

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

MÉMOIRE PRÉSENTÉ À
L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN SCIENCES DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE

PAR

PASCALE CHAMBERLAND

L'ÉPAULE DU NAGEUR : ÉVALUATION DE LA MÉCANIQUE
FONCTIONNELLE DANS LE BUT DE PRESCRIRE UN PROGRAMME
D'ENTRAÎNEMENT SPÉCIFIQUE

JUILLET 2003

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

AVANT-PROPOS

Cette idée de recherche a tout simplement commencé par un sujet important dans ma vie, la natation. Ancienne nageuse de compétition pour une période d'environ 15 ans et ensuite entraîneur-adjoint pour le même club de natation; j'étais de plus en plus consciente de la dure réalité physique des nageurs : période d'entraînement allant jusqu'à 11 mois par année, 6 jours par semaine et souvent à raison de 2 séances par jour. Durant toutes ces années j'ai côtoyé plus d'un athlète manifestant des douleurs aux épaules allant de douleurs passagères légères à chroniques intenses. L'intention de cette recherche était donc d'aider les nageurs à prévenir l'apparition des douleurs et donner aux entraîneurs les moyens pour tout simplement éviter aux athlètes de développer des problèmes aux épaules.

Je voudrais remercier ma famille et mes ami(e)s pour leur support tout au long de ces années et spécialement ma mère, Monique Bettez, qui m'a toujours encouragée et m'a donné un énorme coup de main concernant la mise en page et la correction de ce mémoire. Un merci particulier à mon mari, Angus Basche, pour son appui et sa compréhension pendant la dernière année. À tous et chacun ma sincère reconnaissance.

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS	ii
TABLE DES MATIÈRES	iii
LISTE DES TABLEAUX.....	v
LISTE DES FIGURES	vii
CHAPITRES	
1. INTRODUCTION ET PROBLÉMATIQUE.....	1
Objectifs	6
2. MÉTHODOLOGIE.....	7
Sujets.....	7
Procédure expérimentale.....	8
Tests de force	8
Tests d'extensibilité musculaire.....	11
Évaluation posturale	14
Programme d'étirement	15
Programme de renforcement.....	18
Analyse statistique	21
Évaluation de la planification à sec des entraîneurs de natation du Québec.....	21

3. RÉSULTATS.....	23
Pré-test	23
Analyse posturale.....	23
Analyse de la force musculaire	33
Analyse de la flexibilité de l'épaule	39
Post-test.....	44
Analyse posturale.....	44
Analyse de la force musculaire	47
Analyse de la flexibilité de l'épaule	54
Évaluation des renseignements concernant la planification annuelle des entraîneurs.....	62
4. DISCUSSION	67
Analyse posturale.....	67
Analyse de la flexibilité	74
Analyse de la force	81
Analyse du programme d'entraînement à sec.....	85
5. CONCLUSION.....	88
LEXIQUE	90
RÉFÉRENCES	91
ANNEXE	95

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Protocole d'entraînement pour les sujets du groupe expérimental	20
Tableau II : Résultats de l'analyse posturale dans le plan sagittal	27
Tableau III : Résultats de l'analyse posturale dans le plan sagittal.	28
Tableau IV : Déviations en centimètres par rapport à l'axe vertical dans le plan frontal antérieur.....	31
Tableau V : Déviations en centimètres par rapport à l'axe vertical dans le plan frontal postérieur.....	31
Tableau VI : Déviations en degrés par rapport à l'axe horizontal pour le plan frontal antérieur.....	32
Tableau VII : Déviations en degrés par rapport à l'axe horizontal pour le plan frontal postérieur.....	32
Tableau VIII : Identification des ratios pour l'articulation de l'épaule (Groupe témoin, contrôle et expérimental).....	38
Tableau IX : Extensibilité en rotation interne et externe chez les deux groupes de sujets.....	42

Tableau X : Moyenne (cm) et écart type pour l'analyse posturale dans le plan sagittal	45
Tableau XI : Distance en cm entre les différents marqueurs. Plan sagittal.....	46
Tableau XII : Ratio de force au niveau de l'épaule lors du pré et du post test ainsi que comparaison de nos sujets entre eux et avec un groupe témoin.....	53
Tableau XIII : Amélioration en centimètres de la hauteur des épaules chez les 2 groupes de sujets.....	57
Tableau XIV : Extensibilité en rotation interne et externe chez le groupe contrôle.....	59
Tableau XV : Extensibilité en rotation interne et externe chez le groupe expérimental .	60

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Anatomie de l'articulation de l'épaule	2
Figure 2. Action des muscles de la coiffe des rotateurs.....	3
Figure 3. Posture idéale et posture typique du nageur.....	4
Figure 4. Patron de nage incorrect résultant en un pincement des muscles.....	5
Figure 5. Position pour le test de force en rotations interne et externe	9
Figure 6. Position pour le test de force en flexion et en extension.....	10
Figure 7. Position pour le test de force en abduction et en adduction	11
Figure 8. Position pour la mesure de l'antériorité au niveau des épaules.....	12
Figure 9. Position pour le test d'extensibilité en rotation externe	13
Figure 10. Position pour le test d'extensibilité en rotation interne.....	13
Figure 11. Aperçu du test de posture dans le plan sagittal	14
Figure 12. Étirement pour les muscles pectoraux avec le bras fléchi à 90° et 120°.....	15
Figure 13. Étirement des pectoraux avec le bras en extension à 90° et à 120°	16

Figure 14. Étirement des muscles pectoraux à l'aide d'un bâton	16
Figure 15. Étirement des biceps.....	17
Figure 16. Renforcement des muscles rotateurs externes avec le coude à 90°	18
Figure 17. Renforcement des rotateurs externes avec le bras en extension.....	19
Figure 18. Alignement segmentaire idéal	24
Figures 19 et 19a. Plan frontal antérieur et le plan latéral.....	25
Figures 20 et 21. Identification des marqueurs dans le plan frontal antérieur et le plan frontal postérieur	29
Figure 22. Variation en Newton mètres de la force des extenseurs de l'épaule	33
Figure 23. Variation en Newton mètres de la force des fléchisseurs de l'épaule	34
Figure 24. Variation en Newton mètres de la force des rotateurs externes	35
Figure 25. Variation en Newton mètres de la force des rotateurs internes.....	36
Figure 26. Variation en Newton mètres de la force des abducteurs de l'épaule.....	36
Figure 27 : Variation en Newton mètres de la force des adducteurs de l'épaule	37
Figure 28. Variation en degrés de l'extensibilité des rotateurs internes.....	40
Figure 29. Variation en degrés de l'extensibilité des rotateurs externes	40

Figure 30. Variation en centimètres au niveau de la hauteur des épaules	41
Figure 31. Variation en Newton mètres de la force des extenseurs de l'épaule.....	47
Figure 32. Variation en Newton mètres de la force des fléchisseurs de l'épaule	48
Figure 33. Variation en Newton mètres de la force des rotateurs externes de l'épaule ...	49
Figure 34. Variation en Newton mètres de la force des rotateurs internes.....	50
Figure 35. Variation en Newton mètres de la force des abducteurs de l'épaule.....	51
Figure 36. Variation en Newton mètres de la force des adducteurs de l'épaule.....	52
Figure 37. Variation en degrés de l'extensibilité des rotateurs internes.....	54
Figure 38. Variation en degrés de l'extensibilité des rotateurs externes	55
Figure 39. Variation en centimètres de la hauteur de l'épaule	56

CHAPITRE 1

INTRODUCTION ET PROBLÉMATIQUE

Plusieurs nageurs de compétition éprouvent à certains moments de leur carrière des douleurs à l'articulation de l'épaule. Ce problème touche près de 47 % des nageurs de 13-14 ans, 66 % des nageurs de 15-16 ans et 73 % des nageurs de 17-20 ans (McMaster et Troup, 1993). Ces douleurs sont fréquemment le résultat d'un pincement localisé aux tendons des muscles de l'épaule entre la grosse tubérosité de l'humérus et l'acromion. Ce pincement survient pour plusieurs raisons telles le débalancement musculaire, un patron de nage imprécis et la laxité des stabilisateurs de l'articulation scapulo-humérale (Ticker, Fealy et Fu, 1995). L'articulation de l'épaule présente une grande mobilité ce qui oblige une harmonie parfaite entre les éléments articulaires et musculaires.

L'épaule est une articulation de type multiaxial, possédant trois axes et trois degrés de liberté. Elle utilise comme surface la tête de l'humérus et la cavité glénoïdale située sur la scapula (Figure 1). Elle présente une qualité qui permet d'exécuter un très grand nombre de mouvements mais qui peut s'avérer être un inconvénient qu'on pourrait appeler l'instabilité (Magee, 1998). Pour assurer sa stabilité, l'articulation de l'épaule compte sur les stabilisateurs statiques qui sont les ligaments, la cavité glénoïdale son bourrelet glénoïdien et les stabilisateurs dynamiques qui sont les muscles. Les

stabilisateurs dynamiques sont les muscles entourant l'articulation scapulo-humérale; les muscles de la coiffe des rotateurs (sub-scapulaire, supra-épineux, infra-épineux et petit rond) de même que la longue portion du biceps sont les principaux stabilisateurs dynamiques de cette articulation (Magee, 1998).

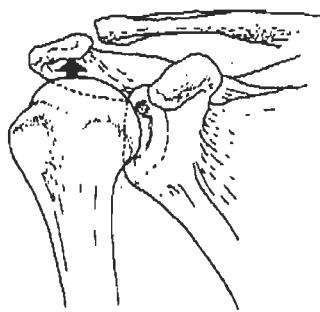


Figure 1. Anatomie de l'articulation de l'épaule

Les problèmes d'épaule chez le nageur sont causés principalement par l'instabilité de la tête humérale dans la cavité glénoïdale. Cette instabilité amène ce que les auteurs appellent le syndrome d'accrochage qui se définit par un pincement des tissus mous (tendons) entre la grosse tubérosité de l'humérus et l'acromion (Kenal et Knapp, 1996). Ce pincement est causé par le déplacement de la tête humérale dans la partie supérieure de la cavité glénoïdale survenant lorsque les stabilisateurs dynamiques de l'articulation scapulo-humérale commencent à être fatigués, ils deviennent donc incapables d'exécuter leur travail principal qui consiste à maintenir la tête de l'humérus centrée dans la cavité glénoïdale afin d'éviter l'accrochage (Figure 2). Une douleur au niveau antérieur de l'épaule peut être associée à une blessure au niveau du tendon du muscle sous-scapulaire,

une douleur au niveau supérieur de l'épaule peut être associée à une blessure au niveau du tendon du muscle supra-épineux tandis qu'une douleur au niveau postérieur de l'épaule peut être associée à une blessure au niveau du tendon du muscle infra-épineux. Quant à l'instabilité, elle peut être causée par une trop grande laxité des stabilisateurs statiques qui, elle, peut être causée par les nombreux exercices d'étirement auxquels sont soumis les athlètes et/ou à une posture incorrecte caractérisée par des épaules pointant vers l'avant.

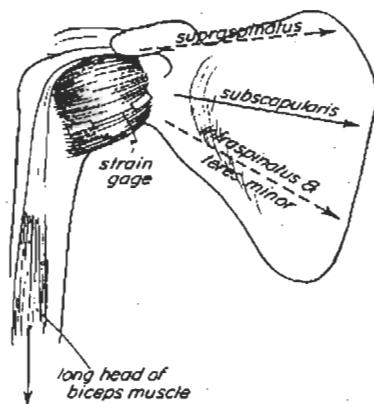


Figure 2. Action des muscles de la coiffe des rotateurs

Une posture avec les épaules affaissées vers l'avant est souvent remarquée chez une grande proportion de nageurs de compétition (Figure 3). Elle est causée par un déséquilibre musculaire étant donné qu'en natation, les muscles antérieurs du corps (petit et grand pectoral) sont beaucoup plus sollicités que les muscles postérieurs (infra-épineux, supra-épineux, sub-scapulaire et petit rond) ils deviennent donc plus puissants et plus courts (Kenal et al., 1996). Cette posture arrondie est l'une des raisons qui causent les douleurs aux épaules. La grande force et le peu de flexibilité des muscles de la partie

antérieure du corps amènent le déplacement vers l'avant de la tête humérale dans la cavité. C'est ce déplacement qui engendre les douleurs.

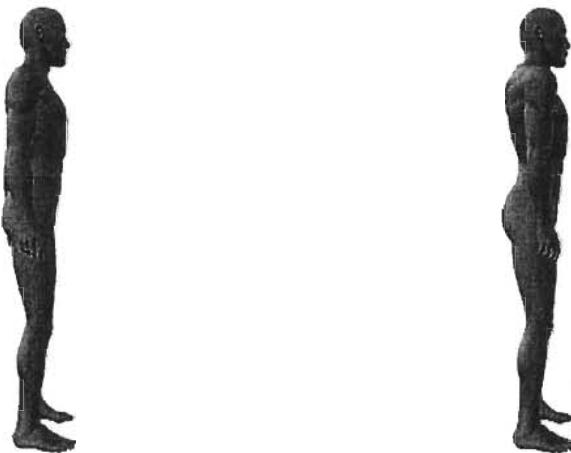


Figure 3. Posture idéale et posture typique du nageur

Une étude électromyographique des muscles de l'épaule chez le nageur a démontré que le grand dentelé et le sous-scapulaire, qui sont des stabilisateurs dynamiques de la scapula, sont actifs durant tout le cycle de nage au crawl (Scovazzo, Browne, Pink, Jobe et Kerrigan, 1991). Ils sont donc susceptibles de succomber à la fatigue, causer une désynchronisation de la scapula et ainsi contribuer au syndrome d'accrochage (Hammer, 1991). Il est donc essentiel de considérer la relation entre la scapula et l'articulation gléno-humérale de l'épaule dans tous les problèmes d'épaule. Comme les muscles de la coiffe des rotateurs originent de la scapula, une désynchronisation de celle-ci, causée par la fatigue des muscles responsables de son mouvement, causerait le pincement des tendons de ces muscles sous l'acromion. Le

phénomène de désynchronisation survient lorsque la scapula n'arrive pas à pivoter pour positionner la cavité glénoïdale sous la tête humérale.

De plus, la réalisation incorrecte du patron de nage s'avère un aspect pouvant occasionner des problèmes à l'épaule (Figure 4). Le style libre est le style le plus souvent mentionné comme étant le plus douloureux. Lors de l'exécution de cette nage, le nageur effectue alternativement une phase de recouvrement et de poussée. Le recouvrement débute lorsque la main sort de l'eau et se termine lorsque celle-ci refait son entrée dans l'eau; la poussée débute avec l'entrée de la main dans l'eau jusqu'à sa sortie. La natation demande à l'articulation de l'épaule une plage de mouvement très importante, incluant plusieurs degrés de liberté. Lors de l'exécution des styles de nage, l'épaule est placée dans une position susceptible d'accrochage à chaque coup de bras. Un nageur de haut niveau exécute en moyenne environ 4 000 coups de bras ou plus par jour (Bak et Fauno, 1997).

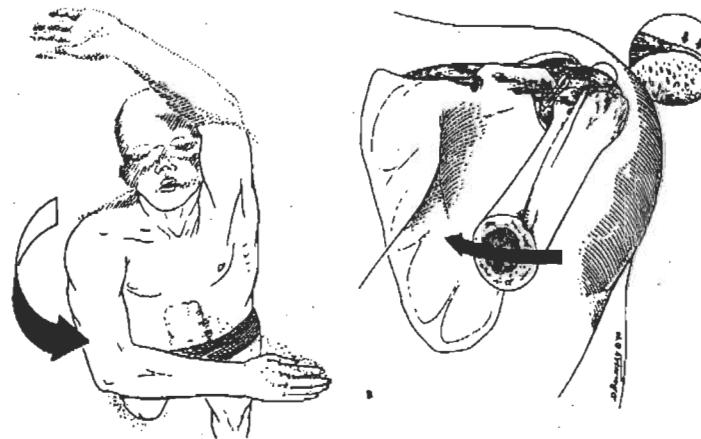


Figure 4. Patron de nage incorrect résultant en un pincement des muscles

Donc, avec la gestuelle de la nage, les nageurs vont hypertrophier les muscles pectoraux; ces muscles sont plus puissants et parfois plus courts, ce qui résulte en une posture avec les épaules affaissées vers l'avant et des muscles (petit et grand rhomboïdes, trapèzes (moyen et inférieur), élévateur de la scapula, petit rond et les quatre muscles de la coiffe des rotateurs) sous-développés et faibles (Hammer, 1991).

OBJECTIFS

L'objectif premier de cette étude est de mettre au point un protocole d'évaluation spécifique qui permettra d'évaluer la mécanique fonctionnelle de l'articulation de l'épaule du nageur de compétition. Ce protocole permettra aussi d'identifier les dysfonctions de l'épaule et de prescrire un entraînement spécifique. L'hypothèse que le déséquilibre musculaire au niveau des muscles de l'épaule est à l'origine des pathologies de l'épaule sera vérifiée.

Le deuxième objectif consiste à vérifier si un programme d'entraînement de 6 semaines permet de modifier la mécanique fonctionnelle de l'épaule pour ainsi contribuer à améliorer l'attitude posturale des nageurs et réduire le nombre de pathologies aux épaules.

En tout dernier lieu, nous avons questionné les entraîneurs de natation du Québec sur les composantes de leur programme d'entraînement à sec tant au point de vue des renforcements que des étirements et nous en avons fait un compte rendu.

CHAPITRE 2

MÉTHODOLOGIE

SUJETS

L'échantillon se compose de 24 nageurs âgés entre 12 et 25 ans qui s'entraînent à raison d'un minimum de 6 heures par semaine depuis au moins un an. Les athlètes sélectionnés font tous partie du club de natation de compétition Les Mégophias du Grand Trois-Rivières métropolitain.

L'échantillon sera divisé en 2 groupes, soit un groupe *expérimental* et un groupe *contrôle*. Chacun des sujets a préalablement été jumelé en considérant les variables suivantes : le sexe, l'âge, la taille et le poids des individus.

Chaque sujet doit se soumettre à trois types de tests : un test de force au niveau des muscles impliqués dans le mouvement de l'épaule, un test d'extensibilité musculaire au niveau de l'articulation de l'épaule ainsi qu'un test de posture. Avant de procéder aux différents tests, un questionnaire leur est remis afin de vérifier leur pratique sportive, la nature des blessures antérieures ou présentes (s'il y a lieu) et les différents traitements reçus (voir le questionnaire en annexe).

