

*Pathologie locomotrice et médecine orthopédique*

# **Exercice musculaire excentrique**

Sous la direction de  
**J.L. Croisier**  
**P. Codine**

 **MASSON**

## **Programme excentrique dans la pathologie du coude : tendinopathie épicondylienne**

**J.L. Croisier<sup>1</sup>, M. Foidart-Dessalle<sup>1</sup>, J.M. Crielaard<sup>1</sup>, B. Forthomme<sup>1</sup>**

La tendinopathie épicondylienne résulte de la répétition de gestes occasionnant des micro-traumatismes, dans le cadre d'activités sportives, professionnelles et de loisir [8,21,28,39]. Les contractions excentriques imposées durant certaines activités spécifiques pourraient contribuer à la survenue de la pathologie, sur un éventuel terrain de « faiblesse » tendineuse [4]. L'affection épicondylienne concernerait un à trois pour cent de la population [18,48] et se caractérise par une fréquence élevée de récurrence lésionnelle [17,29,42]. De nombreux traitements conservateurs, considérés comme relativement passifs quant à une possible adaptation tendineuse, ont été proposés : repos, cryothérapie, AINS, ultrasons, laser, courants antalgiques et ionophorèse, massage transverse profond, étirements, acupuncture, ... [6,7,9,18,19,36,43,47]. Depuis plusieurs années, différents auteurs ont proposé l'application de protocoles excentriques dans le traitement des tendinopathies. Ces programmes adaptés visent à compenser une capacité de résistance tensionnelle insuffisante au niveau du tendon. Plusieurs travaux indiquent des résultats cliniques favorables dans la rééducation de tendinopathies achilléennes et patellaires [1,2,22,31].

Il nous a semblé intéressant d'élaborer un programme excentrique dédié à la tendinopathie épicondylienne et appliqué au moyen d'un dynamomètre isocinétique [12].

---

<sup>1</sup> Département des Sciences de la Motricité, Université et CHU de Liège, Belgique.

## **CONTRIBUTION EXPERIMENTALE**

92 ***patients*** souffrant d'une tendinopathie épicondylienne unilatérale chronique ont participé à l'étude [12]. L'inclusion des sujets reposait sur des critères relatifs à l'examen clinique et à l'exploration échographique. Divers critères d'exclusion étaient appliqués en vue d'éliminer les affections intercurrentes et les atteintes bilatérales. La répartition des patients en deux groupes, bénéficiant de traitements différents, prenait en considération les facteurs âge, sexe, pratique sportive et professionnelle, ainsi que la durée de la symptomatologie.

Le ***traitement*** correspondait au modèle suivant :

- un groupe contrôle (GC, n = 46) bénéficiait d'une rééducation conventionnelle considérée comme passive et basée sur l'application de glace, de courants TENS, ultrasons, MTP et étirements des complexes musculo-tendineux concernés ;
- en complément à ce programme, un groupe entraîné (GE, n = 46) recevait un programme d'exercices excentriques appliqués au moyen d'un dynamomètre isocinétique. L'entraînement excentrique portait sur les extenseurs du poignet et les supinateurs de l'avant-bras, selon les modalités décrites au tableau I. Au stade initial, le protocole consistait en des contractions de faible intensité (30 % du maximum), lors de mouvements imposés à vitesse lente (30°/s) ; les conditions étaient progressivement intensifiées, en respectant une indolence stricte. L'amplitude du mouvement, individualisée, abordait avec prudence le secteur correspondant à l'allongement prononcé du complexe musculo-tendineux. Le retour à la position de départ après la contraction excentrique s'effectuait en mode passif ;

- le traitement, d'une durée totale moyenne identique de 25 à 26 séances pour les 2 groupes GC et GE, s'appliquait à la fréquence de 3 séances par semaine. Durant cette période, les sujets étaient invités à réduire les activités sportives ou professionnelles à l'origine de plaintes.

