



Appel à communications

Thème :

Physiologie de l'exercice et du sport

Résumé N° SFMES-SFTS25-188

Réponses cardiopulmonaires au pédalage excentrique à haute puissance : Comparaison au mode concentrique isoénergétique

Marc-Etienne Villeneuve¹, Ruddy Richard², Jonathan Tremblay*¹

¹ Université de Montréal, Montréal, Canada,

² Université Clermont Auvergne, Clermont-Ferrand, France

Introduction : Le pédalage excentrique permet une production de puissance mécanique plus élevée pour une consommation d'oxygène (VO₂) plus faible que le pédalage concentrique. Des études réalisées à faible intensité (<300 W) ont rapporté un débit cardiaque (Qc) et une fréquence cardiaque (FC) plus élevés en excentrique qu'en concentrique pour une VO₂ équivalente (~150 mL). Cependant, les réponses physiologiques au pédalage excentrique à haute intensité demeurent peu documentées. Cette étude vise à explorer les réponses cardiopulmonaires au pédalage excentrique à haute intensité (~1000W), comparé au pédalage concentrique isoénergétique.

Méthodes : Neuf participants (3 femmes, 6 hommes ; âge : 30,7±7,8 ans ; VO₂max : 56,8±4,6 mL·min⁻¹·kg⁻¹), ayant complété 16 séances d'entraînement excentrique, ont réalisé des tests d'effort incrémentaux pour chaque modalité de pédalage. Chaque test comportait quatre paliers de 5 minutes, avec des puissances excentriques correspondant à 25 %, 50 %, 75 % et 100 % de la puissance maximale atteinte à l'entraînement. En concentrique, la puissance était ajustée pour obtenir une VO₂ équivalente, en supposant une efficacité mécanique nette de 24 %. En cas de non-équivalence du VO₂, un cinquième palier concentrique était ajouté. Le Qc, la FC (bioimpédance cardiaque) et le VO₂ (chariot métabolique) ont été mesurés en continu et moyennés sur les 60 dernières secondes de chaque palier. La pression artérielle (PA) a été prise à la fin de chaque palier.

Résultats : Au dernier palier, la puissance maximale excentrique était 4,2 fois supérieure à celle en mode concentrique (756±110 vs. 181±50,2 W), malgré un VO₂ similaire (2,38±0,67 vs. 2,50±0,65 L·min⁻¹ ; soit 56,8±19,2 % vs. 59,9±21,6 % du VO₂max concentrique). La différence artérioveineuse en oxygène (a- $\bar{v}$ VO₂) était plus faible en mode excentrique (124±25,7 vs. 159±36,8 mL O₂·L⁻¹, p<0,05), suggérant une extraction périphérique d'oxygène réduite pour une demande métabolique équivalente. Les réponses ventilatoires étaient aussi différentes, avec une fréquence respiratoire plus élevée (46,6±6,95 vs. 32,9±5,18 cycles·min⁻¹, p<0,05) et un volume courant plus faible (1,75±0,57 vs. 2,02±0,48 L, p<0,05) en excentrique. Le pédalage excentrique induit un Qc (19,5±5,9 vs. 16,2±5,21 L·min⁻¹, p<0,05) et une FC (173±24,5 vs. 148±22 bpm, p<0,05) significativement plus élevés, malgré des pressions artérielles systolique (142±14,8 vs. 166±18,7 mmHg, p<0,05) et diastolique (69,1±4,49 vs. 85,4±7,30 mmHg, p<0,05) plus faibles. On observe ainsi une

diminution de la résistance vasculaire systémique en mode excentrique ($5,08 \pm 1,12$ vs. $7,35 \pm 1,65$ mmHg·L· 10^{-1} ·min $^{-1}$, $p < 0,05$), indiquant une adaptation périphérique liée à une charge mécanique accrue.

Conclusion : En contexte isoénergétique, le pédalage excentrique à haute intensité permet un travail musculaire nettement supérieur, tout en induisant des réponses cardiopulmonaires distinctes. Ces résultats mettent en lumière le potentiel de cette modalité d'exercice comme outil d'entraînement permettant un travail mécanique élevé à un faible coût métabolique, notamment pour les populations à capacité cardiovasculaire réduite.