PROCÉDURE EXPÉRIMENTALE

TESTS DE FORCE

La première étape consiste à installer solidement le sujet en décubitus dorsal à l'aide de bandes adhésives textiles. Cette mesure est nécessaire pour éliminer la contribution des autres muscles lors de l'exécution des mouvements. Avant chaque prise de données, il faut s'assurer que le sujet est installé correctement. Comme les tests de force sont maximaux, une période d'échauffement, programmée par l'ordinateur, est allouée au sujet. Durant cette période le sujet exécute le même mouvement qu'il doit exécuter en puissance durant la prise des données. Le temps de repos pour chaque sujet est sensiblement le même, c'est-à-dire le temps nécessaire à la reconfiguration de l'appareil (entre 2 et 3 minutes) et ainsi éliminer l'accumulation de fatigue chez les sujets.

Pour mesurer la force des muscles de l'épaule, un dynamomètre isocinétique est utilisé. Comme la vitesse de contraction influence grandement la force produite, nous avons donc choisi l'utilisation d'une vitesse constante pour la réalisation de notre batterie de tests. Cet appareil permet de calculer la force déployée par les muscles de l'épaule tout en éliminant la contribution des autres parties du corps. Il est donc utilisé pour mesurer la force des fléchisseurs et des extenseurs, des abducteurs et des adducteurs ainsi que des rotateurs internes et externes de l'épaule.

Rotateurs internes et externes

Pour mesurer la force des muscles de l'épaule dans les mouvements de rotations interne et externe, le sujet est allongé en décubitus dorsal, jambes fléchies, pour éliminer la lordose lombaire. L'épaule du sujet est en position neutre à 90 degrés en abduction, le coude formant un angle de 90 degrés. Ce dernier est déposé dans un appui auquel il est fixé par une bande adhésive textile afin d'éviter les mouvements pouvant solliciter d'autres muscles que ceux réservés à la rotation. La main du sujet est placée sur une poignée. C'est cette poignée que le sujet doit déplacer vers l'avant et vers l'arrière. Le sujet doit avoir le centre de rotation de l'épaule aligné avec l'axe de rotation de l'appareil et il doit demeurer en décubitus dorsal tout au long de la prise d'informations. (Figure 5)

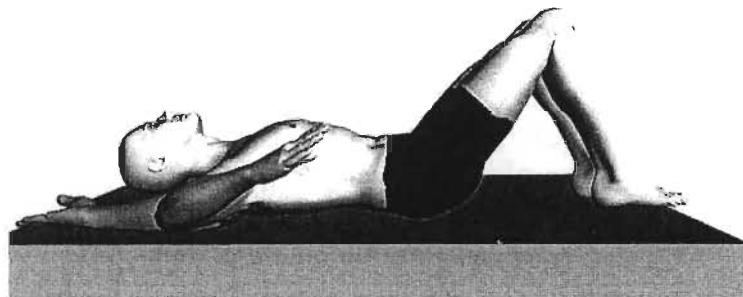


Figure 5. Position pour le test de force en rotations interne et externe

Fléchisseurs et extenseurs

Pour la mesure des fléchisseurs et des extenseurs de l'épaule, le sujet est en décubitus dorsal, les bras le long du corps, la jambe opposée à l'épaule testée doit être

fléchie pour éviter la lordose lombaire. On doit s'assurer que l'axe de rotation de l'épaule est aligné avec celui de l'appareil. Le sujet est fixé par une bande adhésive textile placée en bandoulière qui passe par-dessus l'épaule non testée jusqu'à la hanche. Le sujet prend dans sa main la poignée en s'assurant que son coude demeure en extension complète tout au long de la session et en veillant à conserver la main en pronation.(Figure 6)

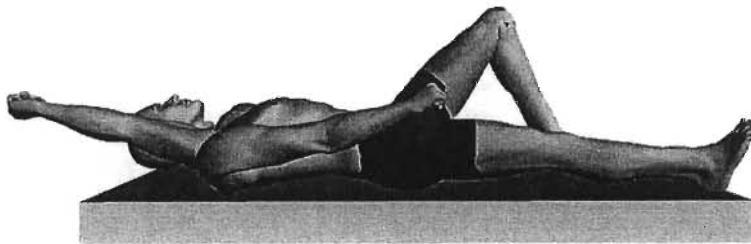


Figure 6. Position pour le test de force en flexion et en extension

Abducteurs et adducteurs

Pour évaluer la force des mouvements d'abduction et d'adduction, le sujet doit se placer en décubitus latéral, dos à l'appareil de mesure, le côté testé sur le dessus. Il doit replier le bras non testé de façon à pouvoir appuyer sa tête. Le sujet agrippe la poignée, la main restant en pronation, il doit s'assurer de conserver une extension complète au niveau de son coude, durant chaque répétition. (Figure 7)

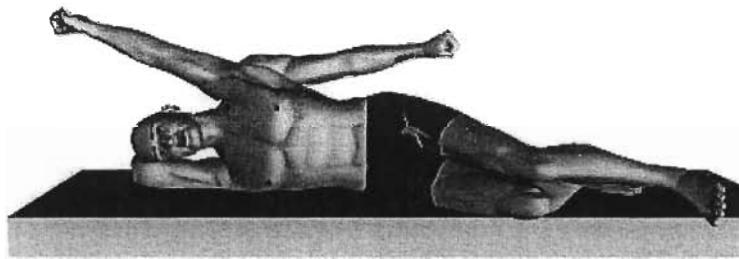


Figure 7. Position pour le test de force en abduction et en adduction

TESTS D'EXTENSIBILITÉ MUSCULAIRE

Chacun des nageurs sélectionnés doit se soumettre à des tests d'extensibilité musculaire au niveau de l'articulation de l'épaule. Il s'agit ici de mesurer l'extensibilité musculaire au niveau des rotateurs internes et externes ainsi que celle du petit pectoral. Tous ces tests doivent être réalisés en décubitus dorsal sur une table. Pour mesurer l'extensibilité, deux instruments de mesure sont utilisés, soit un inclinomètre et un vernier. L'inclinomètre est un petit appareil électronique permettant de calculer les angles articulaires; il suffit de le placer sur une surface plane et de patienter quelques secondes pour stabiliser la lecture. À chaque mesure, il est important de déposer l'inclinomètre aux mêmes endroits afin d'obtenir des valeurs pouvant être comparées entre elles. Pour ce qui est de la prise d'informations relatives à la rotation interne et externe, l'inclinomètre sera déposé sur l'avant-bras du sujet.

Le vernier est utilisé pour calculer l'épaisseur d'une surface, il est muni d'une règle et d'une partie coulissante qui vient s'appuyer sur la partie à mesurer. Il sera utilisé pour mesurer l'antériorité des épaules. (Figure 8)

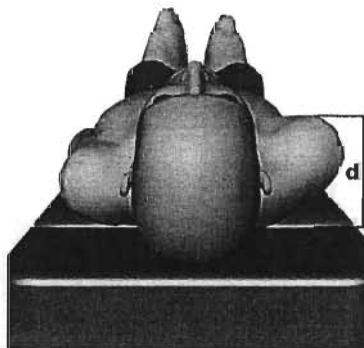


Figure 8. Position pour la mesure de l'antériorité au niveau des épaules

Comme pour le dynamomètre isocinétique, les tests d'extensibilité musculaire ne mesurent qu'un côté à la fois. Pour mesurer les rotations interne et externe, le sujet est en décubitus dorsal, l'épaule est en rotation neutre avec une abduction de 90 degrés; le coude du sujet forme un angle de 90 degrés et repose à l'extérieur de la table. Pour la rotation externe (Figure 9), le sujet laisse tomber sa main vers l'arrière et l'angle idéal est de 90 degrés; pour la rotation interne (Figure 10), le sujet laisse basculer sa main vers l'avant en évitant de faire pointer l'épaule vers l'avant. L'angle recherché pour la rotation interne est de 70 degrés. La mesure est prise à l'aide de l'inclinomètre appuyé sur l'avant-bras du sujet.

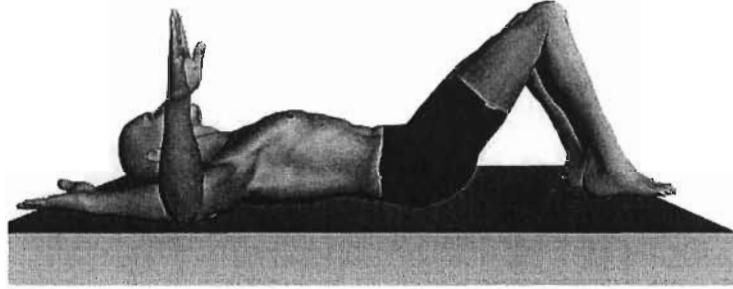


Figure 9. Position pour le test d'extensibilité en rotation externe

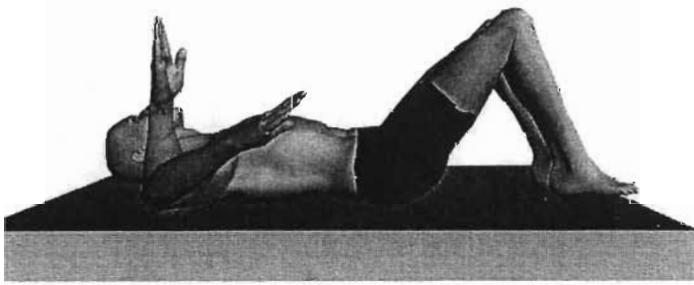


Figure 10. Position pour le test d'extensibilité en rotation interne

L'extensibilité du petit pectoral est calculée grâce au vernier. Le sujet est en décubitus dorsal, les bras le long du corps, mains en supination, jambes fléchies. Le vernier est déposé sur la table et la partie coulissante vient s'appuyer sur la partie saillante de l'épaule. Les deux épaules sont évaluées, la déviation pouvant être différente d'une épaule à l'autre.

ÉVALUATION POSTURALE

La prise d'informations consiste à évaluer la posture des nageurs grâce à un logiciel appelé BIOTONIX permettant d'évaluer les déviations posturales par rapport aux plans sagittal et frontal. Les nageurs seront évalués selon une prise de vue latérale (Figure 11).

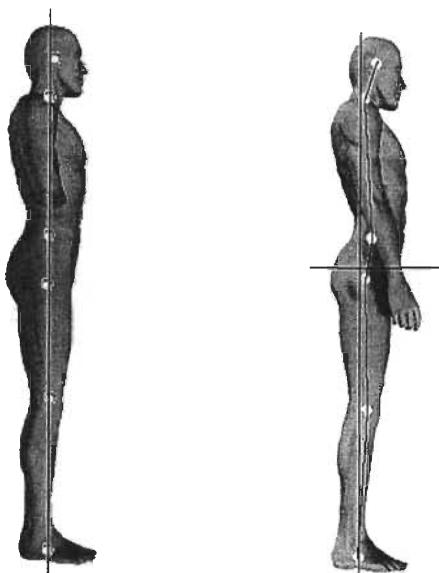


Figure 11. Aperçu du test de posture dans le plan sagittal

L'expérimentation débute par l'application de marqueurs sur le nageur. Le nageur doit donc être vêtu d'un maillot de bain facilitant ainsi l'application des marqueurs. Au total 35 marqueurs sont apposés sur l'athlète. En position latérale, c'est le côté droit qui est évalué, les marqueurs sont apposés au tragus, à l'articulation acromio-claviculaire, au

sommet de la crête iliaque, sur la tête du grand trochanter, sur la tête du péroné et sur le processus styloïde du 5e métatarsé.

Lorsque les données sont analysées, les sujets composant le groupe *expérimental* reçoivent un programme d'entraînement en force et un en flexibilité pour les muscles de l'épaule. Le premier vise le renforcement des muscles rotateurs externes et le second vise l'amélioration de la flexibilité des muscles rotateurs internes de l'épaule. (Horrigan, 1991)

PROGRAMME D'ÉTIREMENT

Le programme d'étirement a été remis aux nageurs formant le groupe *expérimental* et est composé de 4 types d'exercices visant principalement l'étirement du petit et du grand pectoral. (Figures 12 à 15)

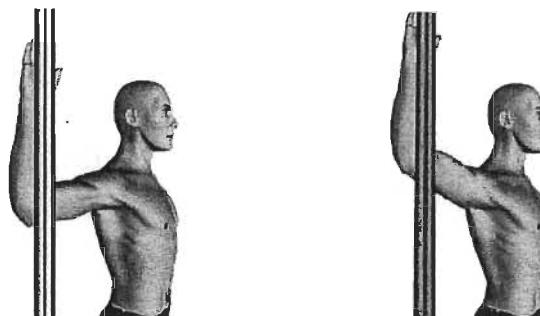


Figure 12. Étirement pour les muscles pectoraux avec le bras fléchi à 90° et 120°

Le sujet doit placer sa main et son avant-bras sur une surface plane. Le coude et l'épaule doivent former un angle de 90 degrés. Le sujet effectue une rotation du corps du côté opposé et le sujet doit éviter de déplacer la tête humérale vers l'avant et vers le haut.

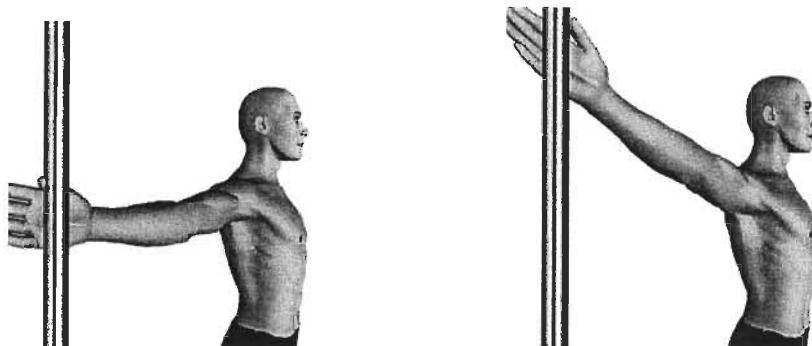


Figure 13. Étirement des pectoraux avec le bras en extension à 90° et à 120°

Le sujet doit placer sa main sur une surface plane. L'épaule forme un angle de 90 et/ou de 120 degrés et le coude demeure en extension. Le sujet effectue une rotation du corps du côté opposé et doit éviter de déplacer la tête humérale vers l'avant et vers le haut.

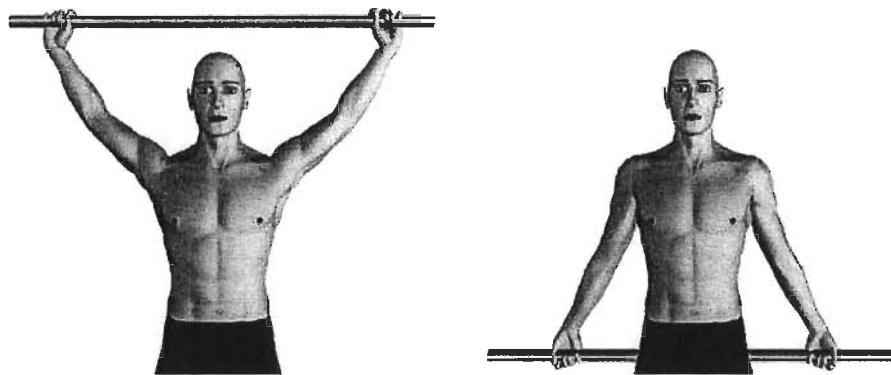


Figure 14. Étirement des muscles pectoraux à l'aide d'un bâton

Le sujet doit avoir en sa possession une serviette ou un bâton. Il doit maintenir la serviette ou le bâton entre son pouce et son index. Les bras et les poignets doivent être en extension. Le sujet doit effectuer un mouvement de rotation des épaules vers l'avant et vers l'arrière. Pour augmenter l'étirement, le sujet peut rapprocher ses mains. Le mouvement de rotation doit être effectué sans douleur.

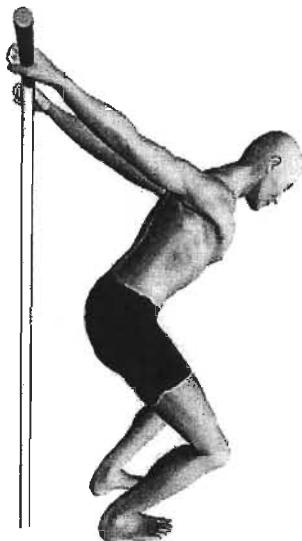


Figure 15. Étirement des biceps

Le sujet place ses mains en appui sur une barre ou sur une surface plane. La tête humérale ne doit pas se déplacer vers l'avant et vers le haut. Le sujet effectue une flexion du tronc vers l'avant et une flexion des genoux; il doit maintenir le dos droit tout au long de l'étirement.

PROGRAMME DE RENFORCEMENT

Le programme de renforcement est composé de deux exercices et il vise le renforcement des muscles de la coiffe des rotateurs. (Figures 16 et 17)

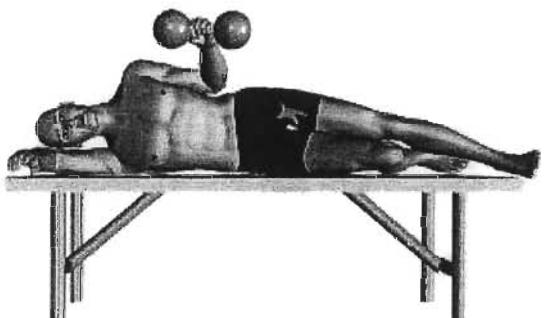
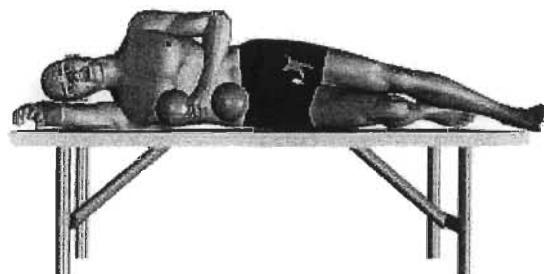


Figure 16. Renforcement des muscles rotateurs externes avec le coude à 90°

Le sujet est étendu sur le côté, il place son bras sur le sol ou derrière sa tête. Il doit fléchir son bras supérieur à 90 degrés et l'appuyer sur son flanc. Le sujet effectue des mouvements de rotation sans soulever le bras qui doit demeurer en appui sur le flanc.

