

Analyse comparative de la course des meilleurs Minimes garçons Algériens au 50 m nage libre

Race comparative analysis of the best Algerian young males in 50 m freestyle

Ait Amar Toufik*

I.E.P.S Université Alger 3 - Algérie

toufikaitamar@yahoo.com

Date de soumission : 16/08/2023

Date d'acceptation: 13/11/2023

Résumé

Les objectifs de cette étude sont : (1) analyse de la cinématique de la course des meilleurs Minimes masculins Algériens dans chaque phase de la course pendant l'épreuve de 50 m nage libre ; (2) identifier les combinaisons de fréquence (SF) et l'Amplitude (SL) de course sur la vitesse de nage indépendamment pour les nageurs les plus rapides et les nageurs les plus lents ; (3) comparer la cinématique de la course entre les meilleurs Minimes Algériens et les meilleurs Minimes Canadiens. Seize nageurs, 08 Algériens et 08 Canadiens sur 50 mètres ont été analysés. Le test t à échantillons indépendants ($p \leq 0,05$) a été utilisé pour comparer les Algériens et les Canadiens. Les nageurs Algériens étaient significativement plus rapides dans la 1^{ère} phase de course de 50 m que la 2^{ème} phase de course ($p < 0,001$). Les nageurs Canadiens étaient plus rapide avec une Fréquence (SF) élevée, et une Amplitude de course (SL) plus longue que les Algériens. Les entraîneurs et les nageurs doivent être conscients que dans l'épreuve du 50 m nage libre plusieurs combinaisons de Fréquence–Amplitude ont été observées, et qu'elles sont différentes dans les différentes phases de la course.

Mots clés : Analyse de course; Minimes; comparaison; Fréquence; Amplitude

Abstract

The objectives of this study were to: (1) analyze the stroke kinematics of the best young Algerian male in each phase of the stroke during the 50 m freestyle event; (2) to identify the combinations of stroke frequency (SF) and stroke length (SL) on swimming speed independently for the fastest swimmers and the slowest ones; (3) to compare the kinematics of the stroke between the best young Algerian male and the best young Canadians. Sixteen swimmers, 08 Algerians and 08 Canadians over 50 meters were analyzed. The independent samples t-test ($p \leq 0.05$) was used to compare the Algerians and the Canadians. Algerian swimmers were significantly faster in the 1st 50 m race phase than the 2nd race phase ($p < 0.001$). Canadian swimmers were faster with a higher stroke frequency (SF) and longer stroke length than the Algerians. Coaches and swimmers should be aware that in the 50 m freestyle event several combinations

* *Auteur correspondant* Ait Amar Toufik, Email : toufikaitamar@yahoo.com

of Frequency-Amplitude have been observed, and they are different in all the phases of the race.

Keywords: Race Analysis; Young boys; Comparison; Stroke Frequency; Stroke Length

Introduction

Le sport joue un rôle important dans la société actuelle. C'est en effet, l'image du pays qu'il représente à travers les rencontres internationales. C'est ainsi que les pays développés sont amenés à déployer les moyens les plus modernes en utilisant des méthodes scientifiques approfondies pour l'atteinte des performances de haut niveau. (Monpetit.R, 1986).

La performance sportive est un phénomène multifactoriel où les chercheurs dans plusieurs domaines scientifiques travaillent ensemble pour son amélioration (Houtmeyers et al., 2021). Dans ces domaines, à l'instar de la physiologie, de la biomécanique, de la psychologie, de la nutrition, etc., le rôle de l'analyse de la course dans la performance sportive est d'une importance primordiale pour les entraîneurs et les athlètes. Elle consiste en une analyse d'expertise de la course totale, ou en décomposant la course en phases et en extrayant des informations biomécaniques objectives sur la performance de l'athlète (Barbosa et al., 2021a).

L'analyse de la course en natation se concentre sur la cinématique des cycles de bras pendant la phase de nage (la distance entre la marque du 15^e mètre jusqu'à la marque du 45^e mètre de chaque tour dans un grand bassin), ou d'autres paramètres cinématiques liés au départ, aux virages et à l'arrivée (Gonjo et Olstad, 2020 ; Marinho et al., 2020). De toutes les épreuves de natation, le crawl fait l'objet de plus d'attention car c'est l'épreuve la plus rapide (Kennedy et coll., 1990).

Dans le passé, l'analyse de la cinématique des cycles de bras sur une course était principalement axée sur l'évaluation des temps intermédiaires des nageurs ou du comportement des nageurs pendant toute la course (Robertson et al., 2009 ; Thompson et al., 2000). Cela peut expliquer pourquoi il y a beaucoup moins d'études sur les épreuves de 50 m: un seul tour est effectué en natation en grand bassin. Plus récemment, il a été affirmé que l'analyse de la course pourrait être plus détaillée non seulement pour les sprints courts tels que le 50 m, mais également pour les épreuves restantes (Arellano et al., 2018 ; Morais et al., 2021).

