

# 9<sup>e</sup> Conférence scientifique internationale sur la prévention des troubles musculosquelettiques (PREMUS)

Toronto (Canada), 20-23 juin 2016

## EN RÉSUMÉ

Réunissant près de 400 participants, 360 communications orales et 60 posters, PREMUS, la 9<sup>e</sup> Conférence scientifique internationale sur la prévention des troubles musculosquelettiques (TMS) a permis d'échanger sur les recherches actuelles et les pratiques d'interventions sur ce sujet. Plusieurs thèmes ont notamment été abordés : travail sédentaire, travail en posture debout, biomécanique des membres supérieurs lors de l'utilisation des nouvelles technologies de communication, prise en compte du sexe/genre, variabilité motrice, exercices physiques au travail et capteurs inertiels.

### AUTEURS :

L. Claudon, A. Cuny-Guerrier, K. Desbrosses K, M.A. Gilles, A. Savescu  
Département Homme au travail, INRS

### MOTS CLÉS

Trouble musculosquelettique / TMS / Pathologie ostéo-articulaire / Pathologie péri-articulaire

1. MET  
(Metabolic Equivalent of Task) : Unité de mesure de la dépense énergétique.

### TRAVAIL SÉDENTAIRE

Le travail sédentaire est défini comme un travail réalisé en posture assise avec une dépense énergétique <1,5 METs<sup>1</sup> (ex : le travail de bureau). Dans les pays développés, le temps passé en activité sédentaire a fortement augmenté ces dernières décennies, notamment au travail. Or, la sédentarité est associée à une augmentation de la mortalité toutes causes confondues, des maladies cardio-vasculaires, de certaines formes de cancers, des maladies métaboliques telles que le diabète de type 2, de l'obésité ou encore à une détérioration de la santé mentale. La prévention de la sédentarité au travail apparaît donc comme fondamentale en santé au travail et en santé publique, et a ainsi été particulièrement développée dans ce congrès. Elle a notamment fait l'objet d'une conférence de *J. Callaghan (Canada)* et de symposiums axés autour de la mesure objective du travail

sédentaire, des études épidémiologiques qui en découlent et des interventions de prévention.

### MESURE OBJECTIVE DU TRAVAIL SÉDENTAIRE

*Gupta et al. (Danemark)* ont comparé les réponses de salariés à un questionnaire sur le temps passé assis à une mesure objective (au moyen d'accéléromètres). Une sous-estimation du temps de travail assis journalier a été relevée avec le questionnaire (272 minutes) par rapport aux mesures objectives (476 minutes), soulignant la nécessité de ces dernières pour quantifier l'exposition au travail sédentaire. *Forsman et al. (Suède)* ont souligné que l'évaluation par observation peut également induire des biais et ont présenté une application pour *smartphone* permettant de connaître le temps de travail assis. Enfin, *Weber et al. (Allemagne)* ont proposé trois catégories d'outils techniques d'évaluation du travail sédentaire et de l'activité physique, en fonction de leur facilité d'utili-

## 9<sup>e</sup> Conférence scientifique internationale sur la prévention des troubles musculosquelettiques (PREMUS)

sation et du niveau d'information apportée. Si la catégorie 3 est principalement dédiée aux chercheurs, les catégories 1 et 2 peuvent intéresser les préventeurs.

### ÉTUDES ÉPIDÉMIOLOGIQUES

Ces mesures objectives de la sédentarité et de l'activité physique au travail ont été utilisées lors d'études épidémiologiques. Ainsi, **Straker et al. (Australie)** ont rapporté d'importantes différences quant à la durée de sédentarité en fonction du métier de 306 jeunes adultes (managers, secrétaires, conducteurs...) et ont souligné la nécessité de connaître objectivement le profil de sédentarité de chaque métier pour mieux en comprendre les risques sur la santé. **Jorgensen et al. (Danemark)** ont présenté la cohorte DPhacto (1 087 participants), qui investigate l'association entre la mesure objective de l'activité physique au travail et de loisir et les douleurs musculosquelettiques. Les résultats sont encore en cours d'analyse. D'autres projets sur les relations entre les pathologies cardio-pulmonaires, l'activité physique journalière et le travail sédentaire (**Palm et al., Suède**, projet SCAPIS, 5 000 participants) ou entre les troubles musculosquelettiques (TMS) et l'activité physique journalière des soignants (**Karstad et al., Danemark**, projet DOSES, 553 participants) ont également été présentés.

