

Effets d'une substitution en magnésium seule ou associée au fer, chez 9 athlètes de demi-fond*

G. Caccia¹, C. Marone², P. Probst³

Zusammenfassung

In dieser Doppelblindstudie an 9 Athleten (Mittelstreckenläufer) wurden die Effekte einer dreiwöchigen Supplementation mit Magnesium (15 mmol pro Tag als Mg-Aspartat-HCl) – allein und in Kombination mit Eisen (15 mmol/Tag Mg-Aspartat-HCl + 50 mg/Tag Fe-Gluconat) – im Vergleich zu Placebo (Zucker-Zitrat) untersucht, und zwar auf Blut- und Urinparameter sowie auf eine Beeinflussung des Energiemetabolismus, indem bei jedem Athleten die Schwelle zum anaeroben Stoffwechsel in Abhängigkeit von der Supplementation ermittelt wurde. Die gemessenen Parameter erlauben, auf eine gute Compliance und Verträglichkeit seitens der Athleten zu schließen; die enterale Absorption der Magnesiumverbindung und von Fe-Gluconat erfolgte ohne gegenseitige Beeinflussung. Unter der Magnesiumsupplementation bestand eine Tendenz zu verminderter Laktat-Produktion, die Signifikanzniveau erreichte ($p=0,033$), wenn die Substitution während 6 Wochen erfolgte.

Summary

In this double-blinded study on 9 athletes (medium-distance runners) the effects of a 3-week supplementation period with magnesium (15 mmol per day as magnesium-L-aspartate-HCl) – alone and in combination with iron (15 mmol/day Mg-aspartate HCl + 50 mg/day Fe-gluconate) – were studied in comparison to placebo (sugar-citrate) on blood and urine parameters as well as on energy turnover by determining the threshold to anaerobic metabolism of each athlete in dependence on the kind of supplementation. The data obtained suggest good compliance and tolerance and let us conclude that Mg and Fe were enterally absorbed obviously without mutual modification. Under Mg supplementation there was a tendency versus decreased lactate production which became significant ($p=0.033$) when supplementation was extended to 6 weeks.

Résumé

Cette étude à double insu, faite sur 9 athlètes de demi-fond, a recherché les effets d'une supplémentation sur des périodes de 3 semaines, de magnésium seul (15 mmol/j de Mg-aspartate-HCl) et d'une association de magnésium et fer (15 mmol/j Mg-aspartate HCl + 50 mg/j de Fer-gluconate) en comparaison à un placebo (sucre-ac.citrique) sur les paramètres sanguins, urinaires et son influence sur le métabolisme énergétique en étudiant le seuil d'anaérobie chez chaque athlète en fonction de la substitution. Les paramètres mesurés nous ont permis de vérifier une bonne compliance et tolérance de la part des athlètes, avec vérification de l'absorption de la préparation magnésique ainsi que celle associée à du Fer-gluconate, apparemment sans modifications de leur absorption. Une tendance à une diminution de la production de lactates a été constatée sous substitution magnésique, qui devient statistiquement significative ($p=0,033$), si la substitution se poursuit pour 6 semaines.

Introduction

Un déficit en Mg a été associé ces dernières années à des maladies cardiaques ou à l'hypertension et son effet protecteur a été démontré lors de son administration dans la phase aiguë d'un infarctus du myocarde avec diminution significative de la mortalité [34]. Plusieurs études ont montré que l'apport diététique en magnésium ou fer

peut être insuffisant dans la population globale [5, 22]. Depuis plusieurs années, il a été suggéré que, chez les athlètes qui présentent souvent des besoins plus importants en magnésium et fer par rapport à des sédentaires, un déficit peut être présent, qui peut influencer négativement leurs performances [21, 26, 31]. On a étudié les effets d'une supplémentation magnésique seule et d'une association de magnésium et fer sur les paramètres sanguins, urinaires et son influence sur le métabolisme énergétique en étudiant le seuil d'anaérobie chez chaque athlète en fonction de la substitution. D'autre part, un éventuel déficit en magnésium ou en fer a été recherché, ainsi qu'un éventuel effet protecteur au niveau musculaire.

Matériel et méthode

Neuf athlètes masculins de demi-fond en bonne santé, d'âge moyen 20,5 ans, ont participé à cette étude qui s'est déroulée de janvier à mars 1991. Ce protocole a été accepté par le comité d'éthique de l'Hôpital S. Giovanni de Bellinzona. Les athlètes ont été informés et ont accepté de leur gré d'y participer. Tous présentaient des valeurs biochimiques de départ dans les limites de la norme et aucun ne prenait de substitution de magnésium, ni de fer et tous étaient au 5ème mois d'une entraînement intensif.