Des études ont analysé les différences de performance et de la cinématique entre les meilleurs et les pires nageurs dans des conceptions expérimentales (Seifert et al., 2007) ou d'observation (Simbaña-Escobar et al., 2018) dans les épreuves de crawl. Dans l'ensemble, ces études ont noté que les nageurs avec de meilleures performances présentaient également de meilleurs scores cinématiques, à savoir la fréquence de cycles de bras plus rapide (Stroke Frequency) et une amplitude des mouvements de bras plus grande (Stroke Length). Plus précisément, dans l'épreuve masculine du 50 m nage libre (c'est-à-dire dans le contexte officiel de la compétition), il a été récemment démontré que les meilleurs performeurs étaient significativement plus rapides dans toutes les phases de la course, principalement en raison d'une amplitude plus grande (Morais et al., 2022b). Autrement dit, une diminution de la Fréquence des cycles de

bras se produit toujours, mais les nageurs qui peuvent maintenir (ou au moins diminuer l'amplitude des mouvements de bras sont plus susceptibles d'atteindre des vitesses de nage plus rapides). Toutes ces investigations faites en natation sont portées sur l'approfondissement des connaissances de la physiologie et de la biomécanique, et les records ne cessent d'être battus (Boulgakova, N., 1990). Actuellement, la natation fait partie de ces disciplines dont les modifications morphologiques jouent un rôle essentiel, c'est justement au cours de la puberté (correspondant à l'âge de 14-15ans) que l'organisme de l'enfant subit de multiples transformations biologiques qui ont pour effet de provoquer des modifications morpho-fonctionnelles. Cependant, il n'y a aucune information sur l'analyse des performances et de la cinématique des mouvements de bras des jeunes nageurs Algériens âgés de 14-15 ans dans le 50 m nage libre, encore moins d'une étude comparative avec les meilleurs nageurs canadiens de même âge et de même sexe.

En Algérie, l'amélioration des facteurs favorisant la performance sportive constitue la préoccupation constante de tous les spécialistes du domaine, mais les études dans ce sens restent peu nombreuses, et la natation dans notre pays demeure loin du niveau international.

Il a été indiqué que les nageurs ayant une plus grande capacité physiologique seraient capables de maintenir ou de diminuer leur énergie et donc leur vitesse de nage (Pyne et Sharp, 2014). De plus, il a également été noté que les nageurs d'élite (équipe nationale) présentaient des caractéristiques de force et de puissance des membres inférieurs supérieures à celles de leurs homologues moins expérimentés (équipe de jeunes talents) (Jones et al., 2018). Cependant, il est difficile d'obtenir des données anthropométriques de force et de puissance, et physiologiques des nageurs de haut niveau dans un contexte de compétition. En revanche, les données extraites de l'analyse de la course permettent d'avoir un aperçu du profil cinématique de nage des nageurs (Morais et al., 2021). En effet, il a été rapporté expérimentalement que la performance au 50 m nage libre était très largement associée aux vitesses de nage moyennes et maximales (rester plus longtemps dans la partie supérieure de la courbe de vitesse), mais pas à la vitesse minimale et aux fluctuations de vitesse (Barbosa et al., 2013). Ainsi, sur la base de l'importance de la cinématique de course pour la performance et des informations qu'il est possible de récupérer à partir de l'analyse de la course, il semble important de comprendre l'ampleur de la différence entre les jeunes nageurs Algériens et leurs homologues canadiens. Cela permettra de comprendre à quel point les jeunes nageurs Algériens doivent améliorer leurs performances et réussir plus tard dans leur carrière.

1. Méthodes

1.1 Echantillon

Un échantillon composé de 08 nageurs masculins Minimes qui ont animé la finale du Championnat National Hivernal de 2020 (Minimes-Juniors-Open) et 8 nageurs Canadiens qui ont animé la finale de la Competition Age-Groupe-International novembre 2019 Ontario-Canada, ont participé à l'étude. La course s'est déroulée dans un bassin de 25 m.

1.2 Recueil des données

Les courses de natation ont fait l'objet d'une analyse vidéo selon la méthode de la "distance fixe". Dans cette méthode, des points de référence visuels situés à des distances connues du mur ont été utilisés pour superposer des lignes verticales sur chaque vue de caméra (Shimadzu, Shibata, & Ohgi, 2008). Dans ce cas, le début et/ou la fin de chaque phase de course étaient définis par le contact de la tête du nageur avec ces lignes numériques (Arellano, Brown, Cappaert, & Nelson, 1994). Pour minimiser les biais de perspective, chaque caméra s'est concentrée sur une seule référence. Cette méthode représente l'approche traditionnelle pour l'analyse des courses de natation et a été utilisée pour estimer chaque phase de course comme suit : Départ (du signal de départ à la marque des 10 m), nage libre 1 (de la marque des 10 m à la marque des 20 m), virage (5 m avant et après le mur) et nage libre 2 (de la marque des 30 m à la fin de la course). Les mouvements de nage libre ont été exclus des phases de départ et de virage. Par conséquent, la phase de nage libre a été calculée comme le temps de course total moins les phases de départ et de virage. Le temps (s) et la vitesse moyenne (m.s⁻¹) du début à la fin de chaque phase ont été calculés. Les séquences vidéo de la course ont été capturées à l'aide d'une caméra vidéo fixe latérale JVC GY-DV500E situé dans les tribunes (à 7 m du bord de la piscine), fonctionnant à une fréquence d'images de 25 Hz et avec une vitesse d'obturation de 1/1000 s.