### INTERVENTIONS DE PRÉVENTION

Une revue de la littérature (**Shrestha et al., Australie**) a montré un faible niveau de preuve de la relation entre l'utilisation de postes assis-debout et la réduction significative du temps de travail assis. Toutefois, ces conclusions portaient sur un faible nombre d'études et

pourraient évoluer avec l'apport de nouvelles données. Une autre revue (**van der Beek et al., Pays-Bas**) a suggéré que les postes alternatifs pour le travail de bureau (debout, marche, pédalage, *stepping*) réduisaient le temps passé assis et apportaient des bénéfices au niveau de l'appareil locomoteur. Toutefois, des effets négatifs liés, entre autres, au travail en posture debout pourraient également apparaître. Les stations de travail dynamiques (tapis roulant ou vélo elliptique) ont été abordées par **Ellegast et al. (Allemagne)**. Dans une étude de laboratoire, un bénéfice de ces stations de travail dynamiques sur le versant physiologique a été mis en évidence et ce, sans impact important sur la performance. Cependant, l'intégration de ces dispositifs en situation réelle de travail nécessite d'investiguer d'autres dimensions pour s'assurer de leur apport et de leur utilisation effective.

### MESSAGES À RETENIR

Dans sa conférence intitulée « *Sitting to death – or at least until we're injured* » (« *Assis jusqu'à la mort – ou du moins jusqu'à ce que nous soyons blessés* »), Callaghan (Canada) a parcouru ces travaux sur les effets délétères pour le dos du travail assis et du travail debout. Au terme de son exposé, les messages étaient : 1) un travail assis ou debout, dans des conditions contraintes, peut accélérer la survenue de lombalgie ; 2) il faut alterner le travail assis et le travail debout ; 3) si l'on attend de ressentir une douleur avant de changer de posture, il est déjà trop tard et 4) des interventions qui favorisent l'exercice physique ou des changements fréquents de postures peuvent être une voie prometteuse. Il a conclu cette conférence par ce qui pourrait être le mot d'ordre général d'une prévention de la séden-

tarité au travail : « *Bouger tôt, bouger souvent* ».

## TRAVAIL EN POSTURE DEBOUT

### ÉTUDES ÉPIDÉMIOLOGIQUES

Les données présentées par **Läubli et al. (Suisse)**, issues de l'Enquête européenne sur les conditions de travail, ont mis en avant une forte corrélation entre le temps de travail en posture debout et des problèmes au niveau du dos et des jambes (douleur, fatigue...). Ces effets doivent être soulignés à l'heure où la promotion de la santé tend à recommander d'éviter la posture assise et que, comme l'ont souligné Läubli et al., la moitié des européens travaille debout plus de trois quarts de leur temps. Chez 19 000 employés du secteur industriel allemand, **Klussmann et al. (Allemagne)** ont souligné que 37 % d'entre eux travaillaient debout plus de 4 heures par jour. Pour 88,5 % d'entre eux, un changement de posture de travail était possible au cours de la journée, mais restait fortement limité.

### ÉTUDES EN LABORATOIRE

**Antle et al. (Canada)** ont comparé la posture debout et la posture assis-debout et ont mis en évidence une augmentation de l'activité électrique des muscles des jambes au cours du maintien de la posture debout, signe de fatigue musculaire. De plus, le flux sanguin, la pression sanguine et l'inconfort étaient plus élevés pour la posture debout. Antle et al. ont donc souligné l'intérêt de dispositifs permettant le travail assis-debout. Une autre étude sur l'apport des dispositifs assis-debout pour réduire l'exposition au travail

assis ou debout a été présentée par **Nicoletti et al. (Suisse)**. Les réponses physiologiques lors d'un travail sur ordinateur en étant assis, debout ou avec un dispositif assis-debout avec 4 inclinaisons différentes du siège ont été investiguées. Il a été mis en évidence que le dispositif assis-debout avec une inclinaison de l'assise de 25° vers l'avant pouvait réduire l'activité des muscles lombaires comparé aux postures assises et debout ainsi que l'activité des muscles des jambes comparé à la posture debout. Les participants à l'étude ont par ailleurs souligné le caractère confortable de cette position.

