun des jeunes participants.

BIBLIOGRAPHIE

- Bale, P. (1986). The relationship of somatotype and body composition to strength in a group of men and women sport science students. In J.A.P. Day (Ed.), Perspectives in Kinanthropometry (187-197). Champaign, Il: Human Kinetics.
- Bar-Or, O. (1975). Predicting athletic performance. The Physician and Sports-medicine, 3, 81-85.
- Bar-Or, O. (1983). Pediatric Sports Medicine for the Practitioner, Springer-Verlag, New-York
- Bernink, M.J.E, Erich, W.B.M., Peltenburg, A.L., Zonderland, M.L. & Huisveld, I.A. (1983). Height, body composition, biological maturation and training in relation to socio-economic status in girl gymnasts, swimmers and controls. Growth, 47, 1-12.
- Beunen, G. (1973). Utilité de la détermination de la maturité osseuse lors de l'évaluation de l'aptitude physique des jeunes garçons. Sports, 4, 15-25.
- Beunen, G. (1989). Biological age in pediatric exercise research. In O. Bar-Or (Ed.), Advances in Pediatric Sport Sciences Vol. 3 Biological Issues (1-39). Champaign, Il: Human Kinetics.
- Beunen, G. & Malina R.M. (1996). Growth and Biological Maturation: Relevance to Athletic Performance, In O. Bar-Or (Ed.), The Child and Adolescent Athlete (3-24). Blackwell Science.
- Blimkie, C.J.R., Roache, P., Hay, J.T. & Bar-Or, O. (1988). Anaerobic power of arms in teenage boys and girls: relationship to lean tissue. European Journal of Applied Physiology, 57, 677-683.
- Bloomfield, J., Blanksby, B.A., Ackland, T.R. & Elliot, B.C. (1986). The anatomical and physiological characteristics of preadolescent swimmers. In J.A.P. Day (Ed.), Perspectives in Kinanthropometry (165-170). Champaign, Il: Human Kinetics.
- Boissy, P. (1993). L'optimisation de la performance en natation, un modèle psychobiologique de prédiction. Mémoire de maîtrise non-publié, Université de Sherbrooke.
- Bonifazi, M., Martelli, G., Marugo, L., Sardella, F.& Carli, G. (1993). Blood lactate accumulation in top level swimmers following competition. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 33, 13-18.
- Brief, F.K. (1986). Somatotipo y características antropométricas de los atletas Bolivarianos. Caracas: Universidad Central de Venezuela.
- Carter, J.E.L. & Yushahz, M.S. (1984). Physical structure of Olympic athletes Part 2: Kinanthropometry of Olympic athletes. Switzerland, Basel: Karger.

- Carter, J.E.L. (1988). Somatotypes of Children in Sports. In R.M. Malina (Ed.), Young Athletes: Biological, Psychological and Educational Perspectives. (153-165) Champaign, IL: Human Kinetics.
- Carter, J.E.L., & Heath, B.H. (1990). Somatotyping - development and applications. Cambridge University Press.
- Chatard, J.C., Bourgoin, B., & Lacour, J.R. (1990a). Passive drag is still a good evaluator of swimming aptitude. European Journal of Applied Physiology, *59*, 399-404.
- Chatard, J.C., Collomp, C., Maglischo, E., & Maglischo, C. (1990b). Swimming skill and stroking characteristics of front crawl swimmers. International Journal of Sports Medicine, *11*, 156-161.
- Clarys, J.P., Martin, A.D. & Drinkwater, D.T. (1984). Gross tissue weights in the human body by cadaver dissection. Human Biology, *56* (3), 459-473.
- Costill, D.L., Thomas R. & Robergs, R.A. (1991). Adaptations to swimming training: influence of training volume. Medecine and Science in Sports and Exercise, *23*, 371-377.
- Drinkwater, D.T. & Mazza, J.C. (1995). Body Composition. In J.E.L. Carter & T.R. Ackland (Eds.), Kinanthropometry in Aquatic Sport (103-116). HK Sports Science.
- Duché, P., Fralgairette, G., Bedu, M., Lac, G., Robert, A. & Coudert, J. (1993). Analysis of performance of prepubertal swimmers assessed from anthropometric and bio-energetic characteristics. European Journal of Applied Physiology, *66*, 467-471.
- Falk, B. & Bar-Or, O. (1993). Longitudinal changes in peak aerobic and anaerobic mechanical power of circumpubertal boys. Pediatric Exercise Science, *5*, 318-331.
- Greulich, W.W. & Pyle, S.L. (1959). Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist. Stanford University Press.
- Hawley, J.A., Williams, M.M., Hamling, G.C. & Walsh, R.M. (1989). Effects of a task-specific warm-up on anaerobic power. British Journal of Sports Medicine, *23*, 233-236.
- Hawley, J.A. & Williams, M.M. (1991). Relationship between upper body anaerobic power and freestyle swimming performance. International Journal of Sports Medicine, *12*(1), 1-5.
- Hawley, J.A., Williams, M.M., Vickovic, M.M. & Handcock, P.J. (1992). Muscle power predicts freestyle swimming performance. British Journal of Sports Medicine, *26* (3), 151-155.
- Hawley, J.A. & Noakes, T.D. (1992). Peak sustained power output predicts VO_{2max} and performance in trained cyclists. European Journal of Applied Physiology, *64*, 233-246.

Hebbelink, M., Carter, J.E.L. & De Garay, A. (1975). Body build and somatotype of Olympic swimmers, divers and water-polo players. In L. Lewillie & J.P. Clarys (Eds.), Swimming 2 (285-305). Baltimore: University Park Press.

Inbar, O. & Bar-Or O. (1977). Relationship of anaerobic and aerobic arm and leg capacities to swimming performance of 8-12 year old children. In R. Shephard & R. Lavallée (Eds.). (283-292). Quebec: Pelican.

