



Série protection de la santé
des travailleurs
N° 5

La prévention des troubles musculo-squelettiques sur le lieu de travail

Information concernant
les facteurs de risque et la prévention,
à l'intention des employeurs,
des superviseurs et des formateurs
en médecine du travail



Série protection de la santé
des travailleurs
No 5

La prévention des troubles musculo-squelettiques sur le lieu de travail

Prof. Dr rer. Nat. Alwin Luttman
PD Dr-Ing Matthias Jäger
Prof. Dr med Barbara Griefhan
Institut de Physiologie du travail,
Université de Dortmund
Institut für Arbeitsphysiologie,
Universität Dortmund
Ardeystrasse 67
D-44139 Dortmund
Allemagne

et

Institut fédéral pour la sécurité
et la santé au travail
Bundesanstalt für Arbeitsschutz
und Arbeitsmedizin
Dr med. Sc. Gustav Caffier
Dr med. Falk Liebers
Dipl.-Ing. Ulf Steinberg
Nöldnerstrasse 40-42
D 10317 Berlin
Allemagne

Page de couverture :

Tuula Solasaari Pekki,
Institut finnois de médecine du travail

Rédaction du texte en français

Institut national de la recherche scientifique (INRS), Nancy, France
Institut fédéral pour la sécurité et la santé au travail (BAUA), Berlin, Allemagne

Autres brochures de la série protection de la santé des travailleurs :

- No.1 : Prévention de risques pour la santé liés à l'utilisation
des pesticides en agriculture
- No. 2 : Pourquoi et comment procéder à des évaluations économiques
au niveau de l'entreprise ?
- No. 3 : Organisation du travail et stress
- No. 4 : Qu'est-ce que le harcèlement moral sur le lieu de travail?

Catalogage à la source : Bibliothèque de l'OMS

La prévention des troubles musculo-squelettiques sur le lieu de travail / Alwin Luftmann [et al.]

(Série protection de la santé des travailleurs ; no. 5)

1. Appareil locomoteur, Maladies - prévention et contrôle
 2. Poste travail 3. Facteur risque 4. Ligne directrice
- I. Luftmann, Alwin II. Series.

ISBN 92 4 259053 2

(Classification NLM: WA 440)

ISSN 1729-3502

© Organisation mondiale de la Santé 2004

Tous droits réservés. Il est possible de se procurer les publications de l'Organisation mondiale de la Santé auprès de l'équipe Marketing et diffusion, Organisation mondiale de la Santé, 20 avenue Appia, 1211 Genève 27 (Suisse) (téléphone : +41 22 791 2476 ; télécopie : +41 22 791 4857 ; adresse électronique : bookorders@who.int). Les demandes relatives à la permission de reproduire ou de traduire des publications de l'OMS – que ce soit pour la vente ou une diffusion non commerciale – doivent être envoyées à l'unité Publications, à l'adresse ci-dessus (télécopie : +41 22 791 4806 ; adresse électronique : permissions@who.int).

Les appellations employées dans la présente publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Organisation mondiale de la Santé aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. Les lignes en pointillé sur les cartes représentent des frontières approximatives dont le tracé peut ne pas avoir fait l'objet d'un accord définitif.

La mention de firmes et de produits commerciaux n'implique pas que ces firmes et ces produits commerciaux sont agréés ou recommandés par l'Organisation mondiale de la Santé, de préférence à d'autres de nature analogue. Sauf erreur ou omission, une majuscule initiale indique qu'il s'agit d'un nom déposé.

L'Organisation mondiale de la Santé ne garantit pas l'exhaustivité et l'exactitude des informations contenues dans la présente publication et ne saurait être tenue responsable de tout préjudice subi à la suite de leur utilisation.

Le cas échéant, on peut également utiliser les clauses suivantes :

[Dans le cas des publications où les auteurs ou éditeurs cités nommément assument la responsabilité du contenu]

Les opinions exprimées dans la présente publication n'engagent que les auteurs [ou éditeurs le cas échéant] cités nommément.2

[Dans le cas des rapports des comités d'experts et groupes analogues]

La présente publication exprime les vues collectives d'un groupe international d'experts [ou bien donner le nom du groupe] et ne représente pas nécessairement les décisions ni la politique officielle de l'Organisation mondiale de la Santé.

Toutes les illustrations sont protégées par le droit d'auteur dont le titulaire, chaque fois qu'une d'entre elles est utilisée, doit être nommément mentionné comme suit: Lang/Metze Atelier f:50, Berlin.

Imprimé en France.

Préface

Les troubles de l'appareil musculo-squelettique (TMS) représentent une cause importante d'absentéisme. Les TMS génèrent des coûts considérables pour le système de santé publique. Les TMS peuvent être associés à des situations de travail ou à des régions particulières de l'organisme. Par exemple, les troubles de la région lombaire sont souvent associés au transport ou au soulèvement de charges ou aux vibrations. Des troubles du membre supérieur (doigts, main, poignet, bras, coude, épaule, cou) peuvent résulter d'un effort statique répétitif ou de longue durée ou encore peuvent être intensifiés par de telles activités. La gravité des troubles peut aller de douleurs occasionnelles à des troubles spécifiques précisément diagnostiqués. La survenue de douleurs peut être interprétée soit comme le résultat d'une surcharge aiguë réversible, soit comme le symptôme préalable de la survenue d'une maladie grave.

Ce document traitant de la prévention des troubles musculo-squelettiques a pour but de faire connaître les facteurs de risque et de favoriser la prise de mesures par l'employeur et les modifications de comportement des travailleurs de manière à éviter ou diminuer les risques dus aux charges physiques dangereuses pour la santé ou inutilement fatigantes. Le document a été rédigé de manière à pouvoir être utilisé par les employeurs, les superviseurs et les formateurs en médecine du travail lors de la conception du poste de travail et de l'espace de travail ou de la préparation des documents d'information et des programmes de formation. Ce guide devrait par conséquent permettre de diminuer la souffrance des individus, d'influer favorablement sur l'efficacité du travail et d'abaisser les coûts pour le système de santé publique.

Cette brochure est destinée aux employeurs, aux superviseurs et aux formateurs en médecine du travail pour leur permettre d'identifier les risques susceptibles d'entraîner des troubles musculo-squelettiques et de concevoir les tâches et l'espace de travail pour qu'il soit sans danger pour l'employé.

Nous remercions de leur contribution les personnes suivantes : Thomas R. Waters, Ph. D, National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati ; Dr Hisachi Ogawa, Organisation mondiale de la Santé, Conseiller régional en Médecine du travail, Bureau régional du Pacifique occidental, Manille et Evelyn Kortum-Margot, Programme Santé au travail et hygiène du milieu, Organisation mondiale de la Santé, Genève, Suisse.

