Utilisation des charges maximales et cumulatives sur la colonne vertébrale pour évaluer les emplois, la rotation des emplois et les contrôles techniques

*Using Peak and Cumulative Spinal Loading to Assess Jobs, Job Rotation and
Engineering Controls*

*Usar cargas maximales o cumulativas sobre la columna vertebral para evaluar
empleos, rotación en los empleos y controles técnicos*

Mardon Frazer

Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/pistes/3325>

DOI : 10.4000/pistes.3325

ISSN : 1481-9384

Éditeur

Les Amis de PISTES

Édition imprimée

Date de publication : 1 décembre 2003

Référence électronique

Mardon Frazer, « Utilisation des charges maximales et cumulatives sur la colonne vertébrale pour évaluer les emplois, la rotation des emplois et les contrôles techniques », *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé* [En ligne], 5-2 | 2003, mis en ligne le 01 décembre 2003, consulté le 21 septembre 2021. URL : <http://journals.openedition.org/pistes/3325> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/pistes.3325>

Ce document a été généré automatiquement le 21 septembre 2021.

Pistes est mis à disposition selon les termes de la licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International.

Utilisation des charges maximales et cumulatives sur la colonne vertébrale pour évaluer les emplois, la rotation des emplois et les contrôles techniques

Using Peak and Cumulative Spinal Loading to Assess Jobs, Job Rotation and Engineering Controls

Usar cargas maximales o cumulativas sobre la columna vertebral para evaluar empleos, rotación en los empleos y controles técnicos

Mardon Frazer

1. Introduction

- 1 Il a été démontré que les forces maximales et cumulatives exercées sur les structures de la colonne vertébrale constituent des facteurs de risques significatifs et statistiquement indépendants pour la déclaration de douleur au dos (Norman et coll., 1998). Des changements dans l'aménagement du poste de travail doivent viser une réduction, voire même l'élimination, de ces facteurs de risques connus. Cependant, les outils dont on dispose actuellement sur le terrain ne tiennent pas compte explicitement des charges cumulatives sur la colonne vertébrale, d'où la difficulté de quantifier ce facteur de risque. Ainsi, quand on met en place un changement pour réduire un risque, il est impossible de connaître l'incidence d'un contrôle administratif ou technique spécifique.
- 2 La stratégie des contrôles techniques est celle que l'on privilégie, car elle diminue l'exposition. On cite souvent la rotation des emplois comme étant une méthode de contrôle administratif qui permet de réduire les risques de charges cumulatives (Jonsson, 1988 ; Putz-Anderson, 1988 ; Vander Doelen et Barsky, 1990 ; Hazard et coll., 1992 ; Wands

et Yassi, 1993 ; Grant et coll., 1997 ; Kuijer et coll., 1999). La rotation des emplois engendre également beaucoup d'autres avantages, allant de la réduction du stress au travail et de l'absentéisme jusqu'à l'augmentation de la productivité (Triggs et King, 2000). Toutefois, il est difficile de trouver de solides preuves scientifiques pour documenter ces avantages. On présume qu'en diminuant le temps durant lequel les mêmes groupes musculaires et articulations sont exposés à la charge, on diminuera la charge physique pour n'importe lequel des travailleurs. Cela pourrait être le cas chez des travailleurs qui terminent un emploi en rotation très exigeant. Mais la rotation des emplois sous-entend que d'autres travailleurs vont passer à ces postes, ce qui vient augmenter le nombre d'individus exposés aux facteurs de risques de subir des blessures.

- 3 Pour pouvoir procéder à une telle analyse des risques, il faut d'abord analyser l'emploi de façon exhaustive. Pour ce faire, on filme le travailleur pendant qu'il accomplit toutes les tâches reliées à son travail. Il est souvent nécessaire de filmer le travailleur sous plusieurs angles, pour éviter que la vue ne soit obstruée à cause de la disposition de l'espace de travail et/ou des mouvements du travailleur durant l'accomplissement de ses tâches. La fréquence à laquelle chaque tâche est effectuée doit être documentée, tout comme doit l'être l'ampleur des charges manipulées ou de toute autre force exercée sur le travailleur. Lorsqu'il est impossible de fournir des mesures exactes, on utilise des estimations. L'analyste sélectionne ensuite les outils appropriés pour la région du corps en question, afin de déterminer si l'un des seuils de tolérance est dépassé pendant que le travailleur remplit ses tâches. Les tables de Snook et l'équation du NIOSH (Waters et coll., 1993) sont deux des principaux outils utilisés pour évaluer le risque de blessures au bas du dos. Ensuite, on visionne les vidéocassettes pour noter les postures, fréquences, durées et charges appropriées. Cette information, utilisée avec l'outil approprié, permet d'obtenir des estimations concernant le risque de blessures. Mais il s'agit là d'un travail de longue haleine, surtout si on considère qu'il faut analyser chacun des emplois faisant l'objet d'une rotation. Il n'est donc pas surprenant que si peu de recherches ont été effectuées sur le sujet.
- 4 Maintenant, il est possible d'utiliser une approche logicielle qui incorpore un modèle biomécanique (4D Watbak, Université de Waterloo, Waterloo, Canada) pour évaluer les charges maximales et cumulatives d'un emploi, tout au long d'un quart de travail. Ces valeurs sont ensuite utilisées par le logiciel pour déterminer l'indice de déclaration de douleur au dos spécifique à cet emploi (Frazer et coll., 2003). Le présent document a pour but d'illustrer : 1. l'évaluation des risques de blessures engendrés par les charges maximales et cumulatives de deux emplois du secteur de fabrication, à l'aide de cette approche logicielle, et 2. les effets de la rotation des emplois ainsi que d'une intervention technique spécifique pour réduire les risques de blessures.