Inbar, O. (1985). The Wingate Anaerobic Test- Characteristics, Applications, and Norms (in Hebrew). Netania Israel: Wingate Press.

Inbar, O. & Bar-Or, O. (1986). Anaerobic characteristics in male children and adolescents. Medecine and Science in Sports and Exercise, 18, 264-269.

Inbar, O. (1996). Development of Anaerobic Power and Local Muscular Endurance. In O. Bar-Or (Ed.), The Child and Adolescent Athlete (42-53). Oxford: Blackwell Science Ltd.

Maglischo, E.W. (1986). The application of energy metabolism in swimming training. In B.E. Ungerechts, K. Wilke & K. Reischle (Eds.), Swimming Science V (209-217). Champaign, Il: Human Kinetics.

Maglischo, E.W. (1993). Swimming even faster. California: Mayfield Publishing.

Malina, R.M. (1983). Menarche in athletes: A synthesis and hypothesis. Annals of Human Biology, 1, 245-256.

Malina, R.M. (1988). Biological Maturity Status of Young Athletes. In R.M. Malina (Ed.), Young Athletes: Biological, Psychological and Educational Perspectives (121-140) Champaign, Il: Human Kinetics.

Malina, R.M. & Bouchard, C. (1991). Growth, Maturation and Physical Activity. Human Kinetics, Champaign, Il.

Malina, R.M., Beunen, G. (1996). Growth, Maturation and Performance. In O. Bar-Or (Ed.), The Child and Adolescent Athlete (3-24). Oxford: Blackwell Science Ltd.

Mazza, J.C., Alarçon, N., Galasso, C., Bermudez, C., Cosolito, P., & Gribaudo, F. (1991). Proportionality and anthropometric fractionation of body mass in South American swimmers. In J.M. Cameron (Ed.), Aquatic sports medicine (230-244). London: Farrand Press.

Meleski, B.W. (1980). Growth, maturity, body composition and selected familial characteristics of competitive swimmers 8 to 18 years of age. Unpublished doctoral dissertation, University of Texas, Austin.

- Montpetit, R., Lavoie, J.M. & Cazorla, G. (1983). Aerobic energy cost of the front crawl at high velocity in international class and adolescent swimmers. In A.P. Hollander, P.A. Huijing & G. de Groot (Eds.) Biomechanics and medicine in swimming (228-234). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Noakes, T.D. (1988). Implications of exercise testing for prediction of athletic performance: a contemporary perspective. Medicine and Science in Sports and Exercise, 20, 319-330.
- Noakes, T.D., Myburgh, K.H. & Schall, R. (1990). Peak treadmill running velocity during the VO_{2max} test predicts running performance. Journal of Sports Science, 8, 35-45.
- Nomura, T. (1983). The influence of training and age on VO_{2max} during swimming in Japanese elite age group and Olympic swimmers. In A.P. Hollander, P.A. Huijing & G. de Groot (Eds.), Biomechanics and medicine in swimming (329-336). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Novak, L.P., Bestit, C., Mellerowicz, H. & Woodward, W.A. (1976a). Maximal oxygen consumption, body composition and anthropometry of selected Olympic male athletes. In H. Jungmann (Ed.), Sportwissenschaftliche Untersuchungen während der XX Olympischen Spiele (69-78). Grafelfing, Germany: Detmer.
- Novak, L.P., Woodward, W.A., Bestit, C. & Mellerowicz, H. (1976b). Working capacity (WC 170), body composition and anthropometry of Olympic female athletes. In H. Jungmann (Ed.), Sportwissenschaftliche Untersuchungen während der XX Olympischen Spiele (82-96). Grafelfing, Germany: Detmer.
- Peltenburg, A.L., Erich, W.B.M., Bernink, M.J.E., Zonderland, M.L. & Huisveld, I.A. (1984). Biological maturation, body composition and growth of female gymnasts and control group of schoolgirls and girl swimmers aged 8 to 14 years: a cross-sectional survey of 1064 girls. International Journal of Sports Medicine, 5, 36-42.
- Plowman, S.A., Liu, N.Y. & Wells, C.L. (1991). Body composition and sexual maturation in premenarcheal athletes and non-athletes. Medicine and Science in Sport and Exercise, 23, 23-29.
- Siders, W.A., Lukaski, H.C. & Bolonchuk, W.W. (1993). Relationships among swimming performance, body composition and somatotype in competitive collegiate swimmers. The Journal of Sports medicine and physical fitness, 33 (2), 166-171.
- Stager, J.M. & Hatler, L.K. (1988). Menarche in athletes: the influence of genetics and prepubertal training. Medicine and Science in Sports and Exercise, 20, 369-373.
- Stepnicka, J. (1986). Somatotype in relation to physical performance, sport and body posture. In T. Rerilly, J. Watkins & J. Borms (Eds.) Kinanthropometry III (39-52), London: E. & F.N. Spon.

Troup, J.D. (1991). Growth and developmental changes of the age-group swimmer. In J.D. Troup (Ed.), International Center for Aquatic Research annual studies by the International Center for Aquatic Research 1990-91 (33-41). Colorado Springs: Swimming Press.

Valadian, I. & Porter, D. (1977). Physical growth and development. Boston: Little.

Welham, W.C. & Behneke, A.R. (1942). The specific gravity of healthy men. Journal of the American Medical Association, 118, 498-501.

Wilmore, J.H. (1983). Body composition in sport and exercise: Directions for future research. Medicine and Science in Sports and Exercise, 15, 21-31.

Wilmore, J.H. (1988). Advances in Body Composition Applied to Children and Adolescents in Sport. In R.M. Malina (Ed.), Young Athletes: Biological, Psychological and Educational Perspectives (141-151). Champaign, Il: Human Kinetics.