Exemples de charges physiques rencontrées en situation de travail et susceptibles d'être dangereuses pour la santé :



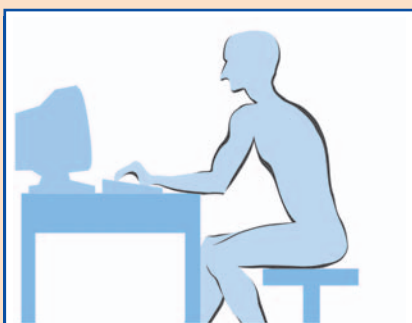
Travail agenouillé pendant des durées importantes



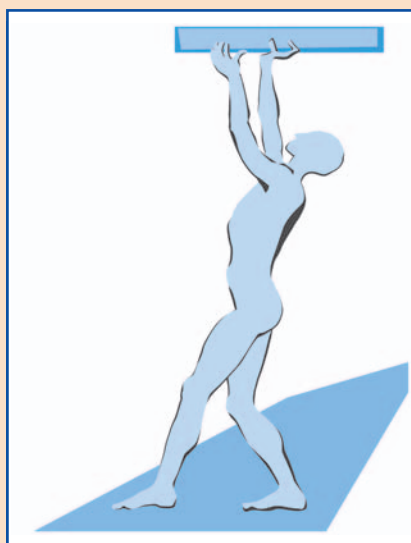
Manutention de charges lourdes



Vibrations transmises à l'ensemble du corps



Travail assis continu



Travail statique et contrainte posturale anormale

Table des matières

Partie 1 : Objectifs	1
1.1 Troubles musculo-squelettiques associés au travail - définition	1
1.2 Pathologies caractéristiques	2
1.3 Facteurs de risque fondamentaux de survenue des troubles musculo-squelettiques	3
1.4 Facteurs à prendre en compte dans la prévention	12
Partie 2 : Recommandations	15
2 Recommandations concernant les principaux facteurs de risque	15
2.1 Facteur de risque : manutention de charges lourdes	15
2.2 Facteur de risque : travaux de force	18
2.3 Facteur de risque : travail dans une posture défavorable	19
2.4 Facteur de risque : tâches répétitives monotones	22
2.5 Facteur de risque : charges s'exerçant pendant une durée prolongée	23
2.6 Facteur de risque : ambiances physiques	25
Appendice : règles de base de la prévention	27
Résumé	29
Conclusion	30
Pour en savoir plus	31

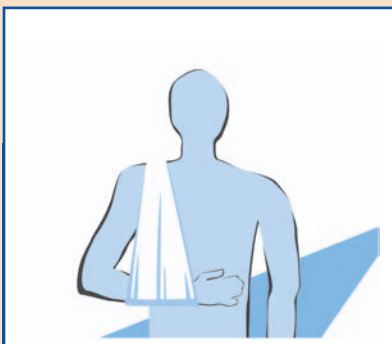
Partie 1

Objectifs

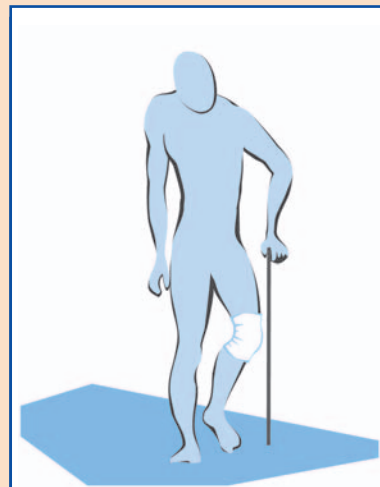
1.1 Troubles musculo-squelettiques associés au travail - définition

L'expression " troubles musculo-squelettiques " correspond à des atteintes de l'appareil locomoteur, c'est-à-dire des muscles, des tendons, du squelette, des cartilages, des ligaments et des nerfs. Les troubles musculo-squelettiques (TMS) couvrent toutes sortes d'affections, des troubles légers et passagers jusqu'aux lésions irréversibles et aux états chroniques d'incapacité. Cette brochure porte sur les TMS provoqués ou aggravés par le travail et les conditions de travail Ces troubles musculo-squelettiques sont sensés être provoqués ou aggravés par le travail bien que des activités domestiques ou sportives y soient souvent associées.

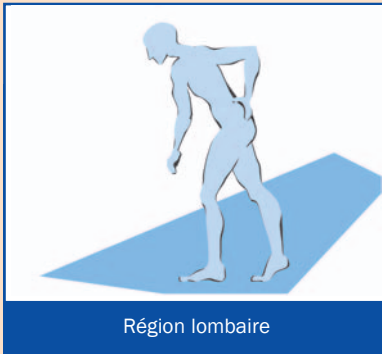
*Localisations les plus importantes
des troubles musculo-squelettiques
liés au travail*



Membre supérieur
(nuque - épaule - bras - main)



Grosses articulations
(genou)

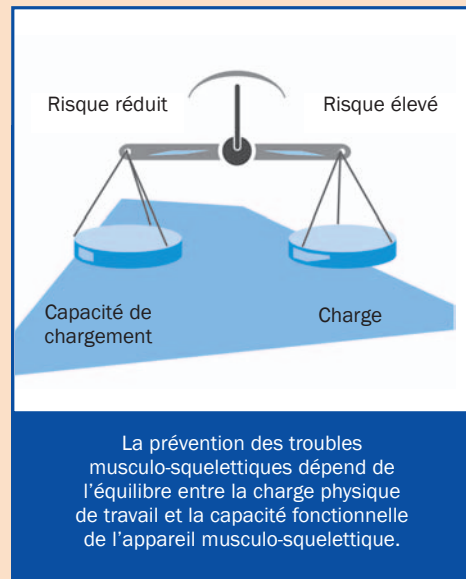


1.2 Pathologies caractéristiques

Les pathologies surviennent notamment lorsque la charge de travail mécanique est supérieure à la capacité fonctionnelle des différents constituants de l'appareil musculo-squelettique. Les lésions musculaires, tendineuses (contraintes, ruptures), ligamentaires (contraintes, ruptures) et osseuses (fractures, micro-fractures méconnues, lésions dégénératives) en sont les conséquences typiques. En outre des irrita-

tions au point d'insertion des muscles, des tendons et des gaines tendineuses, ainsi qu'une limitation fonctionnelle et une dégénérescence précoce des os et des cartilages (ménisque, vertèbres, disques intervertébraux, articulations) peuvent aussi se produire.

On observe deux types fondamentaux de lésions, les unes aiguës et douloureuses, les autres chroniques et persistantes. Les premières sont dues à l'action de charges importantes et de courte durée, entraînant un effondrement structurel et fonctionnel brutal (claquage musculaire dû au soulèvement de poids importants, fracture osseuse consécutive à une chute ou blocage d'une articulation vertébrale résultant d'un mouvement violent). La deuxième catégorie résulte d'une surcharge permanente, conduisant à une douleur et à un dysfonctionnement croissant (distension ou rupture ligamentaire, ténosynovite, spasmes et contractures musculaires).



