

Article original

Comparaison de deux méthodes d'analyse des variables maximales de vitesse, force et puissance dans l'évaluation fonctionnelle en karaté

Comparison between the maximal variables of velocity, force and power from two analysis methods in the functional assessment of karate

G. Ravier *, F. Grappe, J.D. Rouillon

Laboratoire des sciences du sport, UFR Staps, place Saint-Jacques, 25000 Besançon, France

Reçu le 20 août 2001 ; accepté le 15 septembre 2002

Résumé

Objectifs. – Le but de cette étude était de comparer les variables mécaniques déterminées lors de sprints sur cyclo-ergomètre à partir de 2 méthodes d'analyse différentes.

Méthodes. – Vingt-deux karatékas (internationaux et nationaux) ont réalisé 6 sprints de 8 s contre 6 charges de friction différentes (0,4 ; 0,5 ; 0,6 ; 0,7 ; 0,8 ; 0,9 N kg⁻¹). La vitesse maximale théorique, la force maximale théorique, la puissance maximale et la vitesse optimale ont été déterminées à partir de 2 méthodes d'analyse différentes. La *méthode force de friction* consistait à établir les relations entre la force de freinage appliquée sur la courroie de friction et le pic de vitesse de pédalage pour chaque sprint. La *méthode SRM* établissait durant chaque phase d'accélération la relation entre la vitesse de pédalage et la force appliquée sur le pédalier.

Résultats. – Les variables mécaniques déterminées à partir des 2 méthodes d'analyse différentes étaient étroitement corrélées. Une différence significative de vitesse maximale théorique et une absence de différence significative de force maximale théorique ont été relevées entre les groupes *internationaux* et *nationaux* par les 2 méthodes d'analyse. Toutefois, seule la *méthode SRM* montrait l'existence de différences significatives de puissance maximale entre les groupes suggérant une meilleure sensibilité.

Conclusion. – La *méthode SRM* peut être proposée comme méthode d'analyse de la relation force–vitesse en karaté.

© 2003 Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS. Tous droits réservés.

Abstract

Purpose. – The aim of this study was to compare the mechanical variables from 2 different analysis methods during a sprint exercise on cycle ergometer.

Methods. – Twenty-two karate practitioners (international and national level) performed 6 sprints of 8 s (friction loads of 0.4; 0.5; 0.6; 0.7; 0.8 and 0.9 N kg⁻¹). The maximal theoretical values of pedalling velocity and force, the maximal power output and the optimal pedalling velocity were determined from 2 different methods. The *friction load method* plotted the relationship between the braking force applied on the flywheel and the peak velocity. The *SRM method* established the relationship between the pedalling velocity and the force applied on the crank — gear from all the 6 friction loads data.

Results. – The maximal power output determined from the *SRM method* was significantly, i) lower (5.2%) compared to the *friction load method*, ii) higher (16.4%) in the international group compared to the national group. Whatever the method used i) there was no significant difference between groups for the maximal theoretical force ii) the international group showed significantly higher values of maximal theoretical and optimal pedalling velocity.

Conclusions. – The results showed no significant effect of the method on the maximal theoretical values of velocity. The *SRM method* was more sensitive for the measurements of the maximal power output.

© 2003 Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS. All rights reserved.

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : gilles.ravier@univ-fcomte.fr (G. Ravier).

Mots clés : Force ; Vitesse ; Puissance ; Cyclo-ergomètre ; Karaté

Keywords: Force; Velocity; Power output; Cycle ergometer; Karate

1. Introduction

Le karaté moderne est caractérisé par la vitesse des déplacements horizontaux. À notre connaissance peu d'études ont analysé les propriétés mécaniques musculaires chez des spécialistes, particulièrement celles des muscles extenseurs des membres inférieurs [25,27]. De plus, il n'existe pas de test spécifique permettant d'évaluer les qualités mécaniques essentielles impliquées dans la performance en karaté. Le test non spécifique force-vitesse sur ergocycle a fréquemment [1,5,15,19,20,22] été conduit dans le but d'analyser les liens entre les variables mécaniques (maximales de force, vitesse et puissance) et la spécialité sportive. Récemment, Morin et al. [15] ont montré que la puissance maximale générée sur cyclo-ergomètre durant un test force-vitesse était significativement reliée à la phase d'accélération (entre 5 et 10 m) d'un départ en course de sprint chez des athlètes spécialistes. La planification et le suivi de l'entraînement en karaté n'intègrent pas encore les tests d'exploration fonctionnelle. La généralisation de leur utilisation peut permettre de rationaliser la préparation du compétiteur. Cette démarche novatrice en karaté suppose de tenir compte du coût et de l'aspect pratique du test (matériel utilisé, recueil simple des données, choix du protocole). Parmi les méthodes d'analyse des variables de la relation force-vitesse sur ergocycle non isocinétique à courroie de friction, celle proposée par Pérès et al. en 1981 [18] a été largement utilisée [5,8,14,16,20–23]. En effet, cette méthode utilisée par Driss et al. [5] donnait des résultats intéressants dans l'étude des caractéristiques mécaniques des volleyeurs. La relation particulière charge-vitesse (*méthode force de friction*) était établie en mesurant la vitesse maximale de pédalage (rpm) obtenue pour chacun des sprints réalisés contre des forces de freinage données exprimées en kilogramme force (i.e., 1 kgf est la force avec laquelle une masse de 1 kg est attirée vers la terre). Cette méthode n'inclue pas la force d'inertie alors qu'il est maintenant clairement établi qu'elle représente une grandeur qui ne peut être négligée [13]. Toutefois le protocole proposé par Pérès et al. [18] présente l'avantage d'être rapide et facile à mettre en œuvre par l'entraîneur soucieux d'estimer les ca-