Conflits d'intérêts : Pas de conflit déclaré

Mots clefs : Bio-impédance cardiaque, Efficacité énergétique, Exercice incrémental

Appel à communications

Thème :

Physiologie de l'exercice et du sport

Résumé N° SFMES-SFTS25-186

Effet des contractions musculaires excentriques et concentriques sur l'oxydation des substrats en fonction de l'intensité de l'exercice et du niveau d'entraînement.

Marc-Etienne VILLEUNEUE¹, Victor COULM², Jonathan TREMBLAY¹, Ruddy RICHARD^{* 2}

¹ École de kinésiologie et des sciences de l'activité physique, Faculté de Médecine, Montréal, Canada,

² ASMS UMR 1019 UCA, Clermont-Ferrand, France

Introduction : L'oxydation des substrats (glucide G et lipides L) est modulée par l'intensité de l'exercice et le niveau d'entraînement. Bien que les études sur le mode de contraction concentrique (CON) soient nombreuses, l'adaptation métabolique induite par les exercices en mode excentrique (EXC) reste moins explorée, notamment en ce qui concerne l'oxydation des substrats. Cette étude a investigué l'effet des contractions musculaires EXC et CON sur l'utilisation des substrats lors d'exercices à différentes intensités, indexées sur la consommation d'oxygène ($\dot{V}O_2$).

Méthodes : Deux groupes de sujets ont participé à cette étude : un groupe sportif loisir (SL) $n=8$, $\dot{V}O_{2max}$ à 115% des valeurs théoriques, âge 28 ± 6 ans, poids 71 ± 8 kg, taille 180 ± 5 cm, $\dot{V}O_{2max}$ $3,2 \pm 0,4$ L.min⁻¹ et un groupe sportif compétition (SC), $n=9$, $\dot{V}O_{2max}$ = 155% des valeurs théoriques, âge 31 ± 8 ans, poids 69 ± 9 kg, taille 172 ± 7 cm, $\dot{V}O_{2max}$ $3,9 \pm 0,4$ L.min⁻¹. Les deux groupes ont réalisé des tests incrémentaux en modes CON et EXC, ordre de passage randomisé, à 20, 30, 40 et 50% de leur $\dot{V}O_{2max}$. Les tests ont été conduits dans des conditions standardisées (heure, recommandations nutritionnelles). Pour chaque intensité, $\dot{V}O_2$ (L.min⁻¹) et $\dot{V}CO_2$ (L.min⁻¹) ont été mesurés et moyennés sur les valeurs à l'état stable de chaque palier. Les taux d'oxydation de G et des L ont été calculés à partir des équations non protéiques de Péronnet et Massicote.

Résultats : Au repos, les quotients respiratoires n'ont pas différé significativement entre les groupes et les modes de contraction. En mode CON, une augmentation de la $\dot{V}O_2$ a induit une augmentation de la contribution glucidique à l'oxydation, au détriment de l'oxydation lipidique, un phénomène accentué avec le niveau d'entraînement (décalage du point de croisement vers des intensités plus élevées). En mode EXC à même niveau métabolique (même $\dot{V}O_2$ CON-EXC), des effets similaires ont été observés, mais pour des puissances mécaniques 2 à 3 fois plus importantes. La modélisation des profils d'oxydation pour chaque mode de contraction a révélé une tendance pour un ratio lipides/glucide oxydé plus élevé en mode EXC comparativement au mode CON (à $\dot{V}O_2$ égale). Les résultats présentés dans ce résumé, à iso- $\dot{V}O_2$ de 1,2 L.min⁻¹ illustrent ces constatations :

Groupe SC-CON Puissance 69 ± 19 W**, G oxydés $0,82 \pm 0,3$ g.min⁻¹*, L oxydés $0,33 \pm 0,11$ g.min⁻¹*

Groupe SC-EXC Puissance 433 ± 89 W**, G oxydés $0,57 \pm 0,28$ g.min⁻¹*, L oxydés $0,38 \pm 0,16$ g.min⁻¹*

Groupe SL-CON Puissance 85 ± 13 W**, G oxydés $1,22 \pm 0,33$ g.min⁻¹, L oxydés $0,16 \pm 0,10$ g.min⁻¹

Groupe SL-EXC Puissance 333 ± 30 W**, G oxydés $1,07 \pm 0,28$ g.min⁻¹, L oxydés $0,26 \pm 0,13$ g.min⁻¹

CON vs EXC * $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ et pour chacun des deux groupes SC et SL

Discussion : Le mode de contraction (EXC vs CON) ne modifie pas significativement le profil d'oxydation des substrats et ce, indépendamment du niveau d'entraînement. L'ampleur de la modulation de l'oxydation des substrats (ratio L/G) en fonction de l'intensité relative de l'exercice semble néanmoins majorée lors de contractions EXC.