Les lésions chroniques provenant d'efforts répétitifs peuvent passer inaperçues ou être négligées par le travailleur car la lésion peut guérir assez rapidement sans entraîner une incapacité évidente. Ces lésions sont extrêmement fréquentes. Dans les pays industrialisés, près d'un tiers de toutes les absences pour raison de santé sont dues aux TMS. Les traumatismes du dos (lombalgie, sciatique, dégénérescence discale, hernie) sont les plus nombreux (60 % environ).

Les atteintes cervicales et celles des membres supérieurs occupent la deuxième place (syndromes algiques du cou, des épaules, des bras, épicondylite, tendinite et ténosynovite, syndrome du canal carpien, syndromes associés à des traumatismes cumulés, ou à des efforts répétitifs et connus en anglais sous les abréviations CTDs et RSI, suivies des lésions du genou (dégénérescence du ménisque, arthrose) et de la hanche (arthrose). On admet généralement que les conditions de travail et la charge de travail sont des facteurs importants en ce qui concerne l'évolution et la persistance de ces troubles.

1.3 Facteurs de risque fondamentaux de l'évolution des troubles musculo-squelettiques

1.3.1 *Surcharge physique, - caractère répétitif, durée d'exposition, posture et accidents*

Les TMS associés au travail sont présumés avoir un lien de cause à effet avec la charge physique résultant des activités professionnelles.

Les troubles ou les lésions des muscles, des tendons, des articulations, des ligaments et des os sont essentiellement dus à la surcharge mécanique des différentes structures biologiques. L'éventuelle surcharge des tissus résulte **des forces de haute intensité ou couples** agissant sur l'organisme extérieurement et intérieurement. Les activités professionnelles imposant des charges mécaniques élevées sont par exemple la manutention d'objets, dans les métiers du transport par exemple, ou l'usage de la force de poussée ou de traction sur des machines ou des outils . L'effet nocif de la charge mécanique dépend essentiellement de l'intensité de la force.

En outre, la **durée d'exposition** est un facteur important pour l'évolution des TMS, il est déterminé par le nombre de répétitions par unité de temps (par exemple par jour) ainsi que par la durée totale d'exposition (par exemple nombre d'heures par jour ou de jours par mois). En ce qui concerne les caractéristiques de l'exposition, l'impact des **charges occasionnelles rencontrées en milieu professionnel** peut être distingué de celui des **activités de longue durée**, effectuées parfois sur plusieurs années, voire sur la totalité de la vie professionnelle. Les charges s'exerçant brièvement peuvent conduire principalement à des troubles de santé aigus, alors que les expositions de longue durée peuvent être responsables au stade final de troubles chroniques.

Les risques pour l'appareil musculo-squelettique dépendent en grande partie de la posture de l'opérateur ; en particulier, les positions courbées ou en rotation sont associées à un risque accru de pathologie lombaire. La contrainte posturale joue un rôle important, surtout quand l'espace de travail est restreint.

A côté de ces types de charges professionnelles résultant des conditions habituelles du poste de travail, les TMS peuvent aussi être dus à des situations uniques, imprévisibles et non envisageables, par exemple des accidents. L'origine des troubles dus aux accidents se caractérise par une surcharge brutale des organes de la locomotion.

1.3.2 Charge mécanique totale



La charge totale pour l'appareil musculo-squelettique dépend de différents facteurs déjà mentionnés comme :

- intensité des forces ;
- la durée de l'exposition ;
- le nombre de répétitions d'un effort par unité de temps ;
- la contrainte posturale.

1.3.3 Caractéristiques du risque

En fonction des facteurs déjà mentionnés, on distingue plusieurs catégories de risques suivant leurs associations ou leurs caractéristiques, comme :

- l'intensité des forces ;
- la durée de l'exposition ;
- fréquence de la répétition des efforts;
- la contrainte posturale excessive;
- l'effort musculaire intense - ou de longue durée ;
- les conditions psychosociales et les ambiances de travail défavorables.

1.3.4 Facteurs contribuant à l'apparition des troubles musculo-squelettiques

Dans ce qui suit, la charge pour l'appareil musculo-squelettique est caractérisée en fonction des facteurs principaux, tels que l'intensité de la force, la répétition du geste et la durée d'exécution, la posture et l'effort musculaire, ainsi que les facteurs psychosociaux et les ambiances de travail.

1. L'application de forces de grande intensité peut entraîner une surcharge aiguë des tissus concernés. Des **forces de grande intensité** s'exercent à l'intérieur des tissus, en particulier lors du soulèvement ou du déplacement d'objets lourds. Pousser, tirer, tenir ou soutenir un objet ou une personne met également en jeu des forces de grande intensité.
2. **La manutention de charges pendant une durée importante** peut entraîner un effondrement musculo-squelettique si la tâche occupe une partie importante de la journée de travail et est renouvelée pendant plusieurs mois, voire plusieurs années. On citera par exemple la manutention manuelle de matériaux pendant de nombreuses années qui peut entraîner des pathologies dégénératives, de la colonne lombaire en particulier. La dose cumulée peut être considérée comme une mesure adaptée à la quantification de ce type de charge. Les éléments qui entrent dans la description de cette charge sont la durée, la fréquence et l'intensité des activités réalisées.
3. Des troubles musculo-squelettiques peuvent également apparaître à la suite de **manipulations répétées fréquemment**, même si le poids des objets manipulés ou les forces mises en jeu sont faibles. Ce travail, réalisé pendant des années importantes, (assemblage de petites pièces, dactylographie, travail des caissières des supermarchés) peut être nuisible pour la musculature, même si les forces en jeu pour déplacer les objets sont faibles. Dans de telles conditions, les mêmes régions et les mêmes fibres musculaires sont activées pendant des durées prolongées et peuvent être soumises à une surcharge. Les conséquences sont une fatigue précoce, une douleur et éventuellement des lésions.



Manutention répétée d'objets

4. Lorsque le poste de travail est bien conçu, le travail peut être réalisé en **position** debout, les épaules abaissées et les bras près du corps. Lorsque le tronc est fortement courbé, étiré ou en rotation, les structures de la colonne

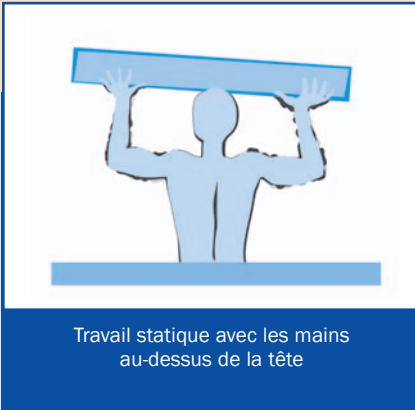


Travail assis prolongé dans une posture fixe, nuisible pour la musculature

vertébrale peuvent subir une surcharge et il en résulte une activité accrue de l'ensemble des muscles. Si le tronc est simultanément penché et en rotation, le risque de traumatisme du rachis est considérablement accru. Les conditions de travail devront être modifiées lorsqu'elles imposent des mouvements ou des postures qui obligent à avoir les mains au-dessus des épaules ou au-dessous des genoux ou les bras tendus, pendant des périodes prolongées ou répétées. Le travail à genoux ou accroupi augmente le risque de surcharge des éléments musculo-squelettiques. Le maintien en position fixe de la posture assise s'ac-

compagne d'une activité musculaire prolongée et peut conduire à une surcharge au sein des structures musculaires. Ces postures de travail seront évitées, et le temps de travail dans une telle position sera maintenu au minimum si ce travail ne peut pas être complètement évité.

