

Bioénergétique et échanges cardiorespiratoires lors de deux situations de combat en judo et en kendo

Ahmaidi^{1,2} S, M. Calmet², P. Portero^{1,2}, D. Lantz², W. Vat², JP. Libert¹

1)-Laboratoire TEF-Adaptations Physiologiques et Comportementales (EA 2088), Faculté de Médecine, Université de Picardie Jules Verne, 80036 Amiens,

2)-Faculté des Sciences du Sport, Université de Picardie Jules Verne, 80025 Amiens.

Résumé

Le but de ce travail était de comparer la consommation d'oxygène et les réponses cardiorespiratoires lors de deux situations de combat et de situer ces niveaux d'exigences métaboliques par rapport à un effort maximal aérobie réalisé au laboratoire. Huit jeunes débutants masculins volontaires, âgés de $22,8 \pm 2,9$ ans, ont réalisé une épreuve d'effort maximale sur ergocycle et ont participé, contre le même adversaire, à deux situations de combat en judo et en kendo-scolaire selon un ordre aléatoire à une semaine d'intervalle. La consommation d'oxygène et les réponses cardioventilatoires ont été mesurées respectivement, au repos, à chaque minute pendant 3 min effectives de combat et lors de l'épreuve d'effort maximale, à l'aide d'un système portable d'analyse de gaz par télémétrie (Cosmed K2). La situation conçue pour le judo consistait, pour le porteur du matériel, à mettre son adversaire à terre tout en restant debout. Pour l'adversaire, il s'agissait de soulever et de décoller son adversaire du sol. En kendo-scolaire, la situation consistait à combattre à l'aide d'un bâton selon des règles adaptées du Kendo fédéral. Les résultats ne montrent pas de différence significative pour l'ensemble des variables énergétiques et cardiorespiratoires mesurées au repos. Au cours de la 3^{ème} min des combats en judo et en kendo, respectivement, la consommation d'oxygène (78 et 65%), la fréquence cardiaque (89 et 86%), le pouls d'oxygène ($\dot{V}O_2/FC$), la ventilation (69 et 60%), la capacité vitale et la fréquence respiratoire présentent des hauts pourcentages par rapport aux valeurs maximales mais ne diffèrent pas statistiquement. En conclusion, cette étude montre qu'en situation réelles de pratique, la consommation d'oxygène et les réponses cardioventilatoires sont importantes en fin de combat mais restent comparables entre le judo et le kendo en dépit d'une forme de pratique différente.

Mots clés: Bioénergétique, consommation d'oxygène, débit ventilatoire, judo, kendo-scolaire.

INTRODUCTION

Les études de la littérature rapportent peu de travaux relatifs aux processus physiologiques inhérents aux sports de combat dans leur globalité (Majean, Gaillat, Callec, Eterradossi et Favre-Juvin 1990; Francescato, Talon, & di Prampero 1995; Gariod, Favre-Juvin, Novel, Reutenauer, Majean et Rossi 1995; Vallier, Brisswalter et Hanon 1995). Cette constatation est beaucoup plus marquée lorsqu'il s'agit d'activité sportive telle que le Kendo. Pourtant, les sports de combat sont des sports techniques et stratégiques occasionnant une dépense énergétique importante et les entraîneurs doivent intégrer l'ensemble de ces composantes dans la préparation des athlètes.

Il ressort de la majorité des études un manque manifeste d'approches physiologiques du judo, notamment au niveau de la mesure de la dépense énergétique de nature aérobie et la sollicitation cardiorespiratoire en conditions réelles de pratique. Actuellement, le développement technologique a permis la conception d'appareils miniaturisés de mesure de la dépense énergétique et des échanges gazeux respiratoires (Cosmed K2). Ce matériel permet une détermination fiable de la demande métabolique par télémétrie (Kawakami, Nozaki, Atsuo & Fukunaga 1992; Peel & Utsey 1993; Crandall, Taylor & Raven 1994; Bigard & Guezennec, 1995). Nous nous sommes intéressés également au cours de cette étude au kendo-scolaire (Calmet, Bourrely et Ontanon 1994) qui est une activité sportive nouvelle n'ayant pas encore fait l'objet d'études physiologiques approchant la sollicitation métabolique et cardiorespiratoire. Le judo et le kendo-scolaire sont deux sports de combat dont la forme de pratique est différente et le but de ce travail était de comparer la dépense énergétique aérobie et les réponses cardiorespiratoires suscitées par deux situations de combat en kendo et en judo dans des conditions réelles de pratique sur le terrain et de comparer ces niveaux d'exigences métaboliques à celui de l'effort maximal aérobie réalisé au laboratoire.

MATERIEL ET METHODES

Sujets

Huit débutants masculins volontaires, âgés de $22,8 \pm 2,9$ ans, de taille $176,9 \pm 4,5$ cm et de poids $71,9 \pm 5,5$ kg ont participé à cette étude. Tous étaient actifs, pratiquaient diverses disciplines sportives mais n'étaient pas des spécialistes de sports de combat. La nature et le but de l'étude avaient été expliqués aux sujets avant la participation à l'étude. L'ensemble des sujets avait donné son accord avant la participation à ce travail.

Matériel

La dépense énergétique et l'adaptation cardiorespiratoire ont été mesurés par un système portable d'analyse des gaz par télémétrie (Cosmed K2).

La dépense énergétique aérobie a été approchée par la mesure de la consommation d'oxygène ($\dot{V}O_2$, $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$, STPD). La sollicitation cardiorespiratoire était appréciée à partir des échanges gazeux par la mesure de la ventilation ($\dot{V}E$, l.min^{-1} , BTPS), la fréquence respiratoire (FR, cycle.min^{-1}), et le volume courant (VT, l), et à partir de la fréquence cardiaque (FC, bat.min^{-1}), et du pouls d'oxygène ($PO_2 = \dot{V}O_2 / FC$, $\text{ml.kg}^{-1}.\text{bat}^{-1}$).

Protocole

Avant la participation aux expériences, l'ensemble des sujets réalisait une épreuve d'effort maximale à charges croissantes au laboratoire. L'exercice était effectué sur ergocycle à frein électromagnétique. Après l'enregistrement des valeurs de repos, l'épreuve commençait par un échauffement de 3 min à 30 Watts. La charge était ensuite augmentée de 30 W.min^{-1} sauf à la fin du test où l'augmentation était réduite à 20 voire 10 W.min^{-1} afin d'approcher de façon précise la mesure des paramètres maximaux. Les critères d'atteintes de la $\dot{V}O_2$ max étaient les suivants:

- 1) un accroissement de $\dot{V}O_2$ inférieur à 100 ml.min^{-1} malgré l'augmentation de la charge.
- 2) l'atteinte de la fréquence cardiaque maximale théorique selon la formule $220 - \text{âge} \pm 10\%$ (Astrand & Rodahl 1970) et l'incapacité de maintenir la fréquence de pédalage (60 rpm).

Pendant toute la durée du test, les échanges gazeux respiratoires, les paramètres ventilatoires et la fréquence cardiaque étaient mesurés par le système portable d'analyse des gaz (Cosmed K2). Chaque sujet a participé ensuite à deux situations expérimentales et est considéré comme son propre témoin. Une séance de familiarisation avec le protocole expérimental et le matériel a été

réalisée pour chaque sujet. Lors de cette séance de familiarisation, le déroulement des séances dans les deux activités a été réalisé avec un masque facial semblable à celui du Cosmed K2. Le masque était la seule partie du système de mesure posant un problème d'adaptation de la pratique. La dépense énergétique et les réponses cardioventilatoires étaient mesurées au repos, après un échauffement et pendant les phases de combat en judo et en kendo. Toutes les prises de mesures ont été réalisées d'une manière identique avec le même matériel, suivant le même protocole et se sont déroulées dans la même salle de combat. L'ordre de passage des sujets était aléatoire et les combats étaient espacés d'une semaine. Chaque sujet réalisait un combat dans chaque activité avec le même adversaire.

Déroulement type d'une séance de mesure

Les mesures étaient moyennées sur un intervalle de temps de 5 s afin de mieux distinguer les phases d'actions et les phases du repos lors des combats. La séance débutait par 5 min de mesures effectuées au repos en position assise; suivaient 20 min d'échauffement identique pour chaque sujet, dans chaque activité. Le temps de combat étant un temps effectif, nous avons procédé à un relevé chronométrique des durées des différentes phases de travail et de récupération pour faciliter l'analyse des résultats.

Situations mises en place

Pour élaborer les situations, nous avons pris en compte deux contraintes: d'une part, la fragilité de l'appareil de mesure et, d'autre part, le souci de préserver l'incertitude; caractéristique des sports de combats qui donne la possibilité pour les deux protagonistes de gagner.

Pour le sujet qui portait le matériel de mesure, la situation en judo prévoyait un règlement de type lutte Sénégalaise (mettre l'adversaire à terre en restant debout et en veillant à le maintenir lors de la projection). Pour l'adversaire, il s'agissait d'un règlement de type lutte Turque (soulever son adversaire, le décoller du sol sans projection).

La situation utilisée en kendo correspondait au type de situation élaborée par Calmet *et al.*, (1994) pour la mise en forme du kendo scolaire (la tête, la poitrine et le triangle génital étaient considérés comme des zones d'attaque interdites. Certaines actions comme les piques, les attaques à une main, les appuis autres que les pieds et la perte de l'arme lors de l'assaut étaient également non autorisées).

La durée des phases de combat étaient fixée à 3 min.

RESULTATS

Les données cardiorespiratoires relevées lors de l'épreuve d'effort maximale sont les suivantes: $\dot{V}O_2 \text{ max} = 52 \pm 5,3 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$, $\text{FC max} = 187 \pm 4 \text{ bat.min}^{-1}$, $\dot{V}E = 103 \pm 10 \text{ l.min}^{-1}$, puissance maximale = $330 \pm 20 \text{ W}$. Les valeurs de repos des variables métaboliques ($\dot{V}O_2$: $6,52 \pm 2,4$ vs. $6,45 \pm 0,93 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$), cardiaques (FC: 84 ± 22 vs. $87 \pm 20 \text{ bat.min}^{-1}$, PO_2 : $5,88 \pm 2,43$ vs. $5,52 \pm 0,73 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{bat}^{-1}$) et des échanges gazeux ventilatoires ($\dot{V}E$: $18,6 \pm 3,96$ vs. $17,77 \pm 3,93 \text{ l.min}^{-1}$, VT: $1,03 \pm 7,01$ vs. $0,90 \pm 0,34 \text{ l}$, FR: $22,23 \pm 7,01$ vs. $21,74 \pm 7,21 \text{ cycle.min}^{-1}$), respectivement en judo et en kendo, ne présentent pas de différences significatives.

La dépense énergétique sollicitée dans les deux situations de combat représente, lors de la 3^{ème} min, un pourcentage élevé de la valeur maximale obtenue lors de l'épreuve de laboratoire. Les valeurs sont légèrement supérieures pour le judo. Cependant, aucune différence significative n'a été observée entre le judo et le kendo lors des différentes périodes de combat [1^{ère} min: $14,79 \pm 5,05$ (28%) vs. $17,75 \pm 3,8$ (34%), 2^{ème} min: $35,39 \pm 12,85$ (68%) vs. $34,38 \pm 5,54$ (66%), et 3^{ème} min: $40,73 \pm 4,05$ (78%) vs. $34,14 \pm 6,13$ (65%) $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$].

La fréquence cardiaque brute obtenue lors de la 3^{ème} min de combat, représente des pourcentages élevés par rapport à la valeur maximale. Les valeurs sont légèrement supérieures pour le judo. Aucune différence significative n'a été notée entre le judo et le kendo lors des différentes phases de combat pour FC [1^{ère} min: 130 ± 22 (70%) vs. 137 ± 21 (73%), 2^{ème} min: 161 ± 18 (86%) vs. 157 ± 13 (84%), et 3^{ème} min: 166 ± 18 (89%) vs. 162 ± 13 (86%) bat.min^{-1}] ni pour PO_2 [1^{ère} min: $8 \pm 2,1$ vs. $9,4 \pm 2,4$, 2^{ème} min: $15,62 \pm 3,88$ vs. $15,84 \pm 2,60$, et 3^{ème} min: $17,85 \pm 3,24$ vs. $15,22 \pm 2,68 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{bat}^{-1}$].

Au niveau des réponses respiratoires, il n'y a pas de différence significative entre le judo et le kendo lors des phases de combats. Mais des hauts pourcentages par rapport à la valeur maximale avec des valeurs légèrement supérieures pour le judo ont été obtenus lors de la 3^{ème} min pour $\dot{V}E$ [1^{ère} min: $33,1 \pm 10,89$ (32%) vs. $38,55 \pm 4,2$ (37%), 2^{ème} min: $63,78 \pm 16,64$ (62%) vs. $59,01 \pm 11,15$ (57%), et 3^{ème} min: $71,51 \pm 15,87$ (69%) vs. $61,68 \pm 12,55$ (59%) l.min^{-1}], pour VT [1^{ère} min: $1,31 \pm 0,40$ vs. $1,33 \pm 0,48$, 2^{ème} min: $1,94 \pm 0,49$ vs. $1,86 \pm 0,4$, et 3^{ème} min: $2,08 \pm 0,5$ vs. $1,97 \pm 0,39 \text{ l}$], et pour FR [1^{ère} min: $26,91 \pm 8,23$ vs. $32,62 \pm 7,02$, 2^{ème} min $33,99 \pm 6,64$ vs. $32,96 \pm 5,97$, et 3^{ème} min: $35,60 \pm 6,64$ vs. $32,72 \pm 5,73 \text{ cycle.min}^{-1}$].

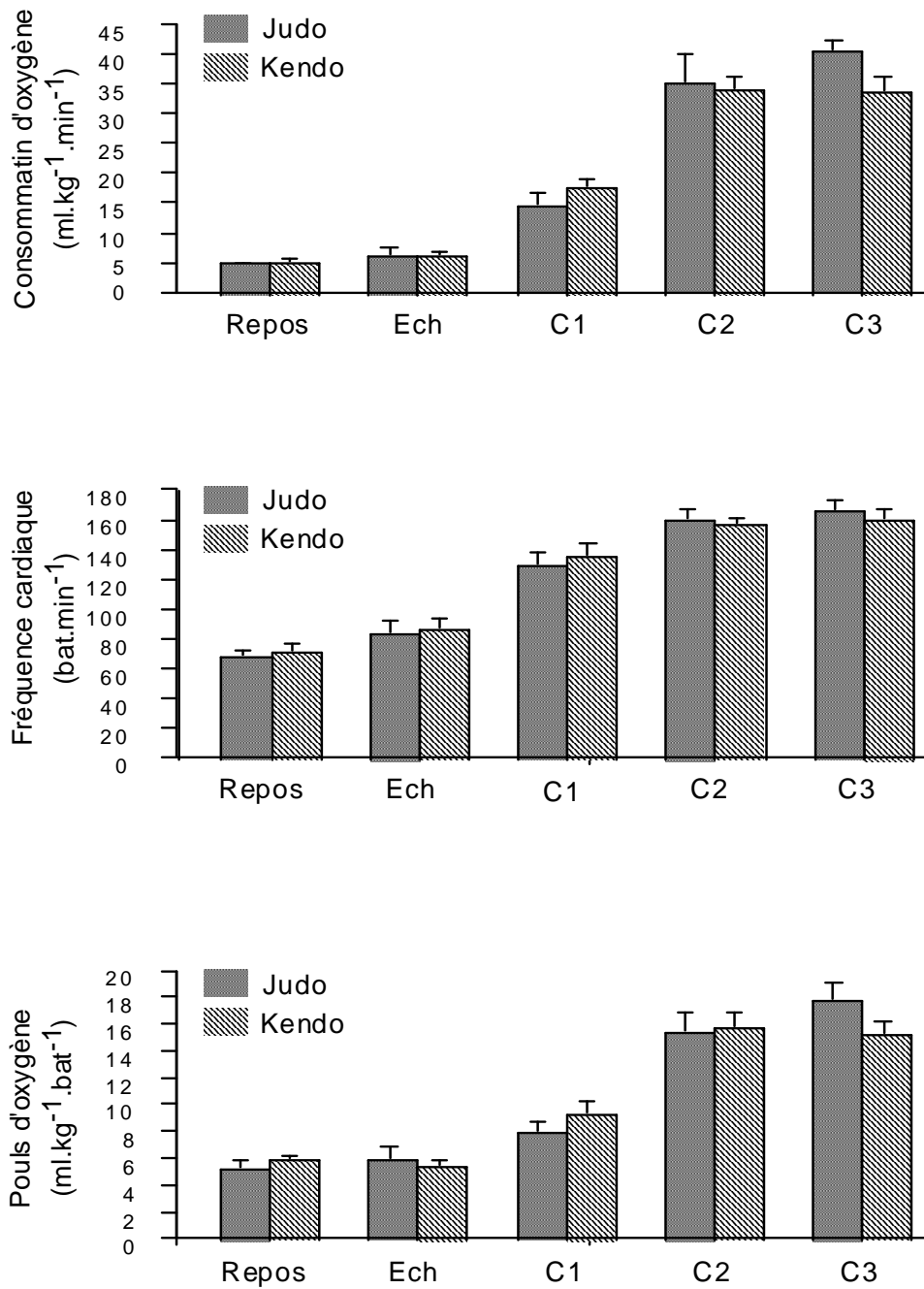


Figure 1: Consommation d'oxygène (ml.kg⁻¹.min⁻¹), fréquence cardiaque (bat.min⁻¹) et pouls d'oxygène (ml.kg⁻¹.min⁻¹) au repos, après l'échauffement (Ech) et lors des trois minutes de combat (C1, C2, C3) en judo et en kendo.

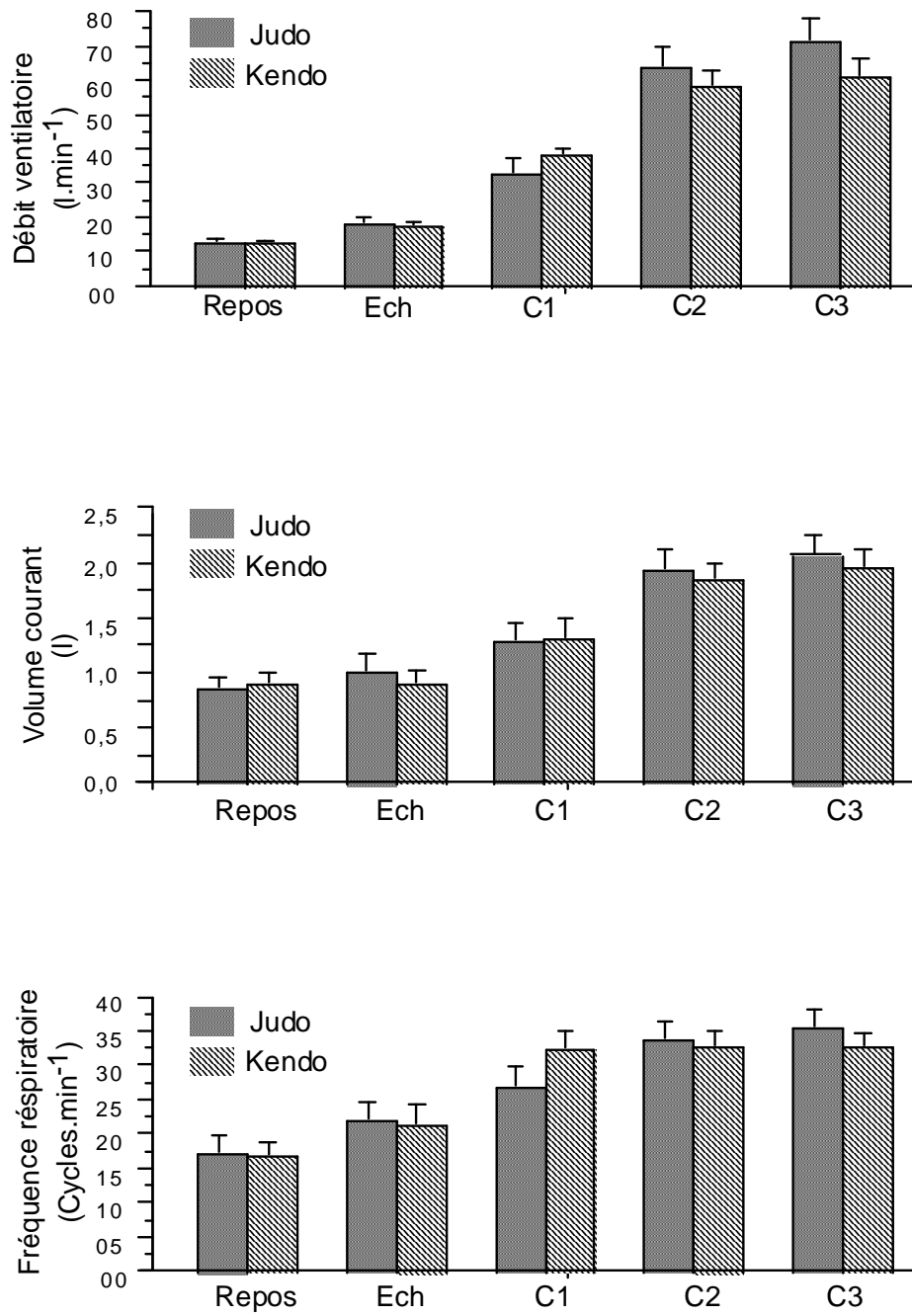


Figure 2. - Ventilation pulmonaire (l.min⁻¹), volume courant (l) et fréquence respiratoire (cycle.min⁻¹) au repos, après l'échauffement (Ech) et lors des trois minutes de combat (C1, C2, C3) en judo et en kendo

CONCLUSION

Le judo et le kendo exigent une dépense énergétique d'origine aérobie et une adaptation du système cardiorespiratoire comparables lors des différentes phases des combats. Celles-ci représentent des valeurs élevées en fin de combat par rapport aux possibilités maximales aérobies. L'analyse de nos résultats nous conduit à en tirer des conclusions pour l'entraînement. Au niveau de l'entraînement du kendo et du judo, nous pensons qu'il est possible de proposer, aux adultes débutant dans l'activité, en plus des séances d'entraînement classique, des séances privilégiant des exercices de courtes durées et d'intensités élevées. Au niveau de l'enseignement du kendo scolaire, les contenus d'enseignement doivent être adaptés de manière à respecter les restrictions physiologiques exprimées pour certaines catégories d'âges. En effet, la sollicitation du métabolisme anaérobie chez l'enfant est déconseillée. Or, puisque la dépense énergétique au kendo, sous forme compétitive, exige des exercices brefs et intenses sollicitant aussi le métabolisme anaérobie, il est nécessaire d'être vigilant quant aux situations à mettre en place dans les séances du kendo scolaire.

BIBLIOGRAPHIE

- Astrand P. & Rodahl K. (1970). *Textbook of work physiology*. McGraw-Hill, New York.
- Bigard X. and Guezennec CY. (1995). Evaluation of the cosmed telemetry system during exercise at moderate altitude. *Med. Sci. Sport Exerc.* 27:1333-1338.
- Calmet M., Bourrely L., et Ontanon G. (1994). Les trois coups du kendo. *Revue E.P.S.*, 249: 26-29.
- Crandall CG., Taylor SL., and Raven PB. (1994). Evaluation of the cosmed K2 portable telemetric oxygen uptake analyser. *Med. Sci. Sport Exerc.*, 26:108-111.
- Favre-Juvin A., Majeau H., Gaillat L., Eterradosi J. (1989). Approche physiologique du judo. *Sport Méd. Actual.*, 40: 5-10.
- Francescato MP., Talon T., and di Prampero PE. (1995). Energy cost and energy source in karate. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 71: 355-361.
- Gariod L., Favre-Juvin A., Novel V., Reutenauer H., Majeau H., et Rossi A. (1995). Evaluation du profil énergétique des judokas par spectroscopie RMN du P³¹. *Science et Sports*, 10: 201-207.
- Gorostiag A. (1989). Observation des temps de combat en compétition de judo. Congrès de la fédération européenne de judo. Pamplune.
- Kawakami Y., Nozaki D., Atsuo A., and Fukunaga T. (1992). Reliability of measurement of oxygen uptake by a portable telemetric system. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 65:409-414.
- Majeau H., et Gaillat L. (1986). Etude de l'acide lactique sanguin chez le judoka en fonction des méthodes d'entraînement. *Médecine du sport*, 60:194-197.
- Majeau H., Gaillat L., Callec C., Eterradosi J. et Favre-Juvin A. (1990). Approche Physiologique du judo sur le terrain. *Sport et Médecine*, 49:28-32.
- Müller Deck H. (1987). Teoretische propositionen und praktische Logungsen-sätze zur Situations Training als prinzi-pielle Methode des technischen-taktischen Training im judo (teil I). *Theorie und Praxis der Körperkultur*, 2:105-111.
- Peel C., and Utsey C. (1993). Oxygen consumption using K2 telemetry system and a metabolic card. *Med. Sci. Sport Exerc.*, 25: 396-400.
- Thomas Ph., Goubault C., et Beau MC. (1990). Evolution de la lactatémie au cours de randoris successifs. *Médecine du sport*, 5: 120-124.
- Vallier JM., Brisswalter J., et Hanon C. (1995). Evaluation du métabolisme énergétique de la boxe anglaise de haut niveau. *Science et Sports*, 10: 159-162.