Ils ont été répartis en 3 groupes différents de 3 athlètes chacun (âges moyens des groupes: gr.1: 17.6 ans; gr.2: 19.6 ans; gr.3: 24.3 ans). Ils ont reçu

¹ Maternité C.H.U.V., Lausanne

² Ospedale S. Giovanni, Bellinzona

³ Consultation médecine sportive, Lugano

* Remerciements au docteur *Bertrand Lasserre* pour ses précieux conseils; aux laboratoires des hopitaux S. Giovanni de Bellinzona et Civico de Lugano qui ont rendu matériellement possible cette étude.

Effets d'une substitution en magnésium seule ou associée au fer, chez 9 athlètes de demi-fond

Tab. 1: Schéma de réparation des substitutions reçues par les 3 groupes d'athlètes.

Groupe 1	placebo	magnésium	magnésium-fer
Groupe 2	magnésium-fer	placebo	magnésium
Groupe 3	magnésium	magnésium-fer	placebo

pendant 9 semaines 3 types de substitution sous forme de granulés, 3 fois par jour avant les repas avec une boisson de leur choix, pour des périodes de 3 semaines chacune avec 15 mmol/j. Mg-aspartate-HCl (Mg), 15 mmol/j. Mg-aspartate-HCl + 50 mg/j. de fer II-gluconate (Mg-Fer) et placebo (Pbo) correspondant à du sucre et acide citrique, selon le tableau 1, dont la séquence n'était connue ni des athlètes, ni des examinateurs (étude à double insu). Avant tout début de substitution au jour 1 de l'étude, 3 heures après la fin du dernier repas, un bilan hématologique (Hb, Ht), hématochimique (Mg, Ca, Na, K, Urée, Phosphatase Alcaline, Créatinine, GOT, LDH, CPK), une recherche d'un éventuel déficit martial (Fer, Capacité de fixation du fer, Ferritine) ont été faits, ainsi qu'une magnésurie de 12 heures (récolte en phase nyctémérale), chez chacun des athlètes.

Aux jours 21, 42, 63 de l'étude, correspondant à la fin de chaque période de substitution, ce bilan initial a été répété dans les mêmes conditions. Toutes les analyses ont été faites dans les mêmes laboratoires (hôpital de Bellinzone: méthodes colorimétrique (Système Cobas) pour Mg, Ca, Urée, Créatinine, Magnésurie, Fer, Capacité de fixation du fer; méthode de ions sélectifs (Système Hitachi) pour Na et K; méthode enzymatique pour Phosphatase alcaline, GOT, LDH, CPK et technique photométrique Nikon H1 pour Hb, Ht et à l'hôpital Civico de Lugano: technique d'immunofluorescence (système MEIA) pour la Ferritine).

Un test à l'effort faisait suite à cette prise de sang selon le protocole suivant: 10 minutes d'échauffement sur bicyclette ergométrique, suivies de 3 minutes d'échauffement de course à pieds sur tapis roulant à 9,0 km/h. A ce moment ponction du lobe de l'oreille gauche pour déterminer la première valeur de lactate (méthode photométrique Lange). Départ du test de course sur tapis roulant avec pente de 1,5%,

par paliers de 3 minutes à vitesses croissantes en partant de 9,0 km/h jusqu'à une vitesse maximale de 19,8 km/h. Entre chaque palier, 30 secondes de pause pour effectuer les prises de sang à l'oreille pour dosage des lactates. Le test est poursuivi jusqu'à épuisement de l'athlète, avec dernier prélèvement pour les lactates dans les 30 secondes qui suivent l'arrêt de l'effort. L'athlète est ensuite couché sur un lit d'examen, où une prise de sang est effectuée dans les 2 premières minutes de récupération, avec dosage de Mg, Ca, Na, K, Hb, Ht. Chaque athlète a été convoqué pour une prise de sang (Mg, Ca, Na, K, Créat, GOT, LDH, CPK) 12 à 24 heures après le test d'effort. Pour chacun d'eux, ce laps de temps entre le test d'effort et cette prise de sang a été constante lors des 3 séances de test, avec un temps moyen de 15.49 heures après l'effort (Gr.1: 16.0 h.; Gr.2: 16.8 h.; Gr.3: 13.6 h.). Toutes les données ont été analysées en utilisant le test "t" de Student.

Résultats

1. Bilan initial avant toute substitution:

Les magnésémies (0,76-0,92 mmol/L; moyenne 0,84 mmol/L) et les magnésuries (4,66-8,74 mmol/12 H; moyenne 6,31 mmol/12 H) étaient normales chez ces athlètes, avant toute période de substitution.