Withers, R.T., Craig, N.P., & Norton, K.I. (1986). Somatotypes of South Australian male athletes. Human Biology, 58, 337-356.

ANNEXE 1
Données Recueillies auprès des Sujets Masculins

| IDEN | 200 FR | AGER | AGEO | AENT | HENT | TAILLE | POIDS | PLIS | WATTS | PANA | SOMATOTYPE | | |
|------|--------|-------|------|------|------|--------|-------|-------|---------|--------|------------|------|------|
| | | | | | | | | | | | ENDO | MESO | ECTO |
| 59 | 170,52 | 11,50 | 11,5 | 4,25 | 9 | 147,2 | 40,2 | 85,8 | 557,19 | 121,89 | 3,5 | 4,5 | 3,0 |
| 36 | 159,26 | 10,67 | 10,5 | 5,25 | 8 | 148,5 | 39,0 | 55,9 | 365,66 | 72,47 | 2,0 | 4,5 | 3,5 |
| 34 | 170,56 | 12,19 | 10,9 | 3,25 | 7 | 151,2 | 41,2 | 68,6 | 476,48 | 88,24 | 3,0 | 4,5 | 3,5 |
| 7 | 164,12 | 11,93 | 12,3 | 4,25 | 8 | 153,9 | 38,2 | 45,0 | 471,07 | 85,65 | 1,5 | 3,5 | 5,0 |
| 4 | 162,20 | 12,47 | 12,0 | 3,25 | 8 | 157,9 | 41,0 | 39,4 | 487,07 | 88,24 | 1,5 | 4,0 | 5,0 |
| 3 | 156,26 | 11,44 | 11,3 | 3,25 | 8 | 157,8 | 46,6 | 49,3 | 947,04 | 165,93 | 1,5 | 4,5 | 3,5 |
| 2 | 183,85 | 12,61 | 12,9 | 3,25 | 8 | 165,3 | 46,0 | 41,5 | 684,02 | 124,00 | 1,5 | 4,0 | 5,0 |
| 56 | 147,38 | 14,22 | 11,2 | 6,25 | 15 | 152,3 | 39,4 | 38,8 | 715,03 | 126,97 | 1,5 | 3,5 | 4,0 |
| 55 | 132,82 | 14,00 | 15,3 | 2,25 | 12 | 180,0 | 66,6 | 58,8 | 1175,04 | 225,75 | 2,5 | 4,0 | 4,0 |
| 52 | 134,31 | 13,62 | 13,3 | 4,25 | 14 | 168,0 | 50,0 | 32,3 | 983,79 | 182,83 | 1,0 | 4,0 | 5,0 |
| 51 | 135,56 | 13,87 | 13,2 | 4,25 | 14 | 164,4 | 54,8 | 69,3 | 1072,97 | 188,24 | 3,0 | 5,0 | 3,0 |
| 43 | 139,95 | 14,27 | 13,0 | 8,25 | 13 | 165,6 | 51,6 | 66,4 | 768,96 | 152,00 | 2,5 | 4,0 | 4,0 |
| 42 | 139,94 | 14,25 | 14,3 | 5,25 | 10 | 166,2 | 63,6 | 82,3 | 835,79 | 163,77 | 4,0 | 4,5 | 2,0 |
| 38 | 132,48 | 13,05 | 15,0 | 3,25 | 8 | 168,0 | 52,4 | 48,0 | 867,32 | 165,42 | 2,0 | 3,0 | 4,5 |
| 37 | 135,64 | 13,01 | 13,2 | 3,25 | 8 | 158,2 | 43,8 | 52,2 | 497,07 | 99,41 | 2,5 | 4,0 | 4,5 |
| 27 | 130,90 | 13,74 | 13,5 | 6,25 | 12 | 168,2 | 60,0 | 56,5 | 1279,80 | 235,06 | 2,0 | 5,0 | 3,0 |
| 16 | 136,43 | 14,78 | 17,5 | 6,25 | 14 | 154,6 | 49,4 | 59,8 | 694,61 | 139,77 | 3,0 | 4,5 | 2,0 |
| 15 | 126,42 | 14,68 | 15,0 | 3,25 | 12 | 175,6 | 71,8 | 78,2 | 1474,39 | 281,42 | 3,5 | 5,0 | 2,5 |
| 62 | 133,98 | 16,29 | 16,8 | 6,25 | 14 | 175,6 | 71,8 | 71,7 | 1416,32 | 267,11 | 2,5 | 5,0 | 2,5 |
| 61 | 136,58 | 15,48 | 15,3 | 4,25 | 15 | 170,9 | 60,2 | 53,9 | 966,38 | 193,28 | 2,0 | 5,0 | 3,5 |
| 60 | 133,09 | 15,47 | 17,0 | 5,25 | 18 | 161,0 | 58,8 | 50,6 | 848,96 | 155,30 | 2,5 | 6,5 | 1,5 |
| 58 | 132,85 | 15,37 | 14,5 | 5,25 | 18 | 170,1 | 68,0 | 100,7 | 1011,79 | 200,01 | 4,0 | 5,5 | 2,0 |
| 57 | 129,90 | 15,21 | 15,7 | 5,25 | 18 | 163,3 | 62,6 | 68,1 | 1130,57 | 206,55 | 3,0 | 7,0 | 1,5 |
| 50 | 130,21 | 15,72 | 15,5 | 3,25 | 10 | 167,5 | 56,4 | 40,3 | 904,26 | 163,06 | 1,5 | 4,5 | 3,5 |
| 48 | 126,41 | 16,49 | | 9,26 | 16 | 166,2 | 61,6 | 47,6 | 1282,20 | 246,78 | 2,0 | 5,0 | 2,0 |
| 46 | 137,87 | 15,88 | 16,3 | 6,25 | 12 | 183,2 | 101,2 | 138 | 1992,05 | 368,01 | 5,0 | 7,5 | 0,5 |
| 45 | 127,72 | 16,48 | 15,3 | 9,26 | 19 | 187,0 | 69,8 | 41,6 | 1438,25 | 268,15 | 1,5 | 3,5 | 4,5 |
| 44 | 130,68 | 16,38 | 15,8 | 9,26 | 16 | 171,7 | 66,4 | 77,1 | 1377,63 | 237,32 | 3,0 | 4,5 | 2,5 |
| 41 | 140,72 | 15,48 | 15,8 | 6,25 | 12 | 169,3 | 70,4 | 78,6 | 1040,03 | 201,89 | 3,5 | 5,5 | 1,5 |