### TECHNIQUES DE MESURE DES EFFETS PHYSIOLOGIQUES

**Wall et al. (Allemagne)** se sont intéressés à la fiabilité de la pléthysmographie par eau pour évaluer l'œdème des jambes suite à une posture debout prolongée. Cette technique est apparue comme fiable et les résultats ont démontré une augmentation du volume de la jambe significativement plus élevée à la suite d'une période passée debout (+ 109 ml) par rapport à une période de marche (+ 9 ml), soulignant le risque de problèmes veineux liés au travail debout. Enfin, **Garcia et al. (Suisse)** ont investigué la fatigue musculaire après une posture debout maintenue (5 heures) sur sol dur, sur un tapis anti-fatigue ou après une marche lente. La posture debout sur tapis anti-fatigue avait induit le même niveau de fatigue musculaire des membres inférieurs que celle sur sol dur, démontrant l'inefficacité de ce dispositif pour ces effets. Par ailleurs, un niveau de fatigue plus faible avait été observé après la marche lente par rapport aux conditions de posture debout mais

cette modalité de travail n'est pas apparue pour l'auteur comme la solution ultime à envisager pour réduire les effets du travail debout.

### MESSAGES À RETENIR

Au même titre que le travail assis, le travail debout peut induire des effets délétères sur la santé. La variation des postures et une distribution optimale entre le temps passé assis, debout et un temps pour bouger devraient être favorisées.

## EXERCICES PHYSIQUES AU TRAVAIL

### REVUES DE LA LITTÉRATURE

Deux revues de la littérature ont été présentées sur ce thème. La première (**Van Eerd et al., Canada**), basée sur 13 études jugées de qualité élevée et moyenne, a rapporté que les exercices de renforcement musculaire et les étirements présentaient un effet positif, respectivement avec un niveau de preuve élevé et modéré, dans la gestion et la prévention des symptômes de TMS. La seconde (**Chen et al., Australie**), portant sur 27 essais randomisés contrôlés, ciblés exclusivement sur les activités de bureau, a montré que les exercices de renforcement musculaire au niveau du cou et des épaules ainsi que les exercices physiques généraux permettaient une diminution, avec un niveau de preuve élevé, des douleurs au niveau du cou chez des employés symptomatiques. Toutefois, aucun effet n'a été observé pour une population générale d'employés de bureau.

### NOTION D'EXERCICE PHYSIQUE INTELLIGENT (PEPI)

Une des difficultés dans la mise en place d'un programme d'exercice

musculaire réside dans son adaptation aux caractéristiques des salariés et aux exigences physiques des tâches. Dans cette perspective, le concept de « *pratique d'exercice physique intelligent* » (PEPI), développé à partir d'essais randomisés contrôlés conduits dans des secteurs variés (bureau, industrie, construction, soin, propreté), a été présenté (**Søgaard et Sjøgaard, Danemark**). Les PEPI sont basées sur les principes de l'entraînement sportif et sont adaptées à l'état de santé du salarié, à ses capacités fonctionnelles ainsi qu'à sa charge physique de travail. D'une durée moyenne de 1 heure par semaine répartie sur 2 ou 3 sessions, elles sont supervisées et le taux de participation est contrôlé. L'implication de l'employeur doit être forte. Enfin, les auteurs ont également recommandé d'observer les effets de ces programmes sur d'autres variables, notamment la productivité, la capacité de travail, les arrêts maladie et le retour au travail ainsi que sur des facteurs de risque de pathologies consécutives au manque d'activité physique.

### EXEMPLES DE PRATIQUES EN ENTREPRISES

Plusieurs études se sont intéressées aux effets de la pratique d'exercices physiques sur la santé lors d'un travail sédentaire. Ainsi, **Dalager et al. (Danemark)** ont présenté une étude sur la mise en place d'une PEPI sur un groupe d'employés de bureau (groupe PEPI ; n = 194) comparé à un groupe de référence (groupe REF ; n = 195). Une amélioration significative des douleurs lombaires et de la force de flexion et d'extension du dos a été observée chez le groupe PEPI par rapport au groupe REF. De plus, un plus grand nombre d'employés était devenu asymptomatique dans le groupe

## 9<sup>e</sup> Conférence scientifique internationale sur la prévention des troubles musculosquelettiques (PREMUS)

PEPI par rapport au groupe REF. De même, une autre étude (*Cabral et al., Brésil*), réalisée auprès de 34 employés de bureau, a montré que des exercices de 15 minutes réalisés deux fois par semaine durant 12 semaines et comprenant échauffement, renforcement musculaire et étirements permettaient une augmentation significative de la force et de l'endurance musculaire. Dans cette étude, 9 employés ne présentaient plus de symptômes au niveau du cou à l'issue de l'étude et 8 n'en avait plus au niveau de l'épaule.