Aucun athlète ne présentait d'anémie, ni d'autres signes de carence martiale (Ferritine, Capacité de fixation du fer dans les normes et seulement 3 athlètes présentaient des valeurs inférieures à la norme pour le fer sérique par ailleurs normalisées lors des prises de sang suivantes, indépendamment de la substitution reçue).

Pour ce qui concerne le calcium, le sodium, le potassium, l'urée, la créatinine, toutes les valeurs étaient dans les normes. La phosphatase alcaline était au-dessus de la norme seulement chez le plus jeune des athlètes engagés (16 ans).

Par contre les valeurs des GOT ont été au-dessus des normes dans ce premier bilan sanguin chez 5/9 athlètes. Même chose pour la LDH pour 4/9 athlètes et pour la CPK, où tous ont présenté des valeurs au-dessus de la norme.

2. Evaluation après chaque période de substitution:

Les magnésémies n'ont pas été modifiées de façon statistiquement significative. Les magnésuries ont par contre augmenté après substitution avec Mg ($p < 0,037$) et Mg-Fer ($p < 0,041$) (tableau 2).

La ferritine a été aussi augmentée de façon significative après substitution avec Mg-fer ($p < 0,045$) (tableau 3), par contre Hb, Ht, Fer, Cap., Fix., Fer, n'ont pas été modifiés de façon significative.

Aucun changement n'a été constaté pour Ca, Na, K, Urée, Créat ainsi que pour GOT, LDH, CPK en fonction de la substitution reçue.

Les prises de sang après 12-24 heures après le test d'effort n'ont pas montré de modifications statistiquement significatives pour Mg, Ca, Na, K (tableau 4), ainsi que pour Créat, GOT, CPK et seulement la LDH est apparue augmentée ($p < 0,003$) après substitution avec magnésium.

3. Magnésémie, calcémie, natrémie, kaliémie, hématocrite, 10 minutes avant le début et dans les 2 minutes après l'arrêt de l'épreuve d'effort:

Des changements significatifs de la calcémie, natrémie, kaliémie et hématocrite ont été constatés, alors que la magnésémie n'a pas été modifiée par l'effort et cela indépendamment des différentes périodes de substitution (tableau 5).

4. Pulsation cardiaques, courbe des lactates et temps d'épuisement lors des tests d'efforts:

Pas de différences entre les courbes de pulsations, les valeurs de pulsations maximales en fonction de l'entraînement, ni en fonction des périodes de substitution (fig. 1 et 2). Les lactates ont tendance à s'abaisser du premier au troisième test d'ef-

Effets d'une substitution en magnésium seule ou associée au fer, chez 9 athlètes de demi-fond

Tab. 2: Magnésurie en fonction de la substitution reçue.

	Valeurs normales	Placébo	Substitution Magnésium	Substitution Mg-Fer
Magnésurie 12 H	1,0-4,5 mmol/12 H	4.758 ± 1.634	6.607 ± 1.459	6.626 ± 2.444
			p < 0.037	p < 0.041

Tab. 3: Ferritine avant et après substitution avec Fer II-gluconate et magnésium-aspartate-HCl.

	Valeurs normales	Bilan initial	substitution Mg-Fer
Ferritine	11-823 pmol/L	99.6 ± 29	123.6 ± 43.4
			p < 0.045

Tab. 4: Concentrations sanguines du Mg, Ca, Na, K avant test d'effort, après chaque type de substitution. Pas de changements significatifs en fonction de la substitution.

	valeurs normales (mmol/L)	Bilan initial	Placébo	Mg	Mg + Fer
Mg	0.65-1.05	0.846 ± 0.054	0.872 ± 0.062	0.871 ± 0.06	0.882 ± 0.074
Ca	2.1-2.7	2.41 ± 0.06	2.46 ± 0.05	2.44 ± 0.09	2.47 ± 0.07
Na	135-145	140.2 ± 1.2	143.6 ± 2.4	142 ± 2.0	143 ± 1.4
K	3.5-5.0	3.8 ± 0.3	4.0 ± 0.2	4.2 ± 0.5	4.0 ± 0.4

Tab. 5: Variations de la magnésémie, calcémie, natrémie, kaliémie et de l'hématocrite avant et tout de suite après l'effort (10 min. avant et 2 min. après).

	avant l'effort	après l'effort	p
magnésémie (0.65-1.05 mmol/L)	0.88 mmol/L	0.88 mmol/L	0.85
calcémie (2.1-2.7 mmol/L)	2.46 mmol/L	2.50 mmol/L	0.0014
natrémie (135-145 mmol/L)	142.9 mmol/L	144.04 mmol/L	0.0005
kaliémie (3.5-5.0 mmol/L)	4.05 mmol/L	3.8 mmol/L	0.0009
hématocrite (%)	44.16%	45.67%	0.0001