Données Recueillies auprès des Sujets Féminins

| IDEN | 200 FR | ÂGER | ÂGEO | AENT | HENT | TAILLE | POIDS | PLIS | WATTS | PANA | SOMATOTYPE | | |
|------|--------|-------|------|-------|------|--------|-------|-------|--------|--------|------------|------|------|
| | | | | | | | | | | | ENDO | MÉSO | ECTO |
| 40 | 145.32 | 12.67 | 13.0 | 5.25 | 12 | 155.8 | 43.2 | 69.8 | 518.84 | 91.91 | 3.0 | 3.0 | 4.0 |
| 28 | 162.25 | 11.98 | 11.8 | 4.25 | 8 | 158.6 | 45.8 | 63.6 | 532.25 | 94.83 | 2.5 | 3.5 | 4.0 |
| 26 | 172.74 | 11.96 | 13.0 | 1.25 | 12 | 160.6 | 47.2 | 56.9 | 364.81 | 80.00 | 2.0 | 3.5 | 4.0 |
| 25 | 171.25 | 12.01 | 12.5 | 1.25 | 10 | 153.0 | 40.3 | 59.6 | 415.70 | 74.33 | 2.5 | 3.5 | 4.0 |
| 24 | 181.69 | 12.02 | 12.8 | 0.25 | 12 | 149.5 | 43.0 | 48.0 | 479.42 | 82.36 | 2.0 | 4.0 | 2.5 |
| 23 | 177.55 | 10.44 | 9.9 | 3.25 | 12 | 139.4 | 28.0 | 40.6 | 343.07 | 64.80 | 1.5 | 3.0 | 5.0 |
| 22 | 175.29 | 11.32 | 11.8 | 3.83 | 8 | 156.0 | 44.0 | 77.6 | 463.82 | 81.32 | 3.5 | 3.5 | 4.0 |
| 8 | 164.93 | 12.16 | 10.8 | 4.25 | 8 | 142.1 | 38.0 | 69.1 | 448.01 | 92.24 | 3.5 | 4.5 | 2.5 |
| 6 | 154.79 | 11.51 | 12.0 | 4.25 | 10 | 153.6 | 44.8 | 68.1 | 427.68 | 75.30 | 3.0 | 4.5 | 3.0 |
| 5 | 158.12 | 12.15 | 13.3 | 4.25 | 8 | 157.4 | 57.6 | 86.4 | 714.79 | 128.90 | 3.0 | 5.0 | 1.5 |
| 30 | 164.97 | 13.68 | 14.5 | 2.25 | 10 | 166.3 | 78.0 | 123.7 | 733.85 | 127.63 | 6.0 | 5.5 | 0.5 |
| 29 | 156.43 | 14.30 | 15.3 | 3.25 | 12 | 165.5 | 63.2 | 116.3 | 660.72 | 118.59 | 5.5 | 3.5 | 2.0 |
| 19 | 143.51 | 13.95 | 14.6 | 5.25 | 10 | 162.3 | 56.6 | 78.5 | 715.31 | 128.00 | 3.0 | 3.5 | 2.5 |
| 17 | 152.02 | 14.64 | 14.8 | 2.25 | 12 | 161.0 | 48.6 | 61.9 | 533.66 | 92.24 | 2.5 | 3.5 | 3.5 |
| 14 | 159.39 | 13.60 | 15.0 | 3.25 | 10 | 160.0 | 63.2 | 107.4 | 732.72 | 139.77 | 5.0 | 4.5 | 1.0 |
| 13 | 146.25 | 13.93 | 15.3 | 3.25 | 10 | 167.5 | 57.2 | 87.6 | 710.49 | 124.24 | 3.5 | 4.0 | 2.0 |
| 12 | 161.14 | 14.04 | 14.9 | 6.25 | 10 | 158.7 | 50.6 | 75.2 | 687.08 | 120.24 | 3.0 | 4.0 | 3.0 |
| 11 | 159.66 | 13.07 | 13.9 | 5.25 | 10 | 165.0 | 69.0 | 102.5 | 898.85 | 169.42 | 5.0 | 4.5 | 1.0 |
| 10 | 160.61 | 13.87 | 15.5 | 3.67 | 11 | 172.1 | 79.4 | 162.1 | 800.96 | 140.71 | 8.0 | 4.0 | 1.0 |
| 9 | 149.34 | 14.32 | 14.7 | 3.67 | 12 | 168.9 | 54.6 | 73.5 | 650.60 | 115.25 | 3.5 | 2.5 | 4.0 |
| 1 | 148.21 | 14.76 | 16.5 | 7.25 | 15 | 157.5 | 59.0 | 85.1 | 611.59 | 104.61 | 4.5 | 4.5 | 1.0 |
| 49 | 138.64 | 16.04 | 14.8 | 8.25 | 14 | 167.7 | 53.4 | 72.1 | 536.13 | 91.18 | 3.0 | 2.5 | 4.0 |
| 47 | 140.23 | 16.91 | 16.9 | 2.25 | 10 | 168.2 | 57.2 | 63.9 | 710.49 | 124.24 | 3.0 | 3.0 | 3.5 |
| 35 | 145.62 | 16.34 | 15.3 | 2.25 | 12 | 168.3 | 66.0 | 103.2 | 956.73 | 169.89 | 4.5 | 4.0 | 2.0 |
| 33 | 142.70 | 16.62 | 17.0 | 9.26 | 15 | 156.7 | 53.8 | 89.1 | 770.84 | 135.82 | 3.5 | 4.5 | 2.0 |
| 32 | 149.94 | 16.37 | 15.2 | 7.25 | 18 | 159.4 | 53 | 69.2 | 586.81 | 100.80 | 3.0 | 3.5 | 2.5 |
| 31 | 145.67 | 16.02 | 17.0 | 10.26 | 18 | 162.5 | 74.2 | 124.1 | 752.21 | 132.14 | 6.0 | 3.5 | 0.5 |
| 21 | 139.37 | 15.02 | 15.7 | 3.83 | 12 | 177.0 | 72.2 | 107.7 | 922.38 | 178.83 | 5.0 | 2.5 | 2.5 |
| 20 | 146.88 | 15.47 | 16.8 | 5.25 | 12 | 164.3 | 59.4 | 81.4 | 720.02 | 124.00 | 3.0 | 3.5 | 2.0 |
| 39 | 129.3 | 16.31 | 13.5 | 8.25 | 16 | 166.2 | 56.8 | 59.8 | 823.08 | 143.65 | 2.0 | 4.0 | 3.0 |