Plusieurs communications ont également concerné d'autres secteurs, comme l'industrie (*Padula et al., Brésil*), le soin (*So et al., Australie ; Holbach, Allemagne*), le nettoyage des cabines d'avions (*So et Hung, Australie*) ou la viticulture (*Balaguier et al., France*). Toutefois, dans la plupart de ces études, les exercices étaient souvent associés à d'autres actions de prévention (formation, amélioration des postes et équipements de travail) et la part réellement attribuable aux exercices physiques dans les effets observés restait difficile à mettre en évidence.

Enfin, même s'il existe peu de preuves scientifiques sur l'efficacité des échauffements-étirements sur la prévention des TMS, *Goldenhar (États-Unis)* a exposé, lors d'une conférence invitée, les motivations des entreprises à mettre en place de tels exercices dans le secteur de la construction. Ainsi, même si les entreprises ne pouvaient établir de liens entre la pratique d'échauffements-étirements et une réduction des TMS, les autres effets (communication, cohésion des équipes, amélioration de la sécurité...) leur suffisaient à justifier l'investissement en temps

et en ressources nécessaires à leur mise en place.

### MESSAGES À RETENIR

Les communications présentées lors de cette conférence semblent indiquer que des programmes de renforcement musculaire adaptés (3 séances de 20 minutes par semaine sur 12 semaines, supervisés, ajustés à l'état de santé, aux capacités fonctionnelles et à la charge physique de travail) peuvent présenter, à court terme, des effets positifs sur les capacités fonctionnelles et sur les douleurs, notamment de la région cervico-scapulaire chez les employés de bureau. Toutefois, les effets à plus long terme restent encore peu étudiés. Une des raisons potentielles peut concerner des difficultés d'adhésion des salariés à ces programmes et la nécessité d'en rendre l'approche attractive.

## BIOMÉCANIQUE DES MEMBRES SUPÉRIEURS ET UTILISATION DES NOUVELLES TECHNOLOGIES DE COMMUNICATION

### ÉCRITURE DE MESSAGES TEXTE

L'évolution fulgurante des nouvelles technologies de communication (*smartphones*, tablettes numériques) les rendent de plus en plus présentes dans la vie professionnelle et extraprofessionnelle. La fréquence annuelle des messages texte dans le monde est estimée à plus de neuf trillions en 2016 par rapport à six trillions en 2011 (*Dropkin et al., États-Unis*).

Compte tenu de cette évolution, des études se sont intéressées à l'analyse des facteurs biomécaniques de survenue de TMS en utilisant ce

type de nouvelles technologies. Une étude longitudinale (*Gustafsson et al., Suède*) a permis d'analyser des variables d'exposition de jeunes adultes (20-24 ans, n = 7 092) à un et cinq ans d'utilisation de *smartphone* (écriture de messages texte) au moyen d'un questionnaire web. Les résultats ont montré une association entre l'utilisation du *smartphone* (le nombre de messages texte journaliers effectués au cours des 30 derniers jours) et les douleurs au niveau du cou et des extrémités des membres supérieurs rapportées à un an, et ce, de façon similaire pour les hommes et les femmes. Cette association n'était plus présente à cinq ans. Dans une autre étude (*Shin et al., Corée du Sud*), l'analyse de l'usage de *smartphone* (durée passée sur chaque application) a été réalisée sur une journée type de 8 heures de travail pour 30 sujets. Les résultats ont montré que des postures de flexion antérieure du cou (« *looking-down posture* ») de longue durée étaient associées à l'utilisation du *smartphone*.

### CLAVIERS PHYSIQUES, TACTILES OU VIRTUELS

D'autres études (*Dropkin et al. ; Szeto et al., Chine*) ont analysé l'exposition aux facteurs de risque biomécaniques de TMS lors de l'écriture de messages texte à l'aide de claviers physiques ou tactiles (*smartphones* ou tablettes numériques). Ainsi, *Dropkin et al.* ont conclu que l'activité des muscles du pouce, des fléchisseurs des doigts et des extenseurs de la main était plus faible lors de l'utilisation d'un clavier tactile que lors de l'utilisation d'un clavier physique de dimensions similaires. De même, pour ce type de clavier tactile, écrire des messages texte en utilisant les deux pouces était préférable à