Pulsations/min

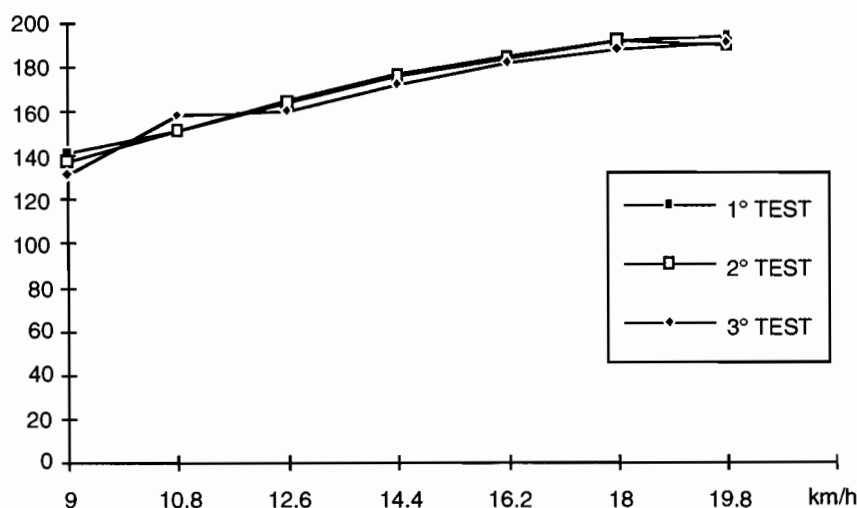


Fig. 1: Courbe des moyennes des pulsations du 1° au 3° test d'effort, indépendamment de la substitution.

fort (fig. 3). Le figure 4 montre les courbes de lactates moyennes en fonction de la substitution. Sous substitution magnésémique, les valeurs des lactates ont tendance à être plus basses que les valeurs obtenues sous placebo ou substitution Mg + Fer, mais les valeurs de lactates maximales, correspondant au moment d'arrêt de l'effort par épuisement, n'ont pas montré de différences significatives entre la 1°, 2°, 3° test d'effort, ni en fonction de la substitution reçue (fig. 4).

Si on considère les 2 groupes ayant reçu pendant une période de 6 semaines une substitution magnésémique (Mg et Mg + fer), on constate une tendance à des valeurs de lactates plus basses par rapport à ces mêmes athlètes sous placebo (fig. 5) et cette différence est statistiquement significative pour les valeurs de lactates maximales, avec une valeur moyenne à 10.58 (6.78-15.23) mmol/L après placebo et de 8.74 (6.27-12.06) mmol/L après 6 semaines de substitution magnésémique (p=0.033).

Le temps moyen jusqu'à l'épuisement a tendance à s'allonger du 1° test d'effort au 3° test d'effort (test 1: 22.42 min; test 3: 24.51 min). On n'a pas constaté de modifications du temps d'épuisement en fonction de la substitution.

5. Dosage de Créatinine, GOT, LDH, CPK dans les 12-24 heures (15,4 h en moyenne) après le test d'effort:

On n'a pas constaté de diminution des valeurs de ces paramètres sous supplémentation magnésémique ni sous magnésium-fer, à l'exception de la LDH qui apparaît augmentée de façon statistiquement significative après supplémentation magnésémique (p < 0.003).

6. Effets secondaires et sécurité des préparations utilisées:

Les athlètes participant à cette étude n'ont pas présenté d'effets secondaires, en particulier pas de modifications des selles et les deux préparations se sont révélées sûres, permettant d'ailleurs une bonne compliance tout au long de l'étude.

Effets d'une substitution en magnésium seule ou associée au fer, chez 9 athlètes de demi-fond

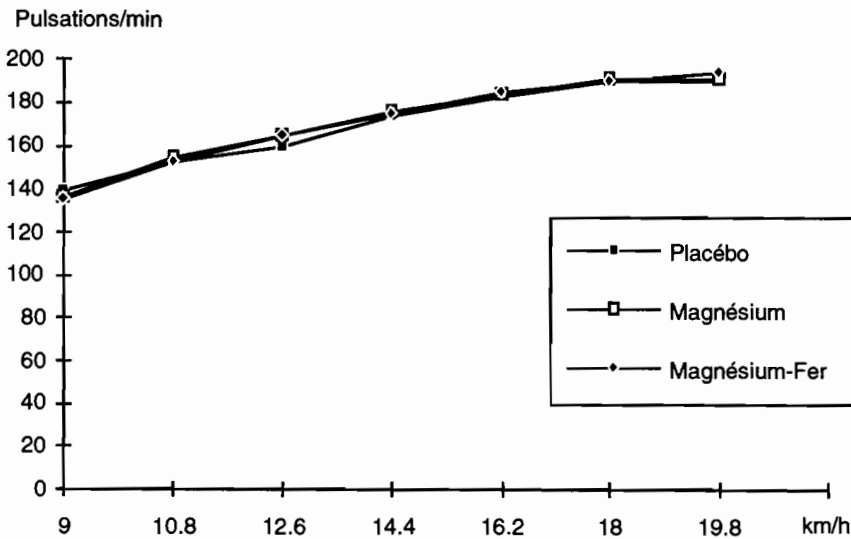


Fig. 2: Moyennes des pulsations pendant tests d'effort en fonction de la substitution reçue.