1.3 Analyse de la course

Les temps de course officiels et les temps intermédiaires (par exemple, tour de 25 m) ont été récupérés des organisateurs de la fédération Algérienne de Natation. Dans ce championnat, les lumières stroboscopiques de départ étaient synchronisés avec le système de chronométrage officiel et étaient visibles par les caméras. La lumière stroboscopique de départ a été utilisée comme référence pour définir l'horodatage sur le logiciel d'analyse de course (Morais et al., 2018). L'analyse de la course se fait en fonction du temps qu'il faut aux nageurs pour atteindre une certaine distance en fonction des marques de la piscine. Ensuite, la vitesse de nage est calculée sur la base de tels temps (t) et distances (d) : $v = d / t$. Les phases de course suivantes ont été utilisées : (1) P0-10 (phase de démarrage) ; (2) P10-20 (phase de nage libre1); (3) P20-30 (phase de virage) ; (4) P30-50 (phase de nage libre2). Toutes ces phases ont été converties en vitesse pour la comparaison de niveau.

Les variables cinématiques suivantes ont été mesurées dans toutes les phases décrites précédemment, à l'exception de la phase (P0-10, c'est-à-dire le démarrage) et la phase (P20-30, c'est-à-dire le virage) : (1) vitesse de nage propre (m.s⁻¹); (2) fréquence de nage (Stroke Frequency, Hz); (3) Amplitude de nage (Stroke Length, m), et ; (4) Indice de course (Stroke Index, m².s⁻¹). Comme mentionné ci-dessus, la vitesse de nage propre a été calculée comme suit : $v = d / t$, où d est la distance (mètres) et t est le temps (secondes). La fréquence du cycle a été obtenue en calculant la période de temps passé pour terminer un cycle de course complet. Dans chaque phase de course, seuls les cycles de course complets ont été pris en compte. Pour le calcul de la fréquence SF = n / t (cycles/min) ou n est le nombre de cycles de bras, la fréquence est ensuite convertie en Hertz. L'amplitude (Stroke Length) a été calculée

comme suit : $SL = v / SF$ (Craig et Pendergast, 1979), et le Stroke Index comme $SI = v.SL$ (Costill et al., 1985).

1.4 Analyse statistique

Les tests de Kolmogorov-Smirnov et de Levene ont été utilisés pour évaluer respectivement les hypothèses de normalité et d'homoscédasticité. La moyenne $\pm$ un écart-type (ET) a été calculée pour toutes les variables. Les échantillons indépendants du test t ($p \leq 0,05$) ont été utilisés pour comparer les nageurs Minimes Algériens et Canadiens. Tous les calculs statistiques ont été effectués par le logiciel statistique SPSS 22.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Le niveau de signification statistique a été fixé à $p < 0,05$.

2. Résultats

Tableau 1. Statistiques descriptives (moyenne $\pm$ un Ecart-Type) et comparaison des meilleurs nageurs Algériens entre la 1^{ère} et la 2^{ème} phase du 50 m nage libre

50 m nage libre				
Temps (s)	26.31 $\pm$ 0.45			
Vitesse (m.s-1)	1.90 $\pm$ 0.33			
Nombre de cycle de bras/50m	18.94 $\pm$ 2.00			
Fréquence (SF) (Hertz)	0.72 $\pm$ 0.07			
Amplitude (SL) (m)	2.67 $\pm$ 0.27			
Indice de nage (SI) (m ² .s-1)	4.51 $\pm$ 1.19			
	Moy $\pm$ E.T 1 ^{ère} phase (25m)	Moy $\pm$ E.T 2 ^{ème} phase (25m)	t de Student	Niveau de Signification
Vitesse (m.s-1)	1,94 $\pm$ 0,12	1,88 $\pm$ 0,11	3,89	S**** P < 0,001
Nombre de cycle de bras	8,00 $\pm$ 2,00	10,75 $\pm$ 0,95	3.27	S**** P < 0,001
Fréquence SF (Hertz)	0,62 $\pm$ 0,09	0,8 $\pm$ 0,08	3,45	S**** P < 0,001
Amplitude SL (m)	3,15 $\pm$ 0,55	2,34 $\pm$ 0,20	3,68	S**** P < 0,001
Indice de nage SI (m ² .s-1)	6,15 $\pm$ 1,45	4,38 $\pm$ 0,42	3,33	S**** P < 0,001

SF: Stroke Frequency; SL: Stroke Length; SI: Stroke Index; Moy: Moyenne; E.T: Ecart-Type

2.1 Comparaison cinématique des meilleurs nageurs Algériens entre la 1^{ère} et la 2^{ème} phase au 50 m nage libre

Le tableau 1 présente les statistiques descriptives (moyenne $\pm$ un écart-type) et la comparaison des deux phases de nage des meilleurs nageurs minimes Algériens au 50 m nage libre. Les crawleurs sprinters minimes étaient significativement plus rapides dans la 1^{ère} phase de l'épreuve du 50 m nage libre par rapport à la 2^{ème} phase ($p < 0,001$). Cette tendance s'est maintenue jusqu'à la fin de la course.