Conclusion : Ces résultats suggèrent des adaptations métaboliques distinctes associées au type de contraction, qui pourraient avoir des implications pour la conception de stratégies d'entraînement visant à optimiser l'utilisation des substrats énergétiques. Les différences sont d'autant plus importantes que les sujets sont entraînés. Malgré des débits d'oxydations différents, lors de la réalisation d'exercices, y compris des exercices de longue durée, l'effet exercice reste peu important sur la quantité totale de lipides oxydés.

Conflits d'intérêts : Pas de conflit déclaré

Mots clefs : Excentrique, Métabolisme, Oxydation des substrats

Appel à communications

Thème :

Physiologie de l'exercice et du sport

Résumé N° SFMES-SFTS25-187

Pectus Excavatum et exercice : variation hémodynamique au cours de l'exercice et corrélation avec les index de déformation de la paroi thoracique.

Laura Filaire*¹, Frederic Costes², Marie Tardy³, Ioana Molnar⁴, Helene Perrault⁵, Marc Filaire⁶, Ruddy Richard⁷

¹ Service de chirurgie générale et thoracique, CHU Nord, Saint-Etienne,

² Service d'exploration fonctionnelle et médecine du sport, CHU Gabriel Montpied, Clermont-Ferrand, Clermont-Ferrand,

³ Service de chirurgie thoracique, CH Chambéry, Chambéry,

⁴ Direction de la recherche clinique, Centre Jean Perrin, Clermont-Ferrand, France,

⁵ Faculté des Sciences Humaines, Université d'Ottawa, Ottawa, Canada,

⁶ Service de chirurgie thoracique et endocrinienne, Centre Jean Perrin,

⁷ Unité UMR 1019, INRA, CRNH Auvergne, Clermont-Ferrand, France

Introduction : Les Pectus Excavatum (PE) sont les déformations de la paroi thoracique antérieure les plus fréquentes caractérisées par une dépression sternale. A l'origine d'un impact esthétique et psychologique bien reconnu, la limitation fonctionnelle à l'exercice et la compression cardiaque sont débattues. L'objectif de notre étude est d'évaluer la variation des paramètres hémodynamiques (débit cardiaque (Qc), volume d'éjection systolique (VES), pouls d'oxygène et consommation d'oxygène (VO₂)) mesurés lors d'épreuve d'effort en lien avec la sévérité du PE avant chirurgie de correction.

Méthodes : Cette étude monocentrique rétrospective à partir de données collectées prospectivement a inclus les patients porteurs de PE isolés, âgés de plus de 14 ans, pris en charge chirurgicalement entre 2012 et 2022. L'évaluation morphologique pré-opératoire consistait en la réalisation d'un examen clinique et d'un scanner thoracique non injecté afin de calculer les index de déformation (index de Haller, index de correction, rotation sternale) et le type de compression cardiaque. Une épreuve d'effort incrémentielle sur vélo était réalisée en pré-opératoire couplée à une mesure continue du débit cardiaque par impédancemétrie (Physioflow). Pour l'analyse statistique les patients ont été appariés à des sujets sains contrôles (CTRL). Les variables d'appariements étaient l'âge, le sexe, le poids et la taille.

