



ELSEVIER  
MASSON

Disponible en ligne sur  
 ScienceDirect  
www.sciencedirect.com

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

---

---

ANNALES MÉDICO  
PSYCHOLOGIQUES

---

---

Annales Médico-Psychologiques 166 (2008) 813–816

Communication

# Effets de l'exercice physique et de l'entraînement sur la neurochimie cérébrale. Conséquence comportementale

## Effects of physical exercise and of training on cerebral neurochemistry. Behavioural consequences

C.-Y. Guezennec

*Pôle de médecine du sport de l'Essonne, centre national du rugby,  
91460 Marcoussis, France*

---

### Résumé

L'exercice et l'entraînement physique agissent sur la neurochimie cérébrale. Leur action s'exerce de façon aiguë sur l'humeur dans les suites immédiates de l'exercice musculaire ou de façon chronique sous l'effet de l'entraînement. L'entraînement physique est significativement associé à la réduction des traits d'anxiété et à ses indicateurs physiologiques et peut réduire la prévalence de la dépression sur de grandes populations. Plus récemment, il a été montré qu'il pouvait améliorer les fonctions cognitives et plus particulièrement l'apprentissage et la mémoire. Les axes neurochimiques influencés par l'exercice musculaire sont l'axe sérotoninergique, les voies dopaminergiques et le métabolisme du GABA. Récemment, une action de l'exercice musculaire été mise en évidence sur les voies biochimiques de la neurogenèse.

© 2008 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

### Abstract

Physical exercises and training play on cerebral neurochemistry. Their action on mood is acute immediately after muscular exercises, or chronic for training. Physical training is significantly associated with a decrease in anxiety and its physiological indicators and can reduce the prevalence of depression on large populations. It was recently shown that it could improve cognitive functions and more particularly learning and memory. The neurochemical axes influenced by muscular exercising are the serotoninerger axis, the dopaminergical path and the GABA metabolism. The influence of muscular exercises on the biochemical path of neurogenesis has recently been underscored.

© 2008 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

*Mots clés* : Exercice physique ; Neurochimie ; Santé mentale

*Keywords*: Physical exercise; Neurochemistry; Mental health

---

### 1. Effets de l'exercice musculaire sur la neurochimie cérébrale

La possibilité d'une action de l'exercice physique et de l'entraînement physique sur la neurochimie cérébrale a été envisagée, en prenant comme base les effets comportementaux de l'exercice musculaire. Il a été mis en évidence un effet de

l'exercice physique sur l'humeur. Cette action s'exerce de façon aiguë dans les suites immédiates de l'exercice musculaire ou de façon chronique sous l'effet de l'entraînement. Une méta-analyse [19] montre que l'exercice physique est significativement associé à la réduction des traits d'anxiété et à ses indicateurs physiologiques [3,8]. De nombreuses études ont montré que la pratique régulière de l'activité physique peut réduire la prévalence de la dépression sur de grandes populations [4,9,12,13,17,22]. Par ailleurs, il est bien établi qu'une séance d'entraînement physique adaptée aux

---

Adresse e-mail : [cyguezennec@aol.com](mailto:cyguezennec@aol.com).

