

INNOVATIONS EN MÉDECINE PHYSIQUE ET RÉADAPTATION

BETHLEN S (1), BORNHEIM S (1, 3), DELVAUX F (1, 2, 3), MARQUET L (1), PELZER D (1), NEUPREZ A (1, 2), LECART MP (1), MAERTENS B (1), WANG FC (1), TOMASELLA M (1, 2, 3), CROISIER JL (1, 2, 3), SERVAIS D (1), GOBELS C (1), KAUX JF (1, 2, 3)

RÉSUMÉ : Au cours de la dernière décennie, la Médecine Physique et Réadaptation (MPR) est une spécialité médicale qui a fortement évolué dans les différents domaines qui la concernent : de la prise en charge des lombalgies et lombosciatalgies ou encore de l'ostéoporose de manière pluridisciplinaire, en passant par l'utilisation des nouvelles technologies en rééducation neuro-locomotrice et de la robotisation en rééducation, chez les patients amputés par exemple, le développement de la médecine à vocation régénérative et la prévention en traumatologie du sport et, enfin, les progrès des techniques d'électrophysiologie pour le diagnostic des neuropathies à petites fibres. Ces différentes avancées seront abordées dans cet article.

MOTS-CLÉS : *Lombalgies - Neuro-rééducation - Ostéoporose - Sarcopénie - Impression 3D - Articulation mécatronique - Neurophysiologie - Prévention*

INNOVATIONS IN PHYSICAL AND REHABILITATION MEDICINE

SUMMARY : Over the last decade, Physical and Rehabilitation Medicine (PRM) is a medical specialty that has evolved considerably in the various fields that concern it : from the management of low back pain and lumbosciatalgia or osteoporosis in a multidisciplinary manner, through the use of new technologies in neuro-locomotor rehabilitation and robotisation in amputee patients for example, the development of regenerative medicine and prevention in sports traumatology and, finally, the progress of electrophysiology techniques for the diagnosis of small-fibre neuropathies. These various advances will be discussed in this article.

KEYWORDS : *Low back pain - Neuro-rehabilitation - Osteoporosis - Sarcopenia - 3D printing - Mechatronic joint - Neurophysiology - Prevention*

INTRODUCTION

Au cours des 10 dernières années, la Médecine Physique et Réadaptation (MPR) a beaucoup évolué dans les divers domaines qui la concernent : l'utilisation des nouvelles technologies et de la robotisation en rééducation, le développement de la médecine à vocation régénérative, l'optimisation de trajets de soins pluridisciplinaires dans différentes pathologies, les progrès des techniques d'électrophysiologie... ne sont que quelques exemples qui seront abordés ci-après.

PRISE EN CHARGE DES LOMBALGIES ET LOMBO-RADICULALGIES

Les douleurs lombaires et radiculaires représentent des affections musculo-squelettiques fréquentes. De 50 à 80 % de la population va souffrir, au moins une fois dans sa vie, de mal de dos. Les répercussions de ce fléau sont

nombreuses, allant du caractère pénible individuel au coût socio-économique proportionnel aux traitements, à la baisse de productivité et au taux d'absentéisme qui lui sont, directement et indirectement, liés (1-3). Si le terme «douleur lombaire» parle de lui-même, la douleur radiculaires, sujet à controverse, est définie par le Centre Fédéral d'Expertise des Soins de Santé (KCE) comme une douleur des extrémités inférieures siégeant dans un ou plusieurs dermatomes.

Auparavant, lorsqu'un patient présentait des douleurs lombaires aiguës ou encore une sciatgie, le traitement préconisé était le repos strict au lit, dos à plat, membres inférieurs surélevés, hanches et genoux fléchis à 90° et ce, pendant plusieurs semaines. Le patient était totalement passif et devait éviter au maximum le moindre mouvement (2). Aujourd'hui, l'attitude thérapeutique est diamétralement opposée. Le leitmotiv actuel est : «le bon traitement, c'est le mouvement».