2. Méthodes

2.1 Aperçu du logiciel

- 5 Un bref aperçu du logiciel utilisé dans cette étude sera fourni. Une description complète se trouve dans Frazer et coll. (2003). On saisit le sexe, la taille, le poids et l'âge de l'individu à évaluer. Afin d'estimer les charges maximales et cumulatives pour l'emploi à analyser, il est nécessaire d'entrer la durée du quart de travail, puis de décomposer le travail en actions spécifiques. Ensuite, on entre le nombre de répétitions et la durée de

chaque action, et on positionne un mannequin virtuel dans une posture correspondant à chaque action. Puis on entre la direction et l'ampleur des forces exercées sur chaque main, pour chacune des actions. Un modèle biomécanique bidimensionnel à quinze segments permet d'estimer les forces de réaction et le moment de force à L4/L5 pour chaque action. Ces valeurs servent ensuite à estimer les charges maximales et cumulatives sur la colonne vertébrale associées au travail. La charge maximale aux mains, le moment de force maximal, la compression maximale et le cisaillement maximal sont déterminés en identifiant la valeur la plus élevée pour chaque paramètre du poste. Le moment de force, la compression et le cisaillement cumulatifs sont déterminés au moyen des intégrales. Plus spécifiquement, le produit de chaque paramètre (p. ex., la compression exercée dans le cadre d'une action) est multiplié par la durée de cette action (s / répétition) et le nombre de répétitions dans le quart de travail (répétitions/ quart de travail) et ensuite, ces produits sont additionnés pour toutes les actions de chacun des emplois. Cette approche, utilisée par Norman et coll. (1998), assure une comparaison valide à cette base de données.

- 6 Il est possible de prédire quantitativement la déclaration de douleur au dos basée sur les facteurs de risques maximaux et cumulatifs à l'aide du pointage IDDD (Indice de déclaration de douleur au dos). Ce pointage se situe entre 0,0 et 1,0 (plus le pointage est bas, meilleure est la situation). Il représente la probabilité qu'un emploi soit considéré « à risque » (de faire l'objet d'une déclaration de douleurs au dos) dans l'étude Norman et coll. (1998) si un travailleur a été soumis à ce niveau d'exposition dans l'usine de fabrication d'automobiles où la base de données a été mise sur pied. Pour obtenir un pointage IDDD, on compare l'importance d'un facteur de risque donné (p. ex., la compression maximale de la colonne vertébrale) à la courbe dose/réponse, qui représente graphiquement l'importance du facteur de risque (la dose) par rapport à la probabilité qu'un emploi soit classifié comme étant « à risque » (la réponse). Les courbes ont été obtenues à partir d'une analyse de régression logistique de plus de 1 175 tâches d'assemblage et de soutien à l'assemblage effectuées par 235 travailleurs dans une usine d'assemblage d'automobiles, dans le cadre d'une étude de cas/contrôle sur les facteurs de risques pour la déclaration des douleurs au dos (Norman et coll., 1998). À partir des courbes dose/réponse individuelles, le logiciel calcule le pointage IDDD pour les variables maximales (force aux mains, compression à L4/L5, moment et cisaillement) et cumulatives (moment de force à L4/L5, compression et cisaillement). Afin de faciliter l'analyse et l'interprétation, le logiciel calcule un seul pointage, le pointage combiné IDDD, qui tient compte de l'importance de la charge maximale aux mains, de la force de cisaillement maximale à L4/L5 et du moment de force à L4/L5 cumulatif.

2.2 Évaluation du risque de blessures

- 7 On a évalué deux emplois dans le secteur de la fabrication automobile, l'emploi A et l'emploi B-Pré, pour illustrer comment les charges maximales et cumulatives peuvent servir à analyser le risque de blessures. Ces évaluations ont été réalisées dans le cadre d'une analyse des exigences posturales pour une série de stations de travail. On a choisi ces emplois en particulier car ils comportent des différences considérables au niveau de la position du torse. Dans les deux cas, l'opérateur devait accomplir son travail debout. L'emploi A exigeait que l'opérateur soit positionné près du véhicule et qu'il choisisse et mette en place des panneaux. L'emploi B-Pré exigeait que l'opérateur travaille au niveau

de la portière avant, dans l'espace pour les jambes du conducteur, ainsi que dans le centre du véhicule, avec une flexion et un étirement avant considérable.