L'évaluation de l'efficacité des traitements portait sur :

- les sensations subjectives de douleur, appréciées au moyen d'une échelle visuelle analogue (EVA) et exprimées en unités arbitraires (ua) de 0 à 10 (0 correspondant à l'absence de douleur et 10 aux plaintes les plus intenses) ;
- la mesure bilatérale des performances isocinétiques maximales des extenseurs du poignet et supinateurs de l'avant-bras, en mode concentrique (30°/s et 90°/s) ainsi qu'en excentrique (60°/s) ;
- un questionnaire algofonctionnel relatif aux activités professionnelles, sportives et de loisir permettait de distinguer 4 stades de sévérité en fonction du score obtenu ;
- un examen échographique bilatéral comparatif des tendons épicondyliens analysait l'aspect échogène ou hypoéchogène, un éventuel épaissement, la présence de fissures et/ou calcifications.

L'ensemble des évaluations s'appliquait avant et après traitement, et l'EVA toutes les 10 séances. Cependant, sur la base de plaintes douloureuses occasionnées lors d'essais préliminaires à l'étude, l'exploration isocinétique n'a pu s'effectuer préalablement au traitement rééducatif. L'intensité des contractions excentriques appliquées en rééducation étaient dès lors estimées à partir du niveau de performance controlatéral. Les examinateurs respectifs ne connaissaient pas l'appartenance des patients au GE ou au GC.

L'analyse des résultats a démontré en particulier :

- dans notre série, 74 % des patients ont pu bénéficier du protocole excentrique selon le modèle préétabli ; la progression en termes de vitesse et intensité a été ralentie chez 13 % des patients tandis que 13 % des cas n'ont pu atteindre les intensités de contraction élevées en raison de sensations algiques lors des exercices ;
- d'un niveau identique en prétraitement (valeurs proches de 7 ua), les plaintes douloureuses subjectives apparaissaient modérément réduites à la 10<sup>ème</sup> séance, au sein des deux groupes de patients (Figure 1). La cinétique d'évolution a ensuite différé, montrant une réduction significativement plus marquée dans le GE comparativement au GC, particulièrement en fin de traitement (valeurs moyennes respectives de  $1,2 \pm 0,9$  ua pour GE et  $4,3 \pm 1,6$  ua pour GC). En fin de traitement, les coudes traités du GE ne présentaient aucune réduction significative de leurs moments de force maximaux comparativement au côté sain. A l'inverse, les côtés traités du GC conservaient des déficits isocinétiques significatifs, atteignant régulièrement – 30 % en moyenne lors de la comparaison bilatérale ;
- le score algofonctionnel a démontré une amélioration significative au sein des deux groupes au terme du suivi. Cependant, les patients appartenant au GE se caractérisaient par une récupération fonctionnelle significativement plus favorable. De façon originale, 74 % des patients du GE (versus 26 % seulement des patients du GC) présentaient un score supérieur à la médiane calculée sur l'échantillon complet de patients (n = 92) ;
- au stade initial, l'examen échographique démontrait un aspect hypoéchoïque ainsi qu'un épaissement du tendon pour l'ensemble de l'effectif (n = 92). Au terme de la

rééducation, respectivement 28 % et 48 % des patients du GC et du GE présentaient une normalisation de l'image échographique ( $p = 0,055$ ). L'absence complète d'amélioration concernait 37 % des cas du GC versus 11 % au sein du GE ( $p = 0,0035$ ). L'analyse statistique (« relative risk index », RR) a ainsi démontré que l'absence d'entraînement excentrique dans la prise en charge rééducative multipliait par 3 au moins le risque de n'observer aucune amélioration à l'échographie. Le GC n'a présenté aucune modification au niveau des calcifications intra-tendineuses ou des fissures longitudinales objectivées au départ. Le programme excentrique s'est accompagné d'une amélioration régulière des fissures identifiées avant traitement mais n'a rien modifié sur le plan des calcifications.

## **DISCUSSION**

Le concept de « tendinite » a bénéficié d'évolutions des connaissances tant sur la nature inflammatoire de l'affection que sur le contenu thérapeutique et rééducatif à appliquer. Dans leurs travaux, Khan et al. [25] font référence à une situation dégénérative non inflammatoire, d'étiologie incomplètement élucidée. Rees et al. [40] soulignent l'application traditionnelle de thérapeutiques anti-inflammatoires, qu'ils jugent souvent inappropriées. De nombreux auteurs relèvent également l'efficacité très relative des traitements conservateurs, négligeant les programmes actifs d'exercices qui visent à l'adaptation tendineuse [3,5,37,41].