Si la plupart des douleurs lombaires communes évoluent favorablement, une minorité des patients développeront une symptomatologie chronique, avec une invalidité fonctionnelle persistante. Ce sont ces patients qu'il convient de dépister et de traiter précocement. L'anamnèse et l'examen clinique sont incontournables pour une prise en charge thérapeutique optimale. Bien qu'aucun examen, pris isolément, n'allie sensibilité et spécificité suffisantes pour déterminer la cause d'une douleur lombaire et/ou radiculaire, ces examens permettent, ensemble, de s'assurer de l'absence de cause

(1) Service de Médecine Physique, Réadaptation et Traumatologie du Sport, CHU Liège, Belgique.

(2) Service Pluridisciplinaire de Médecine et Traumatologie du Sport (SportS²), Centre Médical d'Excellence de la FIFA, Centre de Recherche du CIO, Centre de Médecine du Sport de la FIMS, CHU Liège, Belgique.

(3) Département des Sciences de la Motricité, Université de Liège, Belgique.

spécifique sous-jacente aux douleurs («drapeaux rouges/red flags»). L'anamnèse permet, également, d'évaluer des facteurs de risque individuels, psychologiques ou comportementaux («drapeaux jaunes/yellow flags»), des facteurs de risque liés à l'activité professionnelle («drapeaux bleus») et des facteurs environnementaux («drapeaux noirs») (1). L'évaluation du risque de passage à la chronicité permet de proposer aux patients la prise en charge la plus appropriée. Par ordre chronologique, tous les patients doivent bénéficier d'une information et de conseils personnalisés, adaptés aux besoins et capacités de chacun, à chaque étape de leur parcours thérapeutique. Il faut rassurer le patient sur le caractère bénin de sa pathologie, l'encourager à rester en mouvement et à reprendre ses activités quotidiennes le plus tôt possible. Certains bénéficieront d'un simple programme d'exercices à domicile, d'un suivi chez le kinésithérapeute tandis que d'autres, présentant un risque élevé, nécessiteront une prise en charge pluridisciplinaire en unité de soins spécialisés. Enfin, dans certains cas et pour des indications très spécifiques, le patient pourrait bénéficier de techniques plus invasives allant de l'infiltration épidurale inter-laminaire ou encore péri-radiculaire transforaminale à la chirurgie rachidienne en cas d'échec de toutes les autres techniques. Avant d'envisager éventuellement ces solutions, il est nécessaire de s'assurer d'une bonne concordance radio-clinique et d'un retentissement algo-fonctionnel hyperalgique ou déficitaire significatif. La littérature souligne la nécessité d'évaluer et de prendre en charge les patients selon le modèle bio-psycho-social, intégrant tant les aspects mécaniques des douleurs que l'environnement du patient et le vécu psycho-émotionnel de la douleur par le patient (1, 2).

LA STIMULATION TRANSCRÂNIENNE À COURANT CONTINU (STCC) : UN ADJUVANT À LA NEURORÉÉDUCATION

La STCC est une technique qui est en train de gagner en popularité ces dernières années. L'application d'un courant continu de faible intensité (1 à 2 mA), à travers des électrodes (1 à 100 cm²) pendant 20 à 30 minutes (4) permettra de moduler l'excitabilité corticale, soit en diminuant le seuil de potentiel membranaire (stimulation anodique), soit en l'augmentant (stimulation cathodique). La répétition de cette technique permet d'avoir des effets pendant la stimulation : modifier le potentiel membranaire,

rééquilibrer l'inhibition inter-hémisphérique, parfois néfaste dans des pathologies unilatérales telles que les accidents vasculaires cérébraux (AVC), augmenter le flux cérébral régional (qui est bénéfique en réduisant l'inflammation et en protégeant les neurones se trouvant dans une zone ischémisée). Il existe également des effets positifs après la stimulation tels que le renforcement des connexions synaptiques (via des mécanismes semblables à la potentialisation à long terme) (5), une activation des aires cérébrales supplémentaires et une forme de neurogenèse (6).

Une revue récente de la littérature montre que deux tiers des articles portent sur les sujets sains. Dans le tiers restant, la recherche sur la STCC est très variable, parlant principalement de maladies telles que les acouphènes, les AVC, la dépression, mais aussi la douleur, les maladies neurodégénératives (Parkinson, Alzheimer), la fibromyalgie, l'épilepsie, les troubles addictifs et les troubles d'apprentissage (7).