- 8 En raison de certaines exigences de production, il a seulement été possible d'observer l'opérateur principal (n=1) pour chaque poste. Les opérateurs ont été filmés sur vidéocassette sous différents angles durant environ 30 cycles de production, ce qui a permis de définir des postures représentatives pour chacune des actions. On a utilisé les données d'évaluation de l'équilibrage des chaînes (norme de l'organisation scientifique du travail) afin d'obtenir la durée de chaque action pour chacun des emplois. Tous les outils et pièces que les opérateurs utilisaient ont été pesés individuellement à l'aide d'un dynamomètre de traction numérique (DF1500, Chatillon, Raleigh, NC, États-Unis). Les forces exercées sur les mains ont été considérées comme étant nulles pour les activités où les forces aux mains étaient minimales (p. ex., branchement de raccords). On a également présumé que toute force de soutien exercée sur les opérateurs, par exemple si un opérateur appuie son corps sur le véhicule pour brancher un raccord, était également nulle.

2.3 Évaluation de la rotation des emplois

- 9 L'évaluation des emplois A et B-Pré dans la section précédente permettait de déterminer le risque qu'un travailleur déclare des douleurs au dos en occupant l'un ou l'autre des deux emplois. Les résultats de cette évaluation ont permis de dire qu'il serait bénéfique d'évaluer les interventions possibles afin de réduire le risque de blessures associées à l'emploi B-Pré. Pour ce faire, on peut recourir à un contrôle administratif, soit la rotation des emplois A et B-Pré. Mais si un travailleur doit séparer son quart de travail entre deux emplois, quel sera le risque de blessures pour ce travailleur dans son « nouvel emploi » ? Ou, en d'autres termes, dans quelle mesure ce contrôle serait-il efficace ?
- 10 Pour répondre à ces questions, on admet couramment que le risque est réparti de façon égale entre les deux emplois. En réalité, il s'agit d'une moyenne linéaire pondérée dans le temps, ce qui distribue le risque de blessures en fonction du pourcentage de temps passé à cet emploi. Pour un travailleur qui passe la moitié (0,5) de son quart de travail à chacun des postes, cela représenterait :
- 11 $\text{Pointage combiné IDDD du nouvel emploi} = \text{pointage IDDD pour l'emploi A} * 0,5 + \text{pointage combiné IDDD pour l'emploi B-Pré} * 0,5.$
- 12 Cette approche calcule le pointage combiné IDDD du nouvel emploi en se fondant sur des estimations de risques pour chaque poste considéré séparément ou isolément. Avec la rotation des emplois, le travailleur doit effectuer toutes les tâches des emplois A et B-Pré, alors il est également possible d'évaluer le risque de blessures par analyse logicielle en tenant compte de toutes les tâches qu'il doit faire pendant son quart de travail. Autrement dit, il faudra créer un nouvel emploi en incluant toutes les tâches et activités de l'emploi A et de l'emploi B-Pré avant de procéder à l'analyse. On obtiendra ainsi un pointage combiné IDDD selon l'approche logicielle pour le nouvel emploi, pointage qui pourra être comparé à celui obtenu avec l'approche de la moyenne pondérée dans le temps.
- 13 À l'aide du résultat calculé avec l'approche de la moyenne pondérée dans le temps, qui utilise le pointage combiné IDDD de chaque emploi et le pourcentage du temps passé par quart de travail à ce poste, il est possible d'analyser une série de calendriers de rotation

des emplois (p. ex., 90 % d'un quart de travail pour l'emploi A et 10 % pour l'emploi B-Pré). On a élaboré 11 calendriers de rotation d'après ce concept en ajustant, par intervalles de 10 %, le temps que passe un travailleur par quart de travail à l'emploi A et à l'emploi B-Pré, respectivement. De façon plus spécifique, le premier calendrier, 100 - 0, indique que le travailleur passe 100 % de son temps à l'emploi A et 0 % à l'emploi B-Pré. Dans le calendrier 90 - 10, un travailleur passe 90 % de son temps à l'emploi A et 10 % à l'emploi B-Pré. Dans le 11^e calendrier, 0 - 100, le travailleur passe tout son temps à l'emploi B-Pré. Un douzième calendrier a été construit, 99 - 1, afin d'évaluer l'impact d'avoir un travailleur qui passe 99 % de son temps à l'emploi A et 1 % à l'emploi B-Pré. Chacun des 12 calendriers de rotation des emplois a fait l'objet d'une analyse selon l'approche de la moyenne pondérée dans le temps et l'approche logicielle.