Il y a plus de 20 ans, Stanish et al. [44] proposaient l'utilisation d'exercices excentriques dans le traitement des « overuse injuries », en particulier au tendon patellaire. Le concept se basait sur un possible déséquilibre entre une capacité de résistance tensionnelle insuffisante du

tendon et des micro-traumatismes répétitifs imposés lors de gestes spécifiques [3,14,45]. La structure tendineuse devrait ainsi bénéficier d'un entraînement adapté visant à améliorer ses qualités mécaniques. La littérature récente comporte diverses études [1,31,37] appliquant le modèle excentrique à la tendinopathie achilléenne. L'utilisation de l'exercice excentrique dans la rééducation du « tennis elbow » n'a cependant été suggérée que par quelques auteurs [32,45,46]. Dans ce travail, nous avons élaboré un programme délivré au moyen d'un dynamomètre isocinétique [12].

L'évolution comparative des GC et GE dans notre étude démontre l'intérêt de compléter la rééducation conventionnelle par un entraînement excentrique. Cette affirmation est supportée par l'évolution des sensations douloureuses subjectives, des conditions de reprise d'activité physique à l'origine des plaintes (score algofonctionnel), des performances isocinétiques maximales des groupes musculaires considérés ainsi que des observations échographiques. Il nous semble cependant judicieux de discuter les points suivants :

- à la fin du traitement excentrique, les sensations subjectives de douleurs apparaissent très nettement atténuées, ne dépassant plus 1,2 ua en moyenne. Une observation originale concerne la cinétique d'évolution des plaintes, avec une réduction qui s'observe essentiellement après un mois de traitement. Les réponses adaptatives, lentes au niveau tendineux, expliquent ce délai [24]. La réduction des plaintes, qui perdurent entre la 7<sup>ème</sup> semaine et la fin du traitement, justifie donc une prise en charge prolongée. Cet aspect pourrait compromettre la compliance au traitement et il s'agira de bien clarifier ce point avec le patient avant d'engager le traitement. Cela pourrait également justifier de réserver ce protocole aux patients « chroniques », chez qui les thérapeutiques classiques ont déjà échoué ;

- les données échographiques confirment l'intérêt de l'intervention excentrique, bien que certains résultats interpellent. Ainsi, 52 % des patients GE n'obtiennent pas une normalisation de l'image échographique. Cette observation pourrait plaider pour l'application d'un traitement plus long encore, jusqu'à 50 séances. Une autre hypothèse serait l'impossibilité d'une normalisation en raison de la longue durée de la symptomatologie dans notre échantillon. Khan et al. [26] n'ont par ailleurs rapporté qu'une corrélation modérée entre l'évaluation clinique et l'étude échographique des tendinopathies achilléennes. Ce concept a été confirmé par Cook et al. [10], et reflète relativement bien les données de notre travail ;
- au sein du GE, l'absence de déficit (en comparaison bilatérale au terme du traitement) sur les performances isocinétiques maximales des muscles extenseurs du poignet et supinateurs de l'avant-bras traité contraste avec le profil déficitaire observé en moyenne dans le GC. Les moments de force maximaux excentriques développés par le GE apparaissent particulièrement élevés et représentent à nos yeux un élément positif dans la prévention de la récurrence, ce mode de contraction étant régulièrement cité dans l'étiopathogénie. Ainsi, au cours de la rééducation, 87% des patients GE ont pu atteindre progressivement et sans douleur des contractions d'intensités très élevées (estimées à au moins 80 % du maximum). Cependant, l'application d'épreuves évaluatives maximales au début du traitement paraît contre-indiquée. Curwin [14] confirme le risque de test précoce, les tensions élevées pouvant reproduire les conditions de survenue lésionnelle. Bien que généralement bien toléré, le programme excentrique sous-maximal appliqué dans ce travail n'a pu être réalisé par 13 % des patients en raison d'une symptomatologie douloureuse exacerbée. Selon notre expérience, l'incapacité à atteindre 60 % de la contraction excentrique maximale au cours du traitement constitue un indicateur de pronostic défavorable.