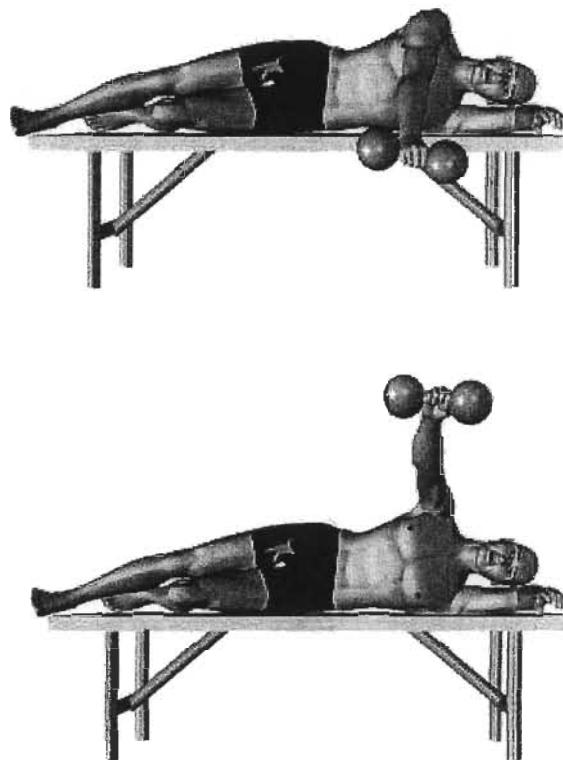


Figure 17. Renforcement des rotateurs externes avec le bras en extension

Le sujet est installé de façon identique à l'exercice précédent. Il doit cependant garder son bras en extension et le maintenir aligné devant l'épaule. Le sujet descend le poids le plus bas possible et le remonte jusqu'à ce qu'il atteigne la hauteur de l'épaule.

Ci-après le protocole d'entraînement et d'étirement.

Tableau I

Protocole d'entraînement pour les sujets du groupe *expérimental*

Semaines	Renforcements	Étirements
1	1 série de 12	3 x 15 sec
2	2 séries de 12	3 x 15 sec
3	3 séries de 12	3 x 15 sec
4	1 série de 12	3 x 15 sec
5	2 séries de 12	3 x 15 sec
6	3 séries de 12	3 x 15 sec

Le poids utilisé pour les exercices de renforcement varie selon l'âge et le sexe des individus. Les filles et les garçons âgés de 13 ans et moins ont débuté le programme avec un poids de 1 livre; pour la deuxième partie du programme, ils ont utilisé un poids de 2 livres. En ce qui concerne les autres sujets, le poids utilisé pour les trois premières semaines est de 2 livres et il a ensuite été augmenté de 1 livre pour en arriver à un poids de 3 livres.

ANALYSE STATISTIQUE

Pour analyser les différentes données, nous avons utilisé le logiciel SigmaStats et une analyse de variance de type AxBr. Les résultats obtenus ont été comparés au niveau des groupes (A) et au niveau de la flexibilité, de la force et de la posture (B).

ÉVALUATION DE LA PLANIFICATION À SEC DES ENTRAÎNEURS DE NATATION DU QUÉBEC

La dernière prise d'information pertinente pour cette recherche consiste à évaluer le plan d'entraînement à sec (étirements et renforcements) de 19 entraîneurs de natation du Québec. Nous avons recueilli ces informations afin de vérifier notre hypothèse de départ qui stipule que les nageurs n'effectuent pas ou peu d'exercices de renforcement au niveau des rotateurs externes ce qui engendre une posture avec les épaules vers l'avant et peut amener à développer des problèmes aux épaules et nuire à la performance de ces athlètes.

Les questions ont été posées aux entraîneurs lors d'une invitation provinciale de natation. Les entraîneurs devaient fournir des renseignements concernant leur programme de renforcement : l'âge des nageurs effectuant le programme, le type d'équipements utilisés (poids, ballons médicinaux, élastiques chirurgicaux, appareils de nautilus), les groupes musculaires ciblés, le type de travail (force, endurance, puissance) ainsi que la fréquence et le volume de ces séances. De plus, les entraîneurs devaient répondre à des

questions concernant leur programme de flexibilité : l'âge des nageurs effectuant le programme de flexibilité, le programme de flexibilité se déroule-t-il sous supervision, le type de flexibilité (facilitation neuromusculaire proprioceptive, balistique), les groupes musculaires visés ainsi que la fréquence et le volume de ces séances. L'ensemble des questions posées se retrouve en annexe du document.

CHAPITRE 3

RÉSULTATS

Le premier objectif de cette étude était de mettre au point un protocole d'évaluation spécifique afin d'évaluer et de comprendre la mécanique fonctionnelle de l'articulation de l'épaule chez les nageurs de compétition. Ce protocole comprend les résultats du pré et du post-test avec chacune des 3 sections de l'analyse : l'analyse posturale, l'analyse musculaire et l'analyse au niveau de la flexibilité de l'épaule. Voici donc l'ensemble de ces résultats.

PRÉ TEST

ANALYSE POSTURALE

La prise d'informations pour l'analyse posturale consiste à comparer les valeurs obtenues par les nageurs avec les paramètres idéaux posturaux fournies par le logiciel BIOTONIX. Les figures suivantes démontrent les paramètres d'une posture idéale pour les plans sagittal, frontal antérieur et frontal postérieur.



Figure 18. Alignement segmentaire idéal

La figure 18 illustre l'alignement segmentaire parfait pour lequel le mécanisme anti-gravité est optimal, ainsi que les repères anatomiques que l'on a utilisés afin d'évaluer objectivement la posture des nageurs dans le plan sagittal droit. La chaîne de segments corporels bâtie en partant des pieds vers la tête, nous donne la configuration géométrique espérée. On se rappelle que la posture idéale équilibre les marqueurs sur la ligne de gravité démontrée dans la figure 18. L'évaluation est exécutée en analysant les déviations en centimètres par rapport à cette ligne gravitationnelle. Les déviations

peuvent être positives si les marqueurs se situent en avant de la ligne imaginaire, ou négatives si elles se situent en arrière de cette même ligne. Le sujet ayant une posture idéale n'affiche que des zéros ce qui indique que l'ensemble de ses repères anatomiques se situent sur la ligne idéale.

L'analyse posturale commence par l'identification du marqueur situé au niveau du 5e métatarsse. Ce marqueur est le zéro absolu c'est à dire que la ligne gravitationnelle idéale passe obligatoirement par ce marqueur.

Vue du côté (latérale)

À combien de degrés vous êtes de la verticale

Segment corporel	Direction	Angle
Tête - épaules	Antérieure	17,9°
Épaules - bassin	Postérieure	7,7°
Hanches - genoux	Antérieure	1,5°
Genoux - pieds	Antérieure	1,6°

Note: L'angle idéal est 0°.

À combien de degrés vous êtes de l'horizontale

Segment corporel	Direction	Angle
Bassin	Antérieure	13,5°

Note: Il existe un angle normal de 10° vers l'avant entre les marqueurs postérieur et antérieur du bassin. Un angle plus grand que 15° indique une antéversion du bassin et un angle inférieur à 5° indique une rétroversion du bassin.

À quelle distance vous êtes de la verticale

Point de référence	Direction	Distance
Tête	Antérieure	3,0 cm
Épaules	Postérieure	1,3 cm
Bassin	Antérieure	4,3 cm
Hanches	Antérieure	2,1 cm
Genoux	Antérieure	1,0 cm

Note: La distance idéale est 0 cm.

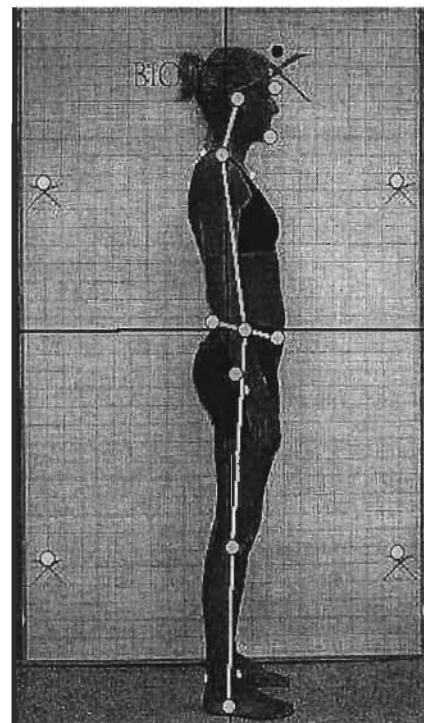


Figure 19. Posture typique des nageurs

Vue de l'avant (antérieure)

À combien de degrés vous êtes de l'horizontale

Segment	Côté élevé	Angle
Épaules	Droit	0,4°
Bassin	Gauche	0,2°
Genoux	Droit	0,9°

Note : L'angle idéal est 0°.

À quelle distance vous êtes de la verticale

Point de Référence	Direction	Distance
Front	Gauche	0,1 po.
Épaules	Gauche	0,3 po.
Nombril	Droite	0,4 po.
Bassin	Droite	0,2 po.
Genoux		0,0 po.
Orteilles	Droite	0,4 po.

Note : La distance idéale est 0 po.

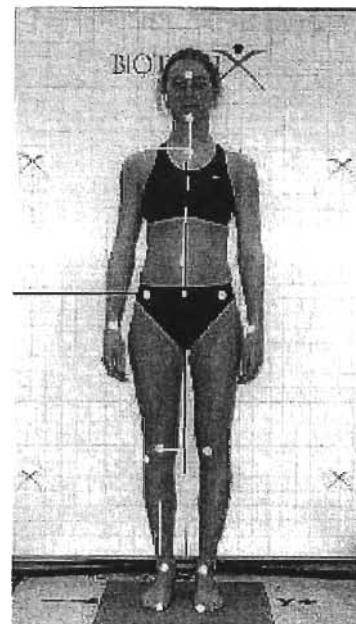


Figure 19a : Posture vue antérieure

La figure 19 représente la posture typique des nageurs de compétition. On peut remarquer que la position des marqueurs se situe en avant de la ligne gravitationnelle. Ce déséquilibre postural vers l'avant est causé par l'hypertrophie de la musculature antérieure qui caractérise les nageurs de compétition. De plus, la distance par rapport à la ligne idéale tend à augmenter de la tête jusqu'au bassin et diminue par la suite pour revenir vers la ligne idéale. Aucun de nos sujets n'affiche de posture idéale. Au contraire, en observant la vue latérale ainsi que les cinq repères anatomiques apposés sur nos sujets, nous pouvons constater que seulement deux d'entre eux ont plus d'un marqueur situé sur la ligne gravitationnelle idéale.

Le tableau suivant vous démontre les moyennes en centimètres et les écarts-types obtenus par les nageurs aux différents repères anatomiques.

Tableau II
Résultats de l'analyse posturale dans le plan sagittal

		Tête	Épaule	Bassin	Hanche	Genoux
Groupe contrôle	Moyenne (écart-type)	2,98 (2,26)	3,82 (3,74)	5,34 (3,56)	4,39 (3,15)	2,46 (1,59)
Groupe expérimental	Moyenne (écart-type)	2,37 (1,50)	3,62 (2,42)	6,39 (3,55)	4,87 (2,93)	2,03 (1,14)

Grâce au logiciel BIOTONIX et à l'emplacement de nos marqueurs, nous avons été en mesure de calculer la distance en centimètres entre le marqueur apposé sur la fourchette sternale et celui placé sur la pointe de l'acromion. Dans un même temps nous avons été en mesure de calculer la distance entre le marqueur apposé sur la pointe de l'acromion et celui identifiant la 7^e cervicale. Ayant une bonne idée de la posture typique des nageurs, nous nous attendions à obtenir une plus grande distance entre le marqueur de la 7^e cervicale et celui de l'articulation acromio- claviculaire et une distance plutôt petite entre l'articulation acromio-claviculaire et la fourchette sternale compte tenu du fait que nos nageurs ont développé, grâce à l'entraînement, des muscles beaucoup plus forts au niveau de la paroi antérieure. Le tableau suivant démontre les résultats que nous avons obtenus en centimètres pour cette analyse.

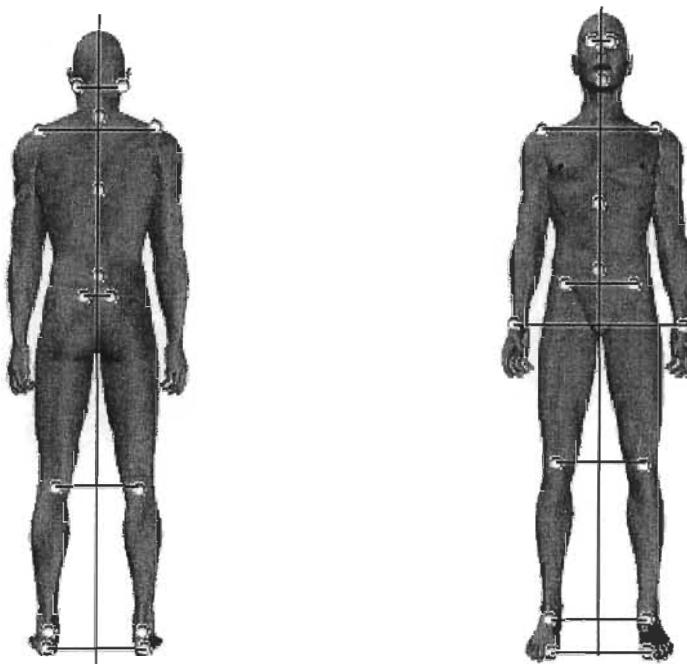
Tableau III

Résultats de l'analyse posturale dans le plan sagittal.

Différence en centimètres entre les trois marqueurs

	Fourchette/épaule	Épaule/7 ^e cervicale
	Moyenne (écart-type)	Moyenne (écart-type)
Groupe contrôle	2,91 (1,63)	9,09 (2,00)
Groupe expérimental	2,37 (1,21)	9,37 (1,86)

Les figures suivantes démontrent l'analyse posturale dans le plan frontal avec les prises de vue antérieure et postérieure. Les lignes verticales et horizontales représentent l'alignement idéal des segments et des différentes structures. Une ligne parfaite présume d'une distribution égale de la masse corporelle de chaque hémisphère du corps.



Figures 20-21. Identification des marqueurs dans le plan frontal antérieur et le plan frontal postérieur.

Pour l'analyse des vues postérieure et antérieure, nous avons procédé de la même façon qu'avec l'analyse en position latérale, c'est-à-dire en comparant les marqueurs avec les 2 lignes repères soit les lignes horizontales et verticales démontrées sur les figures précédentes. Les résultats recueillis se traduisent en centimètres lorsqu'on compare les marqueurs avec la ligne verticale, et en angle lorsqu'on compare les marqueurs avec la ligne horizontale.

Le profil type d'un nageur en ce qui a trait aux vues antérieure et postérieure se caractérise surtout par une déviation par rapport à l'axe vertical et horizontal du côté de

la main dominante. Il est presque impossible de dresser un portrait typique d'un nageur compte tenu du fait que les nageurs évoluent différemment selon le style de nage qu'ils pratiquent.

Cependant, en observant les données concernant les déviations horizontales et verticales, on remarque qu'aucun des sujets de notre étude n'atteint les critères d'une posture idéale. Tous ont une déviation plus ou moins grande par rapport aux lignes de référence.

Lors du pré-test, nous avons jugé intéressant de prendre des mesures de posture dans tous les plans pour vraiment développer un programme d'entraînement adéquat pour les nageurs. À la suite de l'analyse des données, nous avons été en mesure de tracer un profil type du nageur dans le plan sagittal. Cependant, les données concernant le plans frontal antérieur et postérieur ne nous a pas permis d'en faire autant compte tenu du fait que les nageurs se spécialisent pour des styles de nage différent donc développent des musculatures différentes. Nous avons donc laissé tomber cet aspect et développer un programme de renforcement et de flexibilité axé sur l'amélioration de la posture dans le plan sagittal.

Le tableau suivant représente les différentes déviations dans le plan frontal. Les déviations sont en centimètres et par rapport à l'axe vertical.

Tableau IV

Déviations en centimètres par rapport à l'axe vertical dans le plan frontal antérieur

	Tête	Menton	Épaule	Processus Xiphoïde	Nombril	Bassin	Genoux	Orteils
Groupe <i>contrôle</i>	1,47	0,97	1,49	0,95	0,63	0,63	0,38	0,82
Moyenne (écart-type)	(1,09)	(1,03)	(1,14)	(0,72)	(0,64)	(0,65)	(0,35)	(0,56)
Groupe <i>expérimental</i>	1,66	1,52	1,52	1,23	1,08	0,98	0,57	0,83
Moyenne (écart-type)	(0,90)	(0,57)	(0,77)	(0,95)	(0,63)	(0,62)	(0,37)	(0,41)

Tableau V

Déviations en centimètres par rapport à l'axe vertical dans le plan frontal postérieur

	Tête	Épaule	7 ^e cervicale	5 ^e dorsale	1 ^{ère} lombaire	Bassin	Genoux	Chevilles
Groupe <i>contrôle</i>	0,47	0,62	0,65	0,69	0,67	0,72	0,68	0,45
Moyenne (écart-type)	(0,56)	(0,80)	(0,59)	(0,51)	(0,57)	(0,77)	(0,56)	(0,35)
Groupe <i>expérimental</i>	1,18	1,24	1,30	0,94	1,12	0,68	0,66	0,39
Moyenne (écart-type)	(0,92)	(1,07)	(1,02)	(0,77)	(0,64)	(0,45)	(0,41)	(0,30)

Tableau VI

Déviations en degrés par rapport à l'axe horizontal pour le plan frontal antérieur
(cf. figure 19a)

	Tête	Épaule	Bassin	Genoux	Orteils
Groupe <i>contrôle</i>	1,00	1,33	1,67	1,58	1,75
Moyenne (écart-type)	(1,81)	(1,07)	(1,67)	(1,73)	(1,60)
Groupe <i>expérimental</i>	1,17	1,67	1,25	1,75	1,00
Moyenne (écart-type)	(1,75)	(1,78)	(0,87)	(1,29)	(1,28)

Tableau VII

Déviations en degrés par rapport à l'axe horizontal pour le plan frontal postérieur

	Tête	Épaule	Bassin	Genoux	Cheville
Groupe <i>contrôle</i>	1,17	1,75	1,67	1,75	3,17
Moyenne (écart-type)	(1,34)	(1,48)	(2,23)	(1,48)	(2,33)
Groupe <i>expérimental</i>	0,67	2,33	2,25	1,50	2,33
Moyenne (écart-type)	(0,98)	(1,61)	(2,42)	(1,09)	(2,31)

ANALYSE DE LA FORCE MUSCULAIRE

Compte tenu du fait que les nageurs s'entraînent de six à neuf fois par semaine à raison de deux heures chaque session, on peut penser que ceux-ci vont développer une très grande force musculaire au niveau des muscles qui les aident à se propulser soit les muscles du haut du corps. Les muscles grandement sollicités dans tous les styles de nage sont les extenseurs de l'épaule, les adducteurs ainsi que les rotateurs internes.

Moment de force des extenseurs

La force moyenne des extenseurs des épaules est sensiblement la même pour les deux groupes de sujets. Elle est de 39,5 Nm pour le groupe *contrôle* avec un écart type de 13,1 et de 38,5 Nm avec un écart type de 14 pour le groupe *expérimental*.