ractéristiques mécaniques musculaires des compétiteurs. Plus récemment Arzac et al. [1,2] ont analysé la relation force-vitesse à partir de l'ensemble des combinaisons entre la force développée par le sujet et la vitesse de pédalage mesurées sur la totalité des phases d'accélération des sprints. La force développée par le sujet était définie comme la somme de la force de friction et de la force qui produisait l'accélération du volant d'inertie déterminée suivant la procédure de Lakomy [13]. Enfin, un nouvel outil de mesure (système *SRM*) constitué d'un pédalier dynamométrique a permis de mesurer la puissance mécanique externe développée par le sujet au niveau des pédales [12,17]. Le système *SRM* peut équiper une bicyclette classique et permettre l'analyse de la situation réelle de locomotion [3,4]. Ce système de mesure présente le double avantage de s'adapter sur les ergocycles classiques et d'offrir le traitement simple et rapide des données. Par conséquent, il est utilisable en routine par les entraîneurs et présente un avantage indéniable dans l'évaluation des aptitudes au sprint sur le lieu d'entraînement. Toutefois ce système coûteux n'équipe pas encore l'ensemble des plateaux techniques.

Le but de l'étude était de tester la sensibilité des 2 méthodes d'analyse de la relation force-vitesse (*méthode SRM vs méthode force de friction*) dans l'évaluation des qualités spécifiques en karaté. Les variables force, vitesse et puissance maximales déterminées selon les 2 méthodes ont été comparées chez 2 groupes de spécialistes de karaté de niveau de pratique différent.

2. Méthode

2.1. Sujets

Vingt-deux sujets volontaires spécialistes de karaté (groupe *total*) ont participé à cette étude dont les tests sur cyclo-ergomètre étaient réalisés dans le cadre du suivi médico-physiologique de l'entraînement sportif. Le groupe était composé de 10 membres de l'équipe de France junior de karaté (groupe *international*) et de 12 compétiteurs de niveau

Tableau 1

Valeurs moyennes (Moy) et écart-type (ET) de l'âge, des caractéristiques anthropométriques et de la consommation maximale d'oxygène mesurée lors d'une épreuve progressive maximale continue sur tapis. La masse grasse a été déterminée en utilisant la méthode de Durnin et Rahaman [6]

Groupes	Âge (ans)		Taille (cm)		Poids (kg)		Masse grasse (%)		$\dot{V}O_{2\max}$ (ml min ⁻¹ kg ⁻¹)	
	Moy	ET	Moy	ET	Moy	ET	Moy	ET	Moy	ET
Total (n= 22)	22	3	177,2	7,4	70,3	10,9	13,3	4	57,8	3,6
International (n= 10)	20,1	1,1	178,7	7,8	71,3	11,9	13,1	4,4	57,2	4,1
National (n= 12)	24	3	175,7	7,1	69,2	10,4	13,4	3,8	58,5	3

national (groupe *national*). Les caractéristiques des sujets sont présentées dans le Tableau 1.

2.2. Protocole

Le test débutait par un échauffement de 6 min sur un cyclo-ergomètre. Durant la première minute d'exercice le sujet développait une puissance de 1 W kg^{-1} . Les 5 dernières minutes étaient réalisées à 2 W kg^{-1} . Après quelques étirements, chaque sujet réalisait 8 sauts verticaux maximaux entrecoupés chacun d'une minute de récupération. Après 5 min de récupération, les sujets réalisaient 6 sprints de 8 secondes sur ergocycle, entrecoupés de 5 min de récupération. Six charges de friction différentes (0,4 ; 0,5 ; 0,6 ; 0,7 ; 0,8 et $0,9 \text{ N kg}^{-1}$) étaient appliquées. Les sujets réalisaient le test sur un ergocycle équipé de pédales standard (sans cale-pieds) sollicitant prioritairement les muscles extenseurs des membres inférieurs [7]. Le guidon et la selle étaient préalablement réglés en fonction de la morphologie des sujets. La position de départ du sujet était standardisée. Il devait conserver la position assise durant toute la durée du sprint. Il démarrait avec le membre inférieur préférentiel en positionnant la manivelle du pédalier vers l'avant à 45° . Durant toute la durée de l'épreuve le sujet était vigoureusement encouragé.