l'utilisation d'une seule main car l'activité musculaire des extenseurs de la main et les angles de flexion du cou étaient plus faibles. Les résultats de l'étude de Szeto et al. ont montré que l'activité électrique des muscles du cou (trapeze supérieur et *splenius* du cou) augmentait pour les sujets présentant des douleurs chroniques au niveau du cou par rapport aux sujets sains lors de l'écriture de messages texte avec un *smartphone* (avec une ou deux mains). En revanche, la flexion du cou était semblable pour les deux groupes de sujets. Enfin, les résultats d'une autre étude (*Kim et Johnson, États-Unis*) ont montré que les sujets (n = 19) exerçaient moins de force et avaient une activité musculaire plus faible (fléchisseurs des doigts) lors de l'utilisation d'un clavier virtuel projeté en comparaison à un clavier physique ou tactile. En revanche, l'activité électrique des muscles de l'épaule augmentait sensiblement. De même, la vitesse d'écriture était réduite tout comme le confort perçu par les sujets. Cette étude a conclu en indiquant que, pour une activité d'écriture prolongée suivant des exigences de productivité, un clavier conventionnel (physique) était souhaitable. En revanche, pour des activités où l'écriture était secondaire, un clavier virtuel avec une taille de caractères d'au moins 16 mm pouvait être une bonne alternative.

### MESSAGES À RETENIR

Toutes ces études ont tendance à montrer que, pour les personnes travaillant sur écran déjà exposées à des facteurs de risque de TMS, utiliser des nouvelles technologies (*smartphones* ou tablettes numériques), au travail ou en dehors des horaires du travail, peut augmenter

l'exposition aux facteurs de risque biomécaniques au niveau du cou et des extrémités des membres supérieurs.

### PRISE EN COMPTE DU SEXE/GENRE

Un symposium et une conférence invitée (*Côté, Canada*) ont visé à démontrer les enjeux à considérer davantage la question du « sexe » et du « genre » dans la compréhension des mécanismes de survenue des TMS comme dans la conception et la conduite des interventions visant à les prévenir en entreprise. Selon le *Canadian Institute of Health Research*, le « *genre correspond aux rôles socialement construits, relations, comportements, pouvoir et autres traits que la société attribue aux femmes et aux hommes ; le sexe est, quant à lui, généralement utilisé en référence aux caractéristiques biologiques qui distinguent les hommes et les femmes* ».

### MÉCANISMES ADAPTATIFS

Les femmes seraient particulièrement concernées par la survenue de TMS et les conséquences sur l'emploi diffèrent de leurs homologues masculins. Plusieurs équipes de recherche ont fourni des éléments de réponse pour expliquer ces différences en analysant les mécanismes physiologiques en cause selon le sexe et notamment ceux liés à la fatigue musculaire, reconnue comme facteur prédictif de survenue des TMS. De précédentes études avaient montré des différences de résistance à la douleur et à la fatigue entre les genres, plutôt en faveur des femmes (*Côté et al., Canada*). L'étude effectuée par *Srinivasan et al. (États-Unis)* sur la

réponse à la fatigue ne montrait pas de différence de performance entre les genres, ni dans la durée de l'activité, ni dans sa vitesse d'exécution, mais une différence de stratégie dans l'adaptation à la fatigue. Les hommes et les femmes élaboreraient des mécanismes compensatoires ne mobilisant pas les mêmes articulations, ni le même niveau d'activité musculaire en réponse à la réalisation d'une opération manuelle dynamique et répétée de pointage. Les femmes utiliseraient des mécanismes de compensation impliquant plus particulièrement les articulations du coude, alors que les hommes compenseraient plutôt en modifiant les mouvements issus des épaules. Les différences de stratégies pourraient être dues à une répartition différente des types de fibres musculaires entre les femmes et les hommes, mais aussi à une différence de constitution des fibres musculaires qui aboutirait à une fatigabilité différente. Les hommes et les femmes présenteraient ainsi un modèle différent de réponse à la fatigue (*Côté et al., Srinivasan et al.*). Ces différences pourraient, selon ces auteurs, contribuer à expliquer l'occurrence plus importante de TMS localisés au niveau du cou et des épaules chez les femmes en comparaison aux hommes réalisant des tâches similaires.

### DURÉE D'ABSENCE OU INCAPACITÉ

*Stock et Nicolakakis (Canada)* ont montré, à partir d'une étude menée au Québec entre juillet 2005 et décembre 2012, une durée d'absence faisant suite à la survenue d'un TMS plus longue chez les femmes que chez les hommes (79,2 et 72,5 jours en 2012). Ces auteurs ont insisté sur l'intérêt d'interpréter ces résultats,

## 9<sup>e</sup> Conférence scientifique internationale sur la prévention des troubles musculosquelettiques (PREMUS)

afin d'adapter les stratégies de prévention et de retour à l'emploi. **Koe-hoorn et al. (Canada)** ont abouti aux mêmes conclusions sur la durée de l'incapacité faisant suite à la survenue de TMS auprès de travailleurs canadiens de la province de British Columbia sur la période 2001-2010. Cette durée, plus importante chez les femmes, ne serait pas en lien avec la présence d'enfants de moins de 18 ans à la maison ou le fait d'avoir de faibles revenus. Ces auteurs poursuivent la recherche d'un lien entre l'allongement de la durée d'absence et d'autres critères socio-économiques.

### ACTIONS DE PRÉVENTION

Les stratégies de prévention primaire seraient principalement développées au sein d'industries et d'activités majoritairement masculines compte tenu de la plus grande visibilité des facteurs de risque (port de charge, efforts importants) auxquels les hommes sont exposés. Les femmes seraient alors moins concernées par les actions de prévention portant sur les TMS, alors qu'elles sont, elles aussi, exposées de manière importante à des facteurs de risque de TMS tels que des tâches répétitives, de précision et des facteurs psychosociaux. Cette faible prise en compte de la spécificité des difficultés rencontrées par les femmes, voire la sous-estimation du risque auquel elles sont exposées, a été à nouveau identifiée par **Albert et al. (Canada)** auprès d'ergonomes en formation au Québec. De même **Laberge et Pinet (Canada)** ont montré que des enseignants attribuent les tâches dans des centres de formation pour adolescents en fonction de leur propre représentation du risque de TMS. Les intervenants et les préventeurs seraient ainsi insuffisamment ou-

tillés pour intégrer la question du genre et les méthodes de collecte des indicateurs pourraient également participer à une invisibilité des difficultés rencontrées par les femmes.

### MESSAGES À RETENIR

La poursuite des études portant sur les différences physiologiques entre les hommes et les femmes, tout comme celles visant à comprendre la prise en compte du genre et/ou du sexe dans les actions de prévention des TMS sont nécessaires pour améliorer les situations de travail à la fois pour les hommes et les femmes.

### VARIABILITÉ MOTRICE

À travers la question du genre, il a été observé qu'une même tâche pouvait être réalisée de façon variable. Ces observations font écho aux travaux actuellement menés sur la variabilité motrice ; concept émergeant permettant de mieux caractériser les contraintes biomécaniques lors de tâches répétitives. Ce concept ouvre un nouvel axe de recherche visant à identifier des solutions pour la prévention des TMS sans affecter la production. Un premier constat possible à l'issue de ce congrès est que ce terme peut être utilisé pour caractériser des phénomènes différents concernant l'activité musculaire, les oscillations posturales ou la cinématique du mouvement. Toutefois, il est généralement reconnu que les facteurs pouvant initier la variabilité motrice sont aussi bien d'origine interne tels que l'âge, le genre, la fatigue, la douleur ou l'expérience, qu'externe tels que les dispositifs de travail, l'environnement ou les méthodes de travail.

### FACTEURS INTERNES

Parmi les facteurs internes étudiés, le rôle de la fatigue dans la variabilité motrice n'a pu être mis en évidence qu'indirectement. En effet, contrairement à leur intention, **Keir et al. (Canada)** n'ont pu amener les volontaires de leur expérimentation à l'état de fatigue désiré. Par contre, ils ont observé une combinaison de stratégies utilisées par ces volontaires pour pallier l'état de fatigue. D'autres auteurs (**Samani et al., Danemark**) ont pu parvenir à l'état de fatigue recherché. Mais pour ce faire, ils ont dû contraindre le mouvement exécuté lors de la réalisation de la tâche à une très grande reproductibilité. Au vu de ces résultats, il semblerait donc que la variabilité du mouvement réduirait la fatigue musculaire. **Madeleine (Danemark)** a observé que la douleur pouvait intervenir dans la variabilité motrice. Cet auteur a mis en évidence une augmentation de la variabilité des oscillations posturales chez des adolescents souffrant de douleurs aux genoux comparativement à ceux qui n'en souffraient pas. Mais suite à un renforcement musculaire par la rééducation, la douleur, ainsi que la variabilité posturale pouvaient diminuer. Cet auteur a cherché à quantifier la variabilité de l'activité musculaire en utilisant des outils de traitement du signal tels que la mesure d'entropie<sup>2</sup>. Lors d'une autre étude, dans le cadre de l'utilisation des nouvelles technologies, l'influence du type de périphérique (**smartphone** ou clavier physique) sur la variabilité de l'activité électrique des muscles au niveau du cou a été analysée. La variabilité de l'activité musculaire avait tendance à être plus faible pour des sujets ayant des douleurs chroniques en comparaison avec des sujets sains. De même, elle était en gé-

2. Cette mesure permet de déterminer l'évolution de la complexité d'un système. Plus un système est complexe et irrégulier, plus il détient d'information. Ainsi, plus la variabilité du signal est forte, plus la valeur d'entropie est augmentée.

ral plus faible lors de l'utilisation d'un clavier physique par rapport à un *smartphone* (avec une ou deux mains) et cette variabilité baissait avec la durée d'utilisation. L'analyse de l'entropie a aussi été utilisée pour mettre en évidence l'effet de l'expérience dans l'analyse de la cinématique posturale de bouchers durant la découpe de viande. Cette étude a permis d'observer que, pour chacun des gestes réalisés, les bouchers expérimentés présentaient des signaux lisses à faible entropie, alors que les novices présentaient des signaux saccadés à plus forte entropie.

### FACTEURS EXTERNES

La difficulté à mettre en évidence l'impact de la variabilité motrice est aussi vraie dans l'analyse du rôle des facteurs externes. *Luger et al. (Pays-Bas)* se sont interrogés sur le bénéfice de la modification de la posture durant la réalisation d'un travail répétitif de manipulation de pièces détachées de petites tailles. Cette tâche était effectuée selon différentes orientations de trajectoires du bras et différentes cadences. Peu de différences ont été observées dans la réponse électromyographique du trapèze selon les différentes conditions, mais des analyses complémentaires sont en cours afin de conclure avec certitude. Par ailleurs, selon Coté et al. (Canada), les personnes avec des douleurs chroniques présenteraient moins de variabilité motrice que celles sans douleur chronique. La question du genre décrite précédemment viendrait s'ajouter à ce constat. Mais la variabilité est aussi dépendante de l'amplitude du mouvement ainsi que de la possibilité qu'on lui laisse d'être présente. Ainsi, dans le cadre du travail sur ordinateur, il a été testé l'effet pour les muscles du cou et

du haut du dos, de pouvoir travailler debout, assis ou en marchant sur un tapis roulant. L'hypothèse principale était que la marche favoriserait le renouvellement sanguin et donc l'oxygénation musculaire. Mais les résultats semblent montrer que la marche, contrairement à ce qui était attendu, génère plus de tension musculaire que de relaxation. En effet, de plus fortes contractions des muscles du cou sont nécessaires afin de réguler la posture, notamment pour stabiliser le regard. La plus grande variabilité musculaire a été observée lors de la posture debout. Toutefois, celle-ci peut également engendrer d'autres conséquences physiologiques, exposées précédemment. Varier entre la posture debout et assise lors de travail sur ordinateur semble être une bonne alternative, bien que les bénéfices sur les muscles du cou ne soient pas encore totalement identifiés. *Garza et al. (États-Unis)* ont mené une étude visant à analyser la variabilité de l'activité des muscles de la nuque et des épaules ainsi que de l'angle de flexion de la nuque chez 120 employés de bureau durant 2 heures de leurs activités quotidiennes sur ordinateur. Cette étude a montré la difficulté de la mesure de la variabilité motrice sur le terrain. En effet, si de longues périodes de travail statique pour les épaules et la nuque lors du travail d'écriture à l'aide du clavier ont pu être identifiées, le manque d'analyse de l'activité effectuée sur les périodes hors écriture n'a pas permis une interprétation claire des résultats.

### MESSAGES À RETENIR

À l'issue de ces symposiums, il semble que la variabilité motrice reste un concept difficile à appréhender, essentiellement du fait de

son aspect multifactoriel et de la complexité de l'imbrication des facteurs internes et externes. Si les facteurs externes semblent plus faciles à investiguer, ils sont pourtant grandement modulés par des facteurs internes très fluctuants. Bien que tous les auteurs tendent à converger sur le fait que la variabilité motrice serait bénéfique pour la santé, des études complémentaires sont encore nécessaires pour mieux comprendre ses déterminants et ses effets.

