

Proposition d'un test d'effort intermittent pour déterminer la vitesse maximale aérobie (80/20_{VMA})

Proposal for an intermittent exercise test to determine maximum aerobic speed (80/20_{MAS})

Saddek Benhammou ¹, Moulay Idriss Mokkedes ², Laurent Mourot ³, Ali Bengoua ⁴,

¹IEPS Mostaganem, Email: saddek.benhammou@uinv-mosta.dz

²IEPS Mostaganem, Email: mi_mokkedes@hotmail.fr

³Marqueurs pronostiques et facteurs de régulation des pathologies EA3920, Université Bourgogne Franche-Comté, France, Email: laurent.mourot@univ-fcomte.fr

⁴IEPS Mostaganem, Email: ali.bengoua@univ-mosta.dz

INFORMATION SUR L'ARTICLE

Reçu le :29/08/2019

Accepté le :31/10/2019

Publié le :01/12/2019

Mots clés:

Vitesse maximale aérobie

Test de l'université de Montréal

Évaluation

Étude comparative

Auteur correspondant:

Benhammou Saddek

Email :

saddek.benhammou@uinv-
mosta.dz

Keywords:

Maximal aerobic speed

University of Montreal Track test
Assessment

Comparative study

Résumé:

L'objectif était de comparer 2 tests d'évaluation de la VMA: test de la présente étude appelé 80/20_{VMA} vs test sur piste de l'université de Montréal (UMTT) en terme de VMA, la fréquence cardiaque (FC), et de lactatémie (LA). Les résultats de 80/20_{VMA} et UMTT réalisés à 72 heures d'intervalle ont été comparés chez 17 athlètes. Les valeurs moyennes de VMA calculées lors du 80/20_{VMA} et UMTT étaient significativement différentes (18.7 km.h⁻¹ ± 1.2, 17.3 km.h⁻¹ ± 1.3, respectivement), malgré un fort coefficient de corrélation ($r = 0.93$; CV= 6.8%; $p < 0,05$). Aucune différence significative de FCmax et LA n'a été observée entre les deux tests. Le 80/20_{VMA} que nous proposons permet d'obtenir une FCmax et LA comparable à un test classique tel que UMTT. Cependant, les résultats soulignent que 80/20_{VMA} surestime la VMA.

Abstract

The purpose was to compare 2 tests for assessing the MAS: 80/20_{MAS} test vs University of Montreal Track test (UMTT) in terms of MAS, heart rate (HR), and Lactatemia (LA). The results of 80/20_{MAS} and UMTT realized in 72 hours apart were compared in 17 athletes. The mean values of MAS calculated for using 80/20_{MAS} and UMTT were significantly different (18.7 km.h⁻¹ ± 1.2, 17.3 km.h⁻¹ ± 1.3, respectively), despite a strong correlation coefficient. No significant differences of HR and LA were found between the two Tests. The 80/20_{MAS} that we propose allows obtaining an FCmax and LA comparable to a conventional test such as UMTT. However, the results underscore that 80/20_{MAS} overestimates MAS.

1- Introduction

De nombreuses épreuves d'évaluation de la vitesse maximale aérobie (VMA) ont été mise au point par les scientifiques du sport. Ces épreuves sont de réalisation plus ou moins complexe, certaines demandant un matériel relativement lourd, d'autres sollicitant moins de moyens et pouvant être programmées sur le terrain. Quelques études ont démontré que la VMA est un excellent indicateur de la performance réalisée en course de demi-fond et de fond (Lacour & Candau, 1990; Lacour, Padilla, Barthélémy, & Dormois, 1990; Noakes, Myburgh, & Schall, 1990; Padilla, Bourdin, Barthélémy, & Lacour, 1992; Almarwaey, Jones, & Tolfrey, 2003; Hausswirth, Bieuzen, Argentin, Levêque, & Patou, 2004), et qu'elle était aussi utile pour contrôler les allures de course et déterminer l'intensité d'entraînement idéale (Lacour et al., 1989; Ahmaidi, Collomp, Caillaud, & Préfaut, 1992; Berthoin, Gerbeaux, Guerrin, Lensel, & Vandendorpe, 1992; Smith, Naughton, & Marshall, 1999; Billat et al., 2000; Laursen & Jenkins, 2002). La VMA a été déterminée dans plusieurs études (Briggs, 1977; Léger & Boucher, 1980; Péronnet, Thibault, Rhodes, & Mckenzie, 1987; Camus, Juchnes, Thys, & Fossion, 1988), elle est définie comme étant la vitesse minimale qui sollicite la consommation maximale d'oxygène (Di Prampero, Atchou, Bruckner, & Moia, 1986; Péronnet & Thibault, 1987; Lacour, Padilla, Chatard, Arzac, & Barthélémy, 1991; Billat & Koralsztein, 1996; Billat, 1998; Demarle et al., 2001; Billat, Berthoin, Blondel, & Gerbeaux, 2001).