2.3. Matériel et calibration

L'ergocycle (Monark 818E) à courroie de friction était équipé du système de mesure *SRM Training System* (Schoberer Rad Messtechnik, Königskamp, Germany) modèle scientifique. Ce dispositif validé par Jones et Passfield [12] mesurait le couple de force appliqué sur le pédalier et la cadence de pédalage à partir d'un signal transmis par induction à un capteur fixé sur le cadre de l'ergocycle au niveau du pédalier. Le pédalier était équipé de manivelles (Shimano Suntour) de longueur 0,175 m. Les valeurs de puissance (W) et de cadence de pédalage (rpm) mesurées avec une précision de 0,5 % étaient enregistrées sur la totalité du sprint avec un échantillonnage à 10 Hz.

Le réglage de la tension de la courroie de friction était réalisé en fonction de la masse des sujets à une fréquence de pédalage de 50 rpm. La tension de la courroie était considérée comme optimale lorsque la valeur de la puissance mécanique (P_{SRM} , W) affichée sur le boîtier de lecture du *SRM* était similaire à celle calculée à partir de l'équation (1) tenant compte de la masse du sujet :

$$P_{\text{SRM}} = F_{\text{frict}} \times V \times 6,13 \quad (1)$$

où F_{frict} (N) représentait la force de friction appliquée sur le volant d'inertie, V (tour s^{-1}) la vitesse de pédalage et 6,13 (m) la distance parcourue par le volant d'inertie lors d'un cycle de pédalage.

2.4. Méthodes d'analyse des variables mécaniques

La méthode force de friction définie par Pérès et al. [18] établit la relation force-vitesse à partir des vitesses maxima-

les de pédalage atteintes pour chaque sprint réalisé contre une charge de friction donnée. La relation a été montrée linéaire pour des vitesses de pédalage comprises entre 100 et 200 rpm [18]. Les valeurs maximale théorique de vitesse ($V_{0 \text{ frict}}$, rpm) et de force de freinage ($F_{0 \text{ frict}}$, N kg^{-1}) ont été extrapolées de cette relation. $V_{0 \text{ frict}}$ (rpm) représentait la vitesse maximale théorique de pédalage pour une force de freinage nulle et $F_{0 \text{ frict}}$ (kgf) la force de freinage maximale théorique pour une vitesse de pédalage nulle [8]. La puissance maximale ($P_{\text{max frict}}$, W) a été déterminée [19,20,25] indirectement à partir de la formule (2) :

$$P_{\text{max frict}} = 0,25 \times V_{0 \text{ frict}} \times F_{0 \text{ frict}} \quad (2)$$

La vitesse de pédalage correspondante à la $P_{\text{max frict}}$ déterminait la vitesse optimale de pédalage ($V_{\text{opt frict}}$, rpm) selon la formule (3) :

$$V_{\text{opt frict}} = 0,5 \times V_{0 \text{ frict}} \quad (3)$$

La méthode *SRM* s'appuyait sur la méthode proposée par Arzac et al. [1,2]. Toutefois la force (F_{SRM} , N) et la P_{SRM} mesurées à partir du dynamomètre *SRM* représentaient les valeurs réelles de force et de puissance appliquées par le sujet sur le pédalier au cours du sprint. Les valeurs maximales théoriques de vitesse ($V_{0 \text{ SRM}}$) et de force ($F_{0 \text{ SRM}}$) ont été obtenues par extrapolation de la régression linéaire entre la vitesse de pédalage (V , rpm) et F_{SRM} mesurées en continu durant les phases d'accélération. La puissance maximale développée ($P_{\text{max SRM}}$) correspondait au sommet de la courbe de la relation polynomiale du deuxième degré entre la puissance et la vitesse [10,11]. La valeur de vitesse correspondante à $P_{\text{max SRM}}$ représentait la vitesse optimale de pédalage ($V_{\text{opt SRM}}$, rpm).

2.5. Analyses statistiques

Les relations entre les différentes variables mécaniques ($F_{0 \text{ frict}}-F_{0 \text{ SRM}}$, $V_{0 \text{ frict}}-V_{0 \text{ SRM}}$ et $P_{\text{max frict}}-P_{\text{max SRM}}$) ont été analysées à partir d'un test de corrélation de Spearman. Un test apparié de Wilcoxon a été utilisé dans le but de déterminer l'existence de différences significatives entre $V_{0 \text{ frict}}$ et $V_{0 \text{ SRM}}$. Un test non apparié de Mann-Whitney a été utilisé dans le but de déterminer l'existence de différences significatives entre le groupe *international* et *national* pour les variables $F_{0 \text{ frict}}$ et $F_{0 \text{ SRM}}$, $V_{0 \text{ frict}}$ et $V_{0 \text{ SRM}}$, $P_{\text{max frict}}$ et $P_{\text{max SRM}}$ et $V_{\text{opt frict}}$ et $V_{\text{opt SRM}}$.

Pour l'ensemble des tests utilisés le niveau de significativité était fixé à $p < 0,05$.

3. Résultats

Les relations linéaires individuelles force-vitesse présentaient des coefficients de régression (r^2) compris entre 0,85 ($p < 0,05$) et 0,99 ($p < 0,001$) pour la méthode force de friction (Fig. 1) et entre 0,58 et 0,98 ($p < 0,001$) pour la méthode *SRM* (Fig. 2). Les relations polynomiales (méthode *SRM*) puissance-vitesse présentaient des coefficients de régression (r^2) compris entre 0,53 et 0,88 ($p < 0,001$) (Fig. 3).

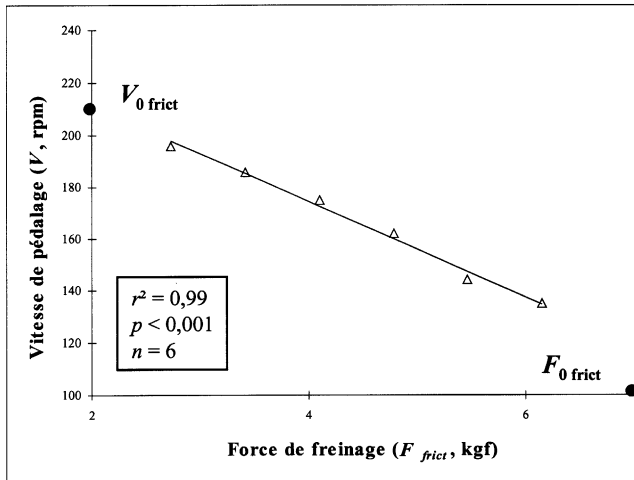


Fig. 1. Relation force–vitesse selon la méthode de friction.

Relation typique entre la force de friction de la courroie appliquée sur le volant d'inertie (F_{frict} , kgf) et la vitesse de pédalage (V , rpm). Les valeurs de vitesse mesurées sont les valeurs pic de vitesse de pédalage obtenues pour chacun des 6 sprints réalisés contre une force de friction donnée. Les cercles pleins indiquent les valeurs théoriques maximales de force de freinage ($F_{0 \text{ frict}}$) et de fréquence de pédalage ($V_{0 \text{ frict}}$) extrapolées à partir de la régression linéaire entre F_{frict} et la valeur pic de V .

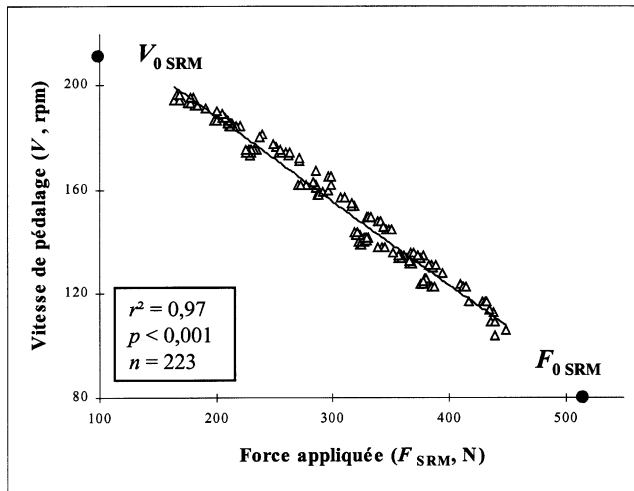


Fig. 2. Relation force–vitesse selon la méthode SRM.

Relation typique entre la force appliquée sur le pédalier (F_{SRM} , N) et la vitesse de pédalage (V , rpm). Les valeurs ont été mesurées sur la totalité des phases d'accélération de l'ensemble des 6 sprints réalisés contre une force de friction donnée. Les cercles pleins indiquent les valeurs maximales théoriques de vitesse ($V_{0 \text{ SRM}}$) et de force ($F_{0 \text{ SRM}}$) extrapolées à partir de la régression linéaire entre F_{SRM} et V .

3.1. Effet méthode

Il existait une corrélation significative entre les valeurs $V_{0 \text{ frict}}$ et $V_{0 \text{ SRM}}$ ($r = 0,857$; $p < 0,001$), $F_{0 \text{ frict}}$ et $F_{0 \text{ SRM}}$ ($r = 0,551$; $p < 0,05$) et $P_{\text{max frict}}$ et $P_{\text{max SRM}}$ ($r = 0,705$; $p < 0,01$). Aucune différence significative n'a été observée entre les valeurs $V_{0 \text{ frict}}$ et $V_{0 \text{ SRM}}$.

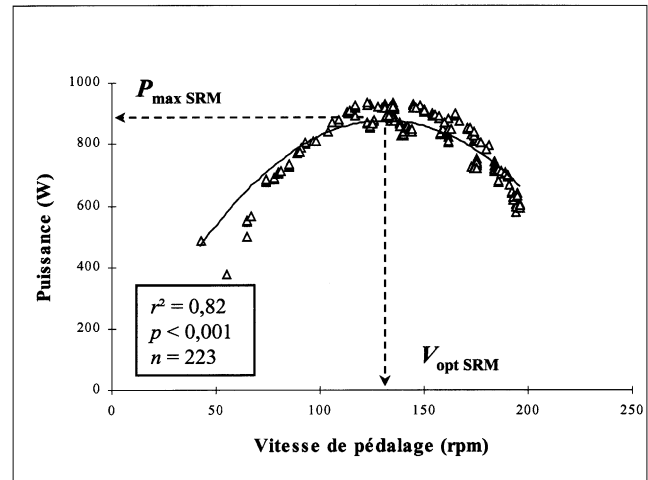


Fig. 3. Relation puissance–vitesse selon la méthode SRM.

Relation typique entre la puissance développée sur le pédalier mesurée par le système SRM ($P_{\text{max SRM}}$, W) et la vitesse de pédalage (V , rpm). Les valeurs ont été mesurées sur la totalité des phases d'accélération de l'ensemble des 6 sprints réalisés contre une force de friction donnée. Les flèches indiquent la puissance maximale développée ($P_{\text{max SRM}}$) définie comme le sommet de la régression polynomiale du second degré et la fréquence de pédalage qui lui correspond (V_{opt}).

3.2. Effet croisé méthode–groupe

Aucune différence significative n'a été observée entre les groupes *international* et *national* ni pour les valeurs $F_{0 \text{ frict}}$ ni pour les $F_{0 \text{ SRM}}$. Les valeurs moyennes de $V_{0 \text{ SRM}}$ étaient significativement supérieures pour le groupe *international* comparé au groupe *national* (251,9 vs 214,4 rpm, $p < 0,001$) de même que les valeurs moyennes de $V_{0 \text{ frict}}$ (244,2 vs 215,8 rpm, $p < 0,01$) (Fig. 4a). Les valeurs de $P_{\text{max SRM}}$ étaient significativement supérieures pour le groupe *international* comparé au groupe *national* ($p < 0,05$) alors qu'aucune différence significative n'a été observée entre les groupes concernant les valeurs $P_{\text{max frict}}$ (Fig. 4b). Les valeurs moyennes de $V_{\text{opt SRM}}$ étaient significativement supérieures pour le groupe *international* comparé au groupe *national* (132,3 vs 120,1 rpm, $p < 0,01$) de même que les valeurs moyennes de $V_{\text{opt frict}}$ (122,1 vs 107,9 rpm, $p < 0,01$).

4. Discussion

Le résultat principal de cette étude est que les variables mécaniques déterminées lors de sprints sur cyclo-ergomètre à partir de la *méthode SRM* sont étroitement corrélées à celles de la *méthode force de friction*. Toutefois la *méthode SRM* est plus sensible que la *méthode force de friction* pour l'analyse de la puissance maximale développée par le sujet.

4.1. Effet méthode sur la relation force–vitesse

Les relations $F_{\text{SRM}}-V$ et $F_{\text{frict}}-V$ établies à partir des 2 méthodes d'analyse étaient linéaires (pour des vitesses comprises entre 100 et 200 rpm). Ce résultat est en accord

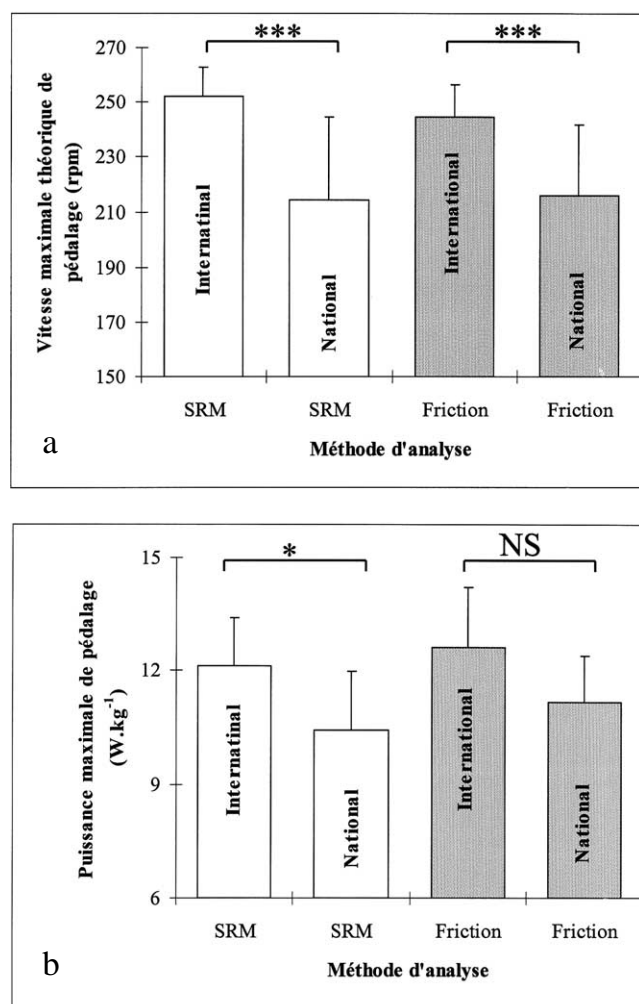


Fig. 4. Effet croisé méthode-groupe.

Différences de vitesse maximale théorique ($V_{0\text{ SRM}}$ et $V_{0\text{ frict}}$) (a) et de puissance maximale ($P_{\text{max SRM}}$ et $P_{\text{max frict}}$) (b) déterminées à partir des 2 méthodes d'analyse (SRM et friction) pour les groupes international et national (NS : $p > 0,05$; * : $p < 0,05$; ** : $p < 0,01$; *** : $p < 0,001$).

avec l'ensemble des études analysant la relation force–vitesse sur cyclo-ergomètre [2,5,9,10,18,22,23]. Chaque variable mécanique déterminée par la *méthode SRM* était étroitement corrélée à celle obtenue selon la *méthode force de friction*. De plus il n'existait pas de différences significatives entre les vitesses maximales théoriques de pédalage obtenues à partir des 2 méthodes d'analyse. Bien que la *méthode force de friction* n'intègre pas la force d'inertie, la détermination de $V_{0\text{ frict}}$ à partir de l'extrapolation de la régression linéaire force–vitesse ne semble pas affectée par cette source d'approximation. Ce résultat représente un intérêt particulier dans l'estimation des caractéristiques mécaniques musculaire d'une population de spécialistes de karaté qui n'a fait l'objet à ce jour d'aucune étude particulière. En effet, les $V_{0\text{ SRM}}$ et $V_{0\text{ frict}}$ de notre étude peuvent être comparées à celles de la littérature qui ont été obtenues à partir de la *méthode force de friction* [5,19,20,22] chez des pratiquants de diverses activités sportives de combats ou de sports considérés comme explosifs. Ainsi, les variables maximales théo-

riques de notre étude étaient comparables à celles obtenues par Driss et al. [5] chez des volleyeurs de niveau régional (pour lesquels $V_{0\text{ frict}} = 233,5\text{ rpm}$ et $F_{0\text{ frict}} = 2,66\text{ N kg}^{-1}$).

La définition des variables maximales de vitesse et de force à partir de l'extrapolation de la relation force–vitesse par la *méthode force de friction* [5,19,24] nécessitait un nombre important de sprints (6–8) impliquant que le protocole du test soit long et coûteux nerveusement. Dans ce contexte la *méthode SRM* présente un avantage non négligeable. D'autres auteurs [10,15] utilisant la méthode décrite par Arzac [1] définissaient les valeurs maximales à partir des mesures réelles de fréquence de pédalage et de force. Cette analyse requière une calibration précise de la tension de la courroie et une fréquence d'échantillonnage élevée. L'utilisation de cette méthode paraît judicieuse dans le but d'effectuer une analyse fine de la relation force–vitesse. Toutefois, les charges de frictions appliquées par Arzac et al. [1,2] s'étendaient de 0,25 et 0,75 N kg^{-1} , celles retenues par Hintzy et al. [10] étaient 0,5 et 1,1 N kg^{-1} et celles retenues par Morin et al. [15] correspondaient à 0,4 ; 0,6 ; 0,8 N kg^{-1} . Si l'on considère que la force de pédalage maximale mesurée (en début de sprint) est d'autant plus grande que la charge de friction est élevée, une telle variation dans le choix des charges de friction limite la possibilité de comparer les résultats de ces études. Dans la méthode de Pérès et al. [18] la force de friction restait constante durant l'exercice. L'ergocycle était considéré comme un dynamomètre isotonic [16] et la force de friction représentait la variable indépendante alors que la vitesse constituait la variable dépendante. En revanche, Arzac et al. [1,2] déterminaient la relation inverse (i.e., vitesse de pédalage en abscisse et force de pédalage en ordonnée). L'attribution des axes des abscisses et des ordonnées a une incidence importante sur la détermination des variables maximales théoriques de vitesse et de force obtenues par extrapolation de la régression linéaire force–vitesse. En effet, les valeurs maximales théoriques sont calculées à partir de l'équation de la droite de régression. Pour une droite à ajuster d'équation du type $y = ax + b$, la pente des moindres carrés ordinaire (a) est déterminée par la formule [26]:

$$a = \frac{\sum (x - \bar{x}) (y - \bar{y})}{\sum (x - \bar{x})^2} \quad (4)$$

La différence entre les valeurs extrapolées obtenues à partir des relations force–vitesse ou vitesse–force est due au calcul de la pente a . En effet, le dénominateur de la formule (4) est différent selon que la vitesse ou la force se trouvent en abscisse. Dans ce contexte la comparaison des résultats avec ceux de la littérature justifie de poser par défaut les variables dépendantes et indépendantes.

4.2. Sensibilité des méthodes d'analyse

La $P_{\text{max SRM}}$ du groupe *international* était 16,4 % significativement supérieure à celle du groupe *national* contrairement à la $P_{\text{max frict}}$ qui ne révélait aucune différence significative entre les groupes (Fig. 4b). Ce résultat suggère que la

puissance mécanique maximale mesurée avec le système *SRM* présente une sensibilité supérieure comparée à la *méthode force de friction*. Le calcul de $P_{\max \text{ frict}}$ selon la formule (2) est source d'approximations. En effet, la force d'inertie n'était pas prise en compte et la $V_{\text{opt frict}}$ était égale à 50 % de V_{frict} chez tous les individus. Les $V_{\text{opt SRM}}$ et les $V_{\text{opt frict}}$ du groupe *international* étaient respectivement 10,1 et 13,1 % significativement supérieures à celles du groupe *national*. Ce résultat doit être interprété avec prudence au regard de la méthode de détermination de la $V_{\text{opt frict}}$. En effet, cette variable dépendante des propriétés mécaniques musculaires ne peut pas être déterminée par calcul. Parmi les variables mécaniques caractérisant un sportif, la vitesse optimale constitue la variable qui possède la signification biologique la plus intéressante. Une relation a en effet été établie [9] entre la répartition en type de fibre musculaire des extenseurs des membres inférieurs et les valeurs de vitesse optimale de pédalage et de puissance maximale développée sur ergocycle.

Les valeurs $V_{\text{0 SRM}}$ et $V_{\text{0 frict}}$ du groupe *international* étaient respectivement 17,5 et 13,2 % supérieures à celles du groupe *national* (Fig. 4a). En revanche, aucune différence significative n'a été observée entre les groupes pour les variables $F_{\text{0 SRM}}$ et pour les $F_{\text{0 frict}}$. Les résultats de notre étude suggèrent que les méthodes *force de friction* et *SRM* sont adaptées à l'estimation rapide des caractéristiques musculaires de force et de vitesse chez des spécialistes de karaté. Toutefois, l'analyse de la relation puissance-vitesse justifie l'utilisation de la *méthode SRM*.

5. Conclusion

L'évaluation des qualités spécifiques chez 2 groupes de spécialistes de karaté de niveau de pratique différent à partir des variables mécaniques maximales théoriques de force et de vitesse générées sur ergocycle est envisageable à partir des 2 méthodes d'analyse. En revanche, seules les valeurs de puissance maximale déterminées par la *méthode SRM* permettent de différencier le niveau de pratique. La *méthode SRM* peut être proposée comme méthode d'analyse des relations force-vitesse et puissance-vitesse en karaté.

Références

- [1] Arzac L. Mécanique musculaire et contrôle neuromusculaire de la production de puissance au cours de l'exercice explosif chez l'homme (thèse). Saint-Étienne: université Jean Monnet; 1995.
- [2] Arzac LM, Belli A, Lacour JR. Muscle function during brief maximal exercise: accurate measurements on a friction-loaded cycle ergometer. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 1996;74:100–6.
- [3] Bassett Jr DR, Kyle CR, Passfield L, Broker JP, Burke ER. Comparing cycling world hour records, 1967–1996: modeling with empirical data. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 1999;31(11):1665–76.
- [4] Broker JP, Kyle CR, Burke ER. Racing cyclist power requirements in the 4000-m individual and team pursuits. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 1999;31(11):1677–85.
- [5] Driss T, Vandewalle H, Monod H. Maximal power and force-velocity relationships during cycling and cranking exercises in volleyball players. *The journal of sports medicine and physical fitness* 1998;38:286–93.
- [6] Durnin JVGA, Rahaman MM. The assessment of the amount of fat in the human body from measurements of skinfold thickness. *British Journal of Nutrition* 1967;21:681–9.
- [7] Ericson MO, Nisell R, Arborelius UP, Ekholm J. Muscular activity during ergometer cycling. *Scand J Rehab Med* 1985;17:53–61.
- [8] Friemel F, Lerouge P, Poirier C, Larger C, Cannet G. Évaluation des performances anaérobies. *Science et Sports* 1989;4:193–8.
- [9] Hautier CA, Linossier MT, Belli A, Lacour JR, Arzac LM. Optimal velocity for maximal power production in non-isokinetic cycling is related to muscle fibre type composition. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 1996;74:114–8.
- [10] Hintzy F, Belli A, Grappe F, Rouillon JD. Effet de l'utilisation de pédales automatiques sur les caractéristiques mécaniques mesurées lors de sprints sur cyclo-ergomètre non isocinétique. *Science et Sports* 1999;14:137–44.
- [11] Hintzy F, Belli A, Grappe F, Rouillon JD. Optimal pedalling velocity characteristics during maximal and submaximal cycling in humans. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 1999;79:416–32.
- [12] Jones SM, Passfield L. The dynamic calibration of bicycle power measuring cranks. In: Haake SJ, editor. *The engineering of sport*. Oxford: Blackwell Science Ltd; 1998. p. 265–74.
- [13] Lakomy HKA. Measurement of work and power output using friction-load cycle ergometers. *Ergonomics* 1986;29(4):509–17.
- [14] Mercier J, Mercier B, Prefaut C. Blood lactate increase during the force velocity exercise test. *Int J Sports Med* 1991;12:17–20.
- [15] Morin JB, Hintzy F, Belli A, Grappe F. Relations force-vitesse et performances en sprint chez des athlètes entraînés. *Science et Sports* 2002;17:78–85.
- [16] Nadeau M, Brassard A, Cuerrier JP. The bicycle ergometer for muscle power testing. *Can J Appl Spt Sci* 1983;8(1):41–6.
- [17] Paton CD, Hopkins WG. Tests of cycling performance. *Sports Med* 2001;31(7):489–96.
- [18] Peres G, Vandewalle H, Monod H. Aspect particulier de la relation charge vitesse lors du pédalage sur cyclo-ergomètre. *Journal de physiologie* 1981;77:10A.
- [19] Peres G, Vandewalle H, Monod H. Comparaison de 3 méthodes de mesure de puissance maximale anaérobie des membres inférieurs. *Cinésiologie* 1988;121:241–9.
- [20] Peres G, Delgado A, Vandewalle H, Monod H. Modification de la puissance maximale anaérobie et des variables de la relation force-vitesse sur ergocycle sous l'effet de l'entraînement. *Cinésiologie* 1989;127:299–301.
- [21] Peres G, Delgado A, Friemel F, Monod H. La relation « force-vitesse » sur ergocycle, est semblable, obtenue par mesure moyennée ou instantanée de la fréquence de pédalage. *Cinésiologie* 1992;142:75–9.
- [22] Vandewalle H, Peres G, Heller J, Panel J, Monod H. Force-velocity relationship and maximal power on a cycle ergometer. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 1987;56:650–6.
- [23] Vandewalle H, Heller J, Peres G, Raveneau S, Monod H. Étude comparative entre le Wingate test et un test force-vitesse sur ergocycle. *Science et Sports* 1987;2:279–84.
- [24] Vandewalle H, Peres G, Heller J, Monod H. Intérêts et limites des relations force-vitesse chez l'homme. *Science et Motricité* 1988;4:38–46.
- [25] Voigt M, Klausen K. Changes in muscle strength and speed of an unloaded movement after various training programmes. *European Journal of Applied Physiology* 1990;5(60):370–6.

- [26] Wonnacott TH, Wonnacott RJ. Statistique économie-gestion-sciences-médecine. Economica 1972 (4^e édition 1991).
- [27] Zehr EP, Sale DG, Dowling JJ. Ballistic movement performance in karate athletes. Medicine and Science in Sports and Exercise 1997;10: 1366–73.

Glossaire

F_{SRM} force (N kg⁻¹) appliquée sur le pédalier mesurée par le SRM

F_{frict} force de friction (N kg⁻¹) calculée, appliquée par la courroie sur le volant d'inertie

V vitesses de pédalage (rpm) mesurées par le SRM

V_{0SRM} vitesse maximale théorique de pédalage (rpm) obtenue par extrapolation de la régression linéaire entre F_{SRM} et V

V_{0frict} vitesse maximale théorique de pédalage (rpm) obtenue par extrapolation de la régression linéaire entre F_{frict} et la valeur pic de V

F_{0SRM} force maximale théorique (N kg⁻¹) appliquée sur le pédalier obtenue par extrapolation de la régression linéaire entre F_{SRM} et V

F_{0frict} force de friction maximale théorique (N kg⁻¹) appliquée par la courroie sur le volant d'inertie obtenue par extrapolation de la régression linéaire entre F_{frict} et la valeur pic de V

$P_{maxfrict}$ puissance maximale (W kg⁻¹) calculée à partir de la formule $0,25 \times V_{0frict} \times F_{0frict}$

P_{maxSRM} puissance maximale (W kg⁻¹) mesurée par le SRM, correspondante à la valeur pic de la relation polynomiale du deuxième degré entre la puissance mesurée par le SRM (P_{SRM} , W) et V

V_{optSRM} vitesse de pédalage (rpm) correspondante à la P_{maxSRM}

$V_{optfrict}$ vitesse de pédalage (rpm) égale à $0,5 \times V_{0frict}$