De par son prix faible, sa facilité d'application, des effets secondaires bénins (rougeur locale, sensation de picotements ou d'irritation lors de la stimulation) et l'augmentation du nombre d'articles témoignant de son efficacité croissante, il semblerait que la STCC soit un adjuvant très prometteur pour la neurorééducation.

L'IMPRESSIION 3D AU SERVICE DU PATIENT EN RÉÉDUCATION

Apparue sur le marché grand public dans les années 2000 et en perpétuelle amélioration depuis, l'impression 3D s'est également démocratisée, permettant au plus grand nombre d'y accéder. La technique la plus simple et la plus utilisée d'impression 3D est la fabrication additive (ou dépôt de matière fondue). Un film de plastique est chauffé et devient liquide. La tête de l'imprimante dépose une première couche sur un plateau maintenu à température, puis, les couches suivantes en empilement jusqu'au sommet de l'objet à réaliser. Cet objet peut être soit dessiné via un logiciel de type CAD, soit scanné pour être ensuite reproduit. Les méthodes d'impression 3D sont multiples (fabrication additive, stéréolithographie, laminage, ...) et peuvent être combinées à de nombreux types de matériaux (flexibles, plastiques, métalliques), répondant, chacun, à des critères d'impression différents. Parmi les limitations de l'impression 3D, notons que la taille maximale de l'objet dépend des dimensions de l'imprimante.

Figure 1. Aides techniques réalisées en impression 3D.
De gauche à droite : cabestan, joystick, support pour brosse à dent et support pour rasoir.



Les possibilités offertes par cette technologie sont immenses, que ce soit au niveau du quotidien, de la construction, de l'aéronautique, ou au niveau médical et le secteur hospitalier s'approprie progressivement ce nouvel outil. L'impression 3D est, en effet, déjà utilisée dans de nombreuses spécialités, comme l'orthopédie (prothèses), la cardiologie (stents et valves), la dentisterie (implants), et bien d'autres encore (8, 9). La personnalisation et l'individualisation de la création d'un objet sont les principaux intérêts de l'impression 3D.

La rééducation peut également bénéficier de la puissance de personnalisation que cette technologie offre pour développer des outils et des aides techniques sur mesure pour le patient et pour le personnel soignant. Nous pouvons citer par exemple, pour le patient, la création d'aides à l'habillage et aux tâches du quotidien (supports pour brosses à dents ou pour rasoirs, ouvre-bouteilles, décapsuleurs adaptés), et pour le personnel soignant, des cabestans pour chaises roulantes, des joysticks pour contrôler les fauteuils électriques, des aides au sondage du patient, et bien d'autres outils encore (Figure 1).

En effet, les aides disponibles sur le marché actuellement, malgré leur diversité, ne conviennent pas toujours aux spécificités des diverses pathologies des patients. En ce sens, la création d'aide technique sur mesure, via l'impression 3D, permet de rencontrer leurs besoins de manière précise, rapide et ce, à moindre coût. Au travers de cette démarche, le patient est impliqué dans la conception de son outil et devient acteur de sa rééducation. Le rôle sociétal et créatif de l'impression 3D vient ainsi s'ajouter au rôle de la création de l'outil (Figure 2).

Une grande communauté dédiée à la conception d'aides techniques se crée depuis quelques années, permettant aux centres et aux patients

Figure 2. Création par une imprimante 3D d'une aide technique permettant à un patient tétraplégique d'ouvrir lui-même ses bouteilles.



de partager leurs expériences et les designs (10). Cet outil technologique a également un rôle à jouer dans la réinsertion et l'apprentissage de nouvelles méthodes pour le patient.

PROGRÈS EN APPAREILLAGE ORTHOPÉDIQUE : LES ARTICULATIONS MÉCATRONIQUES

Voici près de 15 ans que des genoux mécatroniques sont disponibles sur le marché et intégralement remboursés dans tous les pays qui entourent la Belgique (10). Actuellement encore, les patients belges doivent financer un minimum de 18.000 € pour équiper leur prothèse de ce type d'articulation. Pour appareiller une amputation fémorale, le prothésiste et l'équipe de rééducation doivent choisir le genou prothétique qui conviendra le mieux au patient.