IDEN Numéro du sujet
 200 FR Temps en centièmes de secondes réalisé aux 200 mètres
 en nage libre
 AGER Âge réel
 AGEO Âge osseux
 AENT Années d'entraînement
 HENT Heures d'entraînement
 TAILLE Taille du sujet
 POIDS Masse corporelle
 PLIS Somme des 6 plis cutanés
 WATTS Puissance totale générée
 PANA Crête
 ENDO Endomorphie
 MÉSO Mésomorphie
 ECTO Ectomorphie

ANNEXE 2

Corrélations entre Toutes les Variables pour tous les Groupes d'Âges chez les Nageurs

| | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| <i>10-12 ans</i> | ÂGER | ÂGEO | AENT | HENT | 200 FR | TAILLE | POIDS | PLIS | WATTS | PANA | ENDO | MESO | ECTO |
| ÂGER | 1.00 | | | | | | | | | | | | |
| ÂGEO | 0.74 | 1.00 | | | | | | | | | | | |
| AENT | -0.79 | -0.44 | 1.00 | | | | | | | | | | |
| HENT | -0.29 | 0.21 | 0.37 | 1.00 | | | | | | | | | |
| 200 FR | 0.61 | 0.58 | -0.31 | 0.00 | 1.00 | | | | | | | | |
| TAILLE | 0.68 | 0.75 | -0.67 | -0.18 | 0.40 | 1.00 | | | | | | | |
| POIDS | 0.30 | 0.30 | -0.68 | -0.09 | 0.26 | 0.73 | 1.00 | | | | | | |
| PLIS | -0.37 | -0.51 | 0.28 | 0.30 | 0.09 | -0.76 | -0.29 | 1.00 | | | | | |
| WATTS | 0.11 | 0.23 | -0.57 | 0.12 | -0.02 | 0.53 | 0.88 | -0.17 | 1.00 | | | | |
| PANA | 0.03 | 0.20 | -0.48 | 0.30 | 0.03 | 0.40 | 0.83 | 0.03 | 0.97 | 1.00 | | | |
| ENDO | -0.20 | -0.46 | 0.18 | 0.17 | 0.21 | -0.72 | -0.32 | 0.97 | -0.28 | -0.09 | 1.00 | | |
| MESO | -0.51 | -0.76 | 0.08 | 0.00 | -0.17 | -0.43 | 0.23 | 0.62 | 0.18 | 0.28 | 0.58 | 1.00 | |
| ECTO | 0.68 | 0.80 | -0.31 | -0.16 | 0.27 | 0.71 | 0.04 | -0.83 | -0.09 | -0.24 | -0.74 | -0.89 | 1.00 |
| <i>13-14 ans</i> | | | | | | | | | | | | | |
| ÂGER | 1.00 | | | | | | | | | | | | |
| ÂGEO | 0.31 | 1.00 | | | | | | | | | | | |
| AENT | 0.42 | -0.25 | 1.00 | | | | | | | | | | |
| HENT | 0.63 | -0.17 | 0.46 | 1.00 | | | | | | | | | |
| 200 FR | 0.12 | -0.51 | 0.56 | 0.32 | 1.00 | | | | | | | | |
| TAILLE | -0.02 | 0.25 | -0.51 | -0.20 | -0.70 | 1.00 | | | | | | | |
| POIDS | 0.34 | 0.43 | -0.35 | -0.14 | -0.67 | 0.85 | 1.00 | | | | | | |
| PLIS | 0.49 | 0.33 | 0.04 | -0.16 | -0.24 | 0.32 | 0.68 | 1.00 | | | | | |
| WATTS | 0.26 | 0.15 | -0.30 | 0.19 | -0.70 | 0.77 | 0.81 | 0.32 | 1.00 | | | | |
| PANA | 0.30 | 0.24 | -0.31 | 0.13 | -0.74 | 0.81 | 0.86 | 0.37 | 0.99 | 1.00 | | | |
| ENDO | 0.47 | 0.45 | -0.06 | -0.24 | -0.17 | 0.17 | 0.57 | 0.95 | 0.14 | 0.20 | 1.00 | | |
| MESO | 0.47 | 0.18 | 0.10 | 0.29 | -0.40 | 0.20 | 0.53 | 0.62 | 0.54 | 0.54 | 0.54 | 1.00 | |
| ECTO | -0.71 | -0.47 | -0.24 | -0.16 | 0.09 | 0.05 | -0.47 | -0.77 | -0.26 | -0.28 | -0.80 | -0.70 | 1.00 |
| <i>15-16 ans</i> | | | | | | | | | | | | | |
| ÂGER | 1.00 | | | | | | | | | | | | |
| ÂGEO | 0.19 | 1.00 | | | | | | | | | | | |
| AENT | 0.80 | 0.05 | 1.00 | | | | | | | | | | |
| HENT | 0.03 | -0.17 | 0.39 | 1.00 | | | | | | | | | |
| 200 FR | -0.47 | 0.21 | -0.42 | -0.49 | 1.00 | | | | | | | | |
| TAILLE | 0.53 | -0.12 | 0.39 | -0.07 | 0.09 | 1.00 | | | | | | | |
| POIDS | 0.16 | 0.19 | 0.18 | -0.27 | 0.45 | 0.68 | 1.00 | | | | | | |
| PLIS | -0.18 | 0.02 | -0.03 | -0.21 | 0.55 | 0.33 | 0.85 | 1.00 | | | | | |
| WATTS | 0.54 | 0.23 | 0.50 | -0.13 | 0.06 | 0.75 | 0.87 | 0.61 | 1.00 | | | | |
| PANA | 0.52 | 0.18 | 0.48 | -0.13 | 0.11 | 0.77 | 0.89 | 0.63 | 0.99 | 1.00 | | | |
| ENDO | -0.32 | 0.04 | -0.06 | -0.13 | 0.58 | 0.15 | 0.75 | 0.97 | 0.47 | 0.48 | 1.00 | | |
| MESO | -0.58 | 0.37 | -0.36 | -0.06 | 0.42 | -0.28 | 0.45 | 0.61 | 0.19 | 0.20 | 0.71 | 1.00 | |
| ECTO | 0.36 | -0.40 | 0.09 | 0.13 | -0.43 | 0.30 | -0.48 | -0.69 | -0.25 | -0.25 | -0.80 | -0.88 | 1.00 |