Les variables restantes ont montré une tendance similaire. C'est-à-dire que les nageurs minimes ont présenté une fréquence (SF) significativement plus rapide, une amplitude

(SL) plus longue et un indice de nage (SI) supérieur à la 1^{ère} phase de course par rapport à la 2^{ème} phase.

2.2 Identification des combinaisons SF-SL dans chaque phase de course

Les combinaisons SF-SL dans chaque phase de nage propre des nageurs minimes Algériens sont comme suit :

Phase P10-20 -- les nageurs minimes ont atteint la vitesse la plus rapide en exécutant une fréquence (SF) à 0,62 Hz et avec une amplitude (SL) de 3,15 m. Ils ont aussi exécuté 8 cycles de bras pour avoir un indice de course de 6,15 m².s-1.

Phase P30-50 – les nageurs minimes ont atteint la vitesse la moins rapide avec une fréquence (SF) de 0,8 Hz et une amplitude moins longue (SL) de 2,34 m. Ils ont aussi exécuté 10,75 cycles de bras pour un indice de course de 4,38 m².s-1.

En résumé, ces résultats soulignent que selon les phases de course, les meilleurs nageurs minimes Algériens ont tendance à favoriser la vitesse de nage à la 1^{ère} phase par rapport à la 2^{ème} phase de nage au 50 m nage libre, et à présenter différentes combinaisons de fréquence et d'amplitude (SF-SL) pour maximiser la vitesse de nage.

2.3 Identification des combinaisons SF-SL des quatre nageurs les plus rapides et des quatre nageurs les plus lents

Les combinaisons des quatre nageurs les plus rapides (c.-à-d. les meilleurs temps de course finale) dans chaque phase de course, et les quatre les plus lents. Les quatre nageurs minimes les plus rapides – Dans la phase P10-20, deux ont présenté une combinaison de Fréquence – Amplitude (SF–SL) de 0,6 Hz et 2,50 m. Dans la phase P30-50, trois ont présenté une combinaison de Fréquence – Amplitude (SF–SL) de 0,80 Hz et 2,40 m. Les quatre nageurs minimes les plus lents – Dans phase P10-20, deux nageurs ont présenté une combinaison SF-SL de 0,6 Hz et 2,30 m. Dans la phase P30-50, deux nageurs ont présenté une combinaison SF–SL de 0,70 Hz et 2,10 m.

En résumé, même les quatre nageurs les plus rapides, et les quatre nageurs les plus lents ont présenté plusieurs combinaisons SF-SL. Cela met en évidence la variabilité présentée par les meilleurs nageurs dans chaque compétition pour maximiser leur vitesse de nage.

2.4 Comparaison cinématique des meilleurs nageurs Minimes Algériens et Canadiens au 50 m nage libre

	Nageurs Algériens	Nageurs Canadiens	t de Student	Niveau de Signification
Temps (s)	26,31 ± 0,45	25,18 ± 0,85	3,33	S *** P < .001
Vitesse (m/s)	1,90 ± 0,33	2,02 ± 0,04	6,36	S *** P < .001
Nombre en cycle de bras	18,94 ± 2,01	16,94 ± 1,50	2,26	S *** P < .001
Fréquence (SF) (Hertz)	0,72 ± 0,72	0,68 ± 0,06	1,32	S***P < 0.05
Amplitude (SL) (m)	2,67 ± 0,27	2,97 ± 0,27	2,20	S *** P < .001

Indice de nage SI (m ² .s-1)	4,51 ± 1,19	5,97 ± 0,63	3,05	S *** P < .001
--	-------------	-------------	------	----------------

SF: Stroke Frequency; SL: Stroke Length; SI: Stroke Index

Dans cette comparaison au 50 m nage libre, les Algériens ont la vitesse la moins rapide avec une fréquence (SF) de 0,72 Hz et une amplitude moins longue (SL) de 2,67 m. Ils ont aussi exécuté 18,94 cycles de bras pour un indice de course moins élevé de 4,51 m².s-1. Alors que les minimes canadiens ont la vitesse la plus rapide avec une fréquence (SF) de 0,68 Hz et une amplitude plus longue (SL) de 2,97 m. Ils ont aussi exécuté 16,94 cycles de bras pour un indice de course plus élevé de 5,97 m².s-1.