5. **La charge musculaire statique** correspond à la situation où les muscles sont tendus pendant des périodes prolongées pour maintenir une posture donnée (mains au-dessus de la tête pour percer des trous dans un plafond, bras en abduction des coiffeurs, bras maintenus au-dessus du clavier, travail dans un espace restreint). La caractéristique de la charge musculaire statique est que le muscle ou le groupe de muscles sont contractés sans qu'il y ait mouvement des articulations correspondantes. Si le muscle n'a pas la possibilité de se relâcher au cours du travail, la fatigue musculaire peut apparaître même si la force exercée est faible, et le fonctionnement des muscles peut être altéré et devenir douloureux. En outre, le travail statique entraîne une diminution de la circulation sanguine dans les muscles. Dans les conditions normales, le passage continu de la contraction à la relaxation agit comme une pompe circulatoire. Le maintien de la contraction diminue le flux circulatoire sortant et entrant dans le muscle contracté. Le gonflement des jambes, par exemple, est un indicateur de mauvaise circulation sanguine.



6. **L'inactivité musculaire** est un facteur supplémentaire d'apparition de troubles musculo-squelettiques. Les muscles ont besoin d'être activés pour conserver leur capacité fonctionnelle et il en est de même des tendons et des os. En l'absence d'activation, on peut voir apparaître des déficits fonctionnels et structuraux consécutifs à la déprogrammation. Le muscle n'est par suite plus capable de stabiliser les articulations et les structures ligamentaires convenablement. Les conséquences possibles sont une instabilité des articulations et un manque de coordination associés à des douleurs, des anomalies des mouvements et une surcharge des articulations.



Déprogrammation due au manque de sollicitation musculaire et à l'inactivité physique prolongée

7. **Les gestes monotones répétitifs avec** d'objets manipulation on non pendant de longues périodes peuvent entraîner un effondrement musculo-squelettique. On dit qu'il y a travail répétitif lorsque les mêmes régions du corps sont activées de manière répétée en l'absence de périodes de relaxation, même brèves ou qu'une variation du geste est impossible. La description s'appuie



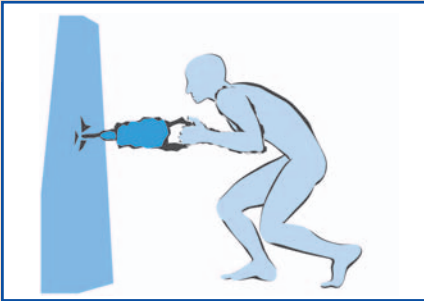
Mouvements monotones répétitifs



Utilisation prolongée du clavier et de la souris lors de l'entrée des données

sur les facteurs suivants : durée des cycles de travail, fréquence et intensité de l'activité réalisée. Parmi les exemples de travail répétitif, on peut citer l'utilisation des claviers pour la dactylographie et l'entrée des données, l'utilisation de la souris des ordinateurs pour cliquer ou dessiner, le découpage de la viande, etc. Des plaintes non spécifiques dues à des gestes répétitifs des membres supérieurs sont souvent résumées par l'expression "stress répétitif articulaire".

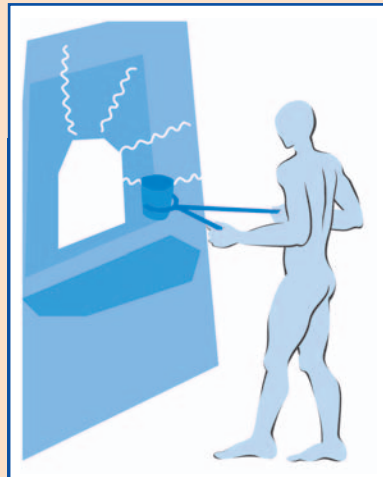
8. Le système locomoteur est également mis à l'épreuve lors de **l'exposition aux vibrations**. Ces vibrations peuvent résulter de l'emploi d'outils tenus à la main (perforatrice) et par conséquent, exercer des vibrations sur le système main-bras. Les vibrations transmises au système main-bras peuvent entraîner un dysfonctionnement nerveux, une baisse de la circulation et notamment dans les doigts (doigt mort professionnel) ainsi que des lésions dégénératives des os et des articulations du bras. Un autre risque est dû aux vibrations transmises à l'ensemble du corps provoqué par les véhicules et les plates-formes, le matériel de terrassement, les paletteuses et chariots automoteurs de manutention à conducteur porté ou les tracteurs et les camions circulant sur des voies non goudronnées. Les vibrations sont transmises au conducteur par le siège.



Exposition aux vibrations :
utilisation d'outils vibrants

Les vibrations de l'ensemble du corps peuvent provoquer des lésions dégénératives, notamment de la colonne lombaire. L'effet des vibrations peut être renforcé si par exemple la conduite du véhicule s'effectue avec le corps en rotation. Un siège spécialement conçu permettant d'atténuer les vibrations peut contribuer à diminuer leur effet.

9. **Les ambiances physiques**, comme par exemple la température et l'humidité, peuvent interagir avec la charge mécanique et aggraver les risques de TMS. En particulier, le risque de troubles dus aux vibrations exercées sur les mains est considérablement augmenté si un outil vibrant est tenu à la main dans une ambiance froide. Un autre exemple d'influence des ambiances sur les contraintes musculo-squelettique concerne l'ambiance lumineuse : si les conditions d'éclairage sont mauvaises et la vision déficiente, les muscles subissent une fatigue plus intense, ceux des épaules et du cou en particulier.



Ambiances physiques :
travail en ambiance chaude

10. A côté des tensions d'origine mécanique qui touchent directement les organes locomoteurs, d'autres facteurs peuvent contribuer à installer ou à aggraver des TMS : **les facteurs psychosociaux** peuvent renforcer l'influence des tensions mécaniques ou être à l'origine par eux-mêmes de TMS dus à l'augmentation de la tension musculaire et à une altération de la coordination motrice. En outre, les facteurs psychosociaux tels que le travail sous contrainte de temps et le manque de maîtrise des décisions ou de soutien social peuvent augmenter l'impact de la contrainte physique.

Le Tableau 1 résume les facteurs principaux qui influent sur le risque d'apparition de troubles musculo-squelettiques associés au travail.