Un patient gériatrique avec un potentiel fonctionnel réduit sera généralement plus autonome avec un genou qui se verrouille en position debout afin de lui donner un maximum de sécurité, même si la marche est moins harmonieuse. Pour s'asseoir, le patient doit déverrouiller son genou et freiner sa descente avec l'aide de sa jambe valide en prenant éventuellement appui

sur ses membres supérieurs. Par contre, un patient avec un bon potentiel fonctionnel sera appareillé avec un genou libre qui permet une marche plus harmonieuse. A chaque pas, le patient doit, cependant, veiller à ce que son genou se verrouille correctement en phase d'appui. C'est surtout lors du franchissement de descentes ou d'escaliers que le genou prothétique risque de se déverrouiller. Comparativement aux genoux mécaniques, les genoux mécatroniques offrent aux patients une importante amélioration au niveau de la sécurité pour le franchissement des descentes et des escaliers (11). Ils donnent généralement plus d'endurance à la marche et diminuent le risque de chutes, notamment lorsque le pied prothétique butte sur un obstacle lors de la phase pendulaire. Les genoux mécatroniques fournissent également au patient une petite assistance en freinant la flexion lors du passage de la position debout à la position assise (12).

Lors de sa réunion du 3 décembre 2019, la Commission de Conventions Bandagistes/Orthopédistes – Organismes assureurs, a approuvé une amélioration du remboursement des prothèses équipées de genoux mécatroniques. Cette nouvelle nomenclature INAMI va prochainement entrer en vigueur. Elle prévoit que le patient demandeur d'un genou mécatronique bénéficie d'une phase d'essai durant laquelle il compare plusieurs genoux et s'entraîne à cette modification de la marche prothétique. A l'issue de cette phase d'essai, une équipe multidisciplinaire devra réaliser un bilan fonctionnel du patient qui sera partie intégrante de la prescription de la nouvelle prothèse.

De nouveaux progrès concernant les chevilles mécatroniques et, prochainement, les articulations motorisées, devront aussi être suivis par les équipes scientifiques et par les responsables de la Sécurité sociale (13).

PLASMA RICHE EN PLAQUETTES (PRP) : UNE THÉRAPIE RÉGÉNÉRATIVE

Le PRP correspond à un concentré plaquettaire autologue qui sera injecté dans différentes pathologies, dont les tendinopathies chroniques ou l'arthrose (14, 15). En effet, les plaquettes contiennent des facteurs de croissance et des cytokines qui vont permettre de stimuler le processus cicatriciel des tendinopathies chroniques rebelles aux traitements conservateurs, ou de soulager les symptômes de l'arthrose grâce à leurs propriétés anti-inflammatoires (16). Actuellement, cette thérapie récente reste tou-

jours débattue, même s'il existe de plus en plus de preuves scientifiques quant à leur efficacité clinique, notamment concernant les tendinopathies patellaires et les épicondylites (17). De plus, dans le cadre de la gonarthrose, le PRP semblerait plus efficace que l'acide hyaluronique sur l'amélioration des douleurs et de la fonction des patients (15). Cette nouvelle modalité thérapeutique a déjà fait l'objet de deux articles dans la revue auxquels nous renvoyons le lecteur intéressé (18, 19).