Les tests de VMA sont régulièrement effectués par les athlètes au cours des différents cycles d'entraînement afin de prescrire les charges d'entraînement (Gore, 2000). Les tests en laboratoire peuvent être utilisés dans ce contexte, mais ce genre de tests est coûteux et ne permet la mesure qu'un seul sportif à la fois, et finalement en pratique d'entraînement cela pose des limites (Berthoin et al., 1994). Les évaluations de terrain ont une meilleure validité externe, et sont considérées comme plus pratiques (Bellenger et al., 2015). C'est pour cette raison que le réalisme amène les entraîneurs à opter pour les tests de terrain.

Un certain nombre d'études ont abordé le sujet de comparaison des tests de VMA (Ahmaidi et al., 1992; Berthoin et al., 1994; Berthoin, Pelayo, Lensel, Robin, & Gerbeaux, 1996; Garcia, Secchi, & Cappa, 2013). Dans ce contexte, notre étude est basée sur l'analyse et la comparaison d'un nouveau test de détermination de la VMA appelé $80/20_{VMA}$ par rapport à un test triangulaire le plus fréquemment utilisé: Test sur Piste de l'Université de

Proposition d'un test d'effort intermittent pour déterminer la vitesse maximale aérobie ($80/20_{VMA}$)

Montréal (UMTT) (Léger et Boucher, 1980). La comparaison est basée sur la relation entre UMTT et $80/20_{VMA}$ en fonction des variables bien définies: VMA, la fréquence cardiaque maximale (FCmax), lactate (LA), qu'il n'est pas question de remettre en cause ces indices (Cazorla, 1990).

Plusieurs études aptes d'évaluer la VMA (Daniels, Scardina, & Hayes, 1984; Cazorla, 1990), ont recommandé le choix des tests triangulaires pour arriver à une vitesse terminale proche à la VMA. En d'autres termes, est-ce que le $80/20_{VMA}$ (protocole triangulaire) permettra d'obtenir une VMA similaire en comparaison avec UMTT ?

Sans tenir compte de différences dans les deux protocoles utilisés, nous avons émis l'hypothèse que les réponses physiologiques déterminées par le $80/20_{VMA}$ sont comparables à celles de l'UMTT.

2-Méthodes et outils

2.1. Échantillon

Dix-sept athlètes masculins en bonne santé, âgés de 16 à 21 ans, ont participé volontairement à l'étude (caractéristiques anthropométriques présentées dans le Tableau 1). Il s'agit d'athlètes entraînés (4 séances d'entraînement par semaine).

2.2. Matériels

L'étude s'appuie sur l'évaluation de deux épreuves, chaque sujet a réalisé deux évaluations séparées de 72 heures (ordre randomisé) :

- Un test UMTT pour la détermination de la VMA référence;
- Un test $80/20_{VMA}$ pour pouvoir comparer les résultats obtenus entre les deux tests.

