



This article appeared in a journal published by Elsevier. The attached copy is furnished to the author for internal non-commercial research and education use, including for instruction at the authors institution and sharing with colleagues.

Other uses, including reproduction and distribution, or selling or licensing copies, or posting to personal, institutional or third party websites are prohibited.

In most cases authors are permitted to post their version of the article (e.g. in Word or Tex form) to their personal website or institutional repository. Authors requiring further information regarding Elsevier's archiving and manuscript policies are encouraged to visit:

<http://www.elsevier.com/copyright>



ELSEVIER  
MASSON

Disponible en ligne sur  
 ScienceDirect  
 www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France  
 EM|consulte  
 www.em-consulte.com

**SCIENCE  
& SPORTS**

Science & Sports 24 (2009) 45–48

Communication brève

Contrairement à une idée reçue, les femmes n'oxydent pas plus de lipides à l'effort que les hommes, mais leur Lipox<sub>max</sub> survient à une puissance plus élevée<sup>☆</sup>

In disagreement with a usual belief, women do not oxidize more fat at exercise than men, but their Lipox<sub>max</sub> occurs at a higher relative power intensity

J.-F. Brun<sup>a,\*</sup>, C. Boegner<sup>b</sup>, E. Raynaud<sup>a</sup>, J. Mercier<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Inserm ERI25, service central de physiologie clinique, centre d'exploration et de réadaptation des anomalies du métabolisme musculaire (CERAMM), hôpital Lapeyronie, CHU de Montpellier, 34295 Montpellier cedex 5, France

<sup>b</sup> Service des maladies métaboliques, hôpital Lapeyronnie, CHU de Montpellier, 34295 Montpellier cedex 5, France

Reçu le 10 juin 2007 ; accepté le 19 novembre 2007

Disponible sur Internet le 13 août 2008

## Résumé

**Objectifs.** – Plusieurs travaux ayant montré que les femmes, lors d'un exercice prolongé à un pourcentage donné de leur capacité aérobie, oxydent davantage de lipides que les hommes, épargnant ainsi leur capital protéique et leur glycogène, nous avons voulu caractériser ces différences en termes de niveau de transition d'oxydation des substrats et de débit maximal d'oxydation des lipides (DMOL) à l'effort.

**Matériels et méthodes.** – Trois groupes (61 sportifs de 25 ans, 196 sédentaires de 35 ans et 47 diabétiques de type 2 [DT2] de 55 ans) au sein desquels hommes et femmes étaient appariés pour l'âge, l'IMC et l'activité physique, ont réalisé un test d'effort sous-maximal comportant quatre paliers de six minutes avec mesure des débits d'oxydation lipidique et glucidique par calorimétrie. Dans les trois groupes les DMOL sont les mêmes dans les deux sexes (de 2 à 3 mg/min par kilogramme), mais chez sportifs et sédentaires, les femmes ont une courbe d'oxydation des lipides décalée vers la droite, le PCX de l'utilisation des substrats (la puissance pour laquelle l'énergie provient majoritairement des glucides) survenant à un pourcentage de VO<sub>2max</sub> plus élevé de 10–15 % ( $p < 0,01$ ). Dans le groupe de DT2, ce décalage n'est plus significatif. Le point d'oxydation lipidique maximale (Lipox<sub>max</sub>) survient lui aussi à un pourcentage de VO<sub>2max</sub> plus élevé (sportives :  $44,27 \pm 15,97$  % de VO<sub>2max</sub> théorique contre  $31,25 \pm 15,66$  % chez les hommes  $p < 0,001$  ; sédentaires :  $50,29 \pm 18,66$  % chez les femmes contre  $36,75 \pm 15,22$  % chez les hommes  $p < 0,01$  ; dans le DT2 ces niveaux ( $42,8 \pm 2,4$  contre  $39,8 \pm 3,7$  %) ne sont pas significativement différents. Ces différences entre les deux sexes sont donc retrouvées sur des échantillons soigneusement appariés, mais ne constituent pas une différence marquée. Elles s'expliquent par un décalage vers la droite (10 à 15 %) de la courbe d'oxydation des lipides en fonction de la VO<sub>2max</sub>, mais les débits d'oxydation au Lipox<sub>max</sub> ne diffèrent pas entre les sexes.