possibilités d'un sujet est suivie d'une sensation de bien-être. Plus récemment, il a été montré que l'entraînement physique pouvait améliorer les fonctions cognitives et plus particulièrement l'apprentissage et la mémoire. Dans une méta-analyse portant sur 134 études, Etnier et al. concluent, en 1997, à un effet probant de l'activité physique chez les personnes âgées au niveau de la capacité de réaction, de la mémoire, du raisonnement. Ces données ont soutenu un ensemble de recherches afin de relier les effets comportementaux et la neurochimie. Le premier axe s'est attaché à expliquer l'action de l'exercice musculaire sur la notion de bien-être et celui des endorphines ; l'action exclusive de ce mécanisme a été mise en doute sous l'effet de l'administration de naloxone. Le blocage pharmacologique de l'action des endorphines ne modifie pas les effets comportementaux de l'exercice musculaire. Ce fait suggère que d'autres mécanismes sont impliqués. On peut évoquer l'action d'autres neuromédiateurs, dont la sérotonine et les monoamines. Il a été mis en évidence une augmentation du métabolisme cérébral de la sérotonine sous l'effet de l'exercice [11] et des monoamines. L'augmentation importante du métabolisme cérébral de la sérotonine a d'abord été utilisée pour expliquer la fatigue centrale lors d'un exercice physique prolongé. Ce sont les travaux de Bailey et al. [7] qui les premiers ont évoqué l'implication du système sérotoninergique dans la fatigue. Puis Meeusen et al. [21] ont montré, par microdialyse intracérébrale dans l'hippocampe de rat, que les taux de 5-HT augmentent à une heure de course. Les travaux du laboratoire ont montré que les taux de 5-HT sont augmentés significativement en fin d'exercice prolongé (deux heures) dans deux zones cérébrales chez le rat, l'hippocampe et le cortex. Par ailleurs, dans le cortex, cette augmentation de 5-HT est suivie, en récupération, d'une déplétion significative. Cette hypothèse ne s'est pas totalement vérifiée ultérieurement car les travaux de Meeusen et al. [21] ont montré que les différentes manipulations pharmacologiques du taux de sérotonine cérébrales ne modifiaient pas la performance en endurance de l'homme. L'observation de ce phénomène d'augmentation précoce et progressive des taux de sérotonine (5-HT) cérébrale sous l'effet d'un exercice prolongé, mais aussi d'un entraînement intense, pose une question. Comment expliquer le fait qu'un entraînement modéré améliore l'humeur alors qu'un entraînement très intense peut aboutir à une dépression transitoire ou durable ? Une explication est soutenue par l'observation, sur des modèles animaux d'exercice physique, d'une désensibilisation des récepteurs cérébraux à la 5-HT sous l'effet d'un entraînement progressivement croissant. L'utilisation récente des techniques de microdialyse cérébrale sur ces modèles animaux d'exercices musculaires a permis de bien montrer que l'augmentation des taux cérébraux des différentes monoamines était très spécifique des différentes structures cérébrales ; ainsi l'élévation la plus marquée de dopamine se produit dans le striatum. Les structures les plus sensibles aux modifications neurochimiques de l'exercice musculaire, outre le striatum, sont le locus coeruleus, le nucleus accumbens, l'hippocampe, la substance noire. Ces données soulèvent un nombre important d'hypothèses sur les relations entre neuromédiateurs, structures et effets comportementaux. Il faut aussi prendre en compte des

modifications du métabolisme du GABA ; l'augmentation considérable de la production d'ammoniaque sanguin sous l'effet de l'exercice musculaire se traduirait par une accélération de la synthèse de GABA ; cette action serait susceptible de moduler les effets comportementaux de l'entraînement physique [18]. Récemment, plusieurs études successives ont montré un effet de l'exercice musculaire sur la neurogenèse cérébrale. Ce mécanisme a été en partie attribué à une augmentation du *Brain-Derived-Neurotrophic-Factor*. Il semble directement intervenir sur l'amélioration de l'ensemble des fonctions mnésiques [27].

Ces données montrent la multiplicité des effets neurochimiques de l'exercice physique et soulignent la complexité d'intervention des différents facteurs [16]. La connaissance de ces mécanismes permet d'envisager leurs interactions avec différents facteurs de la santé mentale tels que l'anxiété ou la dépression.

## 2. Effet protecteur de l'activité physique sur l'anxiété

Landers et Arent [20] soulignent qu'il y a eu, entre 1991 et 1994, six méta-analyses portant sur 159 articles publiés traitant des relations entre la pratique d'une activité physique et la réduction de l'anxiété. Ces six méta-analyses concluaient toutes que l'exercice physique était significativement associé à la réduction des traits d'anxiété et à ses indicateurs physiologiques. Il apparaît dans cette synthèse que le niveau de réduction d'anxiété est principalement constaté au niveau des populations en faible condition physique et avec un haut niveau d'anxiété. Chez les individus non anxieux, les effets de l'activité physique se feraient sentir au niveau de l'état d'anxiété [15,24,25] et seraient constatés 30 minutes après le début de l'activité ; ils se prolongeraient une heure après l'arrêt de l'activité et persisteraient pendant deux heures. Si la réduction de l'anxiété-état est retrouvée dans la plupart des travaux, l'intensité de l'activité nécessaire ou minimale pour produire des effets est très discutée. Il apparaît aujourd'hui que cette réduction est plutôt corrélée avec un exercice d'intensité modérée ou faible [19]. Inversement, les travaux expérimentaux ont mis en évidence une augmentation de l'anxiété suite à des programmes de forte intensité [10].