Les tests sont programmés au même moment de la journée, et dans les mêmes conditions expérimentales (température similaires entre 21 °C et 26 °C, et la vitesse du vent sur piste a été contrôlée par un anémomètre portable: PCE-AM81), dans le but d'éloigner tout élément perturbateur. Les sujets n'ont pas été informés de la première valeur réalisée afin qu'ils ne cherchent pas pour objectif de la dépasser.

La nature maximale du $80/20_{VMA}$ a été vérifiée par mesure de la fréquence cardiaque et de la concentration du lactate sanguin. La fréquence cardiaque a été enregistrée au moyen d'un cardio-fréquencemètre (Polar RS300x). Des micro-prélèvements sanguins au niveau du lobe de l'oreille/doigt on été effectués trois minutes après la fin de chaque test pour mesurer la concentration du lactate sanguin à l'aide d'un appareil Lactate Pro (LT-1710).

Tableau 1 : Données anthropométriques

n = 17	Age (années)	Poids (kg)	Taille (cm)
m	18.23	68	175.29
s	1.52	4.07	4.59

Note : les valeurs en moyennes \pm écarts-types

2.3. Test sur Piste de l'Université de Montréal (UMTT)

Il s'agit d'un test continu à intensité croissante par paliers. Ce test consiste à courir autour d'une piste (des plots disposés tout autour de la piste tous les 50 mètres) au rythme de signaux sonores dont la fréquence s'accélère (incrémentation) de 1 km.h^{-1} toutes les deux minutes. La vitesse initiale est de 8 km.h^{-1} , la vitesse au dernier palier de course entièrement couru est la vitesse maximale aérobie (Léger et Boucher, 1980). La VO_2max est déterminée à partir de la formule développée par Léger et Mercier (1983) :

$$\text{VO}_2\text{max} = 3.5 * V.$$

V : la vitesse maximale aérobie en km.h^{-1} .

2.4. Protocole du test 80/20 V_{MA}

Il s'agit d'un test intermittent par paliers. Le test peut s'effectuer sur une piste plate étalonnée de 200m ou 400m. Il consiste à suivre une vitesse de course réglée par des bips sonores émettant des bips à intervalles réguliers de 80m suivie d'une phase de récupération de 20m. A chaque bip, le sportif doit se trouver au niveau d'un des plots placés tous les 40 mètres sur la piste. Le premier palier démarre sur un rythme de 8 km.h^{-1} . La vitesse augmente de 0.5 km.h^{-1} toutes les 200m ce qui correspond au franchissement d'un palier. La V_{MA} correspond à la vitesse atteinte au dernier palier courue complètement. Dans le cas où un palier n'est pas entièrement réalisé, on retient l'avant dernière vitesse courue régulièrement.

Proposition d'un test d'effort intermittent pour déterminer la vitesse maximale aérobie (80/20_{VMA})

