

AMÉNAGEMENT DES CAMIONS DE LUTTE AUX INCENDIES : CONCORDANCE DES CONTRAINTES PERÇUES PAR LES POMPIERS, ET OBSERVÉES PAR LES ERGONOMES, LORS DE LA MANUTENTION D'OUTILS ET D'ÉQUIPEMENTS

GIGUÈRE DENIS

Institut de recherche Robert Sauvé en santé et sécurité du travail du Québec,
505 boul. de Maisonneuve ouest, Montréal (Québec) Canada, H3A 3C2,
giguere.denis@irsst.qc.ca

MARCHAND DENIS ET BALLEUX CATHÉ

Université du Québec à Montréal, Département de Kinanthropologie

Résumé

Pour les pompiers, les stress physiques associés à la manutention des outils et équipements servant à lutte aux incendies sont fortement influencés par le poids et la disposition de ceux-ci dans les véhicules d'urgence. Le but de cette étude était d'évaluer l'impact des différents aménagements du matériel retrouvé sur ces véhicules dans plusieurs services d'incendie du Québec. Pour chaque manutention d'outil, la perception de l'effort était mesurée à l'aide d'une échelle psychophysique. L'enregistrement vidéo a servi à définir les positions articulaires pour mesurer les niveaux de compression lombaire à l'aide du logiciel *3D Static Strength*. Les résultats ont démontré des divergences entre les contraintes physiques perçues et celles mesurées à l'aide de l'analyse des moments de force. Certaines situations entraînent des valeurs de compression lombaire que excèdent les limites recommandées par NIOSH (1981).

Mots clés : pompier, manutention, lombalgie

THE DESIGN OF FIRE FIGHTING VEHICLES : CONSISTENCY BETWEEN BIOMECHANICAL STRESSORS REPORTED BY FIRE FIGHTERS, AND OBSERVED BY ERGONOMISTS, DURING TOOL AND EQUIPMENT HANDLING

Abstract

In fire fighters, physical stressors related to the handling of tools and equipment used for fire fighting are strongly influenced by the weight of the tools and equipment and how they are stored in the emergency vehicles. The aim of this study was to evaluate the impact of the different ways of placing such equipment in the vehicles of several fire departments in Quebec. For each tool handling, the perception of the effort was measured using a psychophysical scale. Video recording was used to determine the joint positions necessary to calculate lumbar compression with the *3D Static Strength* software. The results show some discrepancies between the perceived constraints and those calculated with the moments of force. Some situations involve lumbar compressions that exceed the values recommended by NIOSH (1981).

Key words : fire fighters, manual handling, low-back pain

INTRODUCTION

À l'origine, la norme canadienne pour les véhicules de lutte aux incendies utilisés par les pompiers (1) suggérait une liste minimale et représentative d'outils et d'équipements essentiels pour la lutte au feu. Au fil des ans s'ajoutèrent d'autres instruments rendus nécessaires par l'évolution de la construction des habitations et des automobiles. Par exemple, les pompiers doivent maintenant faire usage d'un système de désincarcération des victimes coincées dans une automobile accidentée lors d'accidents de la route. L'ajout continu de tels nouveaux outils et équipements dans les véhicules d'urgence résulte en un encombrement des espaces de rangement prévus à l'origine. D'autre part, une analyse approfondie des statistiques d'accidents du travail (2) des pompiers de deux grandes municipalités du Québec (3), révélait l'existence d'un scénario d'accident, parmi d'autres, impliquant « un effort excessif » et dont les résultats sont des douleurs et des entorses, en particulier au dos. Ce scénario représentait 12,4% des cas d'accidents étudiés. Dans le but de diminuer les facteurs physiques à l'origine des lombalgies, cette étude s'est intéressée aux contraintes biomécaniques, lors de la manutention de ces outils et équipements, en relation avec leur rangement dans le véhicule. Cette démarche visait à émettre des recommandations pour les préventionnistes, les formateurs et les concepteurs de ce type de véhicule.