Corrélations entre Toutes les Variables pour tous les Groupes d'Âges chez les Nageurs (suite)

| <i>Tous</i> | <i>ÂGER</i> | <i>ÂGEO</i> | <i>AENT</i> | <i>HENT</i> | <i>200 FR</i> | <i>TAILLE</i> | <i>POIDS</i> | <i>PLIS</i> | <i>WATTS</i> | <i>PANA</i> | <i>ENDO</i> | <i>MÉSO</i> | <i>ECTO</i> |
|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|---------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <i>ÂGER</i> | 1.00 | | | | | | | | | | | | |
| <i>ÂGEO</i> | 0.84 | 1.00 | | | | | | | | | | | |
| <i>AENT</i> | 0.59 | 0.30 | 1.00 | | | | | | | | | | |
| <i>HENT</i> | 0.78 | 0.58 | 0.62 | 1.00 | | | | | | | | | |
| <i>200 FR</i> | -0.75 | -0.70 | -0.38 | -0.66 | 1.00 | | | | | | | | |
| <i>TAILLE</i> | 0.70 | 0.64 | 0.27 | 0.45 | -0.62 | 1.00 | | | | | | | |
| <i>POIDS</i> | 0.75 | 0.72 | 0.35 | 0.48 | -0.61 | 0.85 | 1.00 | | | | | | |
| <i>PLIS</i> | 0.25 | 0.28 | 0.16 | 0.11 | -0.12 | 0.28 | 0.66 | 1.00 | | | | | |
| <i>WATTS</i> | 0.72 | 0.62 | 0.41 | 0.53 | -0.63 | 0.85 | 0.91 | 0.48 | 1.00 | | | | |
| <i>PANA</i> | 0.72 | 0.64 | 0.41 | 0.53 | -0.65 | 0.86 | 0.93 | 0.51 | 0.99 | 1.00 | | | |
| <i>ENDO</i> | 0.27 | 0.35 | 0.11 | 0.13 | -0.18 | 0.20 | 0.59 | 0.94 | 0.37 | 0.41 | 1.00 | | |
| <i>MÉSO</i> | 0.42 | 0.45 | 0.14 | 0.40 | -0.27 | 0.22 | 0.62 | 0.64 | 0.50 | 0.50 | 0.62 | 1.00 | |
| <i>ECTO</i> | -0.53 | -0.56 | -0.35 | -0.44 | 0.40 | -0.20 | -0.66 | -0.72 | -0.52 | -0.54 | -0.77 | -0.85 | 1.00 |