3. Discussion

Cette étude visait à analyser et à comparer la cinématique de nage des meilleurs nageurs Minimes Algériens dans chaque phase de la course au 50 m libre et à identifier les combinaisons de la fréquence et de l'amplitude (SF-SL) sur la vitesse de nage indépendamment pour les nageurs les plus rapides et les plus lents dans chaque phase de course, et enfin réaliser la comparaison des meilleurs nageurs minimes Algériens et Canadiens dans cette épreuve.

Dans l'ensemble, les nageurs minimes ont été plus rapides dans la 1^{ère} phase de course et ont présenté une meilleure cinématique, contrairement à la 2^{ème} phase de course où ils ont été plus lents. Durant cette course, les nageurs minimes Algériens ont présenté différentes combinaisons de fréquence et de longueur d'amplitude (SF-SL) dans les différentes phases de la course. Cela suggère qu'au sein des groupes de nageurs minimes rapides et lents, des combinaisons significatives et différentes de fréquence et d'amplitude (SF-SL) ont été adoptées.

Des études ont suggéré que l'épreuve de 50 m nage libre disputée par des nageurs juniors d'élite (Morais et al., 2022a) et des nageurs seniors d'élite (Morais et al., 2022b ; Simbaña-Escobar et al., 2018) se caractérise par un rythme effréné en vitesse. Toute augmentation de la vitesse nécessite une énergie conséquente vu qu'en natation, la puissance mécanique est utilisée pour surpasser la résistance de l'eau et des vagues. Cette puissance dépend du cube de la vitesse de déplacement (Seifert et al., 2011). Et à notre connaissance, il n'y a pas eu d'étude d'analyse de la course des meilleurs nageurs minimes Algériens dans une telle épreuve.

L'amplitude de nage varie en fonction de la distance au 50m nage libre, qui est égale à une valeur moyenne d'Amplitude de 2,67 ± 0,27 m, l'écart entre le groupe des nageurs est à 0.61 m/cycle, suivie d'une Fréquence égale à une valeur moyenne de 0,72 ± 0,07 Hertz, alors que l'écart de fréquence est à 0.13 Hertz. Les valeurs d'Amplitude et la capacité à les maintenir sont le reflet d'une meilleure gestion de la course, de l'efficacité propulsive et de la diminution des résistances à l'avancement. Les résultats nous indiquent clairement, que les nageurs Algériens, en augmentant leur Fréquence de nage, ont tendance à réduire le temps de propulsion (action des bras sous l'eau, action propulsive), et cela mène généralement à une diminution de l'Amplitude. Les données actuelles ont révélé, que la 1^{ère} phase de course des minimes était plus rapide, dû en partie à la force de poussée des jambes lors du départ, qui nécessite une débauche d'énergie, qui probablement affecte la 2^{ème} moitié de course qui elle est plus lente aussi bien pour les sprinteurs les plus rapides que les sprinteurs les plus lents.

Il a été démontré que les nageurs les plus rapides présentent de meilleurs scores liés au temps de réaction en quittant le bloc de départ lors de la poussée (García-Ramos et al., 2015), et à la phase de coulée (Trinidad et al., 2020). Ainsi, on pourrait sous entendre que les nageurs les plus rapides peuvent atteindre plus de force et de puissance avec leurs membres inférieurs et adopter une meilleure position hydrodynamique que leurs homologues des nageurs les plus lents dans cette phase de départ.

Dans l'ensemble, les meilleurs nageurs peuvent exécuter des nages plus rapides basées sur une cadence élevée et en gardant une grande amplitude (SL) (Craig et Pendergast, 1979 ; Dekerle et al., 2005). Fait intéressant, la principale tendance vérifiée à la 2^{ème} phase pour les deux groupes de minimes (les plus rapides et les plus lents), était que la vitesse la plus rapide n'était pas atteinte par la fréquence (SF) la plus élevée au lieu de l'amplitude (SL) la plus longue. Dans la 1^{ère} et la 2^{ème} phase (des deux groupes de nageurs rapides et lents), ont atteint la vitesse de nage la plus rapide en employant la fréquence (SF) la plus rapide. Ainsi, il semble que selon le niveau des nageurs, différentes combinaisons Fréquence-Amplitude (SF-SL) peuvent être employées.

Nous avons également observé les combinaisons Fréquence-Amplitude (SF-SL) employées par les nageurs Algériens par rapport aux nageurs Canadiens qui étaient plus rapides. Il s'agissait de comprendre si les nageurs Canadiens présenteraient la même combinaison que leurs homologues Algériens.