PROBLÉMATIQUE

La lombalgie professionnelle est une manifestation fréquente chez les travailleurs et travailleuses exerçant des tâches manuelles (4, 10). La manutention d'objets très lourds et/ou avec l'utilisation de postures contraignantes (tronc penché, charges éloignées du corps au moment de la saisie, prises asymétriques, etc.) ont pour effet d'entraîner des forces de tension, de compression, de torsion et de cisaillement importantes sur les différentes structures qui composent la colonne vertébrale. Or, c'est principalement de la tension créée par les muscles extenseurs du tronc dont dépend la magnitude des forces de compression exercées sur les disques intervertébraux. En 1981, le National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) (7), aux États Unis, recommandait que les manutentions résultant en des forces de compression au niveau de l'articulation L5-S1 supérieures à 6400 N (« *maximum permissible limit* ») soient corrigées. À l'autre extrémité, NIOSH proposait que les situations entraînant des forces de compression inférieures à 3400 N soient situées dans une limite d'action acceptable. Entre ces deux valeurs (3400 N et 6400 N) réside une zone grise qui peut devenir potentiellement problématique pour certains travailleurs (12).

Dans une étude épidémiologique conduite sur les pompiers de New-York (8), la probabilité d'une première occurrence de lombalgie est associée au contrôle d'un boyau sous pression dans un édifice, à monter dans une échelle, défoncer une fenêtre, découper une structure, rechercher un foyer d'incendie caché et à lever des objets dont le poids est supérieur à 18 kg. Dans une étude finlandaise (6), les risques de lésions musculosquelettiques dans le travail de pompier et de sauvetage ont été associés à l'utilisation d'outils et équipements lourds, à l'espace restreint pour entrer ou circuler dans un édifice ainsi qu'au travail à la chaleur. En laboratoire, Lusa (5) a simulé une tâche de manutention d'une scie à découper pesant 9 kg. Treize volontaires, tous pompiers, devaient prendre l'outil par terre et le soulever jusqu'à une hauteur de 211 cm. Les chercheurs ont observé quatre méthodes de manutention différentes chez les 13 sujets, sans différence notable de performance entre les groupes d'âge ni les méthodes utilisées. Les valeurs statiques de compression lombaire au

niveau de L5 - S1 variaient de 1979 N à 3599 N pour le groupe « âgé » et de 2110 N à 3835 N pour le groupe « jeune ».

L'observation des tâches pouvant représenter un facteur de risque pour les lombalgies décrites par Lusa et Nuwayhid peut s'avérer difficile, sinon risquée, lors d'une intervention des pompiers. Cette étude se restreint donc à la manutention d'outils et d'équipements entreposés sur les véhicules de lutte aux incendies, en caserne. Ces véhicules sont présents lors de toutes les interventions. À titre indicatif, il y a eu 20,612 appels (59,303 sorties de véhicules) pour la seule ville de Montréal en 1993 (9). À la caserne, entre les appels, ils sont entretenus, nettoyés et ré-équipés.

MÉTHODOLOGIE

Trente-deux pompiers d'expérience (28 hommes, quatre femmes) appartenant à sept services d'incendie et répartis dans neuf casernes du Québec, participèrent à l'étude. Ils devaient prendre sur le véhicule, puis déposer au sol, 12 outils et équipements préalablement identifiés comme problématiques par le comité paritaire de suivi du projet. Ces outils sont : la scie à découper, la génératrice, le canon à eau, le ventilateur, le système de désincarcération, des échelles de longueurs différentes, les cales pour les vérins hydrauliques ainsi que l'appareil de protection respiratoire autonome.

La manutention s'est faite sur quinze véhicules différents répartis selon trois catégories, soit les camions-pompes, les camions-échelles ainsi que les unités d'urgence. Plusieurs variables furent considérées dans cette étude, dont le poids de l'outil ou de l'équipement, la hauteur de rangement par rapport au sol et le type de compartiment dans lequel il était rangé. Après chaque manutention, chaque pompier évaluait, sur une échelle psychophysique, sa perception de l'effort et de la difficulté à manipuler l'outil ou l'équipement, et son sentiment de sécurité lorsqu'il faisait la manutention. Une compilation des résultats de l'évaluation psychophysique fut réalisée pour établir un classement des manutentions, en identifiant la manutention perçue comme « la plus facile » et celle perçue comme « la plus difficile », pour chaque outil ou équipement. Toutes les manutentions ont été enregistrées avec une caméra vidéo pour une analyse *a posteriori* de la gestuelle. Ces enregistrements ont aussi été utilisés pour fournir les paramètres cinématiques nécessaires à l'analyse des moments de force en trois dimensions (1) au moment de la saisie.

RÉSULTATS

La manutention de deux des 12 outils de l'étude est présentée, soit la scie à découper et la génératrice (tableau 1).

Scie à découper

L'analyse des moments de force lombaires associés à manutention de la scie à découper donne des résultats différents de ceux obtenus à partir de la perception psychophysique de l'effort des pompiers. La situation perçue comme étant la « la plus facile » entraîne une compression lombaire de 1855 N comparativement à celle jugée « la plus difficile » avec 1157 N. Dans les deux situations, les compressions lombaires mesurées sont inférieures à la limite d'action de 3400 N de NIOSH. Les résultats plus élevés pour la première situation sont attribuables au fait que la scie soit rangée derrière la génératrice sur ce camion. Les pompiers doivent se pencher légèrement pour atteindre l'outil au moment de la saisie. Le moment de force plus élevé mesuré à cet instant vient principalement du poids du tronc qui se retrouve déporté vers l'avant. Dans l'autre situation identifiée comme étant « plus difficile », son rangement permet une saisie de l'outil à la hauteur de l'épaule tout en

conservant le tronc très droit. Le moment de force le plus élevé se retrouve alors uniquement au niveau de l'épaule gauche lors de la prise en charge de la scie à découper.

Tableau 1 - Compression lombaire au niveau de L5 -S1 calculée pour la situation de manutention jugée comme « la plus facile », et pour celle jugée comme « la plus difficile », selon l'échelle psychophysique de l'effort.

| Outil | Poids (kg) | n | Compression L5 - S1 (N) | |
|------------------------|------------|---|------------------------------|---------------------------------|
| | | | Effort perçu « plus facile » | Effort perçu « plus difficile » |
| Scie à découper | 14,2±2,2 | 8 | 1855 | 1152 |
| Génératrice | 63,6±25,6 | 7 | 1357 | 3908 |

Génératrice

Les perceptions psychophysiques mesurées lors de la manutention de la génératrice montrent une valeur élevée sur un des véhicules. Ces résultats sont principalement attribuables à la masse élevée (78 kg) et à la posture très asymétrique que doivent adopter les pompiers pour saisir l'outil. En effet, malgré que la génératrice soit disposée sur une tablette coulissante permettant de la sortir entièrement de son compartiment de rangement, son accessibilité est réduite par la présence d'un bidon d'essence placé à ses côtés. Cette situation force un des deux pompiers à demeurer devant la tablette, au lieu de sur le côté, au moment de la saisie. À ce moment, la charge se retrouve entièrement déportée sur la gauche du corps de ce pompier. Les résultats de l'analyse des moments de force valident la perception de l'effort des pompiers. En effet, la situation perçue comme étant la « la plus facile » entraîne une compression lombaire de 1357 N, comparativement à celle jugée « la plus difficile » avec 3908 N. Pour « la plus difficile », les compressions lombaires mesurées donnent des résultats légèrement supérieurs à la limite d'action de 3400 N proposée par NIOSH. Malgré l'aménagement d'un tiroir coulissant qui permet une sortie complète de l'outil hors de son compartiment de rangement, cette disposition de la génératrice et du bidon a pour effet d'éloigner le pompier de sa prise au moment de la saisie.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Rappelons d'abord que toutes les manutentions ont été faites par des pompiers d'expérience et sur du matériel qu'ils connaissaient bien, sans contrainte de temps. Le niveau de compression lombaire peut dépendre de la masse de l'objet manipulé, de la hauteur de départ et de la distance verticale de déplacement, de la distance par rapport au corps ainsi que de la prise sur l'objet. Si le poids et la forme (via la prise qu'elle peut offrir) des outils peuvent influencer les valeurs de compression lombaire, les résultats suggèrent aussi que la localisation des outils dans les véhicules et le niveau d'encombrement des compartiments sont aussi des facteurs qui peuvent influencer la charge physique. Des outils moins lourds rangés dans des endroits difficiles d'accès peuvent générer des forces de compression lombaire supérieures à des outils plus lourds mais permettant un accès sans contrainte. L'aménagement des compartiments peut donc contraindre un pompier à adopter la posture qui n'est pas la plus favorable pour une manutention. C'est aussi dans ce genre de situations que les stratégies de manutention individuelles peuvent expliquer la variation dans les données. D'autre part, les données montrent qu'il n'y a pas toujours concordance entre le niveau d'effort perçu par les pompiers et le niveau de compression lombaire calculé. Ce phénomène est aussi observé pour la manutention des autres outils et équipements que couvriraient cette étude. Si, en général, la perception de l'effort est plus nettement exprimée

pour les outils très lourds, on observe plus de variations pour les outils de poids faible ou moyen. Une hypothèse pour expliquer cette non-concordance pourrait être qu'il y a confusion entre la perception de l'effort physique pour le dos et la perception de la difficulté à manipuler l'outil à cause d'autres facteurs. Également, la perception d'un niveau défini d'effort pour le dos pourrait davantage se situer dans une plage ou une zone que correspondre à un seuil, en plus d'être sujette à des variations individuelles.

REMERCIEMENTS

Les auteurs désirent remercier Carole Roy pour l'entretien et le calibrage des instruments de mesure, Martin Letendre, Stéphane Patenaude et Dany Bégin pour la collecte de données sur le terrain, ainsi que Caroline Jetté pour le traitement et l'analyse des données de manutention. Les travaux présentés ici sont issus des efforts de recherche et de développement de l'Institut de recherche Robert Sauvé en santé et en sécurité du travail du Québec (IRSST), un organisme sans but lucratif subventionné par la Commission de la santé et de la sécurité du travail du Québec (CSST).

RÉFÉRENCES

- (1) Anon. (1999) : *3D Static Strength Prediction Program* (v 4.2) User's manual. Center for Ergonomics, University of Michigan, Ann Arbor (Mi). 78 pages.
- (2) APSAM, (1994). Problématique de la santé et de la sécurité du travail chez les pompiers. Rapport Association paritaire pour la santé et la sécurité au travail - secteur Affaires municipales (APSAM), Montréal, 79 pages.
- (3) Cloutier, E. et Champoux, (1996). Problématique de la santé et de la sécurité du travail chez les pompiers : résultats de l'analyse de fichiers d'accidents de deux municipalités du Québec . Rapport IRSST R-144, Montréal, 102 pages.
- (4) Frymoyer, J.W., Pope, M.H., Clements, J.H., Wilder, D.G., Macpherson, B. et Ashikaga, B., (1983): *Risk factor in low-back pain*. Journal of Bone and Joint Surgery, 65:213-218.
- (5) Lusa, S. (1994). *Job demands and assesement of the physical work capacity of fire fighters*. Thèse sous la direction de Louhevaara, V., Faculty of Sports and Health Sciences, University of Jyväskylä, Jyväskylä, Finlande, 145 pages.
- (6) Lusa, S., Louhevaara, V., Smolander, J., Kinnunen, K., Korhonen, O. et Soukainen, J., (1991) : *Biomechanical evaluation of heavy tool-handling in two age groups of firemen*. Ergonomics, 34(12):1429-1432.
- (7) NIOSH, (1981). *A work practices guide for manual lifting*. Rapport DHHS-81-122, NIOSH, Cincinnati, OH.
- (8) Nuwayhid, I.A., Stewart, W. et Johnson, J.V., (1993) : *Work activities and the onset of first-time low back pain among New York City fire fighters*. American Journal of Epidemiology, 137(5):439-548.
- (9) SPIM, (1993). Bilan des activités 1993. Rapport Service de la prévention des incendies, Montréal, 36 pages.
- (10) Spitzer, W.O., Leblanc, F.E., Dupuis, M., Abenhaim, L., Bélanger, A.Y., Bloch, R. et al., (1987) : *Scientific approach to the assessment and management of activity-related spinal disorders: a monograph for clinicians*. Spine, 17(7S):S1-S59.
- (11) ULC, (1996). *Standard for automobile fire fighting apparatus*. Underwriter's Laboratories of Canada, Scarborough, ON. CAN/ULC-S515-M88, 19 mars 1996. 117 p.
- (12) Waters, T.R. Putz-Anderson, V., Garg, A., Fine, L.J. (1993). *Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks*. Ergonomics 36 (7), 749-776.