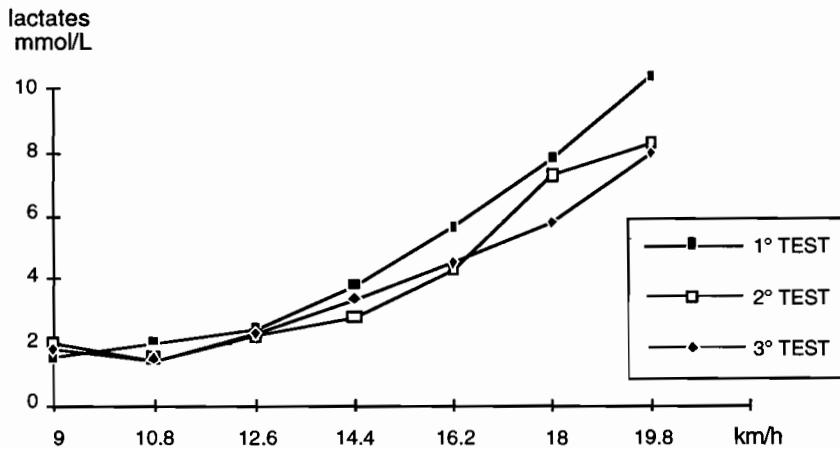


Fig. 3: Courbe des moyennes des lactates du 1° au 3° test d'effort, indépendamment de la substitution.

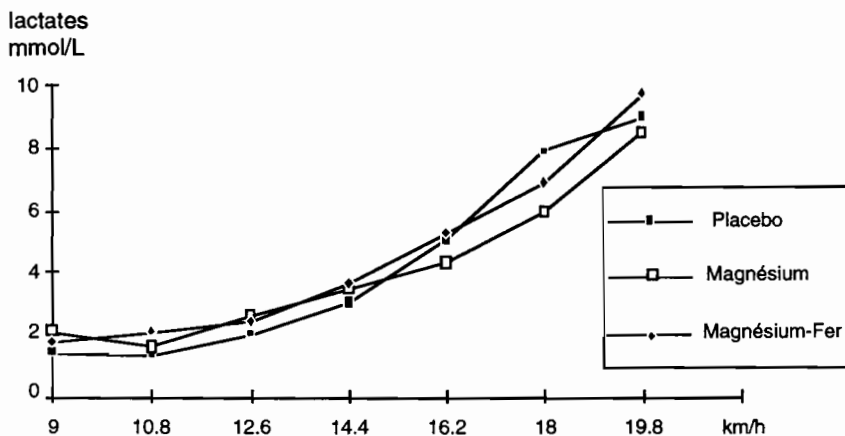


Fig. 4: Moyennes des lactates pendant test d'effort en fonction de la substitution reçue.

Discussion

La magnésurie a augmenté de façon significative aussi bien après supplémentation magnésique seule ($p < 0.037$), que sous substitution magnésique associée au fer-gluconate ($p < 0.041$), où une augmentation significative de la ferritine a été aussi constatée. On peut donc conclure que la prise simultanée de magnésium-aspartate-HCl et fer-gluconate ne semble pas avoir modifié l'absorption du magnésium, ni du fer. Cela est en accord avec les données de la littérature, en particulier avec les études de *Disch* [8, 9].

On était conscient que le fait de n'avoir pas procédé à des pauses entre les différentes périodes de substitution posait le problème du "carry-over". Mais cela aurait impliqué que les athlètes se seraient trouvés dans de périodes d'entraînement trop différentes sur l'ensemble de l'étude. Le fait de l'avoir limité à 9 semaines a certainement permis de réduire l'effet de l'entraînement sur les données étudiées.