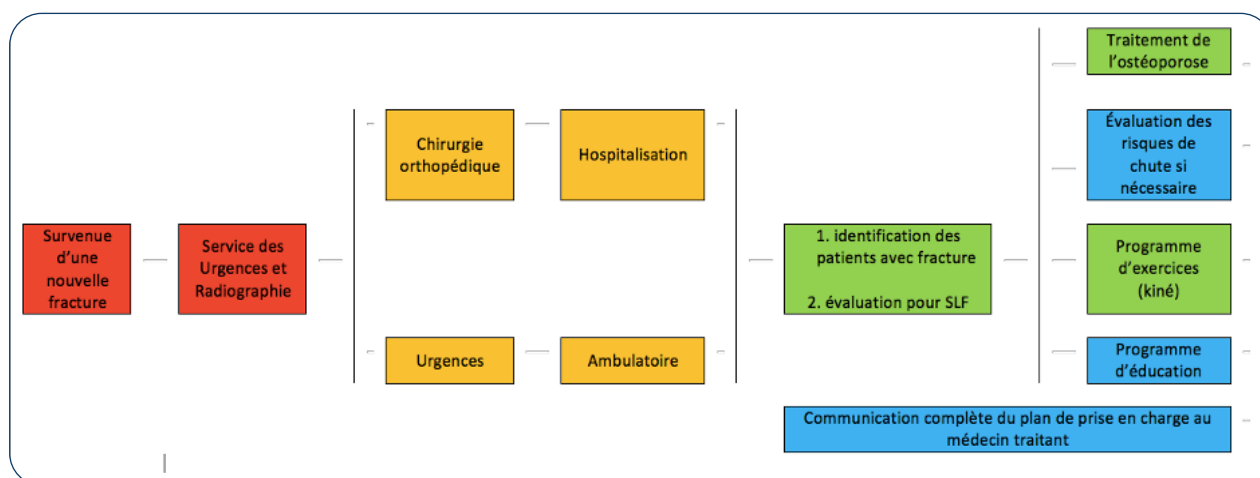
PRISE EN CHARGE DE L'OSTÉOPOROSE EN 2020 : ÉVITER LA RÉCURRENCE DES FRACTURES

L'ostéoporose est la maladie non transmissible la plus courante affectant le squelette. Elle est cependant sous-diagnostiquée et sous-traitée. Ceci entraîne une augmentation de l'incidence et de la prévalence des fractures de fragilité qui ont un impact majeur sur la qualité de vie des patients, avec une augmentation de la morbidité (douleur, perte d'autonomie,...) et de la mortalité ainsi que sur les dépenses de santé (20).

Les fractures de hanches et vertébrales sont les deux types de fractures de fragilité les plus graves. Leur prévention primaire est importante pour en limiter les conséquences.

Les patients souffrant d'une fracture de fragilité doublent leur risque de présenter un nouvel épisode (21). La prévention secondaire des fractures vise, ainsi, à diminuer ce risque en ciblant certains profils de patients. Des modèles de soins ont été élaborés afin de garantir une prise en charge adéquate. La solution la plus efficace est la création de Services de Liaison pour les Fractures (SLF) composés d'équipes multidisciplinaires. Elles ont, à leur tête, un coordinateur faisant le lien entre le patient et les services des urgences d'orthopédie, de réhabilitation, de prévention de l'ostéoporose et le médecin généraliste (Figure 3) (22).

Ces SLF sont basés sur un modèle coordonné de soins qui garantissent que les patients (> 50 ans), admis dans une structure hospitalière avec une fracture de fragilité, bénéficient d'une évaluation de leur risque futur de fracture et reçoivent un traitement adéquat de l'ostéoporose (23). Le programme «Capture the Fracture» de la Fondation Internationale de l'Ostéoporose (IOF) a été mis en place dans le but d'apporter un soutien mondial à la mise en œuvre des SLF, tout en garantissant leur qualité selon un cadre des meilleures pratiques. En 2014, le Service de

Figure 3. Un exemple de Services de Liaison pour les Fractures (SLF).


Médecine Physique et Réadaptation du CHU de Liège en a obtenu le statut «BRONZE», suite au développement de son SLF.

Depuis 2012, plus de 7.000 patients correspondant à 7.800 fractures de fragilité (dont 1/3 de fractures du fémur) ont été détectés au CHU de Liège. Force est de constater que la plupart de ces patients présentaient un profil gériatrique (81 ans chez la femme et de 78 ans chez l'homme). Dès lors, dans notre bilan, il a été nécessaire et impératif de tenir compte des comorbidités liées à ce profil, notamment la sarcopénie, vu l'association étroite entre le déclin du statut musculaire et osseux (24).

PRÉVENTION PRIMAIRE ET SECONDAIRE DES BLESSURES SPORTIVES

La prévention de blessures liées à la pratique d'un sport représente, à l'heure actuelle, une préoccupation majeure dans le domaine des sciences et de la médecine du sport. Le nombre d'études sur cette thématique a connu une croissance particulièrement importante depuis 2010. La multiplication d'essais contrôlés randomisés et d'études prospectives de qualité a permis, désormais, d'alimenter des revues systématiques et/ou méta-analyses et, ainsi, d'optimiser les recommandations sur la mise en place de stratégies de prévention lésionnelle. A travers deux pathologies fréquemment rencontrées en médecine du sport, la lésion musculaire des ischio-jambiers (LIJ) et la rupture du ligament croisé antérieur du genou (LCA), nous illustrons les avancées récentes dans le domaine.