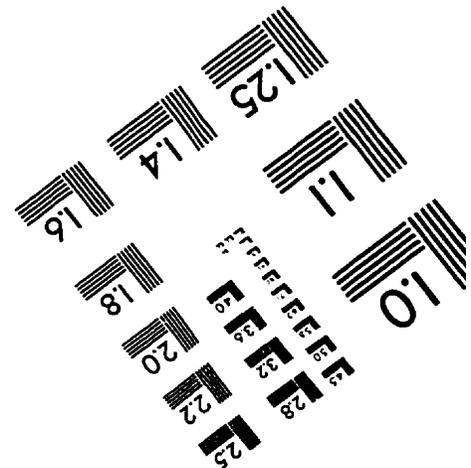
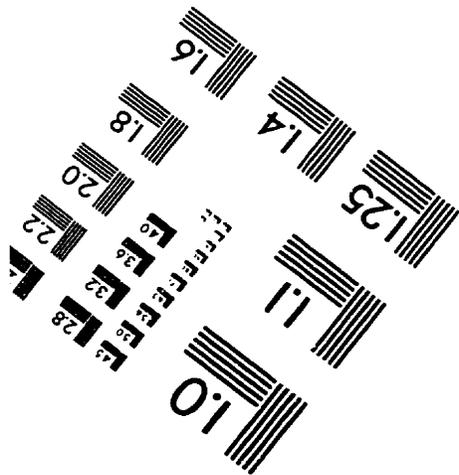
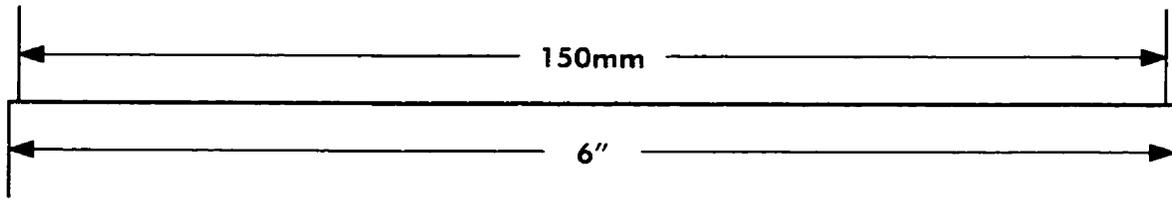
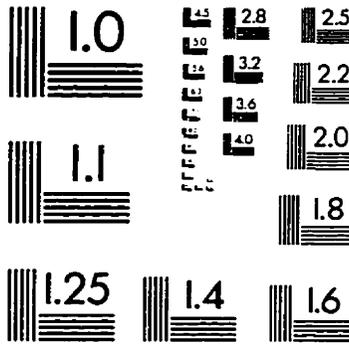
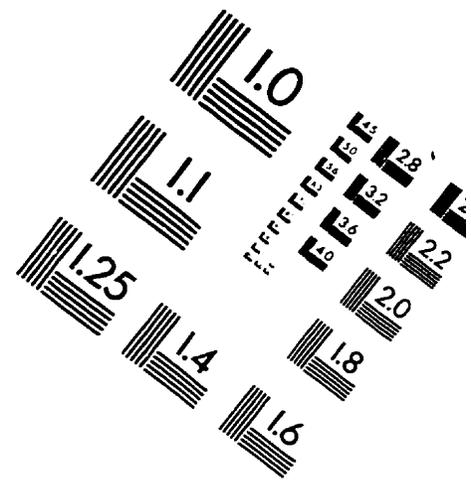
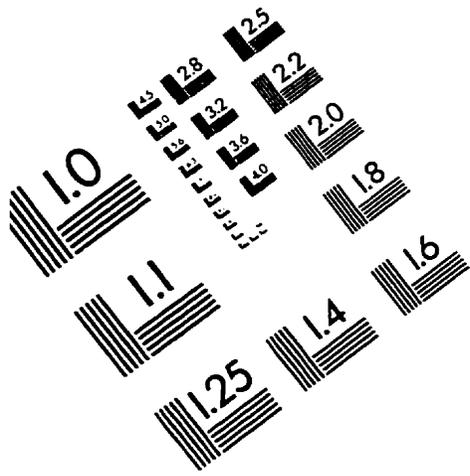
Corrélations entre Toutes les Variables pour tous les Groupes d'Âges chez les Nageuses