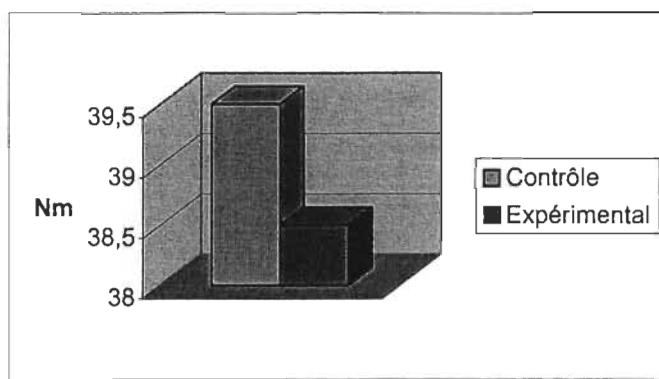


Figure 22. Variation en Newton mètres de la force des extenseurs de l'épaule

Moment de force des fléchisseurs

La force moyenne en Newton mètres pour les muscles agissant en tant que fléchisseurs de l'épaule est pour le groupe *contrôle* de 28,4 Nm avec un écart type de 10,5 et pour le groupe *expérimental* de 26,8 Nm avec un écart type de 10,9.

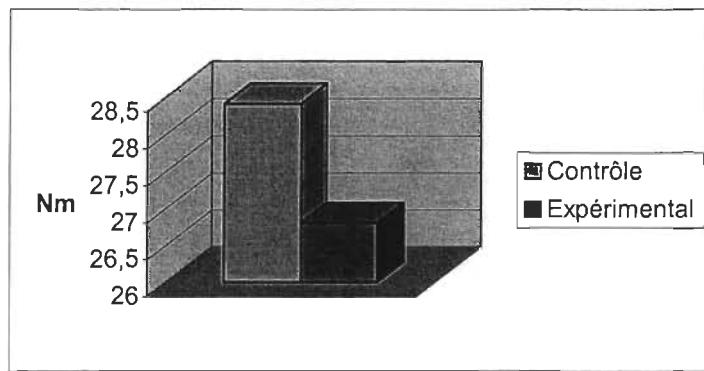


Figure 23. Variation en Newton mètres de la force des fléchisseurs de l'épaule

Moment de force des rotateurs externes

Les sujets du groupe *contrôle* ont obtenu une force moyenne pour les rotateurs externes de l'épaule de 15,1 Nm avec un écart type de 5,22, tandis que les sujets du groupe *expérimental* ont obtenu une force moyenne de 14,5 Nm avec un écart type de 6,65.

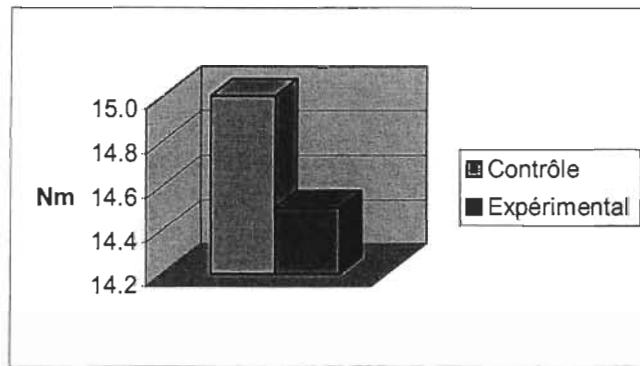


Figure 24. Variation en Newton mètres de la force des rotateurs externes

Moment de force des rotateurs internes

La force des muscles servant à faire la rotation interne de l'articulation de l'épaule est pour le groupe *contrôle* de 24,5 Nm avec un écart type de 11,03 et de 24,9 Nm avec un écart type de 11,45 pour le groupe *expérimental*.

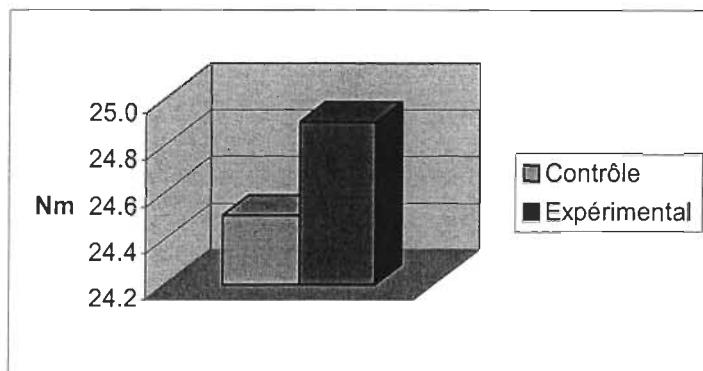


Figure 25. Variation en Newton mètres de la force des rotateurs internes

Moment de force des abducteurs

La force moyenne déployée par les sujets du groupe *contrôle* pour les muscles abducteurs est de 27,1 Nm avec un écart type de 11,27. Les sujets du groupe *expérimental* ont obtenu une force moyenne de 25,1 Nm avec un écart type de 9,24.

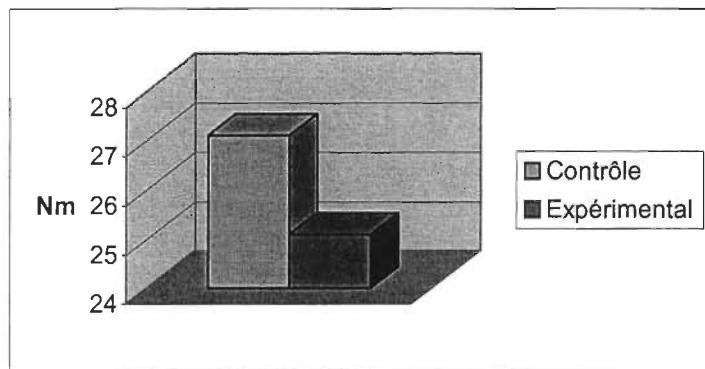


Figure 26. Variation en Newton mètres de la force des abducteurs de l'épaule

Moment de force des adducteurs

Les sujets du groupe *contrôle* ont obtenu une force moyenne au niveau des adducteurs de 40,3 Nm et un écart type de 13,36 tandis que les sujets du groupe *expérimental* ont obtenu une force moyenne de 37 Nm et un écart type de 11,87.

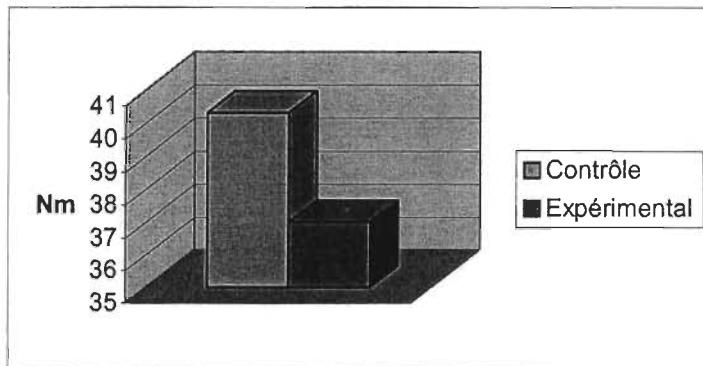


Figure 27 : Variation en Newton mètres de la force des adducteurs de l'épaule

En observant attentivement l'ensemble des résultats obtenus lors des différents tests de force, on peut remarquer l'homogénéité au niveau de nos deux groupes de sujets. Les moments de force moyenne en Nm sont sensiblement les mêmes partout et l'écart maximal (+/- 3 Nm) se retrouve au niveau des muscles servant à faire l'adduction de l'épaule.

Ratio

Le tableau suivant démontre les différents ratios que nous avons obtenus lors de la première prise d'informations au niveau des tests de force. Nous avons comparé nos

sujets du groupe *expérimental* et du groupe *contrôle* avec les normes évaluées dans le livre Isokinetic Exercise and Assessment (Perrin, 1993). Ces normes nous serviront en tant que groupe témoin dans notre expérimentation.

Tableau VIII

Identification des ratios pour l'articulation de l'épaule (Groupes témoin, contrôle et expérimental)

	Rotation externe/ Rotation interne	Flexion/Extension	Abduction/ Adduction
Témoin	60 à 80 %	75 à 85 %	50 à 65 %
Contrôle	61,54 %	69,79 %	68,8 %
Expérimental	60,5 %	68,17 %	71 %

Les deux groupes de nageurs ont encore une fois obtenu sensiblement les mêmes valeurs. En se fiant aux normes, les muscles rotateurs externes devraient fournir de 60 à 80 % de la force des muscles exécutant la rotation interne de l'épaule. Dans notre situation, les deux groupes de nageurs ont obtenu des ratios très près de la limite de 60 % ce qui signifie que les muscles rotateurs externes sont relativement faibles comparativement aux muscles rotateurs internes. De plus, en comparant le ratio pour les muscles fléchisseurs de l'épaule avec les muscles extenseurs, on remarque que les nageurs se situent sous les normes ce qui pourrait occasionner des problèmes au niveau

de l'articulation. La dernière comparaison se rapportent aux groupes musculaires servant à faire l'adduction et l'abduction de l'articulation de l'épaule. On remarque que les valeurs obtenues par les nageurs sont supérieures aux normes proposées (Perrin, 1993).

ANALYSE DE LA FLEXIBILITÉ DE L'ÉPAULE

L'impact de l'entraînement sur le développement musculaire est facilement prédictible; les muscles sollicités seront plus forts que leurs antagonistes; mais qu'en est-il du niveau de flexibilité de l'articulation sollicitée? Nous croyons qu'en augmentant la force de certains groupes musculaires au détriment des autres, cela a pour effet d'en diminuer la flexibilité et de créer un déplacement de l'articulation dans le sens des muscles qui sont plus puissants.

Extensibilité des rotateurs internes

L'extensibilité moyenne des muscles rotateurs internes pour le groupe *contrôle* est de $89,4^\circ$ avec un écart type de 14,35 et pour le groupe *expérimental* l'extensibilité est de $94,4^\circ$ avec un écart type de 12,2.

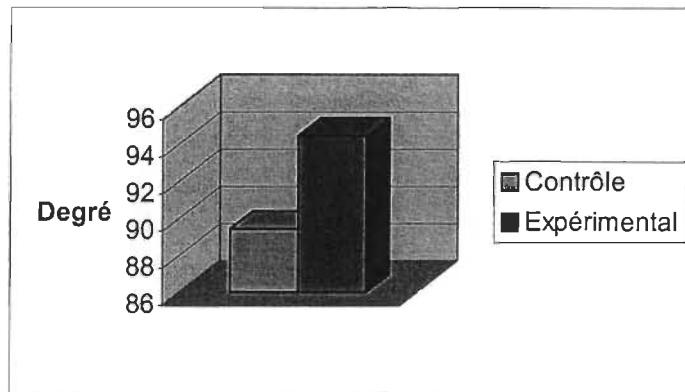


Figure 28. Variation en degrés de l'extensibilité des rotateurs internes

Extensibilité des rotateurs externes

Les valeurs moyennes obtenues au niveau de l'extensibilité sont de $57,1^\circ$ et un écart type de 7,46 pour le groupe *contrôle*, et de $55,8^\circ$ avec un écart type de 9,91 pour le groupe *expérimental*.

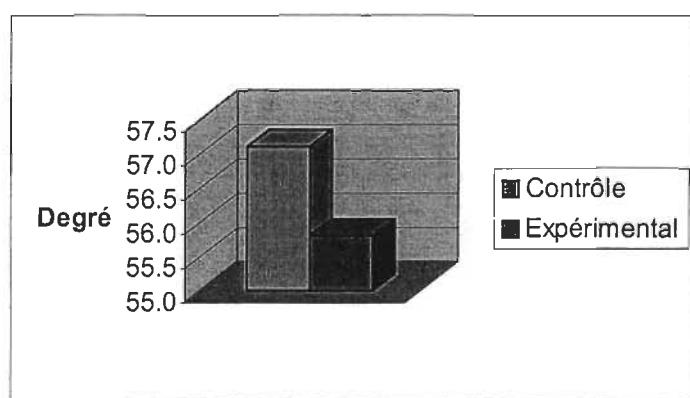


Figure 29. Variation en degrés de l'extensibilité des rotateurs externes

Extensibilité du petit pectoral

L'extensibilité du petit pectoral se calcule en centimètres. Les sujets du groupe *contrôle* ont obtenu une élévation de 11,4 cm avec un écart type de 1,54 tandis que les sujets du groupe *expérimental* ont obtenu une élévation de 11,3 cm et un écart type de 1,05.

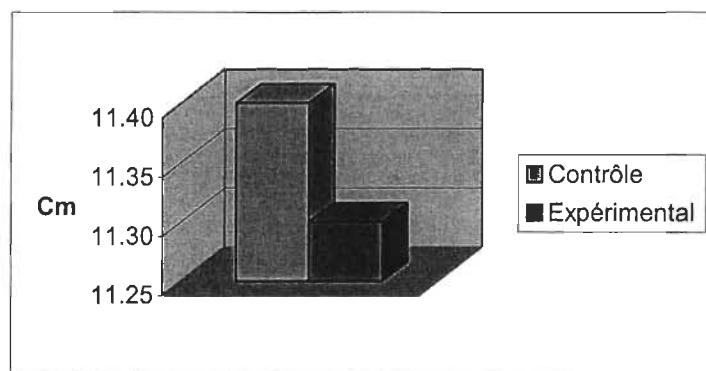


Figure 30. Variation en centimètres au niveau de la hauteur des épaules

Tableau IX

Extensibilité en rotation interne et externe chez les deux groupes de sujets

Sujets	Groupe <i>contrôle</i>		Groupe <i>expérimental</i>			Total
						
1	50°	105°	155°	65°	110°	175°
2	52,5°	92,5°	145°	65°	90°	155°
3	35°	92,5°	127,5°	60°	95°	155°
4	70°	90°	160°	47,5°	95°	142,5°
5	70°	80°	150°	50°	115°	165°
6	45°	82,5°	127,5°	57,5°	90°	147,5°
7	50°	90°	140°	70°	90°	160°
8	55°	85°	140°	50°	90°	140°
9	70°	87,5°	157,5°	30°	92,5°	122,5°
10	67,5°	92,5°	160°	55°	80°	135°
11	70°	85°	155°	65°	95°	160°
12	50°	90°	140°	55°	90°	145°
\bar{X}	57,1°	89,4°	146,5°	55,8°	94,4°	150,2°

Le tableau précédent nous démontre les résultats obtenus par les nageurs au test de flexibilité en rotation interne et externe. Nous savons qu'en rotation interne, une

flexibilité de 70° est souhaitée, et qu'en rotation externe, la flexibilité devrait se situer autour de 90°. Ces normes de flexibilité ont été suggérées dans un but de permettre le plus de liberté possible à l'articulation de l'épaule. En observant les résultats obtenus par les nageurs, nous sommes en mesure d'affirmer que ces derniers ont une moins grande flexibilité en rotation interne et une plus grande flexibilité en rotation externe. La plage de mouvement de l'articulation de l'épaule décrit un angle de 160°. En additionnant les résultats obtenus par nos nageurs, nous remarquons que ceux-ci se rapprochent de cet angle de 160° sans pour autant obtenir la flexibilité idéale en isolant la rotation interne et externe.

Cette étude comprenait deux objectifs : le premier était d'évaluer la mécanique fonctionnelle de l'articulation de l'épaule, et le deuxième de créer un programme d'entraînement en flexibilité et en force dans le but de corriger les problèmes de posture qui caractérisent les nageurs de compétition.

POST TEST

ANALYSE POSTURALE

À la suite du programme d'entraînement en force et en flexibilité que nos sujets du groupe *expérimental* ont suivi, nous avons réévalué la posture de l'ensemble des nageurs. Le tableau suivant représente les résultats obtenus pour le groupe *contrôle* et *expérimental* après le programme de 6 semaines. En comparant les résultats dans le plan sagittal lors du pré-test et du post-test chez nos sujets du groupe *expérimental*, on peut constater une amélioration de 0,79 cm au niveau du marqueur placé à la tête et une amélioration de 0,46 cm pour le marqueur apposé sur l'épaule.

Tableau X

Moyenne (cm) et écart type pour l'analyse posturale dans le plan sagittal

	Tête	Épaule	Bassin	Hanche	Genoux
Post-test					
Groupe <i>contrôle</i>	3,69	3,51	7,57	4,75	1,25
Moyenne (écart-type)	(3,80)	(2,91)	(4,81)	(2,63)	(1,42)
Groupe <i>expérimental</i>	1,58	3,16	6,28	5,01	1,65
Moyenne (écart-type)	(1,56)	(1,54)	(2,29)	(1,77)	(1,11)
Pré-test					
Groupe <i>contrôle</i>	2,98	3,82	5,34	4,39	2,46
Moyenne (écart-type)	(2,26)	(3,74)	(3,56)	(3,15)	(1,59)
Groupe <i>expérimental</i>	2,37	3,62	6,39	4,87	2,03
Moyenne (écart-type)	(1,50)	(2,42)	(3,55)	(2,93)	(1,14)

À l'aide des nouveaux paramètres, nous avons réévalué la mesure en centimètres entre le marqueur apposé sur la fourchette sternale et celui placé sur la pointe de l'acromion ainsi que la distance entre le marqueur apposé sur l'acromion et celui de la 7^e cervicale. Le tableau suivant représente les nouveaux paramètres.

Tableau XI

Distance en cm entre les différents marqueurs. Plan sagittal

	Fourchette/Épaule	Épaule/7 ^e cervicale
Post-test		
Groupe <i>contrôle</i>	4,08 (1,52)	7,3 (1,21)
Moyenne (écart-type)		
Groupe <i>expérimental</i>	4,84 (1,73)	5,88 (1,92)
Moyenne (écart-type)		
Pré-test		
Groupe <i>contrôle</i>	2,91 (1,63)	9,09 (2,00)
Moyenne (écart-type)		
Groupe <i>expérimental</i>	2,37 (1,21)	9,37 (1,86)
Moyenne (écart-type)		

Les sujets formant le groupe expérimental nous démontrent un déplacement plus grand dans les deux situations. En effet, on peut observer que la distance entre le marqueur de l'épaule et celui situé sur le sternum a augmenté de 2,47 cm ce qui signifie que l'épaule s'est replacée vers l'arrière. De plus, on remarque que la distance entre le marqueur de l'épaule et le marqueur apposé sur la 7^e cervicale a diminué de 3,49 cm ce qui s'explique par le fait que l'épaule a reculée donc elle s'est rapprochée du marqueur placé sur la 7^e cervicale.

ANALYSE DE LA FORCE MUSCULAIRE

Moment de force des extenseurs

La force des extenseurs des épaules est augmentée de façon significative $F(2,11) = 11,52$ $p < 0,05$. La figure 28 représente la différence en Nm (Newton mètre) obtenue par les deux groupes au niveau des muscles permettant l'extension de l'épaule. Elle démontre que les sujets du groupe *expérimental* présentent une amélioration moyenne de la force des extenseurs de l'ordre de 2 Nm tandis que les sujets du groupe *contrôle* ont conservé les mêmes valeurs qu'au pré-test..