Résultats : 30 PE et 30 CTRL ont été inclus d'âge médian de 18.5 ans (17-22) et 22.5 ans (22-31.5) respectivement. L'index de Haller moyen était de 5.5 pour une rotation sternale moyenne de 12°. 86% des patients présentés une compression cardiaque de type 1 ou 2. Au repos, les PE avaient un VES plus faible que les CTRL ($p < 0.005$). Les paramètres hémodynamiques au pic de l'effort (Pmax, VO₂max, Qc) étaient significativement plus bas que leurs théoriques ($p < 0.001$). Le Qc max (14.63 ± 2.98 L.min⁻¹ vs 21.99 ± 5.16 L.min⁻¹; $p < 0.001$), la VO₂ max (2179 ± 432 mL.min⁻¹ vs 3495 ± 599 mL.min⁻¹; $p < 0.001$) et le pouls d'O₂ max (12.0 ± 2.4 vs 19.6 ± 3.1 ; $p = 0.01$) étaient statistiquement plus bas chez les PE par rapport au CTRL. Les index de déformations pariétales n'étaient pas corrélés aux différents paramètres hémodynamiques chez les PE bien que la rotation sternale tendait à impacter négativement l'augmentation du VES ($r = -0.38$; $p = 0.06$) et du VES indexé ($r = -0.035$; $p = 0.08$).

Conclusion : Les patients porteurs de PE ont une limitation hémodynamique objective à l'exercice qui semble être multifactorielle et qui ne peut être exclusivement lié à la sévérité morphologique de la déformation.

Conflits d'intérêts : Pas de conflit déclaré

Mots clefs : débit cardiaque non invasif, épreuve d'effort, pectus excavatum

Thème :

Reprise du sport / Prévention / Epidémiologie

Résumé N° SFMES-SFTS25-142

La fréquence cardiaque dans le syndrome du défilé thoraco-brachial augmente en cas de piégeage veineux positionnel.

Quentin Petit^{* 1, 2, 3}, Simon LECOQ^{1, 3, 4}, Florian CONGNARD², Nathan CRONIER^{1, 2, 3}, Pierre-Yves de MÜLLENHEIM², Pierre ABRAHAM^{1, 3}, Bénédicte NOURY²

¹ Centre Régional de Médecine du Sport, Angers,

² UCO-IFEPSA, Les Ponts-de-Cé,

³ UMR CNRS 1083 INSERM 6015,

⁴ Médecine vasculaire CHU, Angers, France

Introduction : Le syndrome du défilé thoraco-brachial (SDTB), constellation de problématiques compressives au niveau du défilé thoracique, présente une prévalence largement discutée dans la population générale mais possiblement augmentée chez les sportifs mobilisant leurs membres supérieurs (mouvements cycliques, répétitifs, sports de force, etc.).

La littérature rapporte chez les sujets atteints une possible tachycardie en réponse à une mobilisation des membres supérieurs (MS), supposée résulter de compressions nerveuses adrénurgiques. Cependant, cette accélération du rythme cardiaque pourrait également être initiée par une contrainte vasculaire, notamment chez les patients souffrant d'un piégeage veineux.

L'objectif de cette étude était d'étudier les modifications cardiovasculaires au cours d'une mobilisation des MS, en nous focalisant sur les variations de fréquence cardiaque (FC) observées au regard de la présence ou de l'absence de compressions veineuses positionnelles au cours de manœuvres de mobilisation dynamique des membres supérieurs.

Méthodes : Cent seize patients suspectés d'être atteints de SDTB ont été invités à effectuer une manœuvre provocatrice consistant, après une phase de repos (Rest), en une mobilisation des membres supérieurs comprenant plusieurs positions : élévation des bras jusqu'à la position de "reddition" (Surrender, Su, 90° d'abduction), maintien des bras levés devant le corps (position Prayer, Pra) avant de revenir à la position initiale ("End"). Pendant cette manœuvre, des enregistrements simultanés bilatéraux de photopléthysmographie (PPG) veineuse (V-PPG) et artérielle (A-PPG) ont été obtenus. L'analyse des enregistrements PPG a permis de classer les participants selon la présence d'une compression veineuse bilatérale uniquement (groupe V) ou l'absence de compression vasculaire (groupe C) et de déterminer la fréquence cardiaque au cours de l'enregistrement. Toutes les autres réponses (n=75) ont été exclues. Les réponses chronotropes dans le groupe V et le groupe C ont été comparées selon la position des bras à l'aide d'un modèle linéaire mixte.

Résultats : Comme attendu, la mobilisation des membres supérieurs conduit à une élévation de la fréquence cardiaque chez l'ensemble des patients. Néanmoins, le groupe veineux a montré une fréquence cardiaque significativement plus élevée pendant la phase "Su" par rapport à la phase "Rest" (+6,9 bpm, $p < 0,001$) et pendant la phase "Su" par rapport au groupe contrôle (+4,9, $p = 0,02$).