### CAPTEURS INERTIELS : TECHNOLOGIE ÉMERGENTE D'ÉVALUATION DES FACTEURS DE RISQUE BIOMÉCANIQUES DE TMS

L'analyse et l'évaluation des facteurs biomécaniques de risque de TMS est incontournable pour la proposition de solutions de prévention de ces maladies multifactorielles. Différents moyens de mesure sont utilisés dans cet objectif, notamment des systèmes opto-électroniques d'analyse du mouvement, des systèmes à capteurs émetteurs ou des goniomètres. Une nouvelle technologie, basée sur des capteurs inertiels, a récemment été développée. Nommée dans la littérature IMU (*Inertial Measurement Unit*), I(M)MU (*Inertial (and Magnetic) Measurement Unit*), MIMU (*Magnetic and Inertial Measurement Unit*) ou IMMS (*Inertial and Magnetic Measurement Systems*), cette technologie est basée sur l'association de trois capteurs : accéléromètre 3D, gyroscope 3D et magnétomètre 3D. Les données recueillies peuvent estimer des orientations dans les 3 dimensions, des vitesses et des accélérations angulaires. Le congrès a été l'occasion d'ouvrir le

## 9<sup>e</sup> Conférence scientifique internationale sur la prévention des troubles musculosquelettiques (PREMUS)

débat sur la pertinence de l'utilisation de ce type de mesure, à travers différentes communications portant soit sur la précision, les avantages et les inconvénients de cette technologie utilisée en laboratoire (*Schiefer et al., Allemagne ; Faber et al., Pays-Bas ; Bouvier et al., France ; Robert-Lachaine et al., Canada*), soit sur des exemples d'analyse de mouvements enregistrés en situation réelle de travail (*Dumas et al. Canada ; Madeleine et al.*). Ces études ont montré que les données enregistrées à l'aide de ce système pouvaient être erronées en présence d'une perturbation magnétique et qu'une re-calibration du système était conseillée toutes les minutes dans ces situations (*Schiefer et al.*). De même, *Robert-Lachaine et al.* ont montré que la précision des données était influencée par la durée et la complexité de la tâche à réaliser. Néanmoins, en l'absence de perturbation magnétique, par des méthodes d'analyse de dynamique inverse, les données issues de ces systèmes pouvaient participer à l'estimation des variables cinétiques du mouvement de flexion du tronc. En comparaison avec le système optoélectronique, la charge au niveau du dos (moment de force) était estimée avec une erreur qui ne dépassait pas 10 N.m (*Faber et al.*). De même, considérant que le système iner-

tiel ne fournit pas directement des informations de position spatiale, la position de la main dans l'espace a néanmoins pu être estimée avec une erreur qui variait de 7 à 15 cm par rapport au système optoélectronique (*Bouvier et al.*). Les études réalisées sur le terrain (*Dumas et al., Madeleine et al.*) ont confirmé la facilité d'utilisation de ce type de système en situation réelle de travail.

### MESSAGES À RETENIR

La diversité des études présentées témoigne d'un haut potentiel d'utilisation de ce type de système pour l'estimation des facteurs biomécaniques de risque de TMS tout en restant vigilant aux conditions d'enregistrement et d'analyse des données.

### CONCLUSION

Les communications exposées au cours de ce congrès témoignent de la richesse et la variété de la recherche internationale sur la prévention des TMS. Les nombreux retours d'expérience ont permis d'analyser les leviers et freins rencontrés dans la mise en œuvre des approches de prévention de TMS au plan international. La nécessité d'intégrer celle-ci dans une ap-

proche globale en lien avec l'organisation des entreprises ou encore de prendre en compte la « culture » du secteur d'intervention ciblée dans la mise au point de stratégies d'intervention ont été rappelés. D'autres sujets, tels que les MIMU, la variabilité ou la prise en compte du genre, apparaissent être plus novateurs.

Enfin, de nombreuses communications ont fait apparaître le décloisonnement croissant des expositions professionnelles et privées se traduisant par un rapprochement des études en santé publique et santé au travail. Les nouvelles technologies en sont un exemple flagrant, *smartphones* et tablettes étant utilisés successivement au travail et au domicile. Les travaux sur la sédentarité, majoritairement axés jusqu'alors sur la santé publique, investissent quant à eux de plus en plus le travail, qui pourrait en être un des principaux déterminants. La nécessité de tenir compte de l'articulation des expositions professionnelles et privées fait partie des enjeux de demain.

Les résumés des communications et les vidéos des conférences invitées peuvent être consultés sur le site internet du congrès :

[www.eventsforce.net/iwh/frontend/reg/thome.csp?pageID=509&eventID=3&eventID=3](http://www.eventsforce.net/iwh/frontend/reg/thome.csp?pageID=509&eventID=3&eventID=3).