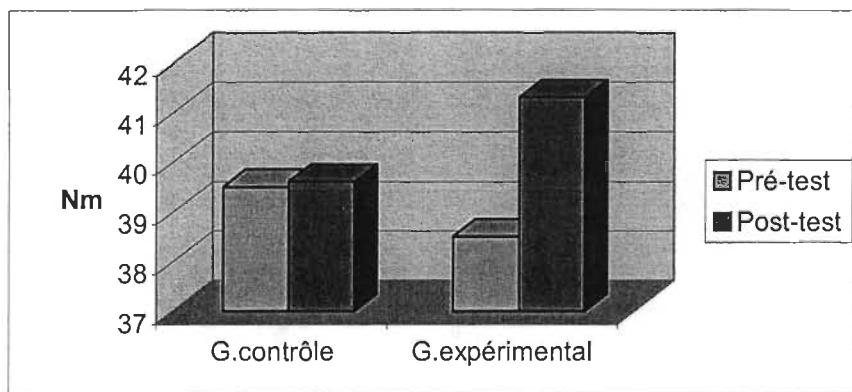


Figure 31. Variation en Newton mètres de la force des extenseurs de l'épaule

Moment de force des fléchisseurs

La force des fléchisseurs de l'épaule est augmentée de façon significative $F(2,11) = 3,94$ $p<0,05$. La figure 29 représente la différence en Nm des résultats obtenus par les deux groupes au niveau des muscles servant à faire la flexion de l'épaule. L'augmentation de la force des fléchisseurs pour les sujets du groupe *expérimental* atteint une moyenne de 4 Nm. On remarque cependant que les sujets du groupe *contrôle* ont eux aussi augmenté leur force mais cette augmentation n'atteint qu'1 Nm.

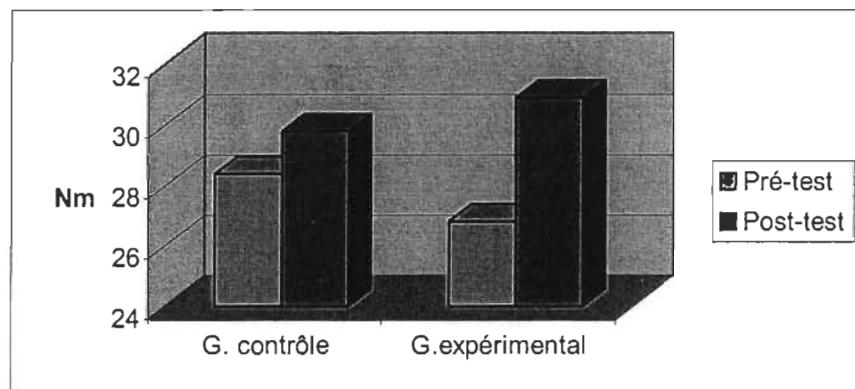


Figure 32. Variation en Newton mètres de la force des fléchisseurs de l'épaule

Moment de force des rotateurs externes

La force des rotateurs externes de l'épaule est augmentée de façon significative $F(2,11) = 8,55$ $p<0,05$. La figure 30 représente la différence en Nm des résultats obtenus par les deux groupes au niveau des muscles servant à faire la rotation externe de l'épaule. Le programme d'entraînement remis aux sujets du groupe *expérimental* visait principalement le renforcement de cet ensemble musculaire. Les sujets du groupe *expérimental* ont réussi à augmenter la force des rotateurs externes de 2 Nm, tandis que les sujets du groupe *contrôle* ont conservé les mêmes valeurs.

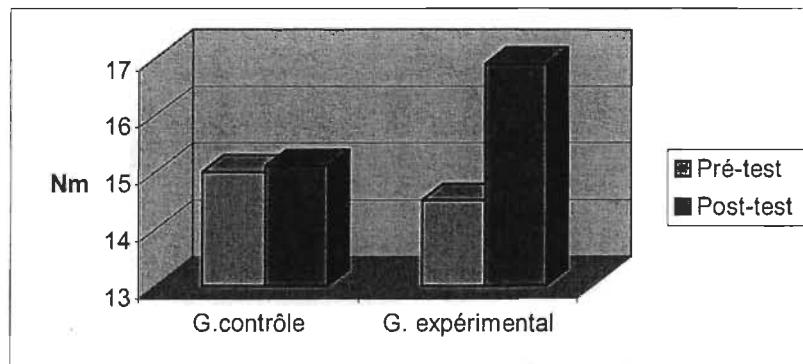


Figure 33. Variation en Newton mètres de la force des rotateurs externes de l'épaule

Moment de force des rotateurs internes

La force des rotateurs internes de l'épaule est augmentée de façon significative $F(2,11) = 19,11$ $p < 0,05$. La figure 31 représente la différence en Nm des résultats obtenus par les deux groupes au niveau de la force des muscles servant à exécuter la rotation interne de l'épaule. Cet ensemble musculaire était principalement visé par l'expérimentation qui consistait à en augmenter son extensibilité. Il en ressort que les sujets du groupe *expérimental* ont augmenté la force des rotateurs internes de 3 Nm tandis que les sujets du groupe *contrôle* ont conservé les mêmes valeurs.

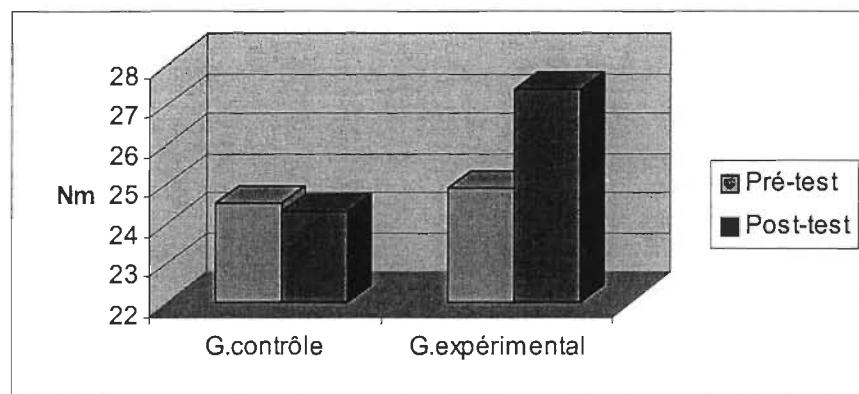


Figure 34. Variation en Newton mètres de la force des rotateurs internes

Moment de force des abducteurs

La force des abducteurs de l'épaule est augmentée de façon significative $F(2,11) = 4,25$ $p<0,05$. La figure 32 représente la différence en Nm des résultats obtenus par les deux groupes au niveau des muscles servant à faire l'abduction de l'épaule. Encore une fois, on remarque que le groupe *expérimental* obtient une amélioration de la force des abducteurs de 2 Nm tandis que le groupe *contrôle* conserve sensiblement les mêmes valeurs avec une légère augmentation (0,8 Nm).

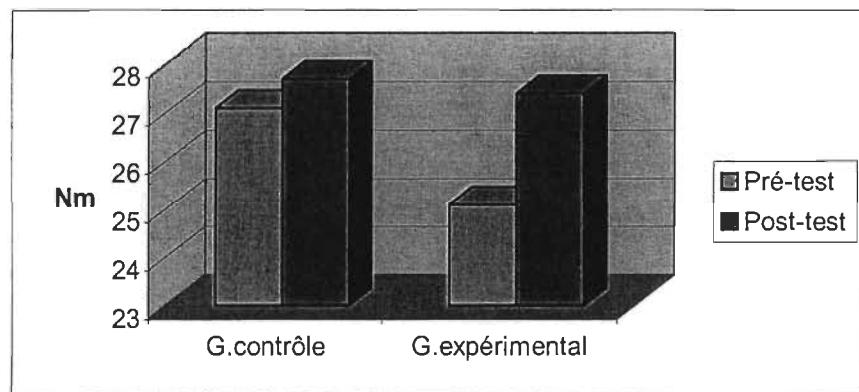


Figure 35. Variation en Newton mètres de la force des abducteurs de l'épaule

Moment de force des adducteurs

La force des adducteurs de l'épaule n'est pas augmentée de façon significative $F(2,11) = 7,32$ $p>0,05$. La figure 33 représente la différence en Nm des résultats obtenus par les deux groupes au niveau de la force des muscles servant à faire l'adduction de l'épaule.

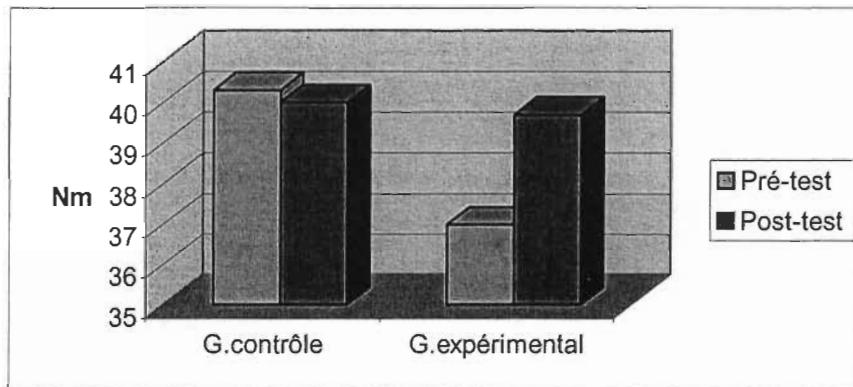


Figure 36. Variation en Newton mètres de la force des adducteurs de l'épaule

Ratio

Les mesures de ratio nous ont permis de savoir si notre programme d'entraînement avait été bénéfique au niveau de l'équilibre musculaire concernant les muscles agonistes et antagonistes.

Tableau XII

Ratio de force au niveau de l'épaule lors du pré et du post test ainsi que comparaison de nos sujets entre eux et avec un groupe témoin

	Rotation externe/ Rotation interne	Flexion/Extension	Abduction/Adduction
Témoin	60 à 80 %	75 à 85 %	50 à 65 %
Contrôle Pré-test	61,54 %	69,79 %	68,80 %
Contrôle Post-test	60,43 %	72,17 %	68,66 %
Expérimental Pré-test	60,50 %	68,17 %	71,00 %
Expérimental Post-test	63,12 %	71,08 %	68,78 %

Le tableau précédent nous permet de constater que les nageurs du groupe *expérimental* se sont rapprochés des normes concernant l'équilibre musculaire souhaité pour l'articulation de l'épaule (Perrin, 1993). En effet, ils ont amélioré leurs valeurs dans les trois situations. On peut remarquer qu'ils n'ont cependant pas atteint le ratio normal en ce qui concerne la flexion et l'extension mais ceux-ci se sont rapprochés des valeurs proposées.

ANALYSE DE LA FLEXIBILITÉ DE L'ÉPAULE

Extensibilité des rotateurs internes

L'extensibilité des rotateurs internes de l'épaule est augmentée de façon significative pour le groupe *expérimental* $F(2,11) = 7,94$ $p < 0,05$. La figure 34 démontre la variation en degrés des résultats obtenus par les deux groupes. On remarque que les sujets du groupe *expérimental* ont augmenté l'extensibilité des muscles servant à faire la rotation interne.

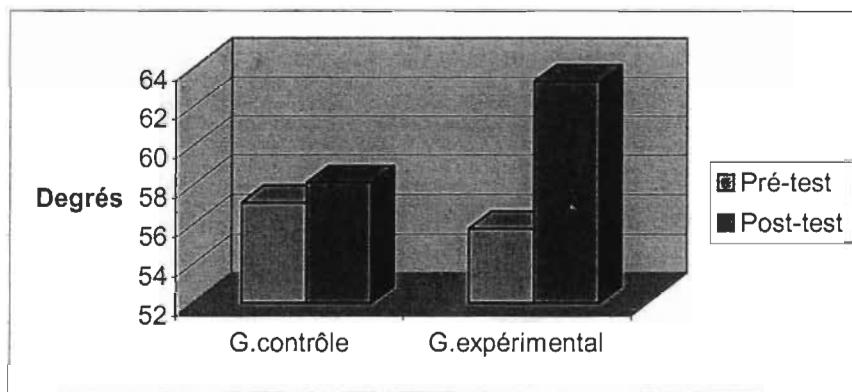


Figure 37. Variation en degrés de l'extensibilité des rotateurs internes

Extensibilité des rotateurs externes

L'extensibilité des rotateurs externes de l'épaule est augmentée de façon significative pour le groupe *expérimental* $F(2,11) = 4,45$ $p<0,05$. La figure 35 démontre la variation en degrés obtenue par les deux groupes.

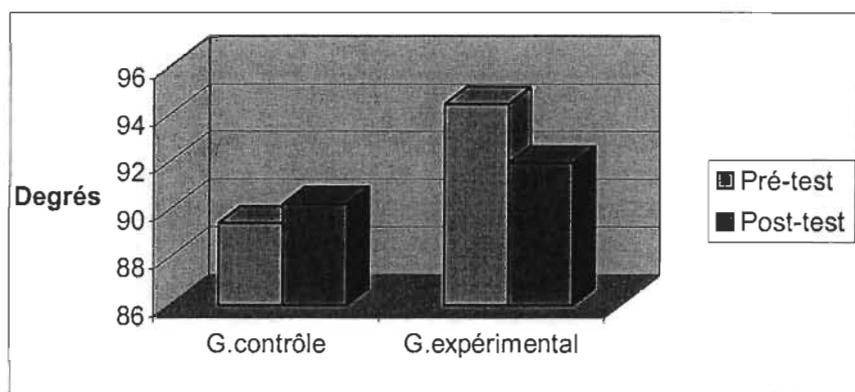


Figure 38. Variation en degrés de l'extensibilité des rotateurs externes

Extensibilité du petit pectoral

L'extensibilité du petit pectoral de l'épaule est augmentée de façon significative pour le groupe *expérimental* $F(2,11) = 11,35$ $p < 0,05$. La figure 36 démontre la variation de la hauteur en centimètres au niveau du point saillant des épaules obtenue par les deux groupes.

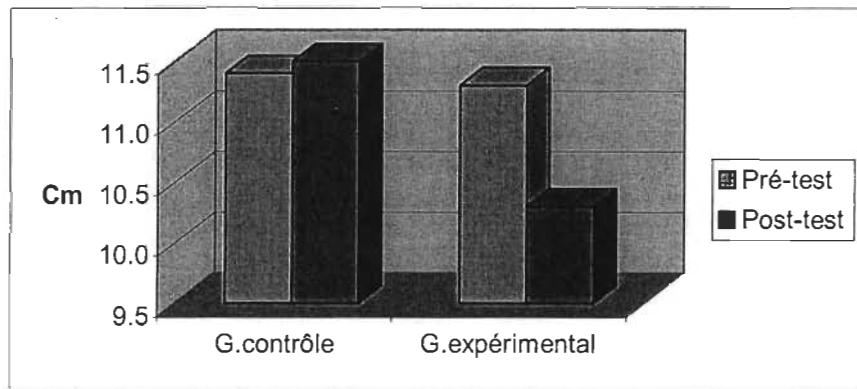


Figure 39. Variation en centimètres de la hauteur de l'épaule

Le tableau suivant représente l'amélioration en centimètres concernant la hauteur du point saillant de l'épaule entre les mesures du pré test et celle du post test. Les valeurs négatives représentent une élévation plus grande du point saillant de l'épaule en comparaison avec les valeurs du pré test. On peut observer une amélioration plus grande chez nos sujets du groupe *expérimental* avec une amélioration moyenne de près de 1 cm.

Tableau XIII

Amélioration en centimètres de la hauteur des épaules chez les 2 groupes de sujets.

Sujets	G. Contrôle	G. Expérimental
1	0,05	0,45
2	0,05	2,2
3	0,05	0,8
4	0,15	0,6
5	0,2	0,7
6	-0,95	0,4
7	-0,45	0,2
8	-0,05	0,45
9	-0,1	1
10	-0,15	1,4
11	0,05	-0,15
12	-0,95	3,55
X	-0,18	0,97

Extensibilité en rotation interne et externe

Le tableau suivant nous permet d'observer les valeurs obtenues au test d'extensibilité en rotations interne et externe lors du pré test et du post test chez nos deux groupes de nageurs. Nous savons qu'en rotation interne une flexibilité de 70° est souhaitée et qu'en rotation externe la flexibilité devrait se situer autour de 90°. Ces normes de flexibilité ont été suggérées dans le but de permettre à l'articulation de l'épaule la plus grande réalisation de mouvement. En observant les résultats obtenus par les nageurs, nous sommes en mesure d'affirmer que ces derniers ont une moins grande flexibilité en rotation interne et une plus grande flexibilité en rotation externe. La plage de mouvement de l'articulation de l'épaule en rotations interne et externe décrit un angle

de 160°. En additionnant les résultats obtenus par nos nageurs, nous remarquons que ceux-ci se rapprochent de cet angle de 160° sans pour autant obtenir la flexibilité normale en isolant la rotation interne et externe. De plus, on remarque que les sujets du groupe *expérimental* tendent vers les valeurs suggérées.

Tableau XIV

Extensibilité en rotations interne et en rotation externe chez le groupe *contrôle*

Groupe contrôle

Sujet	R.interne pré-test	R.externe pré-test	Total	R.interne post-test	R.externe post-test	Total
1	50°	105°	155°	52,5°	105°	157,5°
2	52,5°	92,5°	145°	55°	92,5°	147,5°
3	35°	92,5°	127,5°	37,5°	92,5°	130°
4	70°	90°	160°	70°	90°	160°
5	70°	80°	150°	70°	85°	155°
6	45°	82,5°	127,5°	45°	82,5°	127,5°
7	50°	90°	140°	47,5°	90°	137,5°
8	55°	85°	140°	55°	87,5°	142,5°
9	70°	87,5°	157,5°	70°	87,5°	157,5
10	67,5°	92,5°	160°	67,5°	92,5°	160°
11	70°	85°	155°	70°	85°	155°
12	50°	90°	140°	50°	90°	150°
\bar{X}	57,1°	89,4°	146,5°	57,5°	90°	148,3°

Tableau XV

Extensibilité en rotations interne et en rotation externe chez le groupe *expérimental*

Groupe expérimental

Sujet			Total			Total
	R.interne pré-test	R.externe pré-test		R.interne post-test	R.externe post-test	
1	65°	110°	175°	70°	100°	170°
2	65°	90°	155°	70°	90°	160°
3	60°	95°	155°	60°	92,5°	152,5°
4	47,5°	95°	142,5°	52,5°	92,5°	145°
5	50°	115°	165°	55°	105°	160°
6	57,5°	90°	147,5°	60°	90°	150°
7	70°	90°	160°	70°	90°	160°
8	50°	90°	140°	55°	90°	145°
9	30°	92,5°	122,5°	40°	92,5°	132,5°
10	55°	80°	135°	65°	85°	150°
11	65°	95°	160°	65°	95°	160°
12	55°	90°	145°	55°	90°	145°
\bar{X}	55,8°	94,4°	150,2°	59,8°	92,7°	152,5°

En résumé, les valeurs que nous avons obtenues au post-test pour les tests de posture : positionnement de l'acromion à mi-chemin entre la fourchette sternale et la 7^e cervicale, les tests de force musculaire : amélioration de la force de tous les groupes musculaires évalués et au test de flexibilité musculaire : amélioration de la flexibilité en rotation interne et externe et diminution en centimètres de la hauteur de l'épaule; nous sommes en mesure de croire que la prescription d'un programme d'entraînement en force au niveau des rotateurs externes et un programme de flexibilité au niveau des rotateurs internes est souhaité pour maintenir une bonne posture chez les nageurs de compétition.