2.4 Évaluation d'une intervention technique

- 14 La mise en place d'un contrôle technique est une autre approche possible pour réduire le risque de blessures associé à l'emploi B-Pré. L'intervention spécifique proposée dans cette situation était l'ajout d'une tranchée peu profonde à proximité de la chaîne d'assemblage pour permettre au travailleur de se tenir plus droit. Afin de déterminer l'efficacité de l'intervention proposée, on a créé une maquette grandeur réelle. Celle-ci, que l'on a nommé emploi B-Post, a été construite après les heures de travail, à un autre endroit sur la chaîne d'assemblage où la hauteur était supérieure à celle de l'emploi B-Pré. On y a installé une plate-forme à hauteur variable grâce à laquelle on a pu ajuster la hauteur pour le travailleur. Ainsi, il a été possible de simuler le processus de production où le travailleur utilise les pièces et les outils qu'il utilise normalement lorsqu'il accomplit son travail.

3. Résultats

3.1 Exigences relatives à chacun des emplois

- 15 Le temps de cycle pour la fabrication automobile est de 67 s et la production cible journalière est de 364 véhicules, sur un quart de travail de 7 heures et 14 minutes (excluant les pauses). Pour l'analyse de l'emploi A, de l'emploi B-Pré et de l'emploi B-Post, on a utilisé un homme se situant dans le 50^e percentile (76 kg, 1,74 m). Avec les enregistrements vidéo et les données d'évaluation de l'équilibrage des chaînes (norme de l'organisation scientifique du travail), on a pu déterminer que l'emploi A comporte quatre tâches (chacune étant composée de plusieurs actions) d'une durée de 1 à 30 s chacune, et une flexion du torse variant entre 5° et 16°. L'emploi B-Pré comporte 14 tâches (chacune étant composée de plusieurs actions) d'une durée de 2 à 16 s chacune, et une flexion du torse variant entre 5° et 65°. La figure 1 présente les postures associées aux exigences de pointe qui ont été déterminées en reproduisant avec le mannequin virtuel la posture identifiée sur la vidéocassette des divers cycles de production.

Figure 1. Les postures associées aux charges maximales sur les mains et sur la colonne vertébrale, énumérées dans le tableau 1, pour les emplois A, B-Pré et B-Post

Pour l'emploi A, la posture i) est associée aux forces maximales exercées sur les mains, à la compression maximale et au moment de force maximal, alors que la posture ii) est associée au cisaillement maximal.

Pour l'emploi B-Pré, la charge maximale aux mains s'est produite dans la posture iii), alors que la posture iv) a produit un moment de force maximal et la compression maximale, et la posture v) a produit le cisaillement maximal.

Pour ce qui est de l'emploi B-Post, la charge maximale aux mains est survenue dans la posture vi), alors que la posture vii) a produit un moment de force maximal et une compression maximale, et que la posture viii) a produit le cisaillement maximal. Les valeurs de moment de force, de compression et de cisaillement ont été calculées par rapport à L4-L5.

3.2 Évaluation du risque de blessures

- 16 Les paramètres de charges maximales et cumulatives sur la colonne vertébrale et leur pointage IDDD respectif sont présentés dans le tableau 1. En occupant l'emploi A pendant 100 % d'un quart de travail, le travailleur soumis à l'étude aura un pointage combiné IDDD de 0,46. S'il travaille uniquement à l'emploi B-Pré, alors le pointage combiné IDDD sera de 0,81. Cette augmentation dans le pointage combiné IDDD est attribuable aux valeurs plus élevées des charges maximales aux mains, des forces de cisaillement maximales et du moment de force cumulatif associé à l'emploi B-Pré (tableau 1). En se fondant sur le pointage combiné IDDD, on conclut que l'emploi B-Pré est beaucoup plus exigeant que l'emploi A (l'emploi privilégié), et que le pointage combiné IDDD de 0,81 signifie une plus grande probabilité de déclaration de douleurs au dos en raison des exigences de cet emploi.

Tableau 1. Les paramètres de charges maximales et cumulatives sur la colonne vertébrale, ainsi que le pointage IDDD qui leur est associé

Paramètre de charge sur la colonne vertébrale			Emploi		
			A	B-Pré	B-Post
Maximale	Compression	(N)	1356	2243	1739
		Pointage IDDD	0.28	0.36	0.31
	Moment de force	(N.m)	56	124	85
		Pointage IDDD	0.27	0.38	0.32
	Charge aux mains	(N)	29	50	50

		Pointage IDDD	0.34	0.35	0.35
	Cisaillement	(N)	118	362	229
		Pointage IDDD	0.21	0.41	0.29
Cumulative	Moment de force	(MN.m.s)	1.00	1.48	1.00
		Pointage IDDD	0.71	0.88	0.71
Pointage combiné IDDD			0.46	0.81	0.54

Le moment de force cumulatif à L4/L5 est calculé pour un quart de travail de 7 heures et 14 minutes. On obtient le pointage combiné IDDD en utilisant l'ampleur de la charge maximale aux mains, du cisaillement maximal et le moment de force cumulatif comme données d'entrée.