| <i>10-12 ans</i> | ÂGER | ÂGEO | AENT | HENT | 200 FR | TAILLE | POIDS | PLIS | WATTS | PANA | ENDO | MÉSO | ECTO |
|------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| ÂGER | 1.00 | | | | | | | | | | | | |
| ÂGEO | 0.72 | 1.00 | | | | | | | | | | | |
| AENT | 0.07 | -0.22 | 1.00 | | | | | | | | | | |
| HENT | -0.10 | 0.11 | -0.46 | 1.00 | | | | | | | | | |
| 200 FR | -0.53 | -0.30 | -0.76 | 0.17 | 1.00 | | | | | | | | |
| TAILLE | 0.48 | 0.79 | 0.02 | -0.15 | -0.33 | 1.00 | | | | | | | |
| POIDS | 0.58 | 0.81 | 0.11 | -0.38 | -0.39 | 0.80 | 1.00 | | | | | | |
| PLIS | 0.45 | 0.41 | 0.60 | -0.71 | -0.59 | 0.50 | 0.72 | 1.00 | | | | | |
| WATTS | 0.51 | 0.52 | 0.40 | -0.51 | -0.47 | 0.40 | 0.77 | 0.72 | 1.00 | | | | |
| PANA | 0.56 | 0.49 | 0.39 | -0.53 | -0.46 | 0.38 | 0.78 | 0.74 | 0.95 | 1.00 | | | |
| ENDO | 0.41 | 0.13 | 0.61 | -0.70 | -0.51 | 0.19 | 0.38 | 0.86 | 0.43 | 0.43 | 1.00 | | |
| MÉSO | 0.24 | 0.22 | 0.11 | -0.52 | -0.19 | 0.03 | 0.56 | 0.53 | 0.54 | 0.60 | 0.44 | 1.00 | |
| ECTO | -0.47 | -0.42 | -0.05 | 0.40 | 0.21 | -0.09 | -0.64 | -0.53 | -0.69 | -0.72 | -0.43 | -0.93 | 1.00 |
| <i>13-14 ans</i> | | | | | | | | | | | | | |
| ÂGER | 1.00 | | | | | | | | | | | | |
| ÂGEO | 0.66 | 1.00 | | | | | | | | | | | |
| AENT | 0.10 | 0.32 | 1.00 | | | | | | | | | | |
| HENT | 0.79 | 0.72 | 0.33 | 1.00 | | | | | | | | | |
| 200 FR | -0.49 | -0.28 | -0.23 | -0.35 | 1.00 | | | | | | | | |
| TAILLE | -0.29 | -0.20 | -0.51 | -0.26 | 0.12 | 1.00 | | | | | | | |
| POIDS | -0.55 | -0.06 | -0.24 | -0.21 | 0.60 | 0.56 | 1.00 | | | | | | |
| PLIS | -0.42 | 0.11 | -0.25 | -0.18 | 0.59 | 0.58 | 0.92 | 1.00 | | | | | |
| WATTS | -0.92 | -0.44 | 0.10 | -0.59 | 0.43 | 0.41 | 0.67 | 0.58 | 1.00 | | | | |
| PANA | -0.94 | -0.49 | 0.08 | -0.60 | 0.43 | 0.33 | 0.61 | 0.52 | 0.98 | 1.00 | | | |
| ENDO | -0.36 | 0.18 | -0.19 | -0.02 | 0.60 | 0.54 | 0.93 | 0.98 | 0.54 | 0.49 | 1.00 | | |
| MÉSO | -0.45 | 0.01 | 0.03 | -0.20 | 0.56 | -0.20 | 0.59 | 0.42 | 0.39 | 0.36 | 0.44 | 1.00 | |
| ECTO | 0.50 | -0.17 | -0.06 | 0.08 | -0.46 | -0.05 | -0.80 | -0.71 | -0.58 | -0.55 | -0.73 | -0.85 | 1.00 |
| <i>15-16 ans</i> | | | | | | | | | | | | | |
| ÂGER | 1.00 | | | | | | | | | | | | |
| ÂGEO | -0.17 | 1.00 | | | | | | | | | | | |
| AENT | 0.06 | 0.13 | 1.00 | | | | | | | | | | |
| HENT | 0.10 | -0.05 | 0.84 | 1.00 | | | | | | | | | |
| 200 FR | -0.04 | 0.66 | -0.09 | 0.12 | 1.00 | | | | | | | | |
| TAILLE | -0.54 | -0.34 | -0.61 | -0.60 | -0.39 | 1.00 | | | | | | | |
| POIDS | -0.53 | 0.33 | -0.16 | -0.05 | 0.12 | 0.49 | 1.00 | | | | | | |
| PLIS | -0.44 | 0.64 | 0.07 | 0.11 | 0.38 | 0.15 | 0.87 | 1.00 | | | | | |
| WATTS | -0.24 | 0.02 | -0.43 | -0.32 | -0.19 | 0.44 | 0.63 | 0.50 | 1.00 | | | | |
| PANA | -0.34 | 0.03 | -0.44 | -0.34 | -0.19 | 0.53 | 0.67 | 0.53 | 0.99 | 1.00 | | | |
| ENDO | -0.36 | 0.56 | 0.01 | 0.10 | 0.39 | 0.21 | 0.88 | 0.97 | 0.42 | 0.47 | 1.00 | | |
| MÉSO | 0.47 | 0.15 | 0.27 | 0.33 | 0.09 | -0.69 | -0.19 | 0.01 | 0.30 | 0.17 | -0.13 | 1.00 | |
| ECTO | 0.20 | -0.71 | -0.28 | -0.41 | -0.51 | 0.33 | -0.63 | -0.78 | -0.38 | -0.34 | -0.71 | -0.46 | 1.00 |

Corrélations entre Toutes les Variables pour tous les Groupes d'Âges chez les Nageuses (suite)

| <i>Toutes</i> | <i>AGER</i> | <i>AGEO</i> | <i>AENT</i> | <i>HENT</i> | <i>200 FR</i> | <i>TAILLE</i> | <i>POIDS</i> | <i>PLIS</i> | <i>WATTS</i> | <i>PANA</i> | <i>ENDO</i> | <i>MESO</i> | <i>ECTO</i> |
|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|---------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <i>AGER</i> | 1.00 | | | | | | | | | | | | |
| <i>AGEO</i> | 0.83 | 1.00 | | | | | | | | | | | |
| <i>AENT</i> | 0.51 | 0.43 | 1.00 | | | | | | | | | | |
| <i>HENT</i> | 0.63 | 0.53 | 0.62 | 1.00 | | | | | | | | | |
| <i>200 FR</i> | -0.81 | -0.61 | -0.58 | -0.46 | 1.00 | | | | | | | | |
| <i>TAILLE</i> | 0.62 | 0.68 | 0.08 | 0.17 | -0.60 | 1.00 | | | | | | | |
| <i>POIDS</i> | 0.54 | 0.72 | 0.19 | 0.20 | -0.41 | 0.80 | 1.00 | | | | | | |
| <i>PLIS</i> | 0.29 | 0.58 | 0.15 | 0.05 | -0.18 | 0.57 | 0.88 | 1.00 | | | | | |
| <i>WATTS</i> | 0.64 | 0.67 | 0.27 | 0.16 | -0.59 | 0.73 | 0.83 | 0.66 | 1.00 | | | | |
| <i>PANA</i> | 0.57 | 0.61 | 0.21 | 0.11 | -0.53 | 0.70 | 0.81 | 0.66 | 0.98 | 1.00 | | | |
| <i>ENDO</i> | 0.25 | 0.51 | 0.11 | 0.05 | -0.11 | 0.51 | 0.84 | 0.97 | 0.58 | 0.58 | 1.00 | | |
| <i>MESO</i> | -0.16 | 0.02 | -0.01 | -0.22 | 0.23 | -0.21 | 0.24 | 0.30 | 0.18 | 0.18 | 0.27 | 1.00 | |
| <i>ECTO</i> | -0.32 | -0.61 | -0.23 | -0.15 | 0.17 | -0.32 | -0.79 | -0.77 | -0.65 | -0.63 | -0.74 | -0.66 | 1.00 |

IMAGE EVALUATION TEST TARGET (QA-3)



APPLIED IMAGE, Inc
 1653 East Main Street
 Rochester, NY 14609 USA
 Phone: 716/482-0300
 Fax: 716/288-5989

© 1993, Applied Image, Inc., All Rights Reserved