**Conclusion.** – En d'autres termes, les femmes n'oxydent pas davantage de lipides à l'effort, mais leur aptitude à les oxyder culmine à un pourcentage plus élevé de leur VO<sub>2max</sub>. Ce décalage semble s'estomper dans le DT2.

© 2008 Publié par Elsevier Masson SAS.

## Abstract

**Aims.** – Several studies have shown that women, when they exercise at a given percentage of their aerobic capacity, oxidize more fat than men, thus saving their protein and glycogen stores. We wanted to characterize these differences in terms of levels of transition of balance of substrate oxidation and maximum lipid oxidation flow rate (MLOFR) during exercise.

<sup>☆</sup> Communication présentée lors du xxxviii<sup>e</sup> congrès de la SFMS, Monaco, 29 novembre–1<sup>er</sup> décembre 2007.

\* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : drjfbun@dixinet.com (J.-F. Brun).

**Methods.** – Three groups (61 athletes, 196 sedentary and 47 type 2 diabetes mellitus [T2DM], in whom, men and women were matched for age, BMI and physical activity, performed a sub-maximal exercise test with four 6 min steady state steps for measurement of lipid and carbohydrate oxidation by indirect calorimetry. In all three groups MLOFRs are the same in both sexes (2 to 3 mg min<sup>-1</sup> kg<sup>-1</sup>), but among athletes and sedentary women have a curve of oxidation of lipids shifted to the right, a crossover point of use of substrates (PCX, the power for which energy comes mainly from carbohydrates) occurring at a 10–15% higher percentage of VO<sub>2max</sub> ( $p < 0.01$ ). In DT2 this shift is no longer significant. The point of maximal lipid oxidation (Lipox<sub>max</sub>) also occurs at a higher percentage of VO<sub>2max</sub> (athletes:  $44.27 \pm 15.97\%$  theoretical VO<sub>2max</sub> versus  $31.25 \pm 15.66\%$  in men,  $p < 0.001$ ; sedentary:  $50.29 \pm 18.66\%$  among women versus  $36.75 \pm 15.22\%$  in men,  $p < 0.01$ ; for T2DM these levels ( $42.8 \pm 2.4$  to  $39.8 \pm 3.7\%$ ) are not significantly different.

**Conclusion.** – Gender-related differences are found on carefully matched subgroups, but are far to be major. They reflect a right shift by 10 to 15% of the curve of lipid oxidation as a function of VO<sub>2max</sub>, while rates of oxidation at the Lipox<sub>max</sub> do not differ between genders. In other words, women do not oxidize more lipids at exercise, but their ability to oxidize them reaches a maximum at a higher percentage of VO<sub>2max</sub>. This discrepancy seems to disappear in T2DM.

© 2008 Publié par Elsevier Masson SAS.

**Mots clés :** Exercice ; Calorimétrie ; Lipides ; Lipox<sub>max</sub> ; Femme

**Keywords:** Exercise; Calorimetry; Lipids; Lipox<sub>max</sub>; Balance of substrates; Woman

## 1. Introduction

Toute une série de travaux récents indiquent que les femmes, lors d'un exercice prolongé à un pourcentage donné de leur capacité aérobie, oxydent davantage de lipides que les hommes, épargnant ainsi leur capital protéique et leur glycogène [1]. Ces données ont peu à peu donné naissance à une idée généralement reçue selon laquelle existerait une différence marquée entre les deux sexes quant au choix des substrats à l'exercice, les femmes oxydant bien plus de lipides que les hommes à l'exercice. Or la pratique régulière de la calorimétrie d'effort ne semble pas montrer à ce niveau de différence vraiment évidente.