En pratique, l'application d'un programme excentrique dans la tendinopathie épicondylienne considèrera les points suivants :

- un diagnostic différentiel doit exclure les pathologies intercurrentes telles la compression du nerf interosseux postérieur, une radiculopathie C6 – C7 [15,33,34,39] ;
- selon notre expérience, le traitement s'applique au terme de la phase aigüe, au cours du processus de remodelage, à une fréquence de 3x par semaine ;
- les essais préliminaires nous ont conduits à réduire le volume de travail appliqué aux épicondyliens, en comparaison avec les programmes initialement proposés aux tendons patellaires et achilléens [11]. Ainsi, le nombre de répétitions réalisées par les épicondyliens varie entre 40 et 80, tandis qu'au membre inférieur il atteint jusqu'à 100 à 150 répétitions au cours d'une séance ;
- nous réfutons le principe du « no pain, no gain » parfois suggéré [1,16] ; au cours du traitement, la douleur représente un signal d'alarme justifiant le retour momentané à des exercices moins sollicitants (paramètres vitesse et intensité) ;
- la présence de calcifications intra-tendineuses constitue un facteur défavorable.

L'intérêt spécifique de l'outil isocinétique pour appliquer l'exercice excentrique [13] concerne :

- le maintien de la vitesse présélectionnée ;
- une adaptation permanente de la résistance garantissant la sécurité d'application du programme et un mouvement très régulier ;
- la mesure instantanée du moment de force développé et le feedback visuel permettant au patient d'adapter précisément l'intensité de la contraction ;

- la réalisation des répétitions successives selon une amplitude de mouvement restant constante, ajustée et sécurisée par des butées électroniques et mécaniques ; ainsi un éventuel secteur douloureux, en particulier dans les positions d'allongement du complexe musculo-tendineux, peut être évité en début de traitement ;
- le retour à la position de départ au terme de la contraction excentrique peut s'effectuer passivement au lieu d'une contribution concentrique pour le groupe musculaire considéré.

Afin de simplifier l'application du protocole excentrique, d'autres moyens techniques tels les bandes élastiques, les poids libres ou la simple résistance manuelle pourraient s'envisager. L'efficacité de tels moyens devra cependant s'évaluer à travers des études comparatives.

Les mécanismes adaptatifs supportant l'amélioration clinique induite par les protocoles excentriques dans la rééducation des tendinopathies restent hypothétiques et peut-être multifactoriels : action sur le collagène, la longueur de l'unité musculo-tendineuse, la néovascularisation [1,14,20,27,28,30,35]. Les effets semblent dépendre spécifiquement du mode de contraction excentrique, des protocoles concentriques ne permettant pas des bénéfices identiques [23,31]

## **Programme excentrique dans la pathologie du coude : tendinopathie épicondylienne**

### **Title: Eccentric program for the management of lateral epicondylitis**

#### **Summary**

Lateral epicondylitis represents a common overuse injury caused by repetitive gestures through sports activity, industrial work and hobby activities. In spite of many conservative treatment procedures, prolonged symptoms and relapse are frequently reported. The goal of our study was to compare the outcome of patients performing an adapted isokinetic eccentric training with that of patients receiving a non-strengthening classical rehabilitation. Results, dealing with pain score evaluation, disability questionnaire, muscle strength measurement and ultrasonographic examination, highlight the relevance of implementing isokinetic adapted eccentric training in the management of lateral epicondylitis.

## Références

1. Alfredson H, Pietilä I, Jonsson P, et al. Heavy-load eccentric calf muscle training for the treatment of chronic Achilles tendonitis, *Am J Sports Med* 1998;26:360-6.
2. Alfredson H, Lorentzon R. Chronic Achilles tendinitis: recommendations for treatment and prevention, *Sports Med* 2000;29:135-46.
3. Almekinders LC, Temple JD. Etiology, diagnosis, and treatment of tendinitis: an analysis of the literature, *Med Sci Sports Exerc* 1998;30:1183-90.
4. Almekinders LC, Weinhold PS, Maffulli N. Compression etiology in tendinopathy, *Clin Sports Med* 2003;22:703-10.
5. Bennett JB. Lateral and medial epicondylitis, *Hand Clin* 1994;10:157-63.
6. Bisset LM, Russell T, Bradley S, Ha B, Vicenzino BT. Bilateral sensorimotor abnormalities in unilateral lateral epicondylalgia, *Arch Phys Med Rehabil* 2006;87:490-5.
7. Buchbinder R, Green SE, Youd JM, et al. Systematic review of the efficacy and safety of shock wave therapy for lateral elbow pain, *J Rheumatol* 2006;33:1351-63.
8. Ciccotti MG, Charlton WP. Epicondylitis in the athlete, *Clin Sports Med* 2001;20:77-93.
9. Cook JL, Khan KM. What is the most appropriate treatment for patellar tendinopathy? *Br J Sports Med* 2001;35:291-4.
10. Cook JL, Khan KM, Kiss ZS, et al. Asymptomatic hypoechoic regions on patellar tendon ultrasound: A 4-year clinical and ultrasound followup of 46 tendons, *Scand J Med Sci Sports* 2001;11:321-7.
11. Croisier JL, Forthomme B, Foidart-Dessalle M, et al. Treatment of recurrent tendinitis by isokinetic eccentric exercises. *Isokinetics Exerc Sci* 2001 ;9:133-41.