## 3. Effet de l'activité physique sur la dépression

Les études épidémiologiques, transversales et longitudinales, ont montré que les « actifs » avaient un score plus faible que les « non actifs » aux diverses échelles de dépression. Les investigations ont porté sur des adolescents [26], des étudiants en sport [1], des étudiants de toutes disciplines [23], des athlètes [5], des adultes sédentaires [2], des adultes en dépression [4] et des adultes âgés [6,9]. Citons ici plus particulièrement les travaux de Farmer et al. [14] qui ont fait un suivi de 1497 sujets dépressifs et non dépressifs âgés de 25 à 77 ans pendant huit ans avec un test de dépression : un questionnaire d'activité physique (pas ou peu d'activité physique de loisir, activité modérée ou importante) et des évaluations physiologiques.

L'analyse des interactions entre les variables « activité physique » et « niveau de dépression » met en évidence une corrélation entre « absence d'activité physique de loisir » et « dépression » au niveau de la population non dépressive, sans différence entre homme et femme. Le suivi longitudinal montre une augmentation du score de dépression chez des populations non pathologiques et sans activité physique de loisir, avec une différence entre homme et femme. Pour la population féminine, la pratique d'activité physique apparaît comme un facteur prédictif d'absence de dépression huit années plus tard, tandis que l'inactivité peut être considérée comme un facteur de risque.

#### 4. Conclusions

Les modifications neurochimiques induites par l'exercice musculaire agissent sur de nombreuses voies neurochimiques. Les actions principales se situent au niveau du métabolisme des monoamines et de la sérotonine. Plus récemment, on a identifié une action sur la neurogenèse médiée par les facteurs de croissance des neurones. Il est désormais établi que ces actions neurochimiques influencent de nombreux comportements et peuvent intervenir comme facteur préventif dans le cadre de la santé mentale.

#### Conflits d'intérêts

Aucun.