Nous avons voulu caractériser ces différences en termes de niveau de transition d'oxydation des substrats et de débit maximal d'oxydation des lipides (DMOL) à l'effort à l'aide de la calorimétrie d'effort [2], chez trois groupes, au sein desquels hommes et femmes étaient appariés pour l'âge, l'IMC et l'activité physique.

## 2. Matériel et méthodes

Les trois groupes de sujets étudiés sont présentés dans le Tableau 1. On voit qu'il y avait 61 sportifs (âge moyen 25 ans), 196 sédentaires (âge moyen 35 ans) et 47 DT2 (âge moyen 55 ans). À l'intérieur de chaque groupe, hommes et femmes sont appariés pour l'âge et la corpulence. En revanche, ces trois groupes ne sont pas appariés entre eux pour l'âge et la corpulence.

Une calorimétrie d'effort est réalisée, à jeun de 12 heures, pour analyser la balance des substrats énergétiques [2]. Nous utilisons une épreuve à quatre paliers de six minutes chacun réalisé respectivement à environ 30, 40, 50 et 60 % de la PMP sur une bicyclette ergométrique reliée à un analyseur permettant l'analyse des échanges gazeux cycle à cycle et la surveillance électrocardiographique et les mesures de VO<sub>2</sub>, VCO<sub>2</sub>, et QR. Après le dernier palier de six minutes, deux à trois paliers courts d'une minute peuvent être réalisés pour atteindre les critères classiques de maximalité de l'épreuve. Durant toute l'épreuve, une surveillance électrocardiographique est réalisée.

À la fin de chaque palier, durant la cinquième et la sixième minutes, on relève les valeurs de VO<sub>2</sub> et de VCO<sub>2</sub>, mesurées chaque trente secondes et celles-ci sont alors moyennées. À partir de ces valeurs, nous déterminons la part respective d'oxydation des glucides et des lipides en appliquant la théorie de la calorimétrie indirecte à partir des valeurs moyennées de la sixième minute de chaque palier (zone considérée comme celle où la production de CO<sub>2</sub> à partir des bicarbonates pour compenser la production de lactate est devenue négligeable). Le point où l'oxydation lipidique culmine est le Lipox<sub>max</sub>. Ce point est calculé par lissage de la relation  $L \text{ (mg/min)} = 1,694 \text{ VO}_2 - 1,701 \text{ VCO}_2$  qui se simplifie en  $L \text{ (mg/min)} = 1,7 \text{ VO}_2 (1 - QR)$ , ce qui pondère les erreurs sur les cinq points expérimentaux. Le point auquel les glucides deviennent le substrat préférentiellement oxydé représentant plus de 70 % de l'énergie est le point de croisement (PCX) [2].

## 3. Résultats

On voit dans le Tableau 1 que dans les trois groupes considérés, les valeurs brutes de débits d'oxydation lipidique sont les mêmes dans les deux sexes (de 2 à 3 mg/min par kilogramme). Cependant, chez sportifs et sédentaires, les femmes ont une courbe d'oxydation des lipides décalée vers la droite, le PCX, la puissance pour laquelle l'énergie provient majoritairement des glucides) survenant à un pourcentage de VO<sub>2max</sub> plus élevé de 10–15 % ( $p < 0,01$ ). Dans le groupe de DT2, ce décalage n'est plus significatif. Le Lipox<sub>max</sub> survient lui aussi à un pourcentage de VO<sub>2max</sub> plus élevé (sportives :  $44,27 \pm 15,97\%$  de VO<sub>2max</sub> théorique contre  $31,25 \pm 15,66\%$  chez les hommes,  $p < 0,001$ ; sédentaires :  $50,29 \pm 18,66\%$  chez les femmes contre  $36,75 \pm 15,22\%$  chez les hommes  $p < 0,01$ ). Dans le DT2, ces niveaux ( $42,8 \pm 2,4\%$  contre  $39,8 \pm 3,7\%$ ) ne sont plus significativement différents.