Discussion : Chez les patients présentant un piégeage veineux, l'altération de la vidange des MS au cours de leur mobilisation conduit à une majoration significative de la réponse chronotrope. Ces résultats permettent de remettre en question l'origine de cette réponse cardiaque déjà rapportée dans la littérature, supposée associée à une unique stimulation neurogène. Cela met en lumière la réponse cardiaque subséquente au défaut de vidange veineuse objectivé par les enregistrements de V-PPG.

Conclusion : Cette étude suggère une réponse cardiovasculaire unique au cours de manœuvres provocatrices dynamiques liées à la présence d'un piégeage veineux chez les patients atteints de SDTB. Elle souligne la complexité des réponses cardiovasculaires chez ces patients ainsi que les défis et possibilités d'améliorer la compréhension et la gestion de cet état pathologique.

Conflits d'intérêts : Pas de conflit déclaré

Mots clefs : Fréquence cardiaque, Hémodynamique, Syndrome du défilé thoraco-brachial

Appel à communications

Thème :

Physiologie de l'exercice et du sport

Résumé N° SFMES-SFTS25-104

Utilisation de l'oxymétrie d'effort dans le milieu clinique : procédure et évolution de la technique

Mariève Houle^{* 1, 2}, Simon Lecoq^{1, 2, 3}, Jeanne Hersant^{1, 3}, Mathieu Feuilloy^{4, 5}, Nafi Ouedraogo⁶, Pierre Abraham^{1, 2, 3}

¹ Laboratoire MITOVASC, équipe CarMe, Université Angers,

² Service de médecine du sport, CHU Angers,

³ Service de médecine vasculaire, CHU Angers,

⁴ School of Electronics (ESEO), Angers,

⁵ UMR CNRS 6613 LAUM, Le Mans, France,

⁶ Institut Supérieur des Sciences de la Santé, Université Nazi BONI, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

Introduction : Dans la maladie artérielle des membres inférieurs, l'évaluation de la présence d'ischémie peut être réalisée dans le cadre du processus diagnostique de la maladie. L'évaluation de l'ischémie à l'effort est alors effectuée à l'aide de l'oxymétrie transcutanée d'effort (Ex-TcPO₂). Cette méthode non invasive permet de mesurer la pression en oxygène à la surface de la peau, offrant ainsi des informations sur le décalage entre l'oxygénation locale et régionale des tissus. L'introduction de l'analyse de la diminution de la pression en oxygène par rapport au repos (DROP) dans la technique d'Ex-TcPO₂, qui correspond à la différence entre les variations de la pression en oxygène des membres inférieurs et celles du thorax au repos, apporte de nouvelles informations sur la gravité de l'ischémie locale pendant l'exercice.

Méthodes : L'objectif de cette revue narrative est de dresser le portrait actuel concernant l'utilisation de l'oxymétrie transcutanée d'effort à partir des 8995 évaluations réalisées dans nos installations, de discuter de l'évolution de la technique au fil des ans et de décrire comment les changements dans les procédures de test ont permis de détecter des anomalies dans les pratiques cliniques vasculaires et non vasculaires.

Résultats : Cette revue met en avant l'importance de l'utilisation de l'Ex-TcPO₂ dans le diagnostic de la maladie artérielle périphérique (MAP) et de sa contribution en tant qu'outil de diagnostic différentiel pour les patients présentant des pathologies non vasculaires, telles que le canal lombaire étroit. Elle présente également des recommandations concernant l'utilisation de l'Ex-TcPO₂ en milieu clinique et discute des perspectives de recherche futures nécessaires pour mieux intégrer la technique dans l'algorithme diagnostique et pour déterminer sa pertinence dans l'adaptation des traitements, notamment en matière de réadaptation.

Conclusion : En conclusion, l'Ex-TcPO₂ constitue un outil diagnostique essentiel dans l'évaluation de l'ischémie liée à la maladie artérielle périphérique, en permettant de différencier efficacement les pathologies vasculaires et non vasculaires. Elle offre des perspectives prometteuses pour améliorer la prise en charge clinique et guider les stratégies thérapeutiques.