La LIJ représente la blessure la plus fréquente parmi les sports impliquant des actions à vitesse maximale de course comme l'athlétisme, le football et le rugby. Ces dernières années, une meilleure compréhension des facteurs de risque de LIJ – étape-clé du processus de prévention – a permis d'envisager de nouveaux axes préventifs. Ainsi, à côté de déficits de force évalués grâce au dynamomètre isocinétique (25), d'autres facteurs de risque ont été, récemment, mis en évidence. C'est le cas de l'architecture musculaire, déterminée via une mesure de la longueur des fascicules musculaires (du biceps fémoral en particulier) ou encore d'une faible qualité de coordination entre les faisceaux internes et externes des muscles ischio-jambiers, mesurée via l'IRM fonctionnelle du muscle en exercice. Des mesures simples peuvent aussi être appliquées sur les terrains de sport, comme la réalisation régulière et progressive d'exercices excentriques. Plusieurs études ont, en effet, démontré une réduction de l'incidence lésionnelle de LIJ de plus de 50 % uniquement grâce à la réalisation hebdomadaire du Nordic Hamstring Exercise (NHE). L'addition d'autres exercices excentriques complémentaires au NHE devrait permettre d'améliorer encore son efficacité préventive (26).

La prévention primaire et secondaire de rupture du LCA a également connu des évolutions récentes importantes. L'objectivation de mouvements excessifs de valgus de genou lors d'une épreuve de saut standardisée, via des analyses 2D ou 3D telles que pratiquées au Laboratoire d'Analyse du Mouvement Humain (LAMH) de l'ULiège, permet de déterminer un élément central du risque lésionnel. Par ailleurs, étant donné que le risque de récurrence est maximal dans les

trois premiers mois après la reprise du sport, l'identification précise de l'aptitude d'un patient à reprendre le sport, sans restrictions, revêt un caractère essentiel en prévention secondaire. Ces critères de reprise sportive, par opposition au seul critère «délai post-opératoire», devraient idéalement comprendre, à côté de l'examen clinique traditionnel : une évaluation de la force (par dynamomètre isocinétique) et de sauts unilatéraux (hop tests), des «patient reported outcome measures» via des questionnaires spécifiques, comme le «Anterior Cruciate Ligament – Return to Sport after Injury», et des tests de performance de terrain, comme le «Agility T-Test» (27).

Des recherches similaires sont en cours dans notre Service pour les lésions sportives au membre supérieur et, en particulier, à l'épaule.

ÉVALUATION NEUROPHYSIOLOGIQUE DES PETITES FIBRES NERVEUSES A δ ET C : INTÉRÊT DANS LE DIAGNOSTIC PRÉCOCE DES NEUROPATHIES AMYLOÏDES HÉRÉDITAIRES

Les neuropathies amyloïdes (NA) sont le plus souvent héréditaires (NAH) et sont habituellement dues à une mutation ponctuelle de la transthyrétine (TTR, 18q11). Du fait de cette mutation, la substance amyloïde s'accumule au niveau de l'endonèvre des nerfs périphériques, ce qui entraîne une polyneuropathie (PNP) longue-dépendante touchant préférentiellement les petites fibres nerveuses (A δ et C). Les manifestations inaugurales sont les troubles sensitifs qui prédominent sur les sensibilités thermoalgiques. Une dysautonomie s'installe, la PNP s'aggrave rapidement et une cardiopathie s'associe au tableau neurologique. Jusqu'il y a peu, l'amylose était presque toujours mortelle. Dernièrement, un traitement innovant a été mis à disposition des patients avec NAH, le patisiran (Onpattro[®]) (28). Il s'agit d'un ARN interférant qui se lie, spécifiquement, à la séquence d'ARN messenger responsable de la production de TTR mutée. Le complexe est dégradé dans le foie, ce qui réduit les dépôts amyloïdes dans les tissus. Le patisiran parvient aux cellules cibles par l'intermédiaire de nanoparticules lipidiques perfusées par voie intraveineuse. Compte tenu de cette avancée thérapeutique, le diagnostic précoce des NAH, qui repose sur les données cliniques, neurophysiologiques et biopsiques, est plus que jamais crucial. Explorant avant tout les grosses fibres nerveuses (A α , A β), l'électroneuromyographie classique est souvent prise

en défaut, surtout à un stade précoce de la maladie.