Au niveau de la vitesse, les nageurs Canadiens dépassent les nageurs Algériens, en moyenne de 0,11 m/s. La vitesse étant le produit de l'amplitude par la fréquence, son augmentation, selon (Chollet., 1997) est expliquée par l'amélioration de l'amplitude de nage associée à une fréquence correspondante. Cependant nous ne devons en aucun cas privilégier cette dernière par rapport à l'amplitude des mouvements des bras. En conséquence, lorsqu'un nageur veut augmenter sa vitesse par l'amélioration d'un des facteurs, il doit s'assurer que l'autre facteur ne souffre pas d'une diminution comparable et à plus forte raison supérieure. Ce qui est fatalement le cas des nageurs Algériens. Cela s'explique par la mauvaise gestion des efforts. Les nageurs Algériens n'utilisent pas d'une manière rationnelle la combinaison fréquence/Amplitude, cela constitue un facteur limitant la performance de nage, d'où une absence de régularité d'une Amplitude et d'une Fréquence optimales.

Néanmoins, au 100 m nage libre, une étude a indiqué que les nageurs plus rapides présentaient une fréquence (SF) significativement plus rapide et une Amplitude (SL) plus longue, dans le tour le plus rapide de la course, que leurs homologues plus lents (Seifert et al., 2007). Ainsi, la combinaison Fréquence-Amplitude (SF-SL) semble être un facteur clé pour nager plus vite.

Le nombre de mouvements des nageurs Algériens est supérieur de 4 mouvements de bras à celui des nageurs Canadiens pour cette épreuve.

D'après Verger. M., (1993) et Chollet,D., (1997), il est à remarquer que les vainqueurs des épreuves de natation des Jeux Olympiques de 1988 et 1992, ont remporté leur victoire en effectuant leurs distances de course avec un nombre de cycle de bras inférieur à celui qu'ils réalisaient habituellement. D'ailleurs, l'augmentation des mouvements de bras est due essentiellement à la faiblesse de l'Amplitude de nage et par conséquent une faiblesse de la vitesse. Cela veut dire que dans le souci d'améliorer

la vitesse de déplacement, les sprinteurs crawleurs Algériens augmentaient le nombre de mouvements des bras au détriment de l'Amplitude, ce qui contrarie le principe de nager vite avec peu de mouvement (Verger. M., 1993).

Chollet,D., (1997) affirme encore que l'augmentation de la vitesse doit toujours être le résultat de l'amélioration de l'Amplitude de nage associée à une baisse de la Fréquence des mouvements. Hay.J.G., (1986) affirme quant à lui, que l'Amplitude et la Fréquence de mouvement présentent des facteurs interdépendants. L'amélioration de l'Amplitude est suivie par une diminution de la Fréquence, ce qui augmente le temps mis pour réaliser la distance parcourue. Au contraire, lorsqu'un nageur augmente sa Fréquence, ceci va réduire le temps de propulsion, avec une réduction de son Amplitude. Autrement dit, les crawleurs Algériens se déplacent en moyenne avec une longueur de trajet moteur effectif dont le déplacement est inférieur de 30 cm par cycle de bras, ce qui correspond à une faiblesse de 16% par rapport aux résultats des nageurs Canadiens. Contrairement aux nageurs Algériens, les nageurs Canadiens cherchent une optimisation entre les deux paramètres (Fréquence/Amplitude).

L'indice de nage présente un paramètre très important pour évaluer l'efficacité propulsive. Cet indice est le produit de la vitesse de nage par l'Amplitude de nage. En d'autres termes, l'amplitude est proportionnelle à l'indice de nage, puisque l'indice de nage peut être calculé en multipliant la vitesse par la distance parcourue à chaque cycle de bras. Par contre, la Fréquence des cycles de bras est inversement proportionnelle à l'indice de nage. Une étude de Morais et al. (2022a), qui ont comparé des nageurs juniors répartis en deux groupes, ont noté que les meilleurs nageurs présentaient une Amplitude (SL) plus longue et un indice de nage (SI) plus grand (des différences non significatives ont été notées dans la Fréquence SF).

L'indice de nage qui est synonyme d'efficacité propulsive et d'économie de nage se trouve, quand à lui, très diminué chez les nageurs Algériens. Il présente une valeur très inférieure à ce qu'elle devrait être en réalité pour prétendre au progrès escompté : l'indice de nage est inférieur à celui des nageurs Canadiens de 1,46 m²/s/cycle pour cette épreuve. Cette différence au niveau de l'indice de nage est très importante car elle représente 25,45% de moins que la valeur des nageurs Canadiens. Il va sans dire que ceci est dû aux valeurs très faibles de vitesse et d'Amplitude de nage des Algériens. Ceci démontre une fois de plus l'inefficacité des actions propulsives de nos nageurs. Autrement dit, les nageurs minimes Algériens et d'après les données citées ci-dessus, nagent le 50 m crawl en réalisant un nombre important de mouvement (43,20 cycles) en un temps important, c'est-à-dire qu'un cycle est réalisé en 1'12 secondes pour parcourir 2,12 m seulement. Par contre, les nageurs Canadiens réalisent un cycle en 1'08 secondes en parcourant 2,18 m. Ceci explique le principe de nager vite avec peu de mouvements (Verger, M., 1993).