Tableau 1 : Facteurs principaux qui influent sur le risque d'apparition de troubles musculo-squelettiques

Facteur	Résultat ou conséquences possibles	Exemple	Exemple de bonne pratique ou de solution
Application de forces de forte intensité	Surcharge aiguë des tissus impliqués	Soulever, porter, pousser, tirer, des objets lourds	Eviter la manutention des objets lourds
Manutention de charges lourdes pendant des périodes prolongées	Pathologies dégénératives, notamment de la colonne lombaire	Manutention manuelle de matériaux	Diminuer la masse des objets ou le nombre de manutentions par jour
Manipulation d'objets fréquemment répétée	Fatigue et surcharge des structures musculaires	Travail d'assemblage, usage du clavier pendant des périodes prolongées, travail des caissières	Diminuer la fréquence des répétitions
Travail dans une posture défavorable	Surcharge des éléments squelettiques et musculaires	Travail en position courbée ou en rotation ou les mains au-dessus des épaules	Travailler en maintenant le tronc en position verticale et les bras près du corps
Charge musculaire statique	Activités musculaires prolongées et surcharge éventuelle	Travail avec les bras au-dessus de la tête ou dans un espace restreint	Alternance régulière de l'activation et de la relaxation des muscles
Inactivité musculaire	Perte de la capacité fonctionnelle des muscles, des tendons et des os	Position assise prolongée avec sollicitation musculaire faible	Pauses répétées avec passages à la position debout, étirements musculaires, gymnastique de pause et activités sportives
Gestes répétitifs monotones	Troubles non spécifiques des membres supérieurs (stress répétitif articulaire)	Activation répétée des mêmes groupes musculaires sans relaxation	Interruption répétée de l'activité et pauses, alternance des tâches
Vibrations	Dysfonctionnement nerveux, diminution de la circulation sanguine, troubles dégénératifs	Utilisation d'outils vibrants tenus à la main, conducteurs posés d'engins émettant des vibrations	Utilisation d'outils et de sièges atténuant les vibrations
Ambiances physiques	Interaction avec la charge mécanique et aggravation des risques	Utilisation d'outils tenus à la main en ambiance froide	Utilisation de gants ou d'outils chauffés en ambiance froide
Facteurs psychosociaux	Augmentation des contraintes physiques, augmentation de l'absentéisme	Travail sous contrainte de temps, absence de maîtrise des tâches, soutien social faible	Rotation des tâches, enrichissement des tâches, diminution des facteurs sociaux négatifs

1.4 Facteurs à prendre en compte dans la prévention

1.4.1 *L'équilibre idéal*

Le maintien et la promotion de la santé demandent un équilibre entre activité et repos. Les poses sont une nécessité pour pouvoir récupérer après les contraintes induites par les charges et éviter l'accumulation de fatigue. A une posture statique on préférera le mouvement, le but étant d'arriver à une combinaison de périodes d'activité pendant lesquelles s'exercent les charges et de périodes d'inactivité consistant en relaxation. La "charge idéale" est variable d'un individu à l'autre en fonction de ses capacités fonctionnelles et de ses caractéristiques personnelles. Il faut éviter la surcharge tout comme l'inactivité. Une charge de travail raisonnable induit un entraînement des muscles qui conduit à une adaptation, et par conséquent à une augmentation de la capacité des muscles, des tendons et des os, laquelle est indispensable pour se sentir bien et en bonne santé.

IMPORTANT : Certains cas particuliers exigent cependant des adaptations de ces principes généraux, certaines parties de l'appareil musculo-squelettique pouvant ne pas réagir de manière identique à la charge de travail. Par exemple, soulever à répétition des charges importantes augmente probablement la capacité musculaire mais, probablement, n'augmente pas la capacité des disques vertébraux à supporter la charge mécanique. En conséquence, l'entraînement musculaire risque de conduire les individus à estimer par erreur qu'ils peuvent soulever des charges plus fortes en toute sécurité et à courir ainsi le risque de pathologies dorsales. C'est la raison pour laquelle les tâches doivent être conçues pour pouvoir être réalisées par la plupart des personnes plutôt que par un petit nombre d'individus robustes.

1.4.2 Principes de l'ergonomie

Le risque de TMS apparaît quand il y a déséquilibre entre la charge et la capacité fonctionnelle du travailleur. Le principe de base de l'ergonomie est de créer un équilibre approprié entre les nécessités de la tâche et la capacité du travailleur, soit en adaptant la tâche à l'être humain par l'aménagement du poste de travail, soit en développant la capacité du travailleur pour cette tâche par l'entraînement et la formation professionnelle.

Le but premier doit être d'adapter les conditions de travail à la capacité des travailleurs, adaptation qui demande une attention particulière aux caractéristiques individuelles, à l'âge et au sexe. L'inverse, à savoir l'adaptation de l'être humain à sa tâche, n'est pas la solution préférée dans la mesure où la tâche ne peut pas être réalisée par n'importe quelle personne mais seulement par des personnes spécifiquement choisies et entraînées. De plus, la faculté que l'être humain a de s'adapter à l'exécution d'une tâche ne doit pas être détournée et utilisée comme prétexte au maintien de conditions ou d'ambiances de travail mal conçues.

1.4.3 Stratégies d'exécution des tâches

Un des facteurs de risque de surcharge de l'appareil musculo-squelettique vient de la manière dont la tâche est exécutée par le travailleur. L'exécution d'une tâche peut mettre en jeu des stratégies comportant plus ou moins de risques. Par exemple, pour soulever un objet lourd, il faut maintenir le centre de gravité près du corps. Pour y parvenir, l'objet sera soulevé en pliant si possible les genoux au lieu de se pencher en avant. D'autres mesures pour diminuer le risque de surcharge consistent à éviter les postures en rotation ou avec inclinaison latérale du tronc, à travailler avec une cadence en permanence modérée, et sans périodes "de pointe". Le travailleur sera informé de ces possibilités et motivé.

1.4.4 Prévention des accidents et des traumatismes

La prévention des accidents est un autre domaine important de la prévention des TMS. Les situations à risque, de chute notamment, se présentent lorsque la tâche est réalisée à grande hauteur, sur une échelle par exemple, un échafaudage ou un site de construction. Le risque de chute peut être diminué en sécurisant la position debout et en stabilisant le matériel utilisé pour monter. Il est indispensable notamment d'utiliser des échelles stables et de les fixer au sol ou à des objets stables. On n'utilisera que des échafaudages suffisamment stables et ils seront fixés au bâtiment. En outre, l'utilisation par le travailleur d'un harnais fixé à l'échelle, à l'échafaudage ou au bâtiment est une mesure importante de prévention des chutes.

Les traumatismes de la tête, des mains et des pieds peuvent être évités en utilisant un casque et des gants de protection ainsi que des chaussures de sécurité. Une autre mesure importante est d'éviter la chute des objets en les fixant ou en les enveloppant de manière appropriée. En particulier, lors du transport de marchandises au moyen de grues ou d'engins de levage, on les empêchera de bouger en les couvrant ou en les plaçant sur une surface plane.

Partie 2

Recommandations

2 **Recommandations concernant les principaux facteurs de risque**

Dans cette partie, on trouvera indiqués un certain nombre de facteurs de risque importants d'apparition de troubles musculo-squelettiques, ainsi que des exemples de tâches et d'ambiances de travail. On y expose également les causes potentielles des troubles de santé et des traumatismes, ainsi que des propositions concernant la prévention.