Les magnésémies faites avant, tout de suite après et 12-24 heures après l'effort n'ont pas été modifiées par les substitutions reçues. Des résultats contrastants sont apparus dans la littérature [28, 32]. Pas de changements significatifs de la magnésémie tout de suite avant et après effort, alors qu'une augmentation significative de la calcémie, natrémie et de l'hématocrite a été constatée (voir tableau 4). La littérature montre des résultats très divers, qui sont probablement à mettre en relation avec la diversité dans ces études du type de test d'effort, son intensité, ainsi que sa durée [2, 6, 7, 10, 11, 15, 16, 26]. L'évaluation des performances physiques dans notre étude n'a pas montré d'amélioration du temps d'épuisement ni une diminution de la fréquence cardiaque lors de l'effort en fonction de la substitution. Les valeurs de lactates lors des tests d'effort ont tendance à être plus basses après 3 semaines de substitution avec magnésium 15 mmol/j, mais sans que cela soit statistiquement significatif. Par contre si on considère les 2 groupes ayant reçu 15 mmol/j de magnésium pendant 6 semaines, cette diminution des lactates est statistiquement significative ($p = 0.033$). La LDH 12-24 heures après

Effets d'une substitution en magnésium seule ou associée au fer, chez 9 athlètes de demi-fond

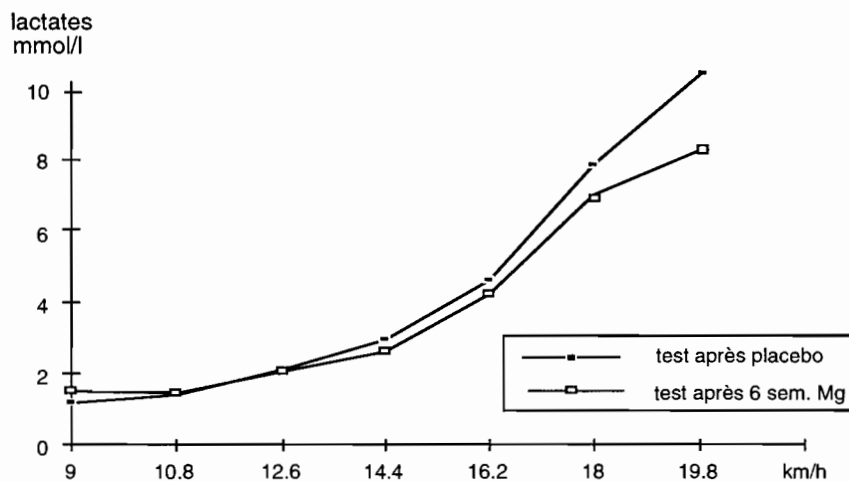


Fig. 5: Moyennes des lactates pendant test d'effort après substitution consécutive de magnésium de 6 semaines (groupes 1 et 3).

l'effort a augmenté de façon très significative après supplémentation magnésinique ($p < 0,003$). Cela pourrait constituer un paramètre approprié, avec la diminution des lactates, du déplacement du seuil d'anaérobie. Beaucoup d'études ont déjà recherché l'influence du magnésium et surtout celle de sa carence sur les performances physiques aussi bien sur des modèles humains que sur des modèles animaux.

Une diminution des performances et une diminution de la consommation d'oxygène ont été constatées par *Keen* et *Lurasky* s'il y a carence magnésinique [13, 19].

D'autres auteurs trouvent des résultats contrastant avec ceux-ci [4, 18].

Wodick et coll. ont obtenu après 4 semaines de substitution magnésinique un effet significatif sur les index respiratoires et l'élimination des lactates [33]. *Golf* et *Bertchat* ont constaté une diminution de la consommation d'oxygène et une diminution des lactates sous substitution magnésinique de même durée [1, 10]. *Rüddel* n'obtient par contre aucune modification des performances après 3 mois de substitution chez des jeunes nageurs, alors qu'il obtient une modification des magnésémies [28]. *Sovary*, sur modèle animal, ne constate pas de modifications des performances en fonction de la substitution [30]. *Terblanche* ne remarque aucune influence de la substitution magnésinique sur les performances, ni d'ailleurs sur l'extension des dommages musculaires, ni sur la vitesse de

récupération de la fonction musculaire après un marathon [32]. Comme discuté par *McDonald* dans sa revue, l'influence du magnésium sur les performances sportives reste inconnue et probablement multifactorielle [21]. Une atteinte de l'activité mitochondriale, des altérations membranaires et son rôle de cofacteur important dans le "couplage excitation-contraction" au niveau musculaire pourraient être à l'origine d'une diminution des performances sportives si une carence magnésinique est présente.