3.3 Rotation des emplois

- 17 Pour chacun des calendriers de rotation des emplois simulés que l'on a analysés avec l'approche logicielle, le pointage IDDD est toujours supérieur à celui obtenu avec l'approche de la moyenne pondérée dans le temps (figure 2). À mesure que le temps passé à l'emploi B-Pré augmente, la différence entre les deux approches diminue. Si le travailleur passe la moitié de son temps à chaque emploi (calendrier 50 - 50) l'approche de la moyenne pondérée dans le temps produit un pointage de 0,635 ($0,46 \times 0,5 + 0,81 \times 0,5$) ce qui représente une augmentation relative du risque de 39 % comparativement au travailleur qui occupe seulement l'emploi A. L'approche logicielle a produit un pointage IDDD de 0,72, qui représente une augmentation relative de 57 % du risque de déclaration de douleurs au dos comparativement au travailleur qui occupe seulement l'emploi A (figure 2). Si un travailleur occupe l'emploi B-Pré pour la moitié de son quart de travail puis passe à l'emploi A dans le cadre d'une rotation pour la seconde moitié, l'approche de la moyenne pondérée dans le temps produit une diminution relative de 21 %. Cependant, avec l'analyse logicielle, la diminution relative est seulement de 11 % (figure 2).
- 18 La plus grande différence entre les deux approches a été constatée dans le calendrier 99 - 1. Avec l'approche de la moyenne pondérée dans le temps, le pointage combiné IDDD est de 0,46. Toutefois, avec l'approche logicielle, le pointage combiné IDDD passe à 0,61, soit une augmentation relative de 33 %. Cette augmentation s'explique du fait que le travailleur est maintenant exposé à des forces maximales aux mains et à des forces maximales de cisaillement plus grandes (tableau 1). L'exposition de 1 % à l'emploi B-Pré n'était pas suffisante pour augmenter les charges cumulatives.

3.4 Intervention technique

- 19 L'intervention technique a réduit le pointage combiné IDDD de 0,81 pour l'emploi B-Pré à 0,54 pour l'emploi B-Post. Comme résultat de l'intervention, le travailleur se tient plus droit (figure 1), ce qui contribue à réduire la force de cisaillement de pointe et le moment de force cumulatif (tableau 1).

Figure 2. Le pointage combiné IDDD

Obtenu à la suite d'une rotation des emplois et calculé avant et après une intervention technique en utilisant un modèle de moyenne pondérée dans le temps et une approche logicielle pour différentes combinaisons de temps de travail à chacun des emplois A et B.

Le pointage combiné IDDD pour l'emploi A est de 0,46. L'analyse basée sur le modèle biomécanique a révélé qu'avant l'intervention, passer 99 % du quart de travail à l'emploi A et seulement 1 % à l'emploi B-Pré faisait augmenter le pointage IDDD de 0,46 à 0,61 (33 %).

L'analyse du calendrier de rotation 50-50 avec l'approche logicielle a permis d'obtenir un pointage combiné IDDD de 0,72, soit une augmentation de 57 % pour le travailleur à l'emploi A et une diminution de 11 % pour le travailleur à l'emploi B-Pré. L'intervention a fait diminuer le pointage IDDD pour l'emploi B, de 33 % de 0,81 (Pré) à 0,54 (Post).

- 20 Les avantages de cette intervention sont encore plus marqués lorsqu'on considère la rotation des emplois. L'évaluation des douze calendriers de rotation pour l'emploi A et B-Post révèle un risque d'exposition beaucoup plus uniforme. Dans la figure 2, on constate une augmentation dans le pointage combiné IDDD, de 0,46 à 0,53, avec le calendrier de rotation de 99 % - 1 %. Ceci reflète une augmentation dans la charge maximale aux mains et à la force de cisaillement à L4/L5 exercées avec l'emploi B-Post (tableau 1). Toutefois, le risque pour les autres calendriers demeure constant à 0,53 - 0,54.

4. Discussion

- 21 L'approche logicielle présentée dans le présent document permet d'incorporer les charges maximales et cumulatives dans l'évaluation des emplois pour le risque de déclarer des douleurs au dos. Les charges maximales et cumulatives mesurent les différentes exigences liées à l'emploi (Norman et coll., 1998), alors il est important que les deux types de facteurs de risques soient pris en considération.