Tableaux 2 : Tableau de correspondance du test 80/20_{VMA}

Paliers	VMA Km/h	40m	80m	R	40m	80m	R	D
01	8	18''	36''	15''	18''	36''	15''	1'42''
02	8.5	17''	34	15''	17	34	15''	3'20''
03	9	16''	32''	15''	16''	32''	15''	4'54''
04	9.5	15''	30''	15''	15''	30''	15''	6'24''
05	10	14''	28''	15''	14''	28''	15''	7'50''
06	10.5	14''	28''	15''	14''	28''	15''	9'16''
07	11	13''	26''	15''	13''	26''	15''	10'38''
08	11.5	13''	26''	15''	13''	26''	15''	12'
09	12	12''	24''	15''	12''	24''	15''	13'18
10	12.5	12''	24''	15''	12''	24''	15''	14'36''
11	13	11''	22''	15''	11''	22''	15''	15'50''
12	13.5	11''	22''	15''	11''	22''	15''	17'04''
13	14	10''	20''	15''	10''	20''	15''	18'14''
14	14.5	10''	20''	15''	10''	20''	15''	19'24''
15	15	10''	20''	15''	10''	20''	15''	20'34''
16	15.5	9''	18''	15''	9''	18''	15''	21'40''
17	16	9''	18''	15''	9''	18''	15''	22'46''
18	16.5	9''	18''	15''	9''	18''	15''	23'52''
19	17	8''	16''	15''	8''	16''	15''	24'54''
20	17.5	8''	16''	15''	8''	16''	15''	25'56''
21	18	8''	16''	15''	8''	16''	15''	26'58''
22	18.5	8''	16''	15''	8''	16''	15''	28'
23	19	7''	14''	15''	7''	14''	15''	28'58''
24	19.5	7''	14''	15''	7''	14''	15''	29'56''
25	20	7''	14''	15''	7''	14''	15''	31'14''
26	20.5	7''	14''	15''	7''	14''	15''	31'52''
27	21	6''	12''	15''	6''	12''	15''	32'46''
28	21.5	6''	12''	15''	6''	12''	15''	33'44''
29	22	6''	12''	15''	6''	12''	15''	34'34''
30	22.5	6''	12''	15''	6''	12''	15''	35'28''
31	23	5''	10''	15''	5''	10''	15''	36'18''
32	23.5	5''	10''	15''	5''	10''	15''	37'08''
33	24	5''	10''	15''	5''	10''	15''	37'58''
34	24.5	5''	10''	15''	5''	10''	15''	38'48''
35	25	4''	8''	15''	4''	8''	15''	39'34''

Note : R : récupération sur 20 mètre. D : durée d'effort

2.5. Analyse statistique

Les résultats sont exprimés en moyenne \pm écart type. Des coefficients de corrélation ont été calculés entre les deux tests en utilisant un test de B.Pearson, complétée par des calculs des coefficients de variation (CV) pour vérifier la relation entre les résultats obtenus par les deux tests. Un test t de Student pour des échantillons appariés a été utilisé, cet outil statistique a pour but de définir des différences significatives entre les deux tests comparés. L'analyse de Bland-Altman (Bland et Altman, 1986) est

également utilisée afin d'estimer la concordance et les limites d'agrément entre les valeurs obtenues lors du test 80/20_{VMA} et UMTT. Le niveau de signification a été établi à $p < 0.05$. L'analyse statistique a été réalisée sous IBM SPSS STATISTIC version 23.

3. Résultats

Les valeurs de VMA ainsi que les autres variables mesurées sont présentées dans le tableau 3. Les résultats de ce travail révèlent une différence significative entre les deux tests concernant la variable principale de cette étude (VMA). La moyenne de VMA obtenue lors du UMTT ($17.3 \text{ km.h}^{-1} \pm 1.3$) était inférieure à celle mesurée à l'aide du 80/20_{VMA} ($18.7 \text{ km.h}^{-1} \pm 1.2$), malgré un fort coefficient de corrélation ($r = 0.93$; $CV = 6.8\%$). Les limites d'agrément à 95% entre les valeurs de VMA déterminées par UMTT (VMA_{UMTT}) et celles mesurées par 80/20_{VMA} ($VMA_{80/20}$) étaient - 2.15 à 0.31 km.h^{-1} (bias = 1.23 km.h^{-1}).

Concernant la FCmax, aucune différence significative enregistrée entre les deux tests. La FCmax moyenne était à $190.9 \pm 2.2 \text{ bpm}$ pour UMTT, $191.8 \pm 3.3 \text{ bpm}$ pour 80/20_{VMA} ($r = 0.70$; $CV = 1.1\%$) (tableau 3). Enfin, les valeurs de la concentration en lactates sanguins relevées durant 80/20_{VMA} sont supérieures à celles enregistrées durant UMTT. Les moyennes après chaque test étaient $11.0 \pm 0.4 \text{ mmol.L}^{-1}$ pour UMTT, et $11.3 \pm 0.5 \text{ mmol.L}^{-1}$ pour 80/20_{VMA}, mais cet écart n'est significatif (tableau 3) malgré un faible coefficient de corrélation ($r = 0.28$; $CV = 3.9\%$).