ÉVALUATION DES RENSEIGNEMENTS CONCERNANT LA PLANIFICATION ANNUELLE DES ENTRAÎNEURS

Pour en savoir un peu plus long sur les composantes du programmes d'entraînements à sec des nageurs du Québec, nous avons réalisé une courte entrevue avec 19 entraîneurs-chef lors d'une rencontre provinciale se déroulant à l'Université du Québec à Trois-Rivières. Ces entraîneurs travaillent tous auprès d'athlètes de niveau provincial et national.

Pour commencer, nous avons jugé intéressant de connaître la formation que les entraîneurs avaient reçue. En terme de formation académique, 84% des entraîneurs interrogés ont complété avec succès un baccalauréat en activité physique. En terme de formation plus spécifique, les entraîneurs du Québec peuvent s'inscrire de façon volontaire à des formations faisant partie du programme national de certification des entraîneurs (PNCE). Ce programme de certification offre des cours de formation se divisant en 5 niveaux. Chacun des niveaux est séparé en trois parties : une partie théorique, une partie technique et une partie pratique. Il faut absolument avoir complété les trois parties pour poursuivre la formation. Sur l'ensemble des entraîneurs présents à la compétition provinciale, 5 % des entraîneurs ont complété leur niveau II, 37 % leur niveau III et 10 % leur niveau IV.

En ce qui concerne les trois entraîneurs n'ayant pas gradué d'une formation en activité physique, deux détiennent une accréditation de niveau 2 et l'autre une de niveau 3. Les cinq entraîneurs n'ayant qu'un niveau 1 du PNCE sont par contre diplômé d'un baccalauréat en activité physique. Avec de telles formations académiques et professionnelles, nous nous attendions donc à retrouver des planifications d'entraînement à sec comprenant des exercices de renforcement pour les rotateurs externes ainsi que des exercices d'étirement pour les rotateurs internes.

La deuxième partie de notre enquête consistait à connaître les différentes composantes de leur planification annuelle à titre d'entraînement à sec visant le renforcement des rotateurs externes. L'entrevue nous a permis de savoir que tous les entraîneurs participant à cette étude se sentent concernés par les problèmes aux épaules et par la posture déficiente que développent leurs athlètes. Cependant, les moyens d'action pour empêcher le problème ou le régler sont presque inexistantes comme vous allez le constater.

Notre première question concernait le temps alloué aux exercices à sec à chacune des séances. L'ensemble des réponses recueillis varient énormément allant de 10 minutes à 75 minutes. 11 % des entraîneurs planifient 10 minutes d'exercices à sec, 16 % en planifient 20 minutes, 36 % en prévoient 30 minutes, 16 % allouent 45 minutes, 11 % des entraîneurs en font 60 minutes et, pour terminer, 11 % en planifient 75 minutes. Dans le but de compléter la première question, nous avons demandé aux entraîneurs de nous inscrire la fréquence par semaine qu'ils prévoyaient pour la pratique d'exercices à sec

visant le renforcement. 26 % des entraîneurs ont mentionné deux fois par semaine, 58 % ont indiqué trois fois par semaine, 5 % planifient quatre fois par semaine et 11 % en pratique six fois par semaine.

Dans la plupart des sports d'élite, les entraîneurs utilisent les entraînements en salle pour augmenter la force des muscles directement reliés à la spécificité du sport. La natation ne fait pas exception à la règle alors que 89% des entraîneurs interrogés visent l'augmentation de la force des muscles pectoraux, des biceps, des grands dorsaux ainsi que des deltoïdes antérieurs et médians lors des exercices à sec. Ces muscles sont directement sollicités par le patron de nage donc sollicités à raison de six entraînements en moyenne par semaine. En terme de temps par semaine alloué aux exercices de renforcement, 5 % des clubs utilisent 30 minutes par semaine, 28 % passent 60 minutes, 33 % en effectuent 90 minutes, 17 % en prévoient 120 minutes et 17 % en font plus de 180 minutes par semaine.

Le type de matériel utilisé pour les exercices de renforcements a aussi été demandé aux entraîneurs. Dans 84 % des cas, les entraîneurs utilisent les tubes chirurgicaux comme méthode de renforcement, 58 % utilisent des poids, 42 % utilisent des ballons médicinaux et 26 % des entraîneurs ont recours aux exercices à mains libres.

La dernière question concernant les exercices de renforcement consistait à demander aux entraîneurs de nous mentionner le nombre d'exercices visant le renforcement des muscles de la coiffe des rotateurs. 26 % des entraîneurs n'incluent qu'un seul exercice visant les rotateurs externes de l'épaule, 5 % ont deux exercices dans

leur plan d'entraînement et un autre 5 % des entraîneurs en incluent six exercices. Une information importante est survenue lorsque nous procédions à l'entrevue : dans 15 % des cas, les entraîneurs ont inclus dans leur programme des exercices qui visaient le renforcement des muscles rotateurs externes pour les nageurs qui sont susceptibles de développer des problèmes aux épaules ou qui ont déjà eu une histoire de tendinites.

La dernière partie de notre entrevue consistait à recueillir de l'information concernant les exercices d'étirement prévus dans leur programme à sec. Dans 68 % des cas, les entraîneurs ne dirigent pas les exercices d'étirement, les nageurs sont laissés totalement libres, 11 % des entraîneurs mentionnent qu'ils dirigent plus ou moins les exercices d'étirement et dans 21 % des cas les entraîneurs dirigent les exercices d'étirement du début à la fin.

La fréquence des exercices par semaine varie énormément allant de deux à six fois dépendamment des clubs. 5 % des clubs prévoient deux séances par semaine, 11 % en effectuent trois séances, 16 % en font quatre séances, 26 % en prévoient cinq séances et 42 % en planifient six par semaine. Le nombre de minutes allouées à chacune à chacune des séances varient aussi d'un club à l'autre. Les exercices d'étirement occupent 10 minutes par séance dans 63 % des clubs, 15 minutes pour 26 % des clubs, 20 minutes pour 5 % des clubs et pour terminer un autre 5 % des entraîneurs prévoient des séances d'étirement de 30 minutes.

La majorité des entraîneurs qui supervisent quelque peu les exercices nous ont mentionné que les nageurs réalisaient autour de 10 exercices d'étirement visant le corps

au complet. En général, les entraîneurs ont répondu qu'il y avait environ cinq exercices pour le haut du corps et cinq pour les membres inférieurs. Spécifiquement, les entraîneurs estiment à environ deux exercices ciblant l'articulation de l'épaule.

CHAPITRE 4

DISCUSSION

ANALYSE POSTURALE

Les déformations posturales peuvent être causées par de mauvaises habitudes posturales ou tout simplement par les activités que nous réalisons dans notre vie quotidienne comme, par exemple, travailler à un ordinateur risque fortement d'amener un dos arrondi (Cailliet, 1964; Kendall et al., 1993; Hammer, 1991). Si le corps est maintenu hors de l'alignement postural idéal pour une longue période, la musculature en cause peut alors s'adapter à ces sollicitations en s'allongeant ou en se raccourcissant (Bloomfield, Ackland et Elliott, 1994; Hrysomallis et Goodman, 2001; Novak et Mackinnon, 1997). Ces adaptations peuvent aussi être causées par un débalancement musculaire entre les muscles agonistes et antagonistes qui amène une transformation dans la posture (Kendall et al., 1993; Kenal et al., 1996; Koehler et Thorson, 1996).

Notre étude avait pour objectif de dresser le portrait postural des nageurs de compétition. Dans notre étude, nous avons pu remarquer que leur posture concordait avec ce que la littérature décrit comme étant la posture type des nageurs, c'est-à-dire une

posture caractérisée par la projection vers l'avant des épaules accompagnée d'une lordose cervicale exagérée (Hammer, 1991; Kenal et al., 1996; Koehler et al., 1996).

En évaluant la posture des nageurs, il est important de savoir que la position du bras et de l'épaule dépend de la position de la scapula (Hammer, 1991; Allegrucci, Whitney et Irrgang, 1994). Dans un alignement favorable de l'épaule, la scapula repose à plat contre le thorax et sa position ne doit pas dépasser plus de trois doigts, soit environ cinq centimètres, entre le bord interne et la colonne vertébrale (McConnell, 1994). En alignement idéal, la tête et le cou sont dans une position où la tête est en bon équilibre, maintenue par un effort minimal (Kendall, 1995; Christman, 2000). Le mauvais positionnement de la scapula en natation est relié avec l'apparition de douleurs aux épaules (Wadsworth et Bullock, 1997; Allegrucci et al., 1994 ; Bak et Magnusson, 1997). Effectivement des études électromyographiques ont été effectuées auprès de nageurs ayant des douleurs aux épaules et d'autres ne démontrant aucun symptôme. Ces études réalisées lors de l'exécution du style libre ont permis de découvrir que l'activation des muscles agissant au niveau de la scapula (le grand dentelé, les rhomboïdes ainsi que les muscles de la coiffe des rotateurs) entraient en action plus tard chez les athlètes ayant des douleurs aux épaules que chez les athlètes n'ayant aucune pathologies aux épaules (Wadsworth et al., 1997; Scovazzo et al., 1991). De plus, les muscles de la coiffe des rotateurs démontrent plus d'activité électrique chez les nageurs ayant des douleurs aux épaules que chez les nageurs sains (Wadsworth, 1997; Scovazzo, 1991). Cela confirme le

fait que le mauvais positionnement de la scapula augmente les chances de développer des problèmes aux épaules.

Dans un défaut d'alignement, une projection antérieure de l'épaule est souvent associée avec la projection vers l'avant de la tête. Cette projection vers l'avant de l'épaule est caractérisée par l'abduction constante de la scapula causée par une faiblesse des muscles trapèze moyen et rhomboïdes (Hrysomallis et al., 2001; Bak et al., 1997) ainsi qu'un débalancement musculaire entre les muscles amenant une rotation interne de l'épaule (grand pectoral, grand dorsal, grand rond) et ceux amenant une rotation externe de l'épaule ainsi qu'une adduction de la scapula (coiffe des rotateurs, grand et petit rhomboïdes, trapèze moyen) (Hammer, 1991; Bak et al., 1997; Ciullo et Stevens, 1989; Horrigan, 1991). Effectivement, comme le muscle trapèze supérieur prend son origine sur l'occiput et s'attache sur le tiers externe de la clavicule et de l'épine scapulaire, une faiblesse musculaire entraînera une projection vers l'avant de la tête et un arrondissement des épaules. Le trapèze moyen, quant à lui, prend son origine sur les apophyses épineuses des cinq premières vertèbres dorsales et sa terminaison se situe sur le bord supérieur de l'épine de la scapula. Les rhomboïdes, eux, originent de la 7^e cervicale et de la 1^{ère} dorsale dans le cas du petit rhomboïde et des 2^e, 3^e, 4^e et 5^e vertèbres dorsales pour le grand rhomboïde et leur terminaison se situe sur le bord spinal de la scapula de la racine de l'épine jusqu'à l'angle inférieur (Kendall et al., 1995). Un déficit des muscles rhomboïdes et du trapèze moyen sera caractérisé par l'impossibilité de redresser la scapula et de la ramener en position idéale c'est à dire appuyée sur le thorax (Christman,

2000). La faiblesse de ces muscles place la scapula en abduction et entraîne une projection antérieure de l'épaule ainsi qu'une augmentation de la lordose cervicale. Une faiblesse du muscle trapèze réduit la possibilité d'amener l'acromion en direction de l'occiput lors de l'élévation du bras (abduction) ce qui augmente les chances d'accrochage au niveau des tissus mous (Allegrucci et al, 1994; Bassett, Browne et Morrey, 1990; Burnham, May, Nelson, Steadward, et Reid, 1993).

Cette position de la scapula (en abduction constante) amène une diminution de la force d'adduction et de rétropulsion du bras par le fait de la perte de fixation de la scapula (Kendall, 1995; Hammer, 1991). La perte de fixation au niveau des muscles stabilisateurs de la scapula augmente les mouvements de celle-ci diminuant ainsi la stabilité requise lors de la réalisation de gestes de précision ou de mouvements nécessitant le déploiement d'une grande force (Hammer, 1991; Kendall et al., 1995). Cette explication pourrait donc appuyer les résultats de l'amélioration de la force des nageurs formant le groupe *expérimental*. En augmentant la stabilité de la scapula, les nageurs formant le groupe *expérimental* ont été en mesure de déployer plus de force dans l'exécution des mouvements de flexion, d'extension, d'abduction, de rotation interne et de rotation externe.

Après le programme de six semaines, nous avons été en mesure d'observer des changements positifs au niveau de la posture qu'adoptaient les nageurs formant le groupe *expérimental*. Ces derniers adoptaient une posture se rapprochant de la posture idéale; plus précisément, l'analyse dans le plan sagittal nous a révélé que les nageurs du groupe

expérimental ont diminué la distance entre la ligne gravitationnelle idéale au niveau du marqueur apposé à la tête, à l'épaule ainsi qu'au bassin. Selon les calculs permis par le logiciel BIOTONIX, le marqueur à la tête aurait reculé en moyenne de 0,79 centimètre, le marqueur à l'épaule de 0,46 centimètre.

Un autre calcul réalisé grâce au logiciel nous a permis de confirmer les améliorations des nageurs du groupe *expérimental*. Grâce au calcul de la distance entre le marqueur apposé à la 7^e cervicale et celui apposé au sternum, nous pouvons affirmer que les épaules des nageurs formant le groupe *expérimental* se sont bel et bien déplacées postérieurement et rapprochées de la position anatomique idéale. En effet, la distance entre le marqueur du sternum et celui apposé à l'épaule a augmenté de 2,47 centimètres signifiant que l'épaule a reculée et s'est rapprochée de la posture idéale. De plus, la distance entre le marqueur de la 7^e cervicale et celui de l'épaule a diminué de 3,49 centimètres signifiant que l'épaule s'est déplacée vers l'arrière se rapprochant du même coup du marqueur apposé sur la 7^e cervicale (Normand et al., 2003).

Ces calculs viennent appuyer nos premières constatations et les améliorations que nous avons été en mesure de voir à l'œil nu sur les nageurs formant le groupe *expérimental*. Ainsi, grâce au programme de renforcement et d'étirement, les nageurs du groupe *expérimental* ont été en mesure de modifier leur posture et de se rapprocher de la posture idéale proposée par le logiciel BIOTONIX.

Afin d'éviter l'apparition d'une mauvaise posture, les entraîneurs devraient fournir aux athlètes des exercices de renforcement, de flexibilité et parler des

composantes d'une bonne posture. Plusieurs troubles de la posture peuvent survenir à cause du surentraînement d'une ou de plusieurs parties du corps et peuvent causer un inconfort physique et le développement de blessures (Bloomfield, 1994; Bak, 1997). Selon Jobe et Pink (1994) ainsi que Hrysomallis et al. (2001), il est important de combiner des exercices de renforcement avec des exercices d'étirement lorsqu'on entreprend de corriger des anomalies posturales ou de prévenir des blessures. Selon ces auteurs, il est impossible d'obtenir des changements en optant pour un ou l'autre des exercices, la clé du succès est la réalisation des deux moyens combinés.

Lors de la cueillette de nos données, nous avons recueilli de l'information concernant la posture des nageurs dans les plans frontaux antérieur et postérieur. Malheureusement, ces analyses ne nous ont pas été utiles lors de notre étude sur l'épaule. L'ensemble des résultats recueillis dans les plans frontaux antérieur et postérieur pourraient servir à des études subséquentes ayant pour but de comparer l'évolution de la posture des nageurs ainsi que leur morphologie dépendamment du style de nage dans lequel ils se spécialisent. On pourrait par exemple comparer le style crawl avec le style brasse. Le crawl étant un style de nage que l'on dit alterné car la poussée au niveau des bras se fait en alternance contrairement au mouvement des bras à la brasse qui lui est simultané. Le cycle des bras en crawl commence loin devant le nageur et se termine lorsque le bras est en extension près de la cuisse; à la brasse, les bras sont en extension en avant du nageur mais le mouvement des bras ne doit pas dépasser la ligne des épaules. On pourrait donc voir si la musculature de ces deux nageurs est différente compte tenu de

leur spécialisation; les nageurs de crawl utilisent énormément le grand dorsal et les triceps tandis que les nageurs de brasse utilisent les biceps et les pectoraux. Les différences sont visibles dans le plan sagittal mais elles prennent plus d'ampleur quand vient le temps d'analyser leur posture dans le plan frontal (Bloomfield et al., 1994).

Le rêve de chaque athlète est de réaliser les standards nécessaires pour participer à des événements de haut calibre. Les athlètes sont prêts à tout pour réaliser leurs rêves et ils se soumettent à des entraînements rigoureux, adoptent un régime alimentaire sérieux, travaillent sur le perfectionnement technique et se reposent pour mettre le plus de chances de leur côté. Cependant, selon Bloomfield (1994), l'atteinte des plus hauts sommets de compétition est impossible sans l'adoption d'une bonne posture. L'adoption d'une posture idéale permet à l'athlète de reproduire la biomécanique du geste sportif la plus efficace possible en éliminant au maximum les résistances (Crawford et Jull, 1993). Prenons, par exemple, un nageur de papillon adoptant la posture typique caractérisée par les épaules enroulées vers l'avant et ayant une hyperlordose cervicale. Pour réaliser son style de nage le plus efficacement possible l'athlète doit conserver une position horizontale et rester le plus près possible de la surface de l'eau. Cette position est difficilement réalisable dans son cas étant donné que sa tête est avancée vers l'avant, le passage des bras à l'extérieur de l'eau est aussi difficile à réaliser étant donné que le haut de son dos est arrondi. Cet athlète doit dépenser beaucoup plus d'énergie pour réaliser le geste technique qu'un autre nageur adoptant une posture idéale.

Après un certain nombre d'années d'entraînement, les nageurs se spécialisent dans un ou plusieurs styles de nage en particulier. Ce choix entraîne des changements au niveau des programmes d'entraînement en salle où l'augmentation de la force musculaire directement reliée au style de nage est ciblée. Selon nous, les programmes de flexibilité et de renforcement des muscles antagonistes devraient suivre la même évolution. Par exemple, un nageur de brasse nécessite moins de flexibilité au niveau de ses chevilles qu'un nageur de crawl, de dos ou de papillon.