4.1 Réduire les blessures au bas du dos par la rotation des emplois et/ou les contrôles techniques

- 22 La mise en place de la rotation des emplois ne réduit pas toujours le risque de déclaration de douleurs au dos. Avec la rotation simulée dans cette étude avec le réaménagement avant ou après le travail, le risque de déclaration de douleurs au dos diminue lorsque le travailleur passe de l'emploi B à l'emploi A. À l'inverse, le risque augmente lorsque le travailleur passe de l'emploi A à l'emploi B. Ceux qui recommandent la rotation des emplois pourraient en arriver à la conclusion que l'on peut réduire le risque de blessures musculosquelettiques en élargissant ou en diluant l'exposition. Cependant, pour ceux qui instaurent ou participent à la rotation des emplois, cette découverte est extrêmement importante. En effet, alors que la stratégie de la rotation complète peut répartir uniformément la charge cumulative, ou encore la faire augmenter ou baisser, elle expose aussi tous les travailleurs à la charge maximale la plus élevée.
- 23 La redistribution du risque pour la déclaration de douleurs au dos n'était pas uniforme dans cet exemple. Avant l'intervention, l'augmentation pour les travailleurs passant à l'emploi plus risqué était considérablement plus élevée que ce qui avait été prévu en faisant une simple moyenne du risque, tout comme le fait l'approche de la moyenne pondérée dans le temps. Ce changement se produit en raison des effets de la combinaison des tâches qui influencent la charge maximale et cumulative des tissus et l'interaction de ces facteurs de risque. Bien que la rotation des emplois aboutisse à une diminution du moment de force cumulatif à L4-L5, le travailleur est maintenant exposé à la charge maximale aux mains et au cisaillement réactif associés avec B-Pré, mais l'approche de la moyenne pondérée dans le temps n'en tient pas compte. Les résultats obtenus indiquent qu'il faut considérer avec un certain scepticisme la prédiction subjective des effets de la rotation des emplois sur le risque de blessures.
- 24 L'augmentation nette du risque calculée avec l'approche logicielle survient du fait que la combinaison des tâches a une influence sur l'exposition aux charges maximales et cumulatives sur les tissus. Pour le travailleur à l'emploi B, la rotation à l'emploi A réduit seulement un des trois facteurs de risques. Le moment de force cumulatif à L4-L5 diminue mais la force maximale aux mains et la force maximale de cisaillement auxquelles est exposé le travailleur durant sont quart de travail ne changent pas. La diminution du pointage combiné IDDD reflète la charge cumulative réduite. Pour le travailleur à l'emploi A qui passe en rotation à l'emploi B, les trois facteurs de risque augmentent du fait qu'il s'agit de l'emploi le plus exigeant. Ces constatations viennent appuyer l'observation de Keyserling et coll. (1991) qui affirme que la rotation des emplois en elle-même ne fait varier que l'exposition quotidienne cumulative, mais ne change aucun autre facteur de risque générique (par exemple : mauvaises postures, répétition) auquel est soumis un travailleur.
- 25 L'analyse à l'aide de l'approche logicielle a facilité l'élaboration d'un contrôle technique en quantifiant lesquels des facteurs de risque étaient particulièrement problématiques pour l'emploi B-Pré. Une modification spécifique de l'aménagement, qui a permis aux travailleurs de se tenir plus droits, a amené une réduction dans la réaction de cisaillement maximale à L4/L5 et le moment de force cumulatif à L4/L5. Cette modification a diminué considérablement le pointage combiné IDDD pour l'emploi B-Post. La réduction bénéfique du risque engendrée par la mise en place d'un contrôle technique s'applique à tout

travailleur qui effectue ce travail (figure 2), particulièrement à ceux qui participent à une rotation des emplois. L'analyse de la rotation des emplois effectuée après l'intervention technique a révélé une augmentation modérée (15 %) du risque de déclaration de douleurs au dos pour ceux qui travaillaient en rotation aux emplois A et B-Post, indépendamment du calendrier de rotation utilisé.

- 26 Les observations concernant la rotation des emplois sont spécialement importantes, du fait qu'on l'identifie souvent comme un mécanisme de réduction des risques (Jonsson, 1988 ; Vander Doelen et Barsky, 1990 ; Hazard et coll., 1992 ; Wands et Yassi, 1993 ; Grant et coll., 1997 ; Kuijer et coll., 1999). En tant que contrôle administratif pour la réduction des risques de blessures, la rotation des emplois pourrait en réalité être moins efficace que prévu. Bien qu'il y ait plusieurs avantages et inconvénients associés à la rotation des emplois (Triggs et King, 2000), l'effet de la rotation sur le risque de blessures devrait être bien évalué quand vient le temps de décider si l'on doit mettre en place la rotation des emplois.

5. Limitations

- 27 Il convient de mentionner les diverses limitations auxquelles se confronte cette étude. La première est que les deux emplois choisis pour l'analyse ne suivent pas nécessairement le principe général de la rotation des emplois. L'objectif de la rotation des emplois est d'alléger la fatigue physique et la tension exercée sur un groupe de muscles en particulier en faisant travailler les employés en rotation à d'autres emplois qui sollicitent principalement des groupes musculaires différents (US Department of Labor, 1993). Or dans cette étude, la musculature du bas du dos était sollicitée dans les deux emplois, quoique de façon beaucoup plus marquée pour l'emploi B-Pré. Ceci illustre le défi de trouver des emplois, particulièrement dans un environnement de production, qui ne sollicitent pas le bas du dos. Aussi, ce ne sont pas tous les calendriers de rotation qui sont élaborés avec cet objectif en vue. Pour certaines entreprises, la rotation des emplois fait partie intégrante de la culture organisationnelle (Freiboth et coll., 1997 ; Cosgel et coll., 1999). Les résultats de la présente étude pourraient être particulièrement utiles pour ces groupes.
- 28 L'étude s'est limitée à l'observation d'un seul opérateur par emploi. Cela a permis d'illustrer la rotation des emplois et l'intervention technique à analyser, mais idéalement, il aurait fallu inclure des opérateurs additionnels. Cela aurait produit une variabilité dans le pointage combiné IDDD et peut-être changé l'estimation pour chacun des emplois. Toutefois, cela n'aurait changé en rien les constatations générales concernant chacune des interventions spécifiques évaluées. Cette étude a également été limitée du fait qu'il a été impossible d'évaluer les opérateurs sur une plus longue période. Il y a certainement un degré de variabilité dans la charge exercée sur le bas du dos pendant la journée et que l'on pourrait associer à des changements dans la posture de travail. Une période d'échantillonnage plus longue aurait permis de quantifier les différences entre les postures et d'évaluer davantage cet effet. De plus, un historique de la charge par rapport au temps sur les tissus est un élément important dans la détermination des niveaux de tolérance. Bien que cette information soit une composante implicite des données recueillies par Norman et coll., (1998) ayant servi à produire la courbe dose-réponse du pointage IDDD, il n'existe actuellement aucune méthode pour considérer ces facteurs de façon explicite.