Aucun effet protecteur musculaire n'a pu être démontré. Le test d'effort n'était probablement pas suffisamment important pour que des changements des marqueurs musculaires soient décelables. Les 9 athlètes qui ont participé à cette étude ne présentent pas d'anémie, ni d'ailleurs d'autres signes biochimiques de carence en fer. Comme dans de nombreuses autres études [12, 14, 20, 23, 25], nos athlètes ont présenté une augmentation significative de la ferritine après substitution avec fer (fer-gluconate 50 mg/j associé à magnésium-aspartate-HCl pendant 3 semaines). L'évaluation de la fréquence cardiaque, des lactates sanguins et du temps d'épuisement ne montre pas de différences significatives entre les périodes de substitution martiale et le placebo. La majorité des études, faites chez des femmes marathoniennes [3, 14, 20, 24, 25], pour évaluer d'éventuelles modifications des capacités d'endurance avec une substi-

tution en fer, n'ont montré que des modifications de paramètres biochimiques, à l'exception des cas où une anémie était présente. *Schoene* constatait une diminution des lactates pendant l'effort chez des sujets présentant une anémie légère [29]. Par contre, *Strong* démontre une amélioration significative du temps jusqu'à l'épuisement, après substitution martiale chez des jeunes athlètes non anémiques, mais présentant une ferritine en-dessous des normes [22]. D'autres études montrent une tendance à l'amélioration des capacités d'endurance après substitution martiale si les valeurs de la ferritine sont au-dessous de la norme, mais sans que cela soit statistiquement significatif [17, 23].

Conclusions

Les 9 athlètes ne semblent pas présenter de déficit en magnésium ni en fer, malgré un entraînement intensif de 5 mois. Les paramètres mesurés nous ont permis de vérifier une bonne compliance et tolérance de la part des athlètes, avec vérification de l'absorption de la préparation magnésinique ainsi que celle associée à du Fer-gluconate (+ HCl), apparemment sans modifications de leur absorption. Pas de modifications décelables de la fréquence cardiaque ou du temps d'épuisement après substitution magnésinique seule ou associée au Fer. Seulement une tendance à une diminution de la production de lactates a été constatée sous substitution magnésinique, qui devient statistiquement significative, si la substitution se poursuit pour 6 semaines. Aucun effet protecteur musculaire n'a pu être démontré par notre étude. Celle-ci n'a donc pas démontré d'amélioration clinique ou sportive sous substitution magnésinique ou martiale. Elle a uniquement permis de constater une amélioration métabolique (baisse des lactates) sous substitution magnésinique.

Il y a quelques indices qui font penser qu'une population d'athlètes présente des besoins accrus en magnésium et en fer. Il est donc vraisemblable qu'un apport supplémentaire de ces deux éléments puisse porter des bénéfices en évitant des déficits et en améliorant le

Effets d'une substitution en magnésium seule ou associée au fer, chez 9 athlètes de demi-fond

métabolisme. Toutefois on est conscient de la difficulté de mettre en évidence un déficit en magnésium et d'autre part aussi notre étude ne nous aide que partiellement à définir d'éventuelles améliorations métaboliques dues au magnésium lui-même.