Nous avons développé, dans le service de Médecine Physique, l'ensemble des techniques permettant de démasquer les neuropathies touchant préférentiellement les petites fibres (29) :

1) Potentiels évoqués par stimulation laser (PEL). La méthode des potentiels évoqués consiste à recueillir des réponses corticales générées par des stimulations appliquées en périphérie. Ces réponses sont extraites du bruit de fond électroencéphalographique par «moyennage». Dans le cas des PEL, la stimulation périphérique est assurée par un rayonnement thermique (laser). Les PEL constituent une technique électrophysiologique fiable, non invasive permettant d'étudier, spécifiquement et de façon objective, les nocicepteurs et les fibres afférentes (A δ principalement).

2) Sudoscan[®] (Impeto Medical, Paris, France). Cette technique quantifie le fonctionnement des glandes sudoripares en mesurant la conductance électrochimique cutanée (CEC). La CEC traduit le fonctionnement des fibres C.

3) Le réflexe cutané sympathique (RCS). Le RCS mesure la modification de la résistance cutanée provoquée par l'activation des glandes sudoripares consécutive à un stimulus sonore, respiratoire (inspiration soudaine et brève, toux) ou électrique (fibres C).

4) L'étude de la variabilité de l'espace RR. L'espace RR mesure le temps qui sépare 2 QRS de l'électrocardiogramme. La variabilité RR étudie surtout le versant parasymphatique du système nerveux autonome (fibres C).

Ces 4 modalités d'exploration des petites fibres nerveuses ne sont pas dédiées uniquement aux NAH. D'autres pathologies atteignent préférentiellement les petites fibres telles que, notamment, les neuropathies diabétiques (30), toxiques alcooliques ou médicamenteuses, héréditaires (Fabry, HSAN) et dysimmunes (Sjögren). Ces nouvelles techniques d'exploration peuvent donc être étendues à de nombreux patients atteints de PNP.

BIBLIOGRAPHIE

1. Demoulin C, Roussel N, Marty M, et al. Les croyances délétères des patients lombalgiques revue narrative de la littérature. *Rev Med Liège* 2016;71:40-6.
2. Centre fédéral d'expertise des soins de santé (KCE). Guide de pratique clinique pour les douleurs lombaires et radiculaires, *KCE reports*;2017:287B.
3. Centre fédéral d'expertise des soins de santé (KCE). Lombalgie Chronique. *KCE reports*;2006:48B.