Tableau 3 : Caractéristiques physiologiques et performances réalisées lors des deux tests

Test Variables	Test UMTT	Test 80/20 _{VMA}
VMA (km.h^{-1})	17.3 ± 1.3 *	18.7 ± 1.2
CC		0.93
CV (%)		6.8
FCmax (bpm)	190.9 ± 2.2	191.8 ± 3.3
CC		0.70
CV (%)		1.1
LA (mmol.L^{-1})	11.0 ± 0.4	11.3 ± 0.5
CC		0.28
CV (%)		3.9

*: différence significative vs test 80/20_{VMA} à $p < 0.05$.

CC : coefficient de corrélation. CV (%) : coefficient de variation en pourcentage. FCmax : fréquence cardiaque maximale.

LA : lactatémie



Figure 1: Relation entre VMA_{UMTT} et $VMA_{80/20}$

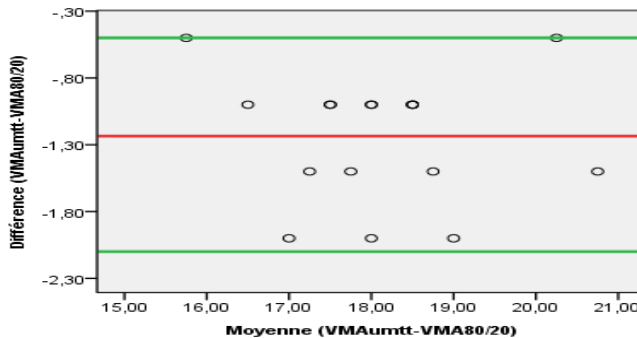


Figure 2: Concordance entre VMA_{UMTT} et $VMA_{80/20}$: graphe de Bland et Altman

4. Discussion

L'objectif de cette étude était de comparer les réponses physiologiques et la VMA au cours d'un test progressif (UMTT) par rapport à un nouveau test de course sur piste ($80/20_{VMA}$). Les résultats ont montré des valeurs de VMA significativement différentes entre les deux tests de terrain. Par contre, aucune différence de FCmax et lactatémie de fin d'effort n'a été observée entre les deux tests.

4.1. La vitesse maximale aérobie

Dans notre étude, on a enregistré une différence entre VMA_{UMTT} et $VMA_{80/20}$ de 1.4 km.h^{-1} en moyenne, soit une différence 8%. À titre individuel, les résultats ont montré une variabilité des VMA obtenues dans la mesure où 8 athlètes sur 17, soit 47% ont un écart plus de 1 km.h^{-1} avec

un risque d'erreurs qui n'excède pas 2 km.h^{-1} . La figure 1A, illustre une relation linéaire entre les résultats des deux tests. Ces résultats sont différents à d'autres études comparant des tests d'évaluation de la VMA. En effet, Berthon et al. 1997 ont montré que la VMA moyenne obtenue à partir d'un test de 5 min ($14,8 \text{ km.h}^{-1}$) n'était pas différente de la VMA atteinte lors du TPUM ($14,6 \text{ km.h}^{-1}$). Bellenger et al. 20105 ont aussi trouvé des valeurs identiques de VMA entre UMTT et des distances comprises entre 1 600 et 2 200 m. L'analyse de Bland-Altman fait apparaître une concordance moyenne entre VMA_{UMTT} et $VMA_{80/20}$ (figure 1B). avec 90% des différences se trouvent à l'intérieure des limites d'agrément de $\pm 2.1 \text{ km.h}^{-1}$. Ces limites sont plus grandes à ceux calculées par Carminatti et al. 2013 ($\pm 0,5 \text{ km.h}^{-1}$). De plus, l'étude comparative a montré que la durée totale du $VMA_{80/20}$ était 1.16 fois plus longue par rapport au UMTT. Cazorla et Léger (1993) ont mises en évidence la relation VMA - durée du test; plus la durée du protocole est longue, plus la VMA est sous-estimée probablement à cause des effets de la fatigue. Ceci explique en partie la différence de VMA entre les deux tests.