Comme principales limites de ce travail, on peut citer : (1) les caractéristiques anthropométriques qui jouent un rôle important dans l'amélioration de la vitesse de nage qui n'ont pas fait objet d'étude dans cet article. L'étude de Ferraz et al, (2020) a indiqué que le fait d'avoir une plus grande envergure de bras peut donner un avantage mécanique aux nageurs pour tirer plus d'eau et se propulser en avant ; (2) les transitions entre les phases de course (Départ, virages) n'ont pas été prises en compte et

celles-ci peuvent jouer un rôle prépondérant sur la cinématique de nage des athlètes (Simbaña-Escobar et al., 2018). Par conséquent, les études futures devraient s'appuyer sur l'analyse de la course en utilisant les données anthropométriques des nageurs, ainsi que l'évaluation de leurs capacités motrices. En faisant cela, on peut obtenir des informations plus approfondies sur l'importance des combinaisons Fréquence-Amplitude (SF – SL) sur la vitesse de nage et sur l'importance des transitions des phases de course.

4 Conclusion

Les nageurs minimes Algériens ont été plus rapides dans la 1^{ère} phase de départ et de nage propre du 50 m nage libre, alors que la 2^{ème} phase était plus lente, présentant également une meilleure cinématique dans la 1^{ère} phase. Les nageurs Minimes Algériens ont présenté différentes combinaisons de fréquence et d'Amplitude (SF-SL) dans chaque phase de la course. Les vitesses de nage les plus rapides n'ont pas été atteintes simultanément par la fréquence (SF) la plus rapide et l'Amplitude (SL) la plus longue. En revanche, en comparant les meilleurs Minimes Algériens et Canadiens, ces derniers utilisaient une Amplitude (SL) plus grand pour une Fréquence de nage (SF) importante. Ainsi, les entraîneurs doivent être conscients que les combinaisons SF-SL changent au cours d'une course de 50 m nage libre, et cela peut dépendre des caractéristiques des nageurs.

Références

- Arellano, R. D., Ruiz-Teba, A., Morales-Ortiz, E., Gay, A., Cuenca, F., Llorente-Ferrón, F. and López-Contreras, G. (2018) Short course 50m male freestyle performance comparison between national and regional Spanish swimmers. In P. A. Hume, J. A. Alderson, and B. D. Wilson (Eds.), 36th Conference of the International Society of Biomechanics in Sports: Conference Proceedings, (pp. 139) Auckland, Australia.
- Arellano, R., Brown, P., Cappaert, J. and Nelson, R. C. (1994) Analysis of 50-, 100-, and 200-m freestyle swimmers at the 1992 Olympic Games. *Journal of Applied Biomechanics* 10(2), 189-199.
<https://doi.org/10.1123/jab.10.2.189>
- Barbosa, T. M., Barbosa, A. C., Simbaña Escobar, D., Mullen, G. J., Cossor, J. M., Hodierne, R., ... and Mason, B. R. (2021a) The role of the biomechanics analyst in swimming training and competition analysis. *Sports Biomechanics* [Epub ahead of print].
<https://doi.org/10.1080/14763141.2021.1960417>
- Barbosa, T., Costa, M. and Marinho, D. (2013) Proposal of a deterministic model to explain swimming performance. *International Journal of Swimming Kinetics*, 1-54.
- Boulgakova, N. (1990). Sélection et préparation des jeunes nageurs. Paris: Vigot

- Chollet, D., C. T. (1997). *Comment les nageurs experts structurent le 100 m nage libre*. *Scien et sport* n° 12, p-232-240.
- Costill, D., Kovaleski, J., Porter, D., Kirwan, J., Fielding, R. and King, D. (1985) Energy expenditure during front crawl swimming: predicting success in middle-E. *International Journal of Sports Medicine* 6, 266-270. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1025849>
- Craig, A. B. and Pendergast, D. R. (1979) Relationships of stroke rate, distance per stroke, and velocity in competitive swimming. *Medicine and Science in Sports* 11, 278-283. <https://doi.org/10.1249/00005768-197901130-00011>
- Dekerle, J., Nesi, X., Lefevre, T., Depretz, S., Sidney, M., Marchand, F. H. and Pelayo, P. (2005) Stroking parameters in front crawl swimming and maximal lactate steady state speed. *International Journal of Sports Medicine* 26(01), 53-58. <https://doi.org/10.1055/s-2004-817854>
- Ferraz, R., Luís Branquinho, L., Loupo, L., Neiva, H.P., Marinho, D.A. (2020) The relationship between anthropometric characteristics and sports performance in national level young swimmers. *European Journal of Human Movement*, 45. DOI: 10.21134/eurjhm.2020.45.2
- García-Ramos, A., Feriche, B., de la Fuente, B., Argüelles-Cienfuegos, J., Strojnik, V., Strumbelj, B. and Štirn, I. (2015) Relationship between different push-off variables and start performance in experienced swimmers. *European Journal of Sport Science* 15(8), 687-695. <https://doi.org/10.1080/17461391.2015.1063699>
- Gonjo, T. and Olstad, B. H. (2020) Start and turn performances of competitive swimmers in sprint butterfly swimming. *Journal of Sports Science and Medicine* 19(4), 727-734. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33239947>
- Hay, J.G., (1986). The relationship among anthropometric and stroking characteristics of college swimmers. *Medicine and science in sport and exercise* n° 17, p60-68.
- Houtmeyers, K. C., Jaspers, A. and Figueiredo, P. (2021) Managing the Training Process in Elite Sports: From Descriptive to Prescriptive Data Analytics. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 16(11), 1719-1723.
- Jones, J. V., Pyne, D. B., Haff, G. G. and Newton, R. U. (2018) Comparison between elite and subelite swimmers on dry land and tumble turn leg extensor force-time characteristics. *Journal of Strength and Conditioning Research* 32(6), 1762-1769. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002041>
- Kennedy, P., Brown, P., Chengalur, S. N. and Nelson, R. C. (1990) Analysis of male and female Olympic swimmers in the 100-meter events. *Journal of Applied Biomechanics* 6(2), 187-197. <https://doi.org/10.1123/ijsb.6.2.187>

- Marinho, D. A., Barbosa, T. M., Neiva, H. P., Silva, A. J. and Morais, J.E. (2020) Comparison of the start, turn and finish performance of elite swimmers in 100 m and 200 m races. *Journal of Sports Science and Medicine* 19(2), 397-407.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32390734>
- Morais, J. E., Marinho, D. A., Arellano, R. and Barbosa, T. M. (2018) Start and turn performances of elite sprinters at the 2016 European Championships in swimming. *Sports Biomechanics* 18(1), 100-114.
<https://doi.org/10.1080/14763141.2018.1435713>
- Morais, J. E., Barbosa, T. M., Forte, P., Pinto, J. N. and Marinho, D. A. (2021) Assessment of the inter-lap stability and relationship between the race time and start, clean swim, turn and finish variables in elite male junior swimmers' 200 m freestyle. *Sports Biomechanics* [Epub ahead of print].
<https://doi.org/10.1080/14763141.2021.1952298>
- Morais, J. E., Barbosa, T. M., Silva, A. J., Veiga, S. and Marinho, D. A. (2022a) Profiling of elite male junior 50 m freestyle sprinters: Understanding the speed time relationship. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 32(1), 60-68. <https://doi.org/10.1111/sms.14058>
- Morais, J. E., Barbosa, T. M., Lopes, T., Simbaña-Escobar, D. and Marinho, D. A. (2022b) Race analysis of the men's 50 m events at the 2021 LEN European Championships. *Sports Biomechanics*, [Epub ahead of print].
<https://doi.org/10.1080/14763141.2022.2125430>
- Monpetit, R., (1986). *Applied physiology of swimming*. Sport Med 3. P 165-189.
- Pyne, D. B. and Sharp, R. L. (2014) Physical and energy requirements of competitive swimming events. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 24(4), 351-359.
<https://doi.org/10.1123/ijsnem.2014-0047>
- Robertson, E. Y., Pyne, D. B., Hopkins, W. G. and Anson, J. M. (2009) Analysis of lap times in international swimming competitions. *Journal of Sports Sciences* 27(4), 387-395.
<https://doi.org/10.1080/02640410802641400>
- Seifert, L., Chollet, D. and Chatard, J. C. (2007) Kinematic changes during a 100-m front crawl: effects of performance level and gender. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 39(10), 1784-1793.
<https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3180f62f38>
- Seifert, L., Leblanc, H., Herault, R., Komar, J., Button, C. and Chollet, D. (2011) Inter-individual variability in the upper-lower limb breaststroke coordination. *Human Movement Science* 30(3), 550-565.
<https://doi.org/10.1016/j.humov.2010.12.003>

- Simbaña-Escobar, D., Hellard, P. and Seifert, L. (2018) Modeling stroking parameters in competitive sprint swimming: understanding inter and intra-lap variability to assess pacing management. *Human Movement Science* 61, 219-230.
<https://doi.org/10.1016/j.humov.2018.08.002>
- Shimadzu, H., Shibata, R & Ohgi, H. (2008) Modeling swimmers' speeds over the course of a race. *Journal of Biomechanics* 41(3):549-55.
DOI:10.1016/j.jbiomech.2007.10.007.
- Thompson, K. G., Haljand, R. and Mac Laren, D. P. (2000) An analysis of selected kinematic variables in national and elite male and female 100-m and 200-m breaststroke swimmers. *Journal of Sports Sciences* 18(6), 421-431.
<https://doi.org/10.1080/02640410050074359>
- Trinidad, A., Veiga, S., Navarro, E. and Lorenzo, A. (2020) The transition from underwater to surface swimming during the push-off start in competitive swimmers. *Journal of Human Kinetics* 72, 6.
<https://doi.org/10.2478/hukin-2019-0125>
- Verger, M., (1993). *Perfectionnement et entraînement en natation portive*. Paris: Vigot. P191-194.