4. Bornheim S, Croisier JL, Maquet P, et al. Transcranial direct current stimulation associated with physical-therapy in acute stroke patients. A randomized, triple blind, sham-controlled study. *Brain Stimul* 2020;**13**:329-36.
5. Nitsche MA, Cohen LG, Wassermann EM, et al. Transcranial direct current stimulation : state of the art 2008. *Brain Stimul* 2008;**1**:206-23.
6. Braun R, Klein R, Walter HL, et al. Transcranial direct current stimulation accelerates recovery of function, induces neurogenesis and recruits oligodendrocyte precursors in a rat model of stroke. *Exp Neurol* 2016;**279**:127-36.
7. Bikson M, Grossman P, Thomas C, et al. Safety of transcranial direct current stimulation : evidence based update. *Brain Stimul* 2016;**9**:641-61.
8. Aimar A, Palermo A, Innocenti B. The role of 3D printing in medical applications : a state of the art. *J Healthc Eng* 2019;**2019**:5340616.
9. Coucke PA. La médecine du futur. L'impression 3D en santé (1^{ère} partie) : les structures à fonction non vitale. *Rev Med Liege* 2019;**74**:159-66.
10. Rehab Lab. le site de la communauté. Disponible : <http://rehab-lab.org>. Dernière consultation le 25 mars 2020.
11. Bellmann M, Schmalz T, Ludwigs E, et al. Immediate effects of a new microprocessor-controlled prosthetic knee joint : a comparative biomechanical evaluation. *Arch Phys Med Rehabil* 2012;**93**:541-9.
12. Möller S, Rusaw D, Hagberg K, et al. Reduced cortical brain activity with the use of microprocessor-controlled prosthetic knees during walking. *Prosthet Orthot Int* 2019;**43**:257-65.
13. Hahn A, Sreckovic I, Reiter S, et al. First results concerning the safety, walking, and satisfaction with an innovative, microprocessor-controlled four-axes prosthetic foot. *Prosthet Orthot Int* 2018;**42**:350-6.
14. Kaux JF, Croisier JL, Bruyere O, et al. One injection of platelet-rich plasma associated to a submaximal eccentric protocol to treat chronic jumper's knee. *J Sports Med Phys Fitness* 2015;**55**:953-61.
15. Milants C, Bruyère O, Kaux JF. Responders to platelet-rich plasma in osteoarthritis : a technical analysis. *Biomed Res Int* 2017;**7538604**.
16. Kaux JF, Crielaard JM. Tendinopathies et plasma riche en plaquettes (PRP) : applications cliniques. *Revue de la littérature. Journal de Traumatologie du Sport* 2012;**29**:174-8.
17. Guillaume PY, Kaux JF. Usage du plasma riche en plaquettes (PRP) pour traiter les tendinopathies. *Journal de Traumatologie du Sport* 2020;**37**:42-57.
18. Kaux JF, Drion P, Croisier JL, et al. Plasma riche en plaquettes et lésions tendineuses. *Rev Med Liege* 2014;**69**:72-7.
19. Kaux JF, Croisier JL, Forthomme B, et al. Nouveaux traitements conservateurs des tendinopathies chroniques. *Rev Med Liege* 2015;**70**:507-10.
20. Prieto-Alhambra D, Moral-Cuesta D, Palmer A, et al. The impact of hip fracture on health-related quality of life and activities of daily living : the SPARE-HIP prospective cohort study. *Arch Osteoporos* 2019;**14**:56.
21. Johansson H, Siggeirsdóttir K, Harvey NC, et al. Imminent risk of fracture after fracture. *Osteoporos Int* 2019;**28**:775-80.
22. Marsh D, Akesson K, Beaton DE, et al. Coordinator-based systems for secondary prevention in fragility fracture patients. *Osteoporos Int* 2011;**22**:2051-65.
23. Akesson K, Marsh D, Mitchell PJ, et al. Capture the fracture: a best practice framework and global campaign to break the fragility fracture cycle. *Osteoporos Int* 2013;**24**:2135-52.
24. Locquet M, Beaudart C, Reginster JY, et al. Association between the decline in muscle health and the decline in bone health in older individuals from the sarcophage cohort. *Calcif Tissue Int* 2019;**104**:273-84.
25. Croisier JL, Ganteaume S, Binet J, et al. Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional players : a prospective study. *Am J Sports Med* 2008;**36**:1469-75.
26. Delvaux F, Schwartz C, Decréquy T, et al. Influence of a field hamstring eccentric training on muscle strength and flexibility. *Int J Sports Med* 2020;**41**:233-41.
27. Delvaux F, Rochcongar P, Bruyère O, et al. Retour au sport après plastie du ligament croisé antérieur: critères utilisés dans les clubs professionnels de football. *Sci Spo* 2015;**30**:33-40.
28. Adams D, Gonzalez-Duarte A, O'Riordan WD, et al. Patisiran, an RNAi therapeutic, for hereditary transthyretin amyloidosis. *N Engl J Med* 2018;**379**:11-21.
29. Lefaucheur JP, Wahab A, Planté-Bordeneuve V, et al. Diagnosis of small fiber neuropathy : a comparative study of five neurophysiological tests. *Neurophysiol Clin* 2015;**45**:445-55.
30. Vinik A, Ullal J, Parson HK, Casellini CM. Diabetic neuropathies : clinical manifestations and current treatment options. *Nat Clin Pract Endocrinol Metab* 2006;**2**:269-81.

Les demandes de tirés à part doivent être adressées au Pr J.F. Kaux, Service de Médecine Physique et Traumatologie du Sport, CHU Liège, Belgique.
Email : jfkaux@chuliege.be