4.2. La fréquence cardiaque maximale

Les valeurs de la FCmax n'étaient pas différentes entre les deux tests (tableau 3), et le port d'un cardio-fréquencemètre au cours des deux épreuves permet d'enregistrer une FCmax proche du maximale théorique (soit $FC_{max} = 220 - \text{âge}$) pour tous les sujets. Nos résultats sont en accord avec ceux rapportés dans la littérature (Fraisie et al., 1991; Lacour et al., 1991; Rochcongar & monod, 2005) qui montrent que l'un des principaux critères de maximalité ; une fréquence cardiaque de fin d'effort supérieure à 90% de la FCmax théorique , et qui pourrait expliquer ces difficultés de différenciation entre les deux tests. Le $80/20_{VMA}$ permet également d'établir une courbe individuelle de la relation entre vitesse de course et fréquence cardiaque. On constate une augmentation puis une stabilisation ou une évolution plus lente de la fréquence cardiaque, et ensuite une légère diminution pendant les plages de récupération qui permet d'observer la qualité de la récupération de l'athlète. Ceci est la conséquence de la forme fractionné du $80/20_{VMA}$.

4.3. La lactatémie

La concentration du lactate sanguin est un bon indicateur biologique largement utilisé (Petibois, Cazorla, & Léger, 2001). Aucune différence n'est à relever entre les deux tests, pourtant les travaux de Cazorla, Petibois, Bosquet, & Léger (2001) ont montré la variation de la cinétique de la lactatémie en fonction des protocoles utilisés triangulaire ou rectangulaire.

Proposition d'un test d'effort intermittent pour déterminer la vitesse maximale aérobie ($80/20_{VMA}$)

Les résultats de ce travail montrent que le $80/20_{VMA}$ entraîne une légère augmentation moyenne de lactate à 0.3 mmol.L^{-1} en comparaison avec UMTT. Cette différence est faible peut être expliquée par l'incrémentation de la vitesse de 0.5 à 1 km.h^{-1} entre deux paliers durant les deux tests, et qui implique une sollicitation similaire de la glycolyse lactique. Le facteur important est la récupération de 20m existante dans le $80/20_{VMA}$. Les investigations ont montré que le $80/20_{VMA}$ était mieux toléré par les athlètes comparativement au UMTT à cause de l'intégration des temps de récupération au cours du $80/20_{VMA}$. Donc le $80/20_{VMA}$ peut-être perçu comme moins pénible.

5. Conclusion

En conclusion, est pour répondre au problème posé, la comparaison de ces deux tests permet d'affirmer que le $80/20_{VMA}$ surestime la VMA, mais le temps de récupération intégré au cours du $80/20_{VMA}$ favorise ce dernier en matière d'accessibilité tout en évitant la lourdeur du protocole d'un test progressif et continu. Cependant, Les valeurs maximales de fréquence cardiaque, et lactatémie dérivées du $80/20_{VMA}$ sont comparable à un test classique tel que UMTT. Il faudrait bien sûr une mesure directe de la consommation maximale d'oxygène et une expérimentation impliquant des échantillons plus grande et plus diversifiés. Un jugement sur la validité de ce test ne saurait être formé qu'à ces conditions.