De plus, une posture idéale permet aux organes (poumons, cœur) de travailler à pleine capacité et donc de fournir l'énergie nécessaire à l'atteinte de leur objectif. Effectivement, en adoptant une posture avec les épaules en antériorité, la cage thoracique est comprimée ce qui rend plus difficile les échanges au niveau des poumons et diminue la capacité respiratoire (Christman, 2000).

ANALYSE DE LA FLEXIBILITÉ

La flexibilité peut être décrite comme étant l'ensemble des degrés de mouvement permis pour une articulation donnée (Kendall, 1993; Field, 1997). Dans le but de dresser une analyse complète de l'extensibilité de nos sujets, nous avons comparé les résultats obtenus avec des normes existantes. Ces normes ont été établies dans le but de permettre un fonctionnement optimal de l'articulation, de lui procurer une stabilité adéquate et de réduire l'occurrence des blessures (Kendall, 1993; Warner, Micheli, Arslanian, Kennedy et Kennedy, 1990).

Selon Kendall et al. (1995) ainsi que Hoppenfeld (1995), l'extensibilité en rotation externe est jugée idéale lorsque l'articulation décrit un angle de 90 degrés. On remarque qu'au début du programme, les sujets du groupe *expérimental* obtenaient des valeurs en rotation externe qui dépassaient l'extensibilité idéale en décrivant un angle moyen de 94,4 degrés.

À la suite des six semaines du programme d'entraînement, les valeurs en rotation externe ont diminué pour ainsi se rapprocher du 90 degrés recherché. La diminution est de l'ordre de 2,5 degrés pour donner une moyenne de 91,9 degrés. Quant aux participants formant le groupe *contrôle*, les valeurs obtenues au début du programme se situaient légèrement sous les 90 degrés soit à 89,4 degrés. Lors des tests de reprises, 6 semaines plus tard, l'extensibilité en rotation externe est demeurée sensiblement la même avec une moyenne de 90,2 degrés soit une extensibilité jugée idéale.

Toujours selon Kendall et al. (1995) et Hoppenfeld (1995), la rotation interne de l'épaule est jugée idéale lorsque l'articulation décrit un angle de 70 degrés. Les résultats obtenus par nos 2 groupes de sujets démontrent des valeurs inférieures à celles proposées par les auteurs. Les nageurs du groupe *expérimental* ont obtenu une moyenne de 55,8 degrés et ceux formant le groupe *contrôle* 57,1 degrés. Cependant, à la suite du programme de renforcement et d'étirement, les nageurs formant le groupe *expérimental* se sont rapprochés significativement des normes souhaitées en obtenant une moyenne de 63,3 degrés améliorant ainsi l'extensibilité en rotation interne de 7,5 degrés. Les sujets du

groupe *contrôle* ont conservé sensiblement les mêmes valeurs avec une moyenne de 58,1 degrés en rotation interne.

Une limitation en rotation externe est souvent associée à des muscles rotateurs internes raccourcis par un entraînement mal structuré (Horrigan, 1991; Blevins, 1997; Awan, Smith et Boon, 2002). Nous nous attendions donc à observer ce fait chez une grande majorité de nos sujets. Cependant, en observant les valeurs obtenues par nos sujets, on constate que ces derniers démontrent une hyperextensibilité en rotation externe dans 42 % des cas et une hypoextensibilité en rotation interne dans 71 % des sujets. Nos nageurs ont donc obtenu une extensibilité différente que celle retrouvée dans la littérature. Selon nous, la raison de cette différence est qu'en adoptant une posture avec les épaules vers l'avant, les nageurs placent la scapula en légère rotation externe et en abduction ce qui augmente l'extensibilité des rotateurs internes et diminue l'extensibilité des rotateurs externes.

Toujours selon Kendall et al. (1995) et Hoppenfeld (1995), l'extensibilité idéale décrit en rotation externe un angle de 90 degrés et en rotation interne un angle de 70 degrés totalisant la plage de mouvement de l'articulation de l'épaule soit 160 degrés. En observant les résultats individuellement, on remarque que les sujets du groupe *expérimental* obtiennent des valeurs sous les normes idéales en rotation interne et des valeurs légèrement supérieures aux normes idéales en rotation externe. Cependant, en additionnant ces deux valeurs, les sujets du groupe *expérimental* décrivent une plage de mouvements se rapprochant de la plage idéale de 160 degrés en obtenant des valeurs

oscillant autour de 156 degrés. Ces résultats nous indiquent que les nageurs n'ont pas nécessairement un problème d'hypoextensibilité ou d'hyperextensibilité au niveau de l'articulation mais bien un déplacement de la tête humérale vers l'avant comme nous avons pu le constater avec l'analyse de la posture (voir analyse posturale).

Ce déplacement vers l'avant amène les muscles rotateurs externes en position d'étirement constant; donc, lors des analyses d'extensibilité, les résultats recueillis ont pu être biaisés par le mauvais positionnement de l'épaule. Le même principe s'applique pour la mesure de l'extensibilité des rotateurs internes, ces derniers ont bénéficié de quelques degrés supplémentaires par le seul fait que l'épaule est projetée vers l'avant (Crawford et al., 1993; Wadsworth et al., 1997).

Le dernier paramètre que nous avons évalué avant et après le programme de renforcement et de flexibilité est l'élévation de l'épaule par rapport à une surface plane. Les résultats obtenus au départ lors de la première prise de mesure étaient sensiblement les mêmes pour les deux groupes de sujets soit une moyenne de 11,4 centimètres pour le groupe *contrôle* et 11,3 centimètres pour le groupe *expérimental*. À la suite de la réalisation du programme, les nageurs du groupe *expérimental* ont démontré une amélioration moyenne de 1 centimètre passant d'une moyenne de 11,3 centimètres à 10,3 centimètres. En observant les résultats individuellement, on peut remarquer que l'amélioration de certains sujets atteint 3 centimètres en 6 semaines. Les nageurs du groupe *contrôle* ont conservé sensiblement les mêmes valeurs soit une moyenne de 11,5 centimètres.

Le développement de la flexibilité chez les athlètes est une qualité très importante à considérer car elle améliore significativement la performance (Bloomfield et al., 1994; Koehler et al., 1996; Christman, 2000). Dans plusieurs sports de compétition comme la gymnastique, la natation et le plongeon, les athlètes ont besoin d'un entraînement en flexibilité s'ils veulent réussir à atteindre un haut niveau de compétition. L'amélioration de la flexibilité chez les athlètes augmente la plage de mouvements possible au niveau des articulations ce qui place l'athlète en avantage mécanique et technique. Lorsqu'un athlète est capable d'augmenter sa trajectoire de mouvements, il augmente du même coup sa distance et le temps durant lequel la force est appliquée. L'augmentation de la plage de mouvement dans une tâche amène donc la production de plus de force et d'une plus grande vitesse (Bloomfield et al., 1994; Christman, 2000).

Un autre bénéfice relié à la pratique de la flexibilité est le fait qu'un muscle ayant été étiré peut produire plus de force qu'un muscle non étiré. Le muscle étiré emmagasine de l'énergie élastique et la relâche lors de son raccourcissement. L'entraînement en flexibilité augmente significativement la composante élastique du muscle et du même coup l'utilisation de cette force élastique lors de la réalisation du geste technique. Un muscle étiré produit une force de contraction supérieure à un muscle non-étiré (Bloomfield et al., 1994; Bergel, Brown, Butler, et Zacks, 1972; Anderson et Pandy, 1993)

Les exercices de flexibilité augmentent donc la plage de mouvement au niveau de l'articulation ainsi que la vitesse d'exécution des mouvements autour de l'articulation.

Cette augmentation de vitesse est expliquée par le fait que les muscles qui ont subi un entraînement en flexibilité opposent moins de résistance au mouvement que les muscles non-étirés. Les exercices de flexibilité permettent aux muscles de relaxer permettant ainsi la réalisation du mouvement avec plus d'amplitude et facilitant les périodes de récupération au niveau musculaire. Un muscle soumis constamment à des contractions musculaires est moins endurant car il est constamment en train d'opposer une résistance. Prenons par exemple le style crawl, la réalisation correcte de ce style de nage permet aux nageurs de récupérer musculairement lors du recouvrement (passage du bras à l'extérieur de l'eau) et ainsi être en mesure de développer une plus grande force lors du mouvement de propulsion. Un nageur manquant de flexibilité au niveau des muscles pectoraux aura de la difficulté à détendre ses muscles lors du recouvrement dû au fait que les pectoraux offrent une trop grande résistance. Ce nageur devra donc fournir constamment des efforts pour réaliser son patron de nage.

De plus, un plan d'entraînement en flexibilité peut diminuer significativement l'incidence, l'intensité et la durée des blessures musculaire et articulaire (Bloomfield et al., 1994; Shellock et Prentice, 1985; Corbin, 1984). Un muscle entraîné en étirement sera habitué à subir ce genre de stress tandis qu'un muscle court et raide qui subit une déchirure aussi légère soit telle demandera plus de temps à récupérer. On peut comparer le muscle à un élastique : l'élastique que l'on n'a pas utilisé depuis longtemps est raide et a perdu ses composantes élastiques ce qui le rend plus vulnérable. L'explication la plus pertinente pour cette affirmation est le fait que les exercices de flexibilité augmentent la

circulation sanguine au niveau des muscles réduisant les chances de blessures (Ciullo et al., 1989).

Les nageurs ont besoin de beaucoup de flexibilité pour la réalisation technique de leur sport étant donné que la natation explore la totalité de la plage de mouvement. La flexibilité au niveau de l'articulation de l'épaule leur permet de conserver une position hydrodynamique en diminuant les résistances frontales (utilisation de la rotation du corps autour de l'axe vertical pour le crawl et le dos). La flexibilité des muscles entourant l'épaule est aussi très importante dans la réalisation de la nage papillon. Cette flexibilité leur permet de faciliter le passage des bras par-dessus la surface de l'eau en demeurant le plus à plat possible sur l'eau. Le principe de relaxation musculaire vu précédemment s'applique lors du mouvement de recouvrement des bras permettant ainsi aux muscles une courte période de récupération. L'articulation de l'épaule n'est pas l'unique région qui nécessite une flexibilité importante chez les nageurs. Effectivement, les nageurs de brasse ont besoin de flexibilité au niveau des muscles fléchisseurs et extenseurs des cuisses ainsi que des muscles servant à faire l'abduction des jambes pour permettre la réalisation du mouvement de jambes le plus efficace possible. Le niveau de flexibilité des chevilles est aussi un facteur très important pour les nageurs de compétition (Bloomfield et al., 1994).

ANALYSE DE LA FORCE

La natation sollicite l'ensemble des muscles du corps humain. Cependant, certains groupes musculaires sont sollicités davantage. Les muscles servant à la propulsion du nageur sont développés grandement dû au fait que les nageurs s'entraînent de 8 à 11 fois par semaine en piscine et que les entraîneurs ajoutent à cela des entraînements en salle dans le but d'augmenter la force de ces mêmes muscles (Bloomfield et al., 1994) (voir analyse planification à sec des entraîneurs).

Notre protocole d'évaluation de la force des muscles de l'épaule avait pour but de dresser un portrait détaillé de la condition de l'épaule chez les nageurs de compétition. Cette évaluation nous a permis de recueillir des résultats identiques à ceux trouver dans la littérature ainsi que proposé par le chercheur Ivey (1985). Dans cette étude, les auteurs ont dressé la liste des muscles de l'épaule en ordre décroissant de force; ainsi donc, comme dans leur étude, les muscles adducteurs de l'épaule sont les muscles générant la plus grande force suivis par les extenseurs, les fléchisseurs, les abducteurs, les rotateurs internes et pour terminer les rotateurs externes (Ivey, Calhoun, Rusche et Bierschenk, 1985).

Toujours selon la littérature, les auteurs associent souvent les douleurs à l'articulation de l'épaule avec le débalancement des muscles servant à la rotation interne et ceux servant à effectuer la rotation externe (McMaster, long et Caiozzo, 1992; Ticker et al., 1995; Burnham et al., 1993; Bak et al., 1997; Aldernick et Kuck, 1986). Notre

projet consistait donc à fournir des exercices de renforcement des muscles servant à la rotation externe et des exercices d'étièvement des rotateurs internes à un groupe de nageurs de compétition (Horrigan, 1993).

Selon Perrin (1993), les muscles agonistes et antagonistes de l'articulation de l'épaule doivent agir en harmonie les uns avec les autres dans le but de permettre un fonctionnement optimal de l'articulation (Guanche, Knatt, Solomonow, Lu et Baratta, 1995). Pour cela, la force des muscles de l'épaule est interprétée en terme de ratio de force. Ainsi donc, les muscles servant à la flexion de l'épaule doivent fournir de 75 à 85 % de la force des muscles extenseurs, les muscles abducteurs doivent fournir de 50 à 65 % de la force des adducteurs et les rotateurs externes doivent fournir de 60 à 80 % de la force des rotateurs internes. En comparant nos résultats avec les normes fournies par Perrin, nous pouvons constater que notre groupe de nageurs obtient des valeurs plus faibles en ce qui concerne le ratio de force au niveau des fléchisseurs et des extenseurs (68 %), des ratios à la limite de la normale en ce qui concerne les rotateurs externes et internes (63 %) et des ratios supérieurs aux normes au niveau des muscles adducteurs et abducteurs (68 %). Les normes fournies par Perrin ont été recueillies auprès d'une population variée c'est-à-dire athlètes ou non, jeunes et âgés, femmes ou hommes. En comparant nos résultats avec d'autres recherches effectuées auprès d'athlètes (poloïstes, joueurs de baseball, nageurs, joueurs de tennis) on peut remarquer que notre étude obtient sensiblement les mêmes résultats que dans ces recherches (McMaster et al., 1991; Burnham et al., 1993; McMaster, Long et Caiozzo, 1991; Aldernick et al., 1986). Comme

ces différents sports sollicitent les rotateurs internes et les adducteurs au détriment des autres groupes musculaires, les résultats recueillis sont similaires. Les chercheurs s'entendent tous sur le fait que les antagonistes ne sont pas nécessairement plus faibles mais que les muscles responsables de la réalisation du geste sportif sont tout simplement trop forts créant ainsi un déséquilibre au niveau des ratios (McMaster et al., 1991; McMaster et al., 1992; Warner et al., 1990; Sharkey et Marder, 1995).

Lors de l'analyse des résultats du post-test, nous avons constaté que les sujets du groupe *expérimental* avaient augmenté de façon significative la force des muscles rotateurs externes de l'épaule. De plus, on peut remarquer que les muscles servant à la flexion, à l'extension, à la rotation interne ainsi qu'à l'abduction avaient eux aussi augmenté leur force de façon significative et ce, sans subir d'entraînement spécifique autre qu'au niveau des rotateurs externes. Seul le groupe musculaire servant à l'adduction de l'épaule n'a pas obtenu d'augmentation significatives des valeurs avec un résultat de 0,0512 au seuil de signification de 5 %.

Notre étude visait principalement le renforcement des muscles rotateurs externes de l'épaule. Ces muscles, aussi petits soient-ils, sont très importants car ils agissent à titre de stabilisateurs durant l'exécution des mouvements de nage permettant ainsi d'éviter l'accrochage sous-acromial (Marchall et Elliott, 1992; Pink, Perry, Browne, Scovazzo et Kerrigan, 1991). Nous avons donc fourni aux nageurs du groupe *expérimental* une série d'exercices spécifiques visant l'amélioration de leur posture en équilibrant l'ensemble des muscles servant à mouvoir l'articulation de l'épaule. Les exercices fournis avaient

deux profils, le renforcement des muscles servant à la rotation externe et l'amélioration de l'extensibilité des muscles servant à la rotation interne.

En replaçant l'épaule dans une meilleure position anatomique, les muscles servant aux mouvements de l'épaule se retrouvent en meilleure position pour exécuter les gestes et, du même coup, ils sont capables de déployer une plus grande force pour réaliser toutes sortes de mouvements (Hammer, 1999; Marieb, 1999). Cela s'explique par le fait qu'un muscle déploie sa force maximale lorsqu'il atteint environ 90 % de sa longueur maximale (Hammer, 1999; Marieb, 1999). Un muscle en position d'étirement constant (lorsque l'origine et l'insertion sont éloignées) et/ou un antagoniste qui est raccourci (lorsque l'origine et l'insertion sont rapprochées) ne peut déployer une force optimale pour mouvoir l'articulation ou assumer son rôle de stabilisateur. On peut donc espérer qu'en piscine le même principe s'applique; les muscles des nageurs sont en meilleure position, ils peuvent, en théorie, être plus performants. Pour les muscles servant à propulser le nageur, on augmente donc le déplacement et la vitesse de nage, et, en ce qui concerne les muscles stabilisateurs, un meilleur positionnement leur permet de se fatiguer moins rapidement (Horrigan, 1991; Crawford et al., 1993). Ils peuvent donc continuer à agir sur le tête humérale et à faire pivoter la scapula retardant ainsi l'apparition du syndrome d'accrochage causé par un pincement des tendons entre la grosse tubérosité de l'humérus et l'acromion. De plus un meilleur positionnement de l'épaule facilite la vascularisation au niveau des muscles et évite l'apparition du syndrome d'accrochage (Souza, 1994).

ANALYSE DU PROGRAMME D'ENTRAÎNEMENT À SEC

Notre entrevue auprès des entraîneurs de natation nous a permis de connaître les composantes de leur planification annuelle au niveau des exercices à sec préparés pour les nageurs tant au niveau de la flexibilité que du renforcement.

Tout d'abord nous avons pris en considération la formation académique de chacun des entraîneurs car selon nous, l'acquisition d'un baccalauréat en activité physique permet aux entraîneurs de recevoir les notions nécessaires pour répondre aux exigences que demande la préparation d'athlètes. Les entraîneurs interrogés sont tous des entraîneurs en chef dans un club du Québec et s'occupent d'athlètes de calibre provincial. Notre sondage nous a donc permis de savoir que 84 % des entraîneurs interrogés ont complété avec succès un baccalauréat en activité physique tandis que les autres ont complété une formation dans un programme non connexe à l'activité physique (par exemple administration).

Pour nous, cela signifie que la majorité des entraîneurs ont reçu, dans le cadre de leur formation académique, des notions concernant la prescription d'exercices, la planification à court et à long terme, des notions de physiologie humaine, d'anatomie humaine ainsi que des principes biomécaniques. En évaluant l'ensemble des notions apprises durant les trois ou quatre années de baccalauréat en activité physique, nous nous attendions à voir ressortir dans leur planification annuelle l'ensemble des principes appris sur les bancs d'école.