Nous schématisons dans la Fig. 1 ce décalage entre les deux sexes, le Lipox<sub>max</sub> survenant 10 % plus haut et le PCX survenant lui aussi environ 10 % plus haut.

Tableau 1  
Comparaison femmes/hommes dans trois groupes de sujets

	61 sportifs (25 ans)	196 sédentaires (35 ans)	47 DT2 (55 ans)
Sex-ratio femmes (F)/hommes (H)	29/32	157/39	28/19
Âge	24,62 ± 1,2 contre 25,28 ± 0,87	35,8 ± 0,93 contre 34,1 ± 2,75	50,32 ± 2,57 contre 55,11 ± 2,89
Poids	67,5 ± 1,5 contre 78,2 ± 2,2***	71,7 ± 1,14 contre 84,4 ± 3,4***	83,59 ± 2,96 contre 95,34 ± 3,41***
Taille	165 ± 1,3 contre 177,3 ± 1,05***	162,3 ± 0,5 contre 171,4 ± 2,7***	160,37 ± 2,23 contre 173,11 ± 1,21***
IMC	24,1 ± 0,5 contre 24,9 ± 0,7	27,2 ± 0,4 contre 27,1 ± 1,3	31,67 ± 1,17 contre 32,99 ± 1,36
Tour de taille	74 ± 1,2 contre 90,8***	82,5 ± 1,2 contre 97 ± 3,6***	95,91 ± 2,60 contre 107,11 ± 2,54***
Tour de hanches	97,9 ± 1,2 contre 100,9 ± 2,04	106,3 ± 0,9 contre 104,6 ± 3,1	111,48 ± 2,99 contre 113,16 ± 3,44
Heures d'activité/semaine	7,4 ± 0,1 contre 9,5 ± 1	3 ± 0,1 contre 3 ± 3	2 ± 0,1 contre 2 ± 3
PCX (% V <sub>O2</sub> max théorique)	45,43 ± 18,8 contre 33,56 ± 15,96 %****	55,25 ± 21,65 % contre 40,81 ± 19,74 %***	44,6 ± 2,8 % contre 38,8 ± 5,1 (ns)
Lipox <sub>max</sub> (% V <sub>O2</sub> max théorique)	44,27 ± 15,97 % contre 31,25 ± 15,66 %****	50,29 ± 18,66 % contre 36,75 ± 15,22 %***	42,8 ± 2,4 contre 39,8 ± 3,7 % (ns)
DMOL (mg/min/kg)	3,7 ± 1,41 contre 3,56 ± 1,66 (ns)	2,68 ± 1,19 contre 2,70 ± 2,03 (ns)	2,18 ± 0,24 contre 2,32 ± 0,27 (ns)

Comparaison (F)/(H) (ns) : non significatif

\*\*  $p < 0,01$  ; \*\*\*\*  $p < 0,001$

#### 4. Discussion

Nos comparaisons de groupes appariés montrent que la différence attendue se retrouve bel et bien, mais est de magnitude assez discrète. Pour la faire apparaître, il faut utiliser des échantillons soigneusement appariés.

Il est donc en fait inexact d'affirmer que les femmes oxydent davantage de lipides à l'effort que les hommes. Le **Tableau 1** montre au contraire que, dans les trois groupes considérés, les valeurs brutes de débits d'oxydation lipidique sont grossièrement les mêmes dans les deux sexes (de 2 à 3 mg/min par kilogramme).

La différence retrouvée par d'autres auteurs au cours d'exercices réalisés à plateau à un niveau donné de la puissance maximale s'explique en termes de balance des substrats par le fait que les femmes ont une courbe d'oxydation des lipides décalée vers la droite, le PCX de l'utilisation des substrats (la puissance pour laquelle l'énergie provient majoritairement des glucides) survenant à un pourcentage de V<sub>O2</sub>max plus élevé de 10 à 15 %, de même que le Lipox<sub>max</sub>. Comme le montre le schéma de la **Fig. 1**, un exercice réalisé au-dessus du Lipox<sub>max</sub> à un même pourcentage de cette V<sub>O2</sub>max correspond du fait de ce