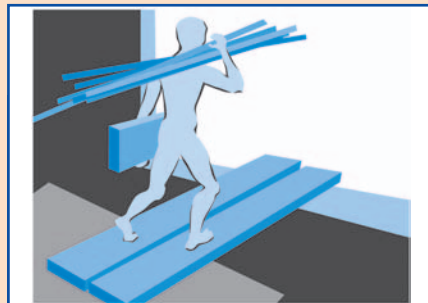
Le risque résulte fréquemment de l'exposition à des charges mécaniques. Les facteurs principaux sont des forces intenses résultant de la manutention d'objets, soulevés, poussés ou tirés, de gestes fréquemment répétés, de la durée d'exécution de postures nuisibles, de l'application de forces musculaires statiques ou du travail sur des machines vibrantes ou avec des outils vibrants. Dans certains cas, la précision de la manipulation, plus que l'intensité de la force exercée, est un facteur de risque supplémentaire.

2.1 **Facteur de risque : manutention de charges lourdes**

2.1.1 *Situations comportant la manutention de charges lourdes*

On peut citer par exemple :

- le levage et le transport d'objets lourds dans les métiers du transport, de la construction, etc. ;



Manipulation de charges lourdes : transport d'objets dans les industries du bâtiment

- le transport des personnes dans les professions de santé, maisons pour personnes âgées et hôpitaux par exemple.

2.1.2 Dangers des charges lourdes

Soutenir ou déplacer des charges lourdes nécessite une force musculaire importante et la manutention peut amener à une surcharge aiguë et/ou à une fatigue des muscles. On peut citer comme exemple la manutention répétée des matériaux de construction, le chargement des sacs de café, de ciment ou autres dans les bateaux, les conteneurs ou les camions.

Pendant ce type de manutention, des forces très importantes s'exercent également sur le squelette. Le risque de surcharge aiguë et de lésions est possible. L'application des charges pendant un temps prolongé peut entraîner ou favoriser des lésions dégénératives, notamment de la région lombaire (par exemple, si l'opérateur manipule les charges en se penchant).

La capacité fonctionnelle du travailleur joue un rôle important dans le risque individuel dû à ces activités de manutention manuelle.

2.1.3 Diminuer le risque dû à la manutention des charges lourdes

Les facteurs de risque les plus importants sont le poids de l'objet à manipuler, la distance dans un plan horizontal entre la charge et le corps, ainsi que la durée et la fréquence d'exécution. Il en découle des règles importantes de manutention des objets.



Le risque de TMS est fonction de l'importance de la charge et de la capacité fonctionnelle du travailleur

Conseils à l'employé :

- soulever les charges près du corps.
- soulever à deux mains, dans le plan de symétrie du corps, la charge étant placée le plus près possible du corps.
- soulever les charges lourdes en pliant d'abord les jambes puis en les étendant tout en maintenant le tronc bien droit, et éviter la manutention de charges dans des postures nuisibles (inclinaison latérale ou rotation).
- utiliser si possible des grues, monte-charges, chariots, palans, transpalettes, élévateurs mobiles ou autres pour soulever et transporter les charges lourdes.
- les charges lourdes ou peu maniables seront portées à deux.

Conseils à l'employeur :

- éviter la manutention manuelle, notamment de charges lourdes.
Si celle-ci est inévitable, mettre en place les mesures ergonomiques qui permettent de diminuer le risque.
- éviter le déplacement de charges par-dessus des obstacles.
- éviter la manutention sur un sol glissant ou irrégulier, ou comportant des marches ou des escaliers.
- éviter les manipulations à cadence élevée.
- diviser les charges : par exemple, utiliser deux sacs plus petits au lieu d'un gros sac pour éviter la manutention d'une masse importante.
- fournir l'équipement nécessaire (palans, monte-charges, etc.).
- placer un repère sur les charges lourdes.
- placer un repère sur les objets dont la charge n'est pas également répartie.
Placer un repère sur les conteneurs ou les fûts dont le contenu est mobile (liquides, granulés, etc.).
- mettre en place une formation à la manutention.

2.2 Facteur de risque : travaux de force

2.2.1 Situations exigeant un travail de force

On peut citer par exemple :

- pousser ou tirer des objets lourds ;
- tirer des chariots, des wagonnets ou autres moyens de transport ;
- charger des paquets dans un véhicule de transport ;
- manipuler les éléments d'un échafaudage ;
- porter des patients.



Travail de force : pousser un objet lourd

2.2.2. Dangers des travaux de force

Les travaux de force nécessitent une grande force musculaire, ce qui peut entraîner une surcharge aiguë et/ou une fatigue des muscles.

Ce type de travail implique soumet également le squelette à des forces importantes qui peuvent entraîner une surcharge aiguë et des lésions de ses structures. Lorsque la tâche exige une manutention à distance du corps, l'utilisation de la force comporte un risque élevé de traumatismes de la colonne lombaire. Lorsque la tâche implique un travail de force fréquemment répété ou de durée prolongée, il existe un risque de pathologies dégénératives notamment de la colonne lombaire, plus particulièrement si la posture imposée par la tâche est défavorable.

2.2.3 Eviter les travaux de force

Conseils à l'employé :

- pousser et tirer de manière à ce que la force s'exerce près du corps.
- utiliser les deux mains pour pousser ou tirer.
- éviter de pousser ou tirer un objet lorsque le tronc est incliné latéralement et/ou en rotation.

Conseils à l'employeur :

- veiller à la stabilité.
- fournir des véhicules roulants, chariots ou autres.
- on évitera de tirer ou pousser dans des espaces restreints en raison de la contrainte posturale.
- éviter la présence d'obstacles et les sols inégaux.

2.3 Facteur de risque : travail dans une posture défavorable

2.3.1 Situations impliquent des postures défavorables

On peut citer par exemple :

- le travail avec les bras au-dessus de la tête ;
- le travail dans des postures nuisibles ;
- le travail dans les espaces restreints ;
- le travail en position courbée, en rotation ou en extension ;
- le travail en position constamment inclinée (bâtiment, travail avec le béton armé par exemple) ;
- le travail à distance du corps;
- le travail agenouillé, couché, accroupi.

2.3.2 Dangers des postures défavorables

Le maintien d'une posture donnée exige une grande force musculaire ; il peut en résulter une surcharge aiguë et/ou une fatigue des muscles.

On peut citer par exemple :

- les travaux du bâtiment avec les bras tendus en avant qui exigent une activation importante de la musculature ;
- le maintien d'une posture en rotation ou en extension qui exige une tension musculaire importante et notamment des muscles du tronc.

Le maintien d'une mauvaise posture exerce en outre des forces importantes sur le squelette. Il peut en résulter une surcharge et des lésions des structures squelettiques. Des pathologies dégénératives et notamment de la colonne lombaire peuvent apparaître si des activités prolongées dans une position où le tronc est incliné sont maintenues plusieurs années.