6. Références

- Ahmaidi, S., Collomp, K., Caillaud, C., & Préfaut, C. (1992). Maximal and functional aerobic capacity as assessed by two graduate field methods in comparison to laboratory exercise testing in moderately trained subjects. *International Journal of Sports Medicine*, 13 (3), 243-248.
- Almarwaey, O.A., Jones, A.M., & Tolfrey, K. (2003). Physiological correlates with endurance running performance in trained adolescents. *Med Sci Sports Exerc*, 35 (3), 480-487.
- Bellenger, C. R., Fuller, J. T., Nelson, M. J., Hartland, M., Buckley, J. D., & Debenedictis, T. A. (2015). Predicting maximal aerobic speed through set distance time-trials. *European journal of applied physiology*, 115(12), 2593-2598.
- Berthon, P., Fellmann, N., Bedu, M., Beaune, B., Dabonneville, M., Coudert, J., & Chamoux, A. (1997). A 5-min running field test as a measurement of maximal aerobic velocity. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 75(3), 233-238.
- Berthoin, S., Gerbeaux, M., Guerrin, F., Lensele-Corbeil, G., & Vandendorpe, F. (1992). Estimation de la Vitesse Maximale Aérobie. *Science et Sports*, 7 (2), 85-91.
- Berthoin, S., Gerbeaux, M., Turpin, E., Guerrin, F., Lensele-Corbeil, G., & Vandendorpe, F. (1994). Comparison of two field tests to estimate maximum aerobic speed. *Journal of sports sciences*, 12 (4), 355-362.
- Berthoin, S., Pelayo, P., Lensele-Corbeil, G., Robin, H., & Gerbeaux, M. (1996). Comparison of maximal aerobic speed assessed with laboratory and field measurements in moderately trained subjects. *International Journal of Sports Medicine*, 17 (7), 525-529.
- Billat, V. (1998). *Physiologie et méthodologie de l'entraînement. De la théorie à la pratique*. Paris: Éditions De boeck.
- Billat, V., Berthoin, S., Blondel, N., & Gerbeaux, M. (2001). La vitesse à VO₂ max, signification et applications en course à pied. *Staps*, 54 (1), 45-61.
- Billat, V., & Koralsztein, J.P. (1996). Significance of the velocity at VO₂max and time to exhaustion at this velocity. *Sports Med*, 22 (2), 90-108.
- Billat, V., Slawinski, J., Bocquet, V., Demarle, A., Laffite, L., Chassaing, P., & Koralsztein, J.P. (2000). Intermittent runs at the velocity

Proposition d'un test d'effort intermittent pour déterminer la vitesse maximale aérobie ($80/20_{VMA}$)

- associated with maximal oxygen uptake enables subjects to remain at maximal oxygen uptake for a longer time than intense but submaximal runs. *Eur. J. Appl. Physiol*, 81 (3), 188-196.
- Bland, J. M., & Altman, D. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurements. *The Lancet*, 327(8476), 307-310.
- Briggs, C.A. (1977). Maximum aerobic power and endurance as predictor of middle distance running success. *Aust. J. Sports Med*, 9 (2), 28-31.
- Camus, G., Juchnes, J., Thys, H., & Fossion, A. (1988). Relation entre le temps limite et la consommation maximale d'oxygène dans la course supramaximale. *J. Physiol. Paris*, 83 (1), 26-31.
- Carminatti, L. J., Possamai, C. A., De Moraes, M., Da Silva, J. F., De Lucas, R. D., Dittrich, N., & Guglielmo, L. G. (2013). Intermittent versus continuous incremental field tests: are maximal variables interchangeable?. *Journal of sports science & medicine*, 12(1), 165.
- Cazorla, G. (1990). Test de terrain pour évaluer la capacité aérobie et la vitesse aérobie maximale. In G. Cazorla et G. Robert. *Actes du colloque international de la Guadeloupe, l'évaluation en activité physique et en sport*, Cestas :Areaps. p. 151-174.
- Cazorla G, & Léger, L. (1993). *Comment évaluer et développer vos capacités aérobies. Epreuves de course navette et épreuve VAMEVAL*. Editions AREAPS.
- Cazorla, G., Petibois, C., Bosquet., & Léger, L. (2001). Lactate et exercice : mythes et réalités. *Staps*, 54 (1), 63-76.
- Daniels, J., Scardina, N., & Hayes, J. (1984). Elite and subelite female middle-and long-distance runners. In : Landers DM (Ed). *Sport and Elite performers. Proceedings of the Olympic Scientific Congress, Vol 3* , (pp. 57-72), Oregon-Champaign, Human Kinetics.
- Demarle, A.P., Slawinski, J.J., Laffite, L.P., Bocquet, V.G., Koralsztein, JP., & Billat, V. (2001). Decrease of oxygen deficit is a potential factor in increased time to exhaustion after specific endurance training. *J. Appl. Physiol*, 90 (3), 947-953.
- Di Prempero, P.E., Atchou, G., Bruckner, J.C., & Moia, C. (1986). The energetics of endurance running. *Eurl. J. Appl. Physiol*, 55 (3), 259-266.
- Fraisse, F., Desnus, B., Handschuh, R., Joussellin, E., Strady, M., & Thomaidis, M. (1991). La consommation maximale d'oxygène des