#### Références

- [1] Ahmadi J, Samavat T, Sayyad M, Ghanizadeh A. Various types of exercise and scores on the beck depression inventory. *Psychol Rep* 2002;90:821–2.
- [2] Annesi JJ. Correlations of depression and total mood disturbance with physical activity and self-concept in preadolescents enrolled in an after-school exercise program. *Psychol Rep* 2005;96:891–8.
- [3] Annesi JJ. Changes in depressed mood associated with 10 weeks of moderate cardiovascular exercise in formerly sedentary adults. *Psychol Rep* 2005;96:855–62.
- [4] Babyak M, Blumenthal JA, Herman S, Khatri P, Doraiswamy M, et al. Exercise treatment for major depression: Maintenance of therapeutic benefit at 10 months. *Psychosom Med* 2000;62:633–8.
- [5] Backmand H, Kaprio J, Kujala U, Sarna S. Influence of physical activity on depression and anxiety of former elite athletes. *Int J Sports Med* 2003;24:609–19.
- [6] Barbour KA, Blumenthal JA. Exercise training and depression in older adults. *Neurobiol Aging* 2005;26:S119–23.
- [7] Bailey SP, Davis JM, Ahlborn EN. Neuroendocrine and substrate responses to altered brain 5-HT activity during prolonged exercise to fatigue. *J Appl Physiol* 1993;74:3006–12.
- [8] Blumenthal JA, Siegel Wc, Appelbaum m. Failure of exercise to reduce blood pressure in patients with mild hypertension: effects on cardiovascular, metabolic and hemodynamic functioning. *J Am Med Assoc* 1991;266:2098–104.
- [9] Blumenthal JA, Babyak MA, Moore KA, Craighead WE, Herman S, et al. Effects of exercise training on older patients with major depression. *Arch Intern Med* 1999;159:2349–56.
- [10] Bowden RG, Rust DM, Dunsmore S, Briggs J. Changes in social physique anxiety during 16 weeks of activity courses. *Psychol Rep* 2005;96:690–2.
- [11] Chaouloff F, Kennett GA, Serrurier B, Merino D, Curzon G. Amino acid analysis demonstrates that increased plasma free tryptophan causes the increase of brain tryptophan during exercise in the rat. *J Neurochem* 1986;46:1647–50.
- [12] Dunn AL, Trivedi MH, O'Neal HA. Physical activity dose-response effects on outcomes of depression and anxiety. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:S587–97.
- [13] Dunn AL, Trivedi MH, Kampert JB, Clark CG, Chambliss HO. Exercise treatment for depression: Efficacy and dose response. *Am J Prev Med* 2005;28:1–8.
- [14] Farmer ME, Locke BZ, Moscicki EK, Dannenberg AL, Larson DB, Radloff LS. Physical activity and depressive symptoms: the NHANES I epidemiologic follow-up study. *Am J Epidemiol* 1988;128:1340–51.
- [15] Focht BC, Hausenblas HA. State anxiety responses to acute exercise in women with high social physique anxiety. *J Sport Exerc Psychol* 2003;25:123–44.
- [16] Fogarty M, Happell B. Exploring the benefits of an exercise program for people with schizophrenia: A qualitative study. *Issues Ment Health Nurs* 2005;26:341–51.
- [17] Fukukawa Y, Nakashima C, Tsuboi S, Kozakai R, Doyo W, et al. Age differences in the effect of physical activity on depressive symptoms. *Psychol Aging* 2004;19:346–51.
- [18] Guezennec C, Abdelmalki A, Serrurier B, Merino D, Bigard X, Berthelot M, et al. Effects of prolonged exercise on brain ammonia and amino acids. *Int J Sports Med* 1998;19:323–7.
- [19] Landers DM, Petruzzello SJ. Physical activity, fitness, and anxiety. In: Bouchard C, Shephard RJ, Stephens T, editors. *Physical activity, Fitness and Health. Hum Kinet*; 1994. p. 868–82.
- [20] Landers DM, Arent SM. Physical activity and mental health. In: Singer RN, Hausenblas HA, Janelle C, editors. *The handbook of research in sport psychology. Wiley*; 2001. p. 740–65.
- [21] Meeusen R, Thorre K, Chaouloff F, Sarre S, De Meleir K, Ebinger G, et al. Effects of tryptophan and/or acute running on extracellular 5-HT and 5-HIAA levels in the hippocampus of food-deprived rats. *Brain Res* 1996;740:245–52.
- [22] Oman RF, Oman KK. A case-control study of psychosocial and aerobic exercise factors in women with symptoms of depression. *J Psychol* 2003;137:338–50.
- [23] Paffenbarger Jr RS, Lee IM, Leung R. Physical activity and personal characteristics associated with depression and suicide in American college men. *Acta Psychiatr Scand Suppl* 1994;377:16–22.
- [24] Petruzzello SJ. Anxiety reduction following exercise. *J Sport Exerc Psychol* 1995;17:105–11.
- [25] Petruzzello SJ, Landers DM, Hatfield BD, Kubitz KA, Salazar W. A meta analysis on the anxiety reducing effects of acute and chronic exercise. *Sports Med* 1991;11:143–82.
- [26] Stella SG, Vilar AP, Lacroix C, Fisberg M, Santos RF, et al. Effects of type of physical exercise and leisure activities on the depression scores of obese Brazilian adolescent girls. *Braz J Med Biol Res* 2005;38:1683–9.
- [27] Van Praagh H, Christie BR, Sejnowski TJ, Gage FH. Running enhances neurogenesis, learning and long term potentiation in mice. *Proc Nat Acad Sci USA* 1999;96:13427–31.

## Discussion

---

*Dr Seznec* – L'effort physique est-il à l'origine d'un syndrome inflammatoire central ? Un traitement anti-inflammatoire aurait-il un intérêt au niveau central ?

*Réponse du Rapporteur* – Pour l'instant il n'existe pas de preuve de la diffusion du syndrome inflammatoire périphérique à l'étage central. La modulation de l'inflammation périphérique par des anti-inflammatoires ne présente pas d'intérêt en terme d'action sur les comportements.

*Dr Bourbon* – Que penser de la consommation du Prozac dans la pratique sportive, compte tenu de vos observations ?

*Réponse du Rapporteur* – Il est probable que des sportifs utilisent des inhibiteurs de la recapture de sérotonine du type Prozac dans un but d'améliorer les performances. Les données obtenues par l'équipe de Romain Meeusen montrent que ce type d'action pharmacologique n'influence pas la performance en endurance.

DOI of original article: [10.1016/j.amp.2008.10.020](https://doi.org/10.1016/j.amp.2008.10.020)

0003-4487/\$ – see front matter © 2008 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.  
doi:[10.1016/j.amp.2008.10.021](https://doi.org/10.1016/j.amp.2008.10.021)