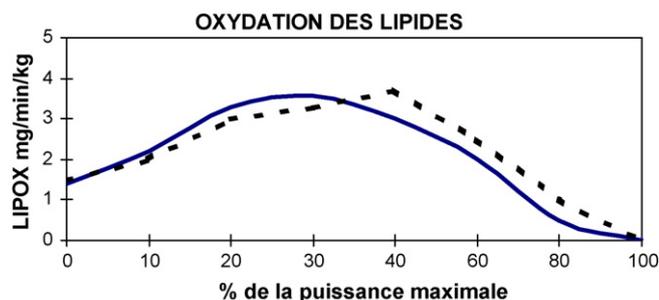


Fig. 1. Schéma du débit d'oxydation des lipides à l'exercice en fonction du pourcentage de la P<sub>max</sub> théorique montrant un décalage de 10 % vers la droite chez les femmes, le débit max ramené au poids étant identique. Traits pleins : hommes ; pointillés : femmes.

décalage à un débit d'oxydation lipidique supérieur chez une femme, expliquant les différences décrites dans la littérature.

Cette différence est mise en évidence de façon significative dans le groupe des 61 sportifs de 25 ans et dans celui des 196 sédentaires de 35 ans. En revanche, dans le groupe des 47 DT2, âgés de la cinquantaine, elle n'est plus détectable. Il reste à déterminer si c'est en raison de la tranche d'âge (période ménopausique gommant la différence entre les sexes) ou du diabète qui s'accompagne, en calorimétrie d'effort, d'une moindre aptitude à oxyder les lipides dans les deux sexes [2].

Dans une revue de la littérature consacrée aux différences entre les deux sexes au niveau du métabolique, Ellen Blaak [4] mettait en doute cette notion selon laquelle « les femmes utilisent davantage les lipides à l'effort », qui lui semblait contraire à l'observation quotidienne de la tendance à stocker davantage les lipides observée dans le sexe féminin. En particulier, l'oxydation des lipides au repos, exprimée en fonction de la masse maigre, est au contraire plus basse dans le sexe féminin que dans le sexe masculin.

Au vu de la littérature, il semble qu'une différence plus marquée réside au niveau de la gestion des stocks lipidiques qui s'effectuerait de façon différente selon le sexe. Notamment, les femmes auraient une aptitude plus importante à utiliser à l'exercice leurs triglycérides intramusculaires [3]. Les travaux portant sur la lipolyse explorée par microdialyse du tissu adipeux sous-cutané montrent également que, quelle que soit l'intensité de l'effort, les femmes en surpoids mobilisent mieux les lipides que les hommes.

En fait, comme le montre ce travail, la différence entre hommes et femmes décrite par les travaux sur la question et abondamment popularisée existe bel et bien, mais est assez discrète et ne peut être mise en évidence que par une comparaison de groupes soigneusement appariés. La calorimétrie d'effort montre que, dans les deux sexes, les débits maximaux d'oxydation lipidique sont pratiquement les mêmes dans les deux sexes mais que le Lipox<sub>max</sub> et le PCX sont en moyenne décalés de 10 % vers des puissances plus élevées.

**Références**

- [1] Tarnopolsky LJ, Mc Dougall DJ, Atkinson SA. Gender differences in substrate for endurance exercise. *J Appl Physiol* 1990;68:302–8.
- [2] Brun JF, Jean E, Ghanassia E, Flavier S, Mercier J. Metabolic training: proposals for new paradigms of exercise training in metabolic diseases using individual targetting with exercise calorimetry. *Ann Readapt Med Phys* 2007;50:528–34.
- [3] Phillips SM, Green HJ, Tarnopolsky MA, Heigenhauser GJF, Hill RE, Grant SM. Effects of training duration on substrate turnover and oxidation during exercise. *J Appl Physiol* 1996;81:2182–91.
- [4] Blaak E. Gender differences in fat metabolism. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2001;4:499–502.