La posture : éviter les mauvaises postures

Garder une mauvaise posture pendant une durée prolongée est associée à une activation durable de certains muscles qui peut entraîner une fatigue musculaire et une diminution importante de la circulation. Cette perte partielle de la capacité fonctionnelle de la musculature conduit à une baisse de la

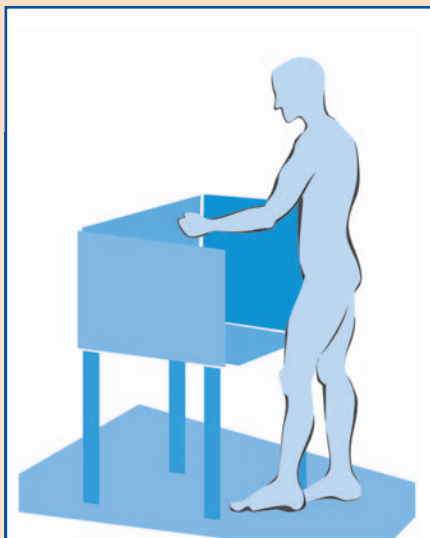
capacité de réaction et peut par conséquent être à l'origine d'une augmentation du risque d'accident.

2.3.3 Eviter les mauvaises postures

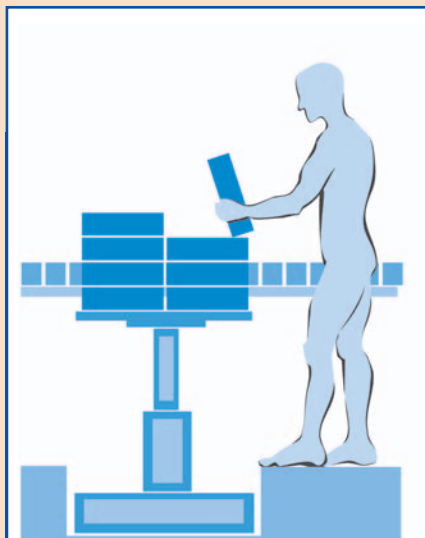
Conseils à l'employer :

- le corps doit être proche de l'objet manipulé ou du point d'application de la force.
- éviter de travailler dans une posture où le tronc est incliné latéralement ou en rotation.
- faire en sorte que le plan du corps soit suffisamment proche du plan de travail pour pouvoir réaliser la tâche à l'intérieur de la zone d'atteinte ; utiliser un échafaudage ou une échelle si cet équipement est adapté.

- changer fréquemment de posture pour activer des muscles différents pendant la réalisation de la tâche ; passer de la position debout à la position assise.



Utiliser du matériel réglable :
plate-forme



ou table

Conseils à l'employeur :

- donner à l'employé du matériel réglable : chaises, tables, échafaudages, etc.
- veiller à ce que les espaces de travail ne soient pas trop restreints pour éviter les contraintes posturales.
- placer les outils dans la zone optimale de préhension.
- quand les contraintes posturales sont inévitables, limiter leur durée et/ou alterner des tâches de nature différente.
- éviter le recours aux tâches nécessitant le travail à genoux, couché, accroupi, etc.

2.4 Facteur de risque : tâches répétitives monotones

2.4.1 Situations comportant des tâches répétitives monotones

Cette situation implique l'exécution de gestes semblables ou identiques pendant une grande partie du temps de travail avec une fréquence élevée (plusieurs fois par minute). Au cours du travail, le travailleur a souvent peu d'influence sur la cadence de travail, sa vitesse, la séquence gestuelle et l'alternance des périodes travaillées et des pauses. En général, le travailleur ne peut pas abandonner son poste de travail sans être remplacé par une autre personne.

On peut citer par exemple :

- les chaînes de montage et d'assemblage ;
- les postes de caissière
- l'alimentation des machines à emballer.



Tâche répétitive monotone:
chaîne d'assemblage

2.4.2 Dangers des tâches répétitives monotones

La charge musculaire répétée pendant une durée prolongée entraîne une fatigue des muscles, laquelle, si une récupération suffisante n'est pas garantie, peut entraîner des modifications irréversibles de la structure musculaire. Si des forces importantes peuvent avoir un tel effet, des forces de faible intensité peuvent aussi être à l'origine de ces pathologies. La répétition d'un même geste s'ajoute souvent à la charge statique, en particulier la charge posturale.

2.4.3 Eviter les tâches répétitives monotones

Conseils à l'employé :

- éviter l'application de charges ininterrompue sur les mêmes groupes musculaires pendant des durées prolongées.
- s'efforcer de modifier le geste de façon à éviter que les mêmes groupes musculaires soient toujours activés. Quand le travail est particulièrement monotone, une modification de l'exécution du geste peut être difficile.

- changer fréquemment de posture pour diminuer la charge statique.
- profiter des pauses.

Conseils à l'employeur :

- changer l'organisation du travail : rotation des tâches, diversification des tâches, enrichissement des tâches, pour diminuer au niveau individuel la répétition des même tâches.
- accorder l'autonomie de décision concernant les pauses.
- mécaniser les tâches monotones comportant une charge importante qui ne peuvent être évitées.

2.5 Facteur de risque : charges s'exerçant pendant une durée prolongée

2.5.1 Situation comportant l'application de charges pendant une durée prolongée

On peut citer par exemple :

- maintenir une posture statique (poser des briques au niveau du sol, travail avec le béton armé ; ramassage des fruits et arrachage des légumes au niveau du sol, travail d'écriture, de dactylographie et utilisation de la souris de l'ordinateur).



Exemple de charge portée de manière prolongée



Exemple de charge exercée pendant une durée prolongée :
arrachage des légumes

- tenir un objet ou un outil (par exemple percer un plafond, peindre avec les bras au-dessus de la tête, tenir les instruments de chirurgie au cours d'une opération, porter pendant longtemps un plateau;

2.5.2 Dangers des charges qui s'exercent de manière soutenue

Les charges qui s'exercent de manière prolongée sur les muscles entraînent une fatigue musculaire. Si la fatigue n'est pas suivie d'une récupération suffisante, elle peut entraîner des altérations irréversibles de la structure musculaire. Même quand l'effort produit est faible (maintien d'une attitude fixe), il peut à la longue entraîner le surmenage et la fatigue de muscles ou de groupes musculaires de petite taille. La contraction soutenue des muscles entraîne en outre une diminution et l'irrigation sanguine.

L'application de charges sur le système ostéo-articulaire pendant des durées prolongées (travail en position inclinée pendant longtemps par exemple) peut entraîner un défaut de nutrition des disques lombaires.

2.5.3 Eviter l'application de charges pendant des durées prolongées

Conseils à l'employé :

- bouger au lieu de maintenir une position statique.
- tenir les objets au moyen d'outil.
- veiller à changer fréquemment de position.
- veiller à ramener fréquemment le corps en position verticale.
- au cours du travail assis, se mettre debout de temps en temps, par exemple pour téléphoner.