- sportifs de haut niveau de moins de 20 ans. *Science & Sports*, 6 (1), 25-35.
- García, G. C., Secchi, J. D., & Cappa, D. F. (2013). Comparación del consumo máximo de oxígeno predictivo utilizando diferentes test de campo incrementales: UMTT, VAM-EVAL y 20m-SRT. *Arch. med. deporte*, 30 (3), 156-162.
- Gore CJ. (2000). *Physiological tests for elite athletes*, 2nd edn. Human Kinetics. C.J. Gore, Leeds.
- Hauswirth, C., Bieuzen, F., Argentin, S., Levêque, J.M., & Patou, E. (2004). Effets d'une alcalose induite sur les paramètres métaboliques et sanguins lors d'un test. *Movement & Sport Sciences*, 51 (1), 85-101.
- Lacour, J.R., & Candau, R. (1990). Vitesse maximale aérobie et performance en course à pied. *Science et Sports*, 5 (4):183-189.
- Lacour, J.R., Montmayer, A., Dormois, D., Gacon, G., Padilla, S., & Vial, C. (1989). Validation de l'épreuve de mesure de la vitesse maximale aérobie (VMA) dans un groupe de coureurs de haut niveau. *Sciences et Motricité* 7: 3-8.
- Lacour, J.R., Padilla-Magunacelaya, S., Barthélémy, J.C., & Dormois, D. (1990). The energetics of middle distance running. *Eurl. J. Appl. Physiol*, 60 (1), 38-43.
- Lacour, J.R., Padilla-Magunacelaya, S., Chatard, J.C., Arzac, L., & Barthélémy, J.C. (1991). Assessment of running velocity at maximal oxygen uptake. *Eurl. J. Appl. Physiol*, 62 (2): 77-82.
- Laursen, P.B., & Jenkins, D.G. (2002). The scientific basis for high-intensity interval training: optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. *Sports Med*, 32 (1), 53-73.
- Léger, L., & Boucher., R. (1980). An Indirect continuous running multistage field test, the university de Montréal Track Test. *Can. J. Appl. Sports Sci*, 5 (2), 77-84.
- Léger, L., & Mercier, D. (1983). Coût énergétique de la course sur tapis roulant et sur piste. Une synthèse des courbes publiées. *Motricité humaine*, INSEP, Paris. No 2: 66-69.

Proposition d'un test d'effort intermittent pour déterminer la vitesse maximale aérobie ($80/20_{VMA}$)

- Noakes, T., Myburgh, K., & Schall, R. (1990). Peak treadmill running velocity during the VO₂ max test predicts running performance. *J Sports Sci*, 8 (1), 35-45.
- Padilla, S., Bourdin, M., Barthélémy, J.C., & Lacour, J.R. (1992). Physiological correlates of middle-distance running performance. A comparative study between men and women. *Eur. J. Appl. Physiol*, 65 (6), 561-566.
- Péronnet, F., & Thibault, G. (1987). Analyse physiologique de la performance en course à pied: révision d'un modèle hyperbolique. *J. Physiol*, 82 (1), 52-60.
- Péronnet, F., Thibault, G., Rhodes, E.C., & McKenzie, D.C. (1987). Correlation between ventilator y threshold and endurance capability in marathon runners. *Medicine and science in sports and exercise*, 19 (6), 610-615.
- Petibois, C., Cazorla, G., & Léger, L. (2001). Les analyses métaboliques dans le contrôle biologique de l'entraînement, *Staps*, 54 (1), 77-88.
- Rochcongar, P., & Monod, H. (2005). *Médecine du sport*. Paris: Éditions Masson.