- 29 L'utilisation d'une maquette grandeur réelle a permis d'évaluer l'effet de l'intervention technique proposée. Il ne faut pas oublier que le travail dans un environnement de maquette est certainement moins réaliste que celui effectué dans le cadre du processus de production. Ainsi, il est possible que l'une des améliorations posturales observées dans la maquette ne donnent pas d'aussi bons résultats que si l'intervention était adoptée dans la réalité. Si tel est le cas, l'intervention aura tout de même servi à diminuer le risque pour tous les travailleurs qui œuvrent à ce poste. La capacité de quantifier cette amélioration est un facteur qui favorise davantage la mise en place du changement.
- 30 Puisqu'il était impossible de mesurer les forces dynamiques aux mains dans cet environnement, il a fallu procéder à une analyse statique. Si ces données avaient été disponibles, elles auraient pu être entrées dans le logiciel et le modèle biomécanique aurait effectué une analyse quasi-dynamique. Ici, on a opté pour une analyse bidimensionnelle car les emplois exigeaient une très faible torsion du torse et qu'il était possible de filmer le tronc supérieur sur le plan sagittal pour la plupart des tâches. Techniquement, il était faisable d'effectuer une analyse tridimensionnelle pour obtenir des estimations plus précises de la charge sur la colonne vertébrale, mais toute sous-estimation ou surestimation aurait été uniformément distribuée et n'aurait pas eu beaucoup d'influence sur les estimations ou les comparaisons de risques.
- 31 Finalement, les estimations de la compression, le cisaillement et le moment de force à L4/L5 dépendent de la validité du modèle utilisé pour les produire. À l'heure actuelle, il n'est pas possible d'effectuer une validation directe de ces variables par l'entremise de mesures in vivo des mêmes variables, dans les mêmes groupes. C'est pourquoi on a tenté d'incorporer dans le modèle biomécanique utilisé ici le contenu anatomique et physiologique de la plus grande validité possible, dans une version utile pour l'industrie.
- 32 Dans l'évaluation du risque de blessures, il n'est pas suffisant de considérer seulement l'effet d'une seule valeur maximale. L'effet cumulatif de plusieurs petites valeurs maximales qui sont maintenues pendant de longues périodes et/ou obtenues plusieurs fois durant un quart de travail doit également être considéré. Par conséquent, il faut tenir compte à la fois des charges maximales et des charges cumulatives pour que le risque de blessures ainsi que les conséquences des contrôles administratifs et techniques puissent être adéquatement quantifiés.
-

BIBLIOGRAPHIE

- Cosgel, M.M., Miceli, T.J. (1999). Job rotation : cost, benefits and stylized facts, *Journal of Institutional and Theoretical Economics*, 155, 301-320.
- Frazer, M.B., Norman, R.W., Wells, R.P., Neumann, W.P. (2003). The effects of job rotation on the risk of reporting low back pain. *Ergonomics*, 46, 904-919.
- Freiboth, M., Frieling, E., Henniges, D., Saager, C. (1997). Comparison of different organisations of assembly work in the European automotive industry, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 20, 357-370.