Dans la majorité des cas, le nombre de périodes allouées (tant en temps qu'en fréquence) aux exercices à sec varie énormément d'un entraîneur à l'autre. Cependant, dans la plupart des clubs interrogés, les entraîneurs profitent des périodes d'entraînement à sec pour développer davantage la force des muscles que la natation sollicite lors de la réalisation du patron de nage. Ce principe d'entraînement vise l'amélioration de la performance en augmentant la force des muscles utilisés pendant le sport. Cette méthode d'entraînement amène le développement d'une mauvaise posture en augmentant le débalancement musculaire.

Notre plus grande préoccupation concernant le contenu du programme de renforcement des entraîneurs est l'ajout ou non d'exercices de renforcement visant les muscles rotateurs externes de l'épaule. Sur les 19 clubs interrogés, 31 % des entraîneurs incluent un seul exercice dans leur programme et, à l'opposé, un club en propose six. Une remarque intéressante est ressortie lors des entrevues est le fait que, dans la majorité des clubs, les entraîneurs n'incluent des exercices de renforcement pour les rotateurs externes que pour les nageurs ayant déjà eu une histoire de douleur aux épaules et ceux susceptibles de développer des douleurs.

Outre le programme de renforcement nous avons interrogé les entraîneurs concernant le programme en flexibilité. À notre grande surprise, 79 % des entraîneurs nous ont affirmé ne pas fournir de programme de flexibilité à leurs nageurs. Ces derniers sont responsables et prennent toutes les décisions concernant le choix des exercices d'étirement, le moment d'effectuer les exercices, le maintien de l'étirement et le nombre

d'exercices. Pour les clubs offrant un programme dirigé, le temps et le nombre de périodes allouées à l'exécution du programme varient énormément d'un club à l'autre tout comme le choix des exercices fournis. Selon Bloomfield (1994) et Hull (1995), les exercices d'étirement doivent être maintenus entre 20 et 30 secondes et jusqu'à 60 secondes pour espérer des changements au niveau de l'élasticité musculaire. L'exécution des exercices de flexibilité doit être effectuée sans l'apparition de douleur et en tentant d'amener la relaxation du muscle étiré. De plus, les exercices devraient être effectués lorsque la température du corps a été légèrement augmentée dans le but de prévenir les blessures (Bloomfield et al., 1994; Hull, 1995; Ciullo et al., 1989).

Concernant la fréquence de réalisation des exercices, les recherches proposent entre trois et six fois par semaine. Selon Bloomfield (1994), les athlètes devraient prendre l'habitude d'effectuer les exercices d'étirement lors de chacune des séances d'entraînement car selon lui, l'acquisition d'une bonne flexibilité est indispensable à la réalisation idéale du geste sportif et à l'atteinte des plus hauts niveaux de compétition (Bloomfield et al., 1994).

Lors de notre recherche dans la littérature, nous avons été en mesure de recueillir de l'information concernant l'importance d'inclure des exercices de renforcement pour les muscles antagonistes dans tous les programmes d'entraînement (Bak, 1997; Kenal, 1996; Ticker, 1995; Rupp, Berninger et Hopf, 1995). Cependant, aucune recherche n'a été réalisée avant et après la remise d'un programme de renforcement et d'étirement.

CHAPITRE 5

CONCLUSION

La réalisation de nos activités quotidiennes de même que la pratique de nombreux sports accentuent le développement des muscles servant à effectuer la rotation interne de l'épaule. Le surdéveloppement de ces muscles amène le haut du corps à prendre une position plus arrondie. Cette posture place les muscles stabilisateurs de la scapula ainsi que les rotateurs externes en position d'elongation les rendant donc moins performants.

Nombreuses sont les études effectuées sur l'évaluation de la force et de la flexibilité d'une épaule saine comparée à celle des athlètes ou encore d'une population ayant subi des blessures au niveau de cette articulation. L'ensemble de ces études démontrent qu'une posture caractérisée par l'affaissement des épaules vers l'avant est le résultat d'un déséquilibre musculaire entre la force des muscles rotateurs internes de l'épaule et la force des muscles rotateurs externes ainsi que la force des stabilisateurs de la scapula. De plus, les auteurs s'entendent aussi sur le fait que pour éviter le développement d'une telle posture ainsi que les répercussions possibles du déséquilibre musculaire, les exercices de renforcement pour les rotateurs externes et les exercices d'étirement pour les rotateurs internes sont fortement recommandés. Cependant aucune étude n'a jusqu'ici été effectuée concernant l'évaluation de la posture, de la force

musculaire ainsi que de la flexibilité de l'articulation après un programme de renforcement et d'étirement.

Notre étude a été réalisée dans le but de bâtir un protocole d'évaluation spécifique de l'articulation de l'épaule et de faire profiter la population des bienfaits reliés à la réalisation d'un programme basé sur le renforcement des muscles rotateurs externes, et un programme d'étirement pour les muscles rotateurs internes. Effectivement, à la fin de notre étude, nous avons constaté que non seulement notre clientèle a amélioré sa posture, elle a aussi augmenté significativement la force musculaire des muscles nécessaires à sa mobilité, et ce sans avoir suivi d'entraînement autre que le renforcement des muscles servant à la rotation externe.

LEXIQUE

Extensibilité : Propriété des muscles permettant leur allongement ou leur étirement.

Amplitude musculaire : Habituellement exprimée en degrés, selon laquelle les éléments constituant l'articulation peuvent se déplacer ou être mobilisés.

Flexibilité : Capacité de s'adapter rapidement aux changements de position ou de posture; peut être normale, limitée ou excessive.

RÉFÉRENCES

- Aldernick, G.J. et Kuck, D.J. (1986). Isokinetic shoulder strength of high school and college-aged pitchers. *Journal of orthopedic sports physical therapy*, 7, 163-172.
- Allegrucci, M., Whitney, S.L. et Irrgang, J.J. (1994). Clinical implications of secondary impingement of the shoulder in freestyle swimmers. *Journal of sports physical therapy*, 20(6), 307-318.
- Anderson, F.C. et Pandy, M.G. (1993). Storage and utilization of elastic strain energy during jumping. *Journal of biomechanics*, 26(12), 1413-
- Awan, R., Smith, J. et Boon, A.J. (2002). Comparing shoulder internal rotation range of motion : Comparison of 3 techniques. *Archives of physical medicine rehabilitation*, 83, 1229-1234.
- Bak, K. et Magnusson, P. (1997). Shoulder strength and range of motion in symptomatic pain free elite swimmers. *The American Journal of Sports Medicine*, 25(4), 454-458.
- Bak, K. et Fauno, P. (1997). Clinical findings in competitive swimmers with shoulder pain. *The American Journal of Sports Medicine*, 25(2), 254-260.
- Bassett, R.W., Browne, A.O. et Morrey, B.F. (1990). Glenohumeral muscle force and moment mechanics in a position of shoulder instability. *Journal of biomechanics*, 23(5), 405-415.
- Bergel, D.H., Brown, M.C., Butler, R.G. et Zacks, R.M. (1972). The effect of stretching a contracting muscle on its subsequent performance during shortening. *Journal of physiology*, 225, 21-22.
- Blevins, F.T. (1997). Rotator cuff pathology in athletes. *Sports medicine*, 24(3), 205-220
- Bloomfield, John, Ackland, Timothy, Elliott, Bruce, Applied anatomy and biomechanics in sport. Melbourne, Blackwell scientific publications, 1994.
- Burnham, R., May, L., Nelson, E., Steadward, R. et Reid, D. (1993). Shoulder pain in wheelchair athletes : the role of muscle imbalance. *The American Journal of Sports Medicine*, 21(2), 238-242.
- Cailliet, René, Neck and arm pain. Philadephie, F.A. Davis compagny, 1964.

- Ciullo, J.V. et Stevens, G.G. (1989). The prevention and treatment of injuries to the shoulder in swimming. *Sports Medicine*, 7(3), 182-203.
- Corbin, C.B.(1984). Flexibility. *Sports medicine*, 3(1), 101-117.
- Crawford, H. et Jull, G. (1993). The influence of thoracic posture and movement on the range of arm elevation. *Physiotherapy theory and practice*, 9, 143-148.
- Christman, J. (2000). Straighten up and swim faster. *Fitness swimmer magazine*, September/October.
- Field, B. (1997). Rotator cuff pathology in athletes. *Sports Medicine*, 24(3), 147-220.
- Guanche, C., Knatt, T., Solomonow, M., Lu, Y. et Baratta, R. (1995). The synergistic action of the capsule and the shoulder muscles. *The American Journal of Sports Medicine*, 23(3), 301-306.
- Hammer, W.I. (1991). Functionnal soft tissue examination and treatment by manual method, Aspen publication, pp 63-80
- Hoppenfeld, S., Examen clinique des membres et du rachis, Paris, Masson, 1995.
- Horrigan, Joseph, Robinson, Jerry, The 7 minutes rotator cuff solution, Los Angeles, Health for life, 1991.
- Hrysomallis,C. et Goodman, C. (2001). A review of resistance exercice and posture realignment. *Journal of strength and conditioning research*, 15(3), 385-390.
- Hull, M. (1995). Stretching for excellent upper body streamlining. *Swimming Technique*, 31(4), 21-23.
- Hurley, J. et Bronstein, R. (1993). Shoulder arthroscopy in the athlete. *Sports Medicine*, 15(2), 133-137.
- Ivey, F.M.; Calhoun, J.H.; Rusche, K. et Bierschenk, J. (1985). Isokinetic testing of shoulder strength : normal values. *Archives physical medicine rehabilitation*, 66, 384-386.
- Jobe, F.W., Pink, M. (1994). The athlete's shoulder. *Journal of hand therapy*, 7(2), 107-110.
- Kapandji, I.A., Physiologie articulaire : schémas commentés de biomécanique humaine. 5^e édition, Paris, Maloine, 1980.

- Kendall, F.P. et al., Bilan et étude fonctionnels : anomalies et douleurs posturales. 4^e édition, Baltimore, Williams & Wilkins, 1993.
- Kenal, K. et Knapp, L. (1996). Rehabilitation of injuries in competitive swimmers. *Sports Medicine*, 22(5), 337-343.
- Koehler, S. et Thorson, D. (1996). Swimmers shoulder : targeting treatment. *The Physician and Sports Medicine*, 24(11), 39-50.
- Magee, D. (1998). L'évaluation clinique en orthopédie. Édition Édisem, pp 63-92.
- Marchall, R. et Elliott, B. (1992). Biomechanical analysis; textbook of science and medicine in sport. Scientific publications, Melbourne.
- Marieb, N.E., Anatomie et physiologie humaine. 2^e édition, édition du renouveau pédagogique inc. ISBN 2-7613-1053-5, 1999.
- McConnell, J.(1994). The McConnell approach to the problem shoulder. Course notes. McConnell Institute. Marina Del Rey. California.
- McMaster, W. et Troup, J. (1993). A survey of interfering shoulder pain in United States competitive swimmers. *The American Journal of Sports Medicine*, 21(1), 67-70.
- McMaster, W., Long, S. et Caiozzo J. (1992). Shoulder torque changes in the swimming athlete. *The American Journal of Sports Medicine*, 20(3), 323-327.
- McMaster, W., Long, S. et Caiozzo, J. (1991). Isokinetic torque imbalance in the rotator cuff of the elite water polo player. *The American Journal of Sports Medicine*, 19(1), 72-75.
- Novak, C.B. et Mackinnon, S.E. (1997) Repetitive use and static postures : a source of nerve compression and pain. *Journal of hand therapy*, 10(2), 151-159.
- Perrin, David H; Isokinetic exercise and assessment, Human kinetics publishers, 1993, p.75 à 86.
- Pink, M., Perry, J., Browne, A., Scovazzo, M.-L. et Kerrigan, J. (1991). The normal shoulder during freestyle swimming an electromyographic and cinematographic analysis of twelve muscles. *The American Journal of Sports Medicine*, 19(6), 569-575.
- Rupp, S., Berninger, K. et Hopf, T. (1995). Shoulder problems in high level swimmers : impingement, anterior instability, muscular imbalance ?. *International journal of sports medicine*, 16, 567-562.

- Scovazzo, M.-L., Browne, A., Pink, M., Jobe, F. et Kerrigan, J. (1991). The painful shoulder during freestyle swimming : an electromyographic cinematographic analysis of twelve muscles. *The American Journal of Sports Medicine*, 19(6), 577-582.
- Sharkey, N. et Marder, R. (1995). The rotator cuff opposes superior translation of the humeral head. *The American Journal of Sports Medicine*, 23(3), 270-275.
- Shellock, F.G. et Prentice, W.E. (1985). Warming-up and stretching for improved physical performance and prevention of sports-related injuries. *Sports medicine*, 2(4), 267-278.
- Souza, Thomas .A.; The shoulder in swimming, Sports injuries of the shoulder, conservative management, 1994.
- Ticker, J., Fealy, S. et Fu, F. (1995). Instability and impingement in the athlete's shoulder. *Sports Medicine*, 19(6), 418-425.
- Warner, J., Micheli, L., Arslanian, L., Kennedy, J. et Kennedy, R. (1990). Patterns of flexibility, laxity and strength in normal shoulders and shoulders with instability and impingement. *The American Journal of Sports Medicine*, 18(4), 366-375.
- Wadsworth, D.J. et Bullock, J.E. (1997). Recruitement patterns of the scapula rotator muscles in freestyle swimmers with subacromial impigement. *International journal of sports medicine*, Nov 18(8), 618-624.

ANNEXE**QUESTIONNAIRE****A) PRÉSENTATION DU SPORTIF**

Nom: _____ Prénom: _____

Âge: _____

Sexe: F M

Taille: (cm) _____

Poids : (kg) _____

Bras dominant : Droitier Gaucher **B) PRATIQUE SPORTIVE**

1) Quel sport pratiquez-vous ? _____

2) Depuis combien de temps ? (En années ou en semaines) _____

3) Combien d'heure(s) par semaine accordez-vous à cette pratique ? _____

4) Parallèlement, pratiquez-vous d'autre(s) activité(s) sportive(s) ? (Sans compter l'éducation physique en milieu scolaire)

Oui Non

- Si oui, laquelle ? _____

5) Êtes-vous sujet à des douleurs musculaires, articulaires...(même légères) au niveau des épaules ?

Oui

Non

6) Si vous n'avez jamais ressentie de douleurs aux épaules, ce questionnaire prend fin ici.

POUR LES AUTRES, LA TROISIÈME PARTIE RESTE À REMPLIR

C) PARTIE TRAUMATOLOGIQUE

1) Les douleurs existent au niveau :

- D'une épaule Laquelle ? Droite Gauche
 Des 2 épaules

2) Les douleurs apparaissent plutôt :

- Au niveau antérieur (en avant) de l'épaule
 accompagné de douleurs au niveau du cou et le long du bras
 Au niveau postérieur (en arrière) de l'épaule
 Au niveau supérieur de l'épaule
 Autres, décrire _____

3) L'apparition de la douleur :

La douleur est constante

La douleur survient:

Pendant l'entraînement

Après l'entraînement

La douleur persiste _____ (nombre d'heure(s) après l'entraînement)

La douleur est accompagné d'œdème Oui Non

4) Les douleurs ressenties sont-elles :

Brutales, momentanées, aiguës, comparées à une douleur dentaire

Progressives, persistantes au repos, allant même jusqu'à vous réveiller la nuit

Source de sensation de brûlure au fer chaud

Légères avec des apparitions irrégulières

Échelle de douleur

ÉTAT ACTUEL

(nulle) 0 _____ 10 (douleur insupportable)

MOMENT LE PIRE

(nulle) 0 _____ 10 (douleur insupportable)

5) L'étirement des muscles de l'épaule est-il douloureux :

Oui Non

6) Ressentez-vous une instabilité de votre épaule (blocage, accrochage) allant jusqu'à déclencher des appréhensions ou des hésitations lors de l'exécution de vos gestes ?

Oui Non

7) Les douleurs sont-elles plus prononcées lorsque le bras décrit des mouvements : (voir schéma)

De flexion-extension

De rotation

D'adduction -abduction

8) Est-ce qu'une position particulière des bras ou des épaules soulage vos douleurs ?

Oui Non

Si oui, laquelle? _____

9) L'intensification de la pratique (stage, compétition...), la modification d'une technique ou du matériel ont-elles déclenché ou accentué des douleurs ?

Oui Non

10) Êtes vous suivi par un médecin, un chiropraticien ou un physiothérapeute ?

Oui Non

Si oui, lequel et quel est son diagnostic (en terme médical précis)

Bonjour,

En tant qu'ancienne nageuse et ex-entraîneur adjoint pour le club de natation Mégophias de Trois-Rivières j'ai développé une passion pour la natation et décidé de poursuivre mes études en m'inscrivant à la maîtrise en biomécanique à l'UQTR. Mon projet s'intitule : L'épaule du nageur : évaluation de la mécanique fonctionnelle dans le but de prescrire un programme d'entraînement spécifique. Pour arriver à la rédaction de mon projet j'aurais besoin de la participation de tous les entraîneurs du Québec pour m'aider à évaluer statistiquement parlant les habitudes des entraîneurs québécois concernant les entraînements à sec et/ou en salle multi-système. Je vous demande donc quelques minutes de votre temps pour répondre le plus honnêtement possible aux questions qui suivront. En espérant recevoir de vos nouvelles le plus rapidement possible, veuillez accepter mes salutations distinguées.

Pascale Chamberland

Étudiante à la maîtrise sous la supervision de monsieur Martin C. Normand docteur en biomécanique et docteur en chiropratique.

QUESTIONNAIRE SUR L'ENTRAÎNEMENT À SEC

Nom du club : _____

Nombre de nageurs dans le club : _____

1- Incluez-vous dans votre planification annuelle d'entraînement des exercices d'entraînement à sec et/ou en salle multi-système ?

OUI NON

2- Incluez-vous dans votre planification annuelle des exercices d'étirements?

OUI NON

Si vous avez répondu oui à l'une ou l'autre des questions, veuillez passer aux questions suivantes, si non merci de votre participation.

Cochez une ou plusieurs réponses

3- À quel groupe d'âge les exercices d'entraînement à sec et/ou en salle multi-système s'adresse t-il ?

11 ans et moins 12-15 ans 15 ans et plus

4- À quel groupe d'âge les exercices d'étirements s'adresse t-il ?

11 ans et moins 12-15 ans 15 ans et plus

5- Vous serait-il possible d'annexer votre programme d'entraînement à sec et/ou en salle multi-système OU de m'indiquer les groupes musculaires qui sont sollicités lors des exercices

6-Vous serait-il possible d'annexer les exercices d'étirements que vous utilisez OU de m'indiquer les groupes musculaires qui sont sollicités.

7- À combien de nageurs évaluez-vous le nombre de nageurs blessés à l'articulation de l'épaule dans votre club (exemple 6/60) ?

Merci à tous pour votre participation

Pascale Chamberland

Étudiante à la maîtrise