12. Croisier JL, Foidart-Desalle M, Tinant F, Crielaard JM, Forthomme B. An isokinetic eccentric programme for the management of chronic lateral epicondylar tendinopathy, *Br J Sports Med* 2007;41:269-275.
13. Croisier JL, Maquet D, Codine P, Forthomme B. Renforcement musculaire et rééducation : apport de l'isocinétisme. In : *Renforcement musculaire et reprogrammation motrice*. Masson, Paris, 2008;42-50.
14. Curwin S. Acute sports injuries: the aetiology and treatment of tendonitis. In: Harries M, Williams C, Stanish WD, Micheli LJ, eds. *Oxford Textbook of Sports Medicine*. Oxford Medical Publications, Oxford University Press 1994:512-28.
15. Ekstrom RA, Holden K. Examination of and intervention for a patient with chronic lateral elbow pain with signs of nerve entrapment, *Phys Ther* 2002;82:1077-86.
16. Fyfe I, Stanish WD. The use of eccentric training and stretching in the treatment and prevention of tendon injuries, *Clin Sports Med* 1992;11:601-24.
17. Haahr JP, Andersen JH. Prognostic factors in lateral epicondylitis: a randomized trial with one-year follow-up in 266 new cases treated with minimal occupational intervention or the usual approach in general practice, *Rheumatol* 2003;42:1216-25.
18. Hong QN, Durand MJ, Loisel P. Treatment of lateral epicondylitis: where is the evidence ? *J Bone Spine* 2004;71:369-7.
19. Hume PA, Reid D., Edwards T. Epicondylar injury in sport: epidemiology, type mechanisms, assessment, management and prevention, *Sports Med* 2006;36:151-70.
20. Hyman J, Rodeo SA. Injury and repair of tendons and ligaments, *Phys Med Rehabil Clin North America* 2000;11:267-88.

21. Järvinen M. Epidemiology of tendon injuries in sports, *Clin Sports Med* 1992;11:493-504.
22. Jensen K, Di Fabio RP. Evaluation of eccentric exercise in treatment of patellar tendinitis, *Phys Ther* 1989;69:211-6.
23. Jonsson P, Alfredson H. Superior results with eccentric compared to concentric quadriceps training in patients with jumper's knee: a prospective randomised study, *Br J Sports Med* 2005;39:847-50.
24. Kannus P, Jozsa L, Natri A, et al. Effects of training, immobilization and remobilization on tendons, *Scand J Med Sci Sports* 1997;7:67-71.
25. Khan KM, Cook JL, Bonar F, et al. Histopathology of common tendinopathys, *Sports Med* 1999;27:393-408.
26. Khan KM, Forster BB, Robinson J, et al. Are ultrasound and magnetic resonance imaging of value in assessment of Achilles tendon disorders? A two years prospective study. *Br J Sports Med* 2003;37:149-53.
27. Kraushaar BS, Nirschl RP. Current concepts review. Tendinosis of the elbow (tennis elbow), *J Bone Joint Surg* 1999;81-A:259-78.
28. Leadbetter WB. Cell-matrix response in tendon injury, *Clin Sports Med* 1992;11:533-78.
29. Lewis M, Hay EM, Paterson SM, et al. Effects of manual work on recovery from lateral epicondylitis, *Scand J Work Environ Health* 2002;28:109-16.
30. Maffulli N, Ewen SWB, Waterston SW, et al. Tenocytes from ruptured and tendinopathic Achilles tendons produce greater quantities of type III collagen than tenocytes from normal Achilles tendons, *Am J Sports Med* 2000;28:499-505.
31. Mafi N, Lorentzon R, Alfredson H. Superior short-term results with eccentric calf muscle training compared to concentric training in a randomized prospective