- Grant, K.A., Habes, D.J., Bertsche, P.K. (1997). Lifting hazards at a cabinet manufacturing company : evaluation and recommended controls. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 12, 253-258.
- Hazard, L., Mautz, J., Wrightsman, D. (1992). Job rotation cuts cumulative trauma cases. *Personnel Journal*, 71, 29-32.
- Jonsson, B. (1988). Electromyographic studies of job rotation. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 14 (suppl 1), 108-109.
- Keyserling, W.M., Armstrong, T.J., Punnett, L. (1991). Ergonomic job analysis : a structured approach for identifying risk factors associated with overexertion injuries and disorders. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 6, 353-363.
- Kuijer, P.P.F.M., Visser, B., Kemper, H.C.G. (1999). Job Rotation As A Factor In Reducing Physical Workload At A Refuse Collecting Department. *Ergonomics*, 42, 1167-1178.
- Norman, R., Wells, R., Neumann, P., Frank, J., Shannon, H., Kerr, M., le groupe OUBPS (Ontario Universities Back Pain Study) (1998). A comparison of peak versus cumulative physical work exposure risk factors for the reporting of low back pain in the automotive industry. *Clinical Biomechanics*, 13, 561-573.
- Putz-Anderson, V. (1988). Cumulative trauma disorders : a manual for musculoskeletal diseases of the upper limbs. London : Taylor & Francis.
- Triggs, D.D., King, P.M. (2000). Job rotation : an administrative strategy for hazard control. *Professional Safety*, 45, 32-34.
- US Department of Labor (1993). Ergonomics program management guidelines for meatpacking plants. *Occupational Safety and Health Administration Publication No. 3123*, Occupational Safety and Health Administration, Washington, D.C.
- Vander Doelen, J.A., Barsky, S.J. (1990). Repetitive strain injury within the meat-processing industry. *Occupational Health in Ontario*, 11, 154-167.
- Wands, S.E., Yassi, A. (1993). Modernization of a laundry processing plant : is it really an improvement ? *Applied Ergonomics*, 24, 387-396.
- 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, 749-776.

RÉSUMÉS

Il a été démontré que les forces maximales et cumulatives exercées sur les structures de la colonne vertébrale constituent des facteurs de risques significatifs et statistiquement indépendants pour la déclaration de douleurs au dos. Le présent document décrit une approche logicielle qui utilise ces facteurs de risques pour prédire de façon quantitative la déclaration de douleurs au dos à l'aide d'un pointage des indices de déclaration de douleur au dos, ou pointage IDDD. On a évalué deux emplois dans le secteur de la fabrication automobile avec cette approche, puis on a élaboré au moyen des résultats obtenus un contrôle spécifique de nature administrative et technique. En analysant les emplois avec les contrôles en place, on a constaté que le contrôle administratif utilisé, soit la rotation des emplois, était moins efficace que prévu et engendrait une augmentation globale du risque de déclaration de douleur au dos. La mise en place d'un contrôle technique a fait diminuer globalement le risque de déclaration de douleur au dos, et ce, pour tout travailleur occupant le poste en question. Les résultats de cette étude indiquent qu'il

faut considérer à la fois les charges maximales et les charges cumulatives afin d'évaluer adéquatement le risque de blessures et les conséquences associées à la mise en place de contrôles techniques et administratifs.

Peak and cumulative forces on spinal structures have been identified as significant and statistically independent risk factors for reporting low back pain (LBP). This paper describes a software based approach which utilizes these risk factors to quantitatively predict the reporting of LBP by utilizing a Low Back Pain Reporting Index Score (LBPRI). Two automotive manufacturing jobs were assessed utilizing this approach and these results were utilized in the development of a specific administrative and engineering control. Analysis of the jobs with the controls in place indicated that the administrative control, job rotation, was less effective than assumed and produced an overall increase in the risk of reporting LBP. The engineering control resulted in an overall decrease in the risk of reporting LBP and this beneficial risk reduction would be delivered to any worker that performed this job. The results of this study indicate that both peak and cumulative loading must be considered in order to properly appreciate the risk of injury and the consequences associated with the implementation of administrative and engineering controls.

Fue demostrado que las fuerzas maximales y cumulativas ejercidas en las estructuras de la columna vertebral constituyen factores de riesgos significativos y estadísticamente independientes de una declaración de dolor en la espalda. Este estudio describe un trámite basado en un programa informático que utiliza estos factores de riesgos para predecir de manera cuantitativa la declaración de dolores en la espalda con un punteo de índices de declaración de dolor en la espalda, o punteo IDDD. Se evaluaron dos empleos en el sector de la industria automovilística y se elaboró con los resultados obtenidos un control específico de natura administrativa y técnica. Al analizar los empleos con los controles en marcha, se constató que el control administrativo utilizado, o sea la rotación en el empleo, era menos eficaz de lo esperado y generaba un aumento global del riesgo de declaración de dolor en la espalda. Se inició un control técnico que hizo disminuir globalmente el riesgo de declaración de dolor en la espalda para cada trabajador ocupando este puesto. Los resultados de este estudio indican que se debe considerar a la vez las cargas maximales y las cargas cumulativas para evaluar adecuadamente el riesgo de lesiones y las consecuencias asociadas a la instalación de controles técnicos y administrativos.

INDEX

Keywords : job rotation, occupational diseases, biomechanical model, administrative control, engineering control

Mots-clés : rotation des emplois, lésions professionnelles, modèle biomécanique, contrôle administratif, contrôle technique

Palabras claves : rotación en los empleos, lesiones profesionales, modelo biomecánico, control administrativo, control técnico

AUTEUR

MARDON FRAZER

Initiative d'ergonomie, Faculté des sciences de la santé appliquées, Université de Waterloo,
Waterloo, Ontario, frazer@healthy.uwaterloo.ca