Conseils à l'employeur :

- fournir des outils facilitant le travail (griffes à vis de serrage, poignées, etc. qui permettent de tenir l'objet avec moins de force musculaire)
- mettre en place des échafaudages, des échelles ou autres.
- fournir des repose-mains lorsque le poste de travail comporte un ordinateur.
- mettre en place des poignées ou des manches utilisables avec la main droite comme avec la main gauche.
- placer des poignées ou des manches pour que le geste n'entraîne qu'une position neutre du poignet et du bras.

2.6 Facteur de risque : ambiances physiques

2.6.1 Situations impliquant des ambiances physiques

Vibrations :

La vibration du système main-bras observée lorsqu'on tient des outils à la main peut entraîner des troubles dégénératifs ou des problèmes circulatoires de la main (des doigts notamment, doigt mort professionnel par exemple).

Les vibrations transmises à l'ensemble du corps par les véhicules peuvent entraîner des troubles dégénératifs, en particulier de la colonne lombaire.

Ambiance thermique :

La manutention de charges lourdes en ambiance chaude peut entraîner des troubles de tension et une augmentation de la température corporelle. En atmosphère froide, la dextérité peut diminuer.

Ambiance lumineuse :

L'éclairage insuffisant ou éblouissant peut être à l'origine de contraintes posturales. En outre, le risque de chute ou de trébuchement peut être augmenté.



Ambiance physique : éclairage

Glissades et chutes :

Lorsque le sol ou la surface de travail sont inadaptés, irréguliers, instables ou glissants, la posture et les gestes peuvent être crispés ou exiger un effort en particulier lorsque la tâche implique la manutention de charges.

2.6.2 Diminuer les risques dus aux ambiances physiques

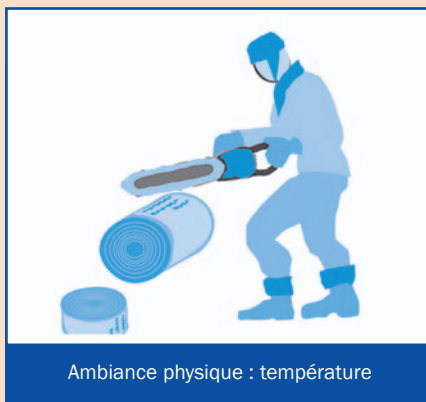
Vibrations :

L'effet des vibrations sur le système main-bras peut être diminué en utilisant des outils qui vibrent peu, en diminuant le temps d'utilisation du matériel vibrant, en portant des gants, en évitant l'influence défavorable simultanée des atmosphères froides.

L'effet des vibrations transmises au corps entier peut être diminué en utilisant des sièges spéciaux qui absorbent les vibrations et en diminuant le temps pendant lequel les vibrations s'exercent sur le corps.

Ambiance thermique :

On peut diminuer l'influence de la température par le port de vêtements appropriés, en alternant régulièrement les séjours en atmosphère chaude et froide, en limitant la durée de séjour dans ces atmosphères.



Ambiance physique : température

Ambiance lumineuse :

L'éclairage doit être suffisant et non éblouissant.

Glissades et chutes :

Veiller si possible à ce que les voies de transport, les surfaces de travail et les sols soient adaptés et ne soient ni irréguliers, ni instables, ni glissants.

Appendice

Règles de base de la prévention

Le risque de troubles de l'appareil musculo-squelettique apparaît quand il y a déséquilibre entre la charge et la capacité fonctionnelle du travailleur. Considérant le maintien et la promotion de la santé, on tiendra compte des points suivants :

- veiller à équilibrer les périodes d'activité physique et de récupération.
- on préférera le mouvement aux positions statiques. Le but est d'obtenir un mélange de périodes d'activité, où les charges sont importantes, et de périodes de relaxation.
- éviter la surcharge. Pour éviter la surcharge efficacement, il faut réduire la force nécessaire et la répétition.
- éviter la manutention manuelle. Dans le cas où elle ne pourrait être totalement évitée, l'exposition sera limitée par la mise en place de mesures ergonomiques et par des modifications de l'organisation du travail ; les employés seront informés et formés pour qu'ils puissent contribuer à diminuer le risque global.
- on évitera que la charge soit trop faible. Pour maintenir la capacité fonctionnelle, une charge appropriée doit s'exercer sur les organes de la locomotion.
- la " charge idéale " varie d'un individu à l'autre en fonction de sa capacité fonctionnelle et de ses ressources individuelles.

Le **but premier** de l'ergonomie est l'adaptation des conditions de travail à la capacité du travailleur. Les capacités élevées des employés ne devront pas servir de prétexte au maintien de mauvaises conditions et ambiances de travail. Par conséquent, il est particulièrement important de tenir compte des facteurs qui interviennent, notamment de l'âge, du sexe, du niveau de formation, des connaissances concernant le poste. Les conditions de travail doivent être telles qu'aucun employé ne court de risque dû aux charges physiques sur son lieu de travail.

Certains éléments fondamentaux influent sur la charge physique s'exerçant sur l'employé à son poste de travail :

- les exigences de la tâche compte tenu des gestes et des postures de l'employé ;
- la conception de l'espace de travail ;
- l'aménagement des appuis ;
- les exigences visuelles ;
- la disposition des commandes et des affichages ;
- la séquence gestuelle exigée par la tâche ;
- l'organisation travail/repos ;
- les charges énergétiques compte tenu de la force, de la répétition et de la durée exigée par la tâche ;
- l'aménagement de la charge mentale en augmentant la maîtrise et l'enrichissement des tâches.

De **manière secondaire** on peut aussi développer la capacité des êtres humains vis-à-vis de la tâche par l'entraînement et la formation professionnelle. La possibilité de développer les capacités d'exécution d'une tâche ne doit pas servir de prétexte au maintien de mauvaises conditions ou ambiances de travail. La sélection des travailleurs en fonction de leur capacité individuelle sera limitée aux situations exceptionnelles.

Pour réussir, la prévention des risques sanitaires associés à l'exercice d'une tâche nécessite une approche progressive et planifiée :

- analyse des conditions de travail ;
- évaluation des facteurs de risque professionnels ;
- étude/mise en place de mesures permettant de diminuer les facteurs de risque par une conception ergonomique du poste de travail (prévention au niveau des conditions de travail) ;
- mise en place de mesures visant à diminuer les facteurs de risque en intervenant dans le comportement des employés (prévention au niveau du comportement) ;
- coordination des mesures de prévention pour tous les sujets concernés ;

- discussion de méthodes de prévention alternatives ;
- application spécifique et planifiée des méthodes de prévention ;
- mesure et évaluation des résultats.

Résumé

Les troubles de l'appareil musculo-squelettique sont une cause importante d'absentéisme et par conséquent à l'origine de dépenses importantes pour les systèmes de santé publique. Les problèmes de santé surviennent en particulier lorsque la charge mécanique est supérieure à la capacité des constituants de l'appareil musculo-squelettique (os, tendons, ligaments, muscles, etc.). S'ajoutant aