

Communication brève

## Influence de la distance de course sur les paramètres cinématiques de nage chez les nageurs avec palmes de haut niveau

## Influence of race distance on kinematics parameters of swimming for elite finswimmers

L. Baly \*, D. Favier, A. Durey, E. Berton

Laboratoire d'aérodynamique et de biomécanique du mouvement, USR 2164 du CNRS, université de la Méditerranée, parc scientifique de Luminy, 163, avenue de Luminy, Case 918, 13288 Marseille cedex 09, France

Reçu le 10 février 2002; accepté le 1 juillet 2002

### Résumé

**Introduction** – La nage avec palmes est une activité récente. L'optimisation de l'action propulsive des jambes est fondamentale pour améliorer la performance. Le but de ce travail est de quantifier les actions motrices des nageurs avec palmes en fonction des distances de course, d'un point de vue cinématique.

**Synthèse des faits** – Cinq nageurs de haut niveau ont été filmés durant des épreuves en immersion. Les relations entre la vitesse moyenne de nage, la fréquence et l'amplitude d'ondulation des nageurs sont étudiées en fonction de la distance de course.

**Conclusion** – Les nageurs avec palmes adaptent et stabilisent instantanément leurs actions motrices en fonction de la distance de course. © 2002 Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS. Tous droits réservés.

### Abstract

**Introduction** – Finswimming is a new sport activity. The optimization of the leg's propulsive action is fundamental to improve the performance. The aim of this work is to quantify finswimmer's movements per race distances, using a kinematic analysis.

**Fact synthesis** – Five elite finswimmers were video recorded during underwater races. The connections between the average velocity of stroke, frequency and range of finswimmers undulation are observed as a function of race distance.

**Conclusion** – Finswimmers are shown to adjust and to stabilize instantaneously their movements in terms of race distance. © 2002 Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS. All rights reserved.

**Mots clés:** Nage avec palmes; Fréquence; Amplitude; Cinématique

**Keywords:** Finswimming; Frequency; Range; Kinematics

### 1. Introduction

La nage avec palmes est une discipline compétitive, basée sur la propulsion au moyen d'une mono-palme.

Celle-ci est animée par un mouvement ondulatoire du corps transmettant l'énergie longitudinalement comme démontré dans les travaux de Sanders [3]. Cette ondulation, proche de la nage en papillon, serait efficace à partir des hanches et se prolongerait jusqu'au bout de la palme. Les travaux menés par Ungerechts sur la nage papillon [4] mettent en évidence l'action prépondérante des genoux et des chevilles dans la

\* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : baly@morille.univ-mrs.fr (L. Baly).

Tableau 1  
Fréquence moyenne (Hz) d'oscillation des jambes par distance de course

	50 m	100 m	400 m	800 m
Hanche	1,72 ± 0,01	1,49 ± 0,01	1,25 ± 0,02	1,01 ± 0,03
Genou	1,72 ± 0,01	1,52 ± 0,02	1,25 ± 0,02	0,99 ± 0,02
Cheville	1,75 ± 0,01	1,52 ± 0,01	1,25 ± 0,01	1,04 ± 0,01

propulsion. Ces résultats sont confirmés en nage avec palmes [1]. De plus, Sanders [3] analyse la performance en fonction de l'amplitude et des fréquences de nage. La présente recherche porte sur les courses en immersion, qui se nagent en apnée ou avec un appareil respiratoire, maintenue à bout de bras dans le prolongement du corps. Une analyse cinématique, inspirée de l'étude comparative des cinématiques de nage en fonction du sexe des nageurs menée par Deschodt [2] est réalisée sur la base de documents vidéos. Cette étude rend compte de l'évolution de la vitesse moyenne, de la fréquence et de l'amplitude de nage en fonction des distances compétitives. Cette étude a pour objet de mieux cerner l'organisation gestuelle des nageurs de haut niveau en fonction du type d'exercice pour appréhender la technique spécifique du nageur avec palmes.

## 2. Méthode

Cinq nageurs avec palmes de haut niveau (3 hommes, 2 femmes, âgés de  $20 \pm 4$  ans, d'une taille de  $1,73 \pm 12$  m, de masse  $65 \pm 12$  kg), ont participé à l'expérimentation qui s'est déroulée en bassin de 25 m. Après avoir recueilli les données anthropométriques, les sujets devaient réaliser 4 séries de 25 mètres dans chacune des modalités de nage, correspondant aux distances compétitives en immersion (50 m apnée, 100 m IS (*Immersed Scuba*), 400 m IS, 800 m IS) se pratiquant en apnée ou avec une petite bouteille de plongée (1,4 ou 8 l) maintenue dans le prolongement des bras. Deux caméras vidéo numériques (Sony DCR-PC 100 E, 50 Hz) immergées et stabilisées dans des caissons étanches ont permis de filmer les déplacements des nageurs dans un plan sagittal. L'espace de mesure a préalablement été calibré par une structure tubulaire de dimensions 2/2/1,5 m. Des marqueurs ont été disposés au niveau de chaque articulation des sujets (poignet, coude, épaule, sommet du crâne, hanche, genou, cheville), ainsi qu'en dix points de la palme (cinq sur chaque bord) et à l'extrémité distale de la bouteille. Les données numériques ont été traitées par un logiciel d'analyse du mouvement (3D Vision, Biometrics) permettant de déterminer les positions, vitesses et accélérations linéaires et angulaires, ainsi que les fréquences et amplitudes d'oscillation des articulations, nécessaires à l'analyse cinématique du mouvement. Des droites de

régressions linéaires ont été déterminées à partir des fréquences et des amplitudes calculées. Des ANOVA ainsi qu'un test post-hoc de type Newman-Keuls ont été effectués afin de comparer l'action de la distance de nage sur les différents paramètres étudiés.

## 3. Résultats

Les vitesses moyennes de courses diminuent du 50 m apnée ( $3,09 \pm 0,04$  ms<sup>-1</sup>) au 800 m IS ( $2,45 \pm 0,05$  ms<sup>-1</sup>) chez les hommes comme chez les femmes ( $2,56 \pm 0,03$  ms<sup>-1</sup> sur 50 m et  $1,74 \pm 0,04$  ms<sup>-1</sup> sur 800 m IS). Il n'y a pas de différences significatives ( $p > 0,05$ ) entre les fréquences d'oscillation des marqueurs aux articulations générant la propulsion (hanche, genou, cheville) dans une même condition de course (Tableau 1). Cependant, ces fréquences diminuent de manière linéaire ( $r^2 = 0,93$ ) suivant la distance de course. En effet, la comparaison post-hoc révèle des différences significatives ( $p < 0,001$ ) entre chacun des niveaux du facteur « distance de nage ». Les amplitudes d'oscillation de la hanche, du genou et de la cheville (Fig. 1) augmentent avec la distance de course selon une logique proximo-distale suivant le corps des sujets. En ce qui concerne le 800 m on remarque une différence significative

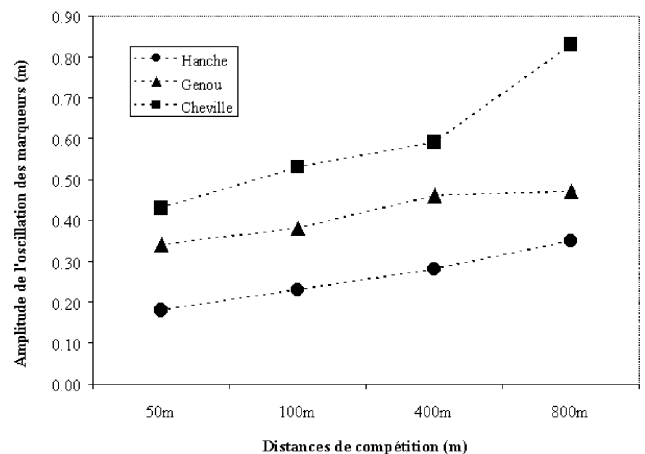


Fig. 1. Variation de l'amplitude de déplacement des marqueurs suivant l'axe vertical.

( $p < 0,05$ ) de l'amplitude d'oscillation des marqueurs des chevilles par rapport aux autres marqueurs.

#### 4. Discussion

L'étude a porté sur un mouvement oscillant généré par une fréquence propre identifiable pour chaque distance de course. Cette fréquence d'ondulation peut être interprétée comme une onde se propageant le long du corps puisque chaque articulation reproduit la même fréquence oscillante pour une distance à parcourir. Les fréquences d'oscillations et la vitesse de nage diminuent sensiblement avec l'augmentation de la distance. Cette réduction de vitesse, engendrée par l'utilisation de fréquences plus faibles pour de plus grandes distances, est cependant limitée par un accroissement de l'amplitude d'oscillation. Cet accroissement n'est pas linéaire d'une distance à l'autre et se distingue, notamment pour le marqueur cheville, dans la modalité du 800 m IS. Cette forte augmentation d'amplitude au niveau des chevilles s'explique par une flexion des genoux qui sont davantage sollicités sur cette distance de course. La fatigue musculaire ainsi que les douleurs engendrées par les frottements du chausson, transmettant la raideur de la monopalmes au niveau des pieds, peuvent expliquer cette réduction de fréquence et de vitesse de nage conjointe à une augmentation de l'amplitude du mouvement sur de longues distances.

#### 5. Conclusion

Les nageurs adaptent et stabilisent leur allure de nage en faisant varier les paramètres d'amplitude et de fréquence en fonction des distances à parcourir et du matériel utilisé. Les résultats présents peuvent ainsi servir de point de départ à l'établissement d'une base de données permettant l'amélioration des techniques de nage et d'entraînement, ainsi que l'optimisation technologique dans la fabrication des monopalmes. Cette étude s'inscrit dans un programme de recherche visant à déterminer les facteurs mécaniques de performances du nageur avec palme et proposer un outil de transposition didactique.

#### Références

- [1] Baly L, Favier D, Durey A. Finswimming technical description by 3D kinematic study. *Arch Physiol Biochem* 2001;109(Suppl 1):67.
- [2] Deschodt VJ, Rouard AH. Influence du sexe sur les paramètres cinématiques de nage chez les crawlleurs de haut niveau. *Sci Sport* 1999;14(1):39–44.
- [3] Sanders RH, Cappaert JM, Devlin RK. Wave Characteristics of Butterfly Swimming. *J Biomech* 1995;28:9–16.
- [4] Ungerechts BE. Considerations of the butterfly kick based on hydrodynamical experiments. In *Biomechanics : Current Interdisciplinary Research. Fourth Meeting of the European Society of Biomechanics*. Netherlands: Martinus Nijhoff, Dordrecht; 1985. p. 705–10.