Bibliographie

- [1] *Bertschat, F.* et al.: Protective effects of magnesium on release of proteins from muscle cells during a marathon run. *Mg. Bull.* 8 (1986) 310-313.
- [2] *Casoni, I.* et al.: Changes of magnesium concentrations in endurance athletes. *Int. J. Sports Med.* 11 (1990) 234-237.
- [3] *Celsing, F.* et al.: Effects of iron deficiency on endurance and muscle enzyme activity in man. *Med. Sci. Sports Exerc.* 18 (2) (1986) 156-161.
- [4] *Conn, C. A.* et al.: Plasma and erythrocyte magnesium concentrations and correlations with maximum oxygen consumption in nine- and twelve-year-old competitive swimmers. *Magnesium* 7 (1988) 27-36.
- [5] *Cordova, A.* et al.: Evaluation of magnesium intake in elite sportsmen. *Mg. Bull.* 16 (2) (1994) 59-63.
- [6] *Cordova, A.*: Changes of plasmatic and erythrocytic magnesium levels after high-intensity exercises in men. *Physiology and Behavior* 52 (1992) 819-821.
- [7] *Deuster, P. A.* et al.: Magnesium homeostasis during high-intensity anaerobic exercise in men. *J. Appl. Physical* 62 (1987) 545-550.
- [8] *Disch, G.* et al.: Interactions between Magnesium and Iron. In vitro studies. *Arzneim.-Forsch./Drug Res.* 44(I) (1994) 647-650.
- [9] *Disch, G.* et al.: Therapeutic Availability of Iron Administered Orally as the Ferrous Gluconate Together with Magnesium-L-aspartate Hydrochloride. *Arzneim.-Forsch./Drug Res.* 46 (I) (1996) 302-306.
- [10] *Golf, S.* et al.: Einfluß einer vierwöchigen Magnesiumsupplementierung auf die Laktatelimierung von Leistungsruderern bei einem erschöpfenden, wettkampfspezifischen Leistungstest. *Mg. Bull.* 10 (1988) 124-130.
- [11] *Haralambie, G.* et al.: Electrolytes, trace elements and vitamins. Physical chemistry of exercise and training. Basel 1981, pp. 134-152.
- [12] *Jensen, C. A.* et al.: Iron supplementation and iron status in exercising young women. *J. Nutr. Biochem.* 2 (1991) 368-373.
- [13] *Keen, C. L.* et al.: Dietary magnesium intake influences exercise capacity and hematological parameters in rats. *Metabolism* 36 (1987) 788-793.
- [14] *Klingshirm, L. A.* et al.: Effect of iron supplementation on endurance capacity in iron-depleted female runners. *Med. sci. sports exerc.* 24 (7) (1981) 819-824.
- [15] *Laires, M. J.* et al.: Changes in plasma, erythrocyte and urinary magnesium with prolonged swimming exercise. *Magnesium Research* 4 (1991) 119-122.
- [16] *Laires, M. J.* et al.: Preliminary study of the relationship between plasma and erythrocyte magnesium variation and some circulating pro-oxidant and anti-oxidant indices in a standardized physical effort. *Magnesium Research* 6 (3) (1993) 233-238.
- [17] *Lamanca, J. J.* et al.: Effects of low ferritin concentration on endurance performance. *Int. J. Sport Nutr.* 2 (1992) 376-385.
- [18] *Lowney, P.* et al.: The effect of variable magnesium intake on potential factors influencing endurance capacity. *Biol. Trace Element Res.* 16 (1988) 1-18.
- [19] *Lukasky, H. C.* et al.: Maximal oxygen consumption as related to magnesium, copper and zinc nutrition. *Am. J. Clin. Nutr.* 37 (1983) 407-415.
- [20] *Matter, M.* et al.: The effect of iron and folate therapy on maximal exercise performance in female marathon runners with iron and folate deficiency. *Clin. Sci.* 72 (4) (1987) 415-422.
- [21] *McDonald, R.* et al.: Iron, zinc and magnesium nutrition and athletic performance. *Sports Med.* 5 (1988) 171-184.
- [22] *Morgan, et al.*: Magnesium and calcium dietary intakes of the U.S. Population. *J. Am. Coll. Nutr.* 4 (1985) 195-206.
- [23] *Newhouse, J. J.* et al.: The effects of prelatent/latent iron deficiency on physical work capacity. *Med. Sci. Sports exerc.* 21 (3) (1989) 263-268.
- [24] *Ohira, Y.* et al.: Work capacity, heart rate and blood lactate responses to iron treatment. *Br. J. of Haematology* 41 (1979) 365-372.
- [25] *Powell, P. D.* et al.: Iron supplementation and running performance in female cross-country runners. *Int. J. Sports. Med.* 12 (5) (1991) 462-467.
- [26] *Rayssinguier, Y.* et al.: New experimental and clinical data on the relationship between magnesium and sports. *Magnesium Research* 3 (1990) 93-102.
- [27] *Rowland, T. W.* et al.: The effect of iron therapy on the exercise capacity of nonanemic iron-deficient adolescent runners. *Am. J. Dis. Child* 142 (1988) 165-169.
- [28] *Rüddel, H.* et al.: Impact of magnesium supplementation on performance data in young swimmers. *Magnesium Research* 3 (1990) 103-107.
- [29] *Schoene, R.* et al.: Iron repletion decreases maximal exercise lactate concentrations in female athletes with minimal iron-deficiency anemia. *J. Lab. Clin. Med.* 102 (1983) 306-312.
- [30] *Sorvari, R.; Harri, M.*: Effect of sport-drink with and without fluoride and magnesium supplements on rat performance. *Eur. J. Appl. Physiol.* 58 (1989) 738-743.
- [31] *Stendig-Lindberg, G.* et al.: Changes in serum magnesium concentration after strenuous exercise. *J. Am. Coll. Nutri.* 6 (1987) 35-40.
- [32] *Terblanche, S.* et al.: Failure of magnesium supplementation to influence marathon running performance or recovery in magnesium-replete subjects. *Int. J. of sport nutr.* 2 (1992) 154-164.
- [33] *Wodick, R.; Grünert-Fuchs, M.*: Der Einfluß von Langzeit-Magnesium-Gaben auf verschiedene körperliche Leistungsparameter. *Mg. Bull.* 2 (1985) 51-55.
- [34] *Woods, K. L.; Fletcher, S.*: Long-term outcome after intravenous magnesium sulphate in suspected acute myocardial infarction: the second Leicester intravenous magnesium intervention trial (LIMIT-2). *Lancet* 343 (1994) 816-819.

Adresse de correspondance:
Dr. méd. *Giorgio Caccia*, Département de gynécologie et obstétrique, Maternité-CHUV, CH-1012 Lausanne