Conflits d'intérêts : Pas de conflit déclaré

Mots clefs : diagnostic, marche, oxymétrie transcutanée d'effort

Thème :
Médecine du sport

Résumé N° SFMES-SFTS25-106

Réponses biologiques pendant un test de tolérance à la chaleur : implications dans le coup de chaleur d'exercice

Léa Tuifua^{1,2,3}, Philémon Marcel-Millet^{1,2}, Cesar Mattei³, Guy Lenaers³, Thomas Derouck⁴, Benoît Lepetit^{1,2}, Arnaud Gruel^{1,2}, Stéphanie Bourdon^{1,2}, Alexandra Malgoyre^{1,2}

¹ Institut de Recherche Biomédicale des Armées, Brétigny sur Orge,

² Laboratoire de Biologie de l'Exercice pour la Performance et la Santé, Université d'Evry, Evry-Courcouronnes,

³ Laboratoire MitoVasc, Université d'Angers, U1083 Inserm, UMR 6015 CNRS, Angers, France,

⁴ Département des sciences de l'activité physique, Université du Québec à Trois-Rivières, Trois-Rivières, Canada

Introduction : Le coup de chaleur d'exercice (CCE) est la forme la plus grave d'accident médical lié à la chaleur, caractérisé par une élévation de la température centrale supérieure à 40°C accompagnée d'une dysfonction du système nerveux central. Dans la majorité des cas, le CCE survient dans un contexte circonstanciel, en présence de facteurs de risque extrinsèques ou intrinsèques. Néanmoins, certains CCE se distinguent par l'absence de facteurs circonstanciels et/ou une récurrence de l'épisode. Pour ces cas particuliers, considérés comme atypiques, nous avons montré que leur fonction thermorégulatrice autonome était altérée. La présente étude visait ainsi à déterminer si des marqueurs biologiques sont associés au profil de thermorégulation particulier des patients présentant un CCE atypique.

Méthodes : Au total, 56 participants - 18 témoins sains sans antécédent de CCE, 17 participants avec antécédent de CCE atypique et 21 avec antécédent de CCE circonstanciel - ont effectué un test de tolérance à la chaleur (HTT). L'intolérance à la chaleur était déclarée si la température rectale (Trec) dépassait 38,5°C après deux heures de marche sur tapis roulant à 5 km/h dans une chambre climatique calibrée à 40°C et 40% d'humidité relative. Des échantillons biologiques ont été collectés avant, immédiatement après ainsi qu'une heure après l'arrêt du HTT afin d'identifier les biomarqueurs relatifs aux réponses cellulaires à la suite d'un stress thermique.

Résultats : Sur les 56 participants, 45% étaient intolérants à la chaleur (Trec finale : 38,98±0,38°C) tandis que 55% étaient tolérants à la chaleur (Trec finale : 38,04±0,27°C). Le groupe atypique présentait le taux d'intolérance le plus élevé (65%) et une Trec finale significativement plus élevée (38,81±0,63°C) que les participants circonstanciels (55%, 38,38±0,52°C) et les participants témoins (39%, 38,34±0,42°C). Considérant l'ensemble des participants, le groupe intolérant a manifesté des niveaux significativement plus élevés des transcrits HSP70 et HSP90 relatifs à la réponse de choc thermique, ainsi qu'une concentration plasmatique accrue de la cytokine anti-inflammatoire IL1Ra en comparaison aux tolérants à la chaleur. Par ailleurs, les niveaux de cortisol, de glucose et d'acides gras libres plasmatiques étaient significativement plus importants chez les intolérants. Cependant, aucune des variables biologiques mesurées ne différait entre les groupes CCE atypique, CCE typique et témoin.

Conclusion : En conclusion, la signature biologique associée à l'intolérance à la chaleur semble refléter le niveau de stress physiologique suite à une température centrale plus élevée. Cependant, aucune signature biologique n'a permis de caractériser les différents groupes de CCE. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour comprendre les

mécanismes physiologiques et biologiques à l'origine de l'altération de la thermorégulation des CCE atypiques, y compris l'implication potentielle de polymorphismes génétiques.

Conflits d'intérêts : Pas de conflit déclaré

Mots clefs : coup de chaleur d'exercice, hyperthermie, thermorégulation