- multicenter study on patients with chronic Achilles tendonitis, *Arthrosc* 2001;9:42-7.
32. Martinez-Silvestrini JA, Newcomer KL, Gay RE, et al. Chronic lateral epicondylitis: comparative effectiveness of a home exercise program including stretching alone versus stretching supplemented with eccentric or concentric strengthening, *J Hand Ther* 2005;18:411-9.
  33. Nirschl RP. Elbow tendinosis / tennis elbow, *Clin Sports Med* 1992 ;11:851-70.
  34. Nirschl RP, Ashman ES. Elbow tendinopathy: tennis elbow, *Clin Sports Med* 2003;22:813-36.
  35. Öhberg L, Alfredson H. Effects on neovascularisation behind the good results with eccentric training in chronic mid-portion Achilles tendinosis? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2004;12:465-70.
  36. Ollivierre CO, Nirschl RP. Tennis elbow – current concepts of treatment and rehabilitation, *Sports Med* 1996;22:133-9.
  37. Paavola M, Kannus P, Paakkala T, et al. Long-term prognosis of patients with Achilles tendonitis, *Am J Sports Med* 2000;28:634-42.
  38. Pienimäki TT, Kauranen K, Vanharanta H. Bilaterally decreased motor performance of arms in patients with chronic tennis elbow, *Arch Phys Med Rehabil* 1997;78:1092-5.
  39. Plancher KD, Halbrecht J, Lourie GM. Medial and lateral epicondylitis in the athlete, *Clin Sports Med* 1996;15:283-305.
  40. Rees JD, Wilson AM, Wolman RL. Current concepts in the management of tendon disorders, *Rheumatol* 2006;45:508-21.
  41. Rivenburgh DW. Physical modalities in the treatment of tendon injuries, *Clin Sports Med* 1992;11:645-59.

42. Sevier TL, Wilson JK. Treating lateral epicondylitis, *Sports Med* 1999;28:375-80.
43. Smidt N, Assendelft WJ, Arola H, et al. Effectiveness of physiotherapy for lateral epicondylitis: a systematic review, *Ann Med* 2003;35:51-62.
44. Stanish WD, Rubinovich RM, Curwin S. Eccentric exercise in chronic tendonitis, *Clin Orthop Rel Res* 1986;208:65-8.
45. Stasinopoulos D, Stasinopoulou K, Johnson MI. An exercise programme for the management of lateral elbow tendinopathy, *Br J Sports Med* 2005;39:944-7.
46. Svernlov B, Adolfsson L. Non-operative treatment regime including eccentric training for lateral humeral epicondylalgia, *Scan J Med Sci Sports* 2001;11:328-34.
47. Trudel D, Duley J, Zastrow I, et al. Rehabilitation for patients with lateral epicondylitis: a systematic review, *J Hand Ther* 2004;17:243-66.
48. Walker-Bone K, Palmer KT, Reading I, et al. Prevalence and impact of musculoskeletal disorders of the upper limb in the general population, *Arthritis Rheum* 2004;51:642-51.

**Tableau I :** Modalités du programme isocinétique excentrique appliqué aux tendinopathies épicondyliennes.

<b>Séances</b>	<b>Groupes musculaires</b>	<b>Vitesses</b>	<b>Intensités</b>	<b>Séries et répétitions</b>
1 à 5	Extenseurs	30 °/s	30 % max	2 x 10
	Supinateurs			2 x 10
6 à 10	Extenseurs	60°/s à 90°/s	30 % max	2 x 10
	Supinateurs			2 x 10
11 à 15	Extenseurs	30°/s à 90°/s	60 % max	2 x 10
	Supinateurs			2 x 10
16 à 20	Extenseurs	30°/s à 60°/s	80 % max	2 x 10
	Supinateurs			2 x 10
21 à 30	Extenseurs	60°/s à 90°/s	80 % max	2 x 10 (x2)
	Supinateurs			2 x 10 (x2)

## Légende des figures

**Figure 1 :** Evolution des plaintes douloureuses subjectives (EVA, en ua) au cours du traitement : comparaison entre groupes contrôle (GC) et entraîné (GE) (\* =  $p < 0.01$  et \*\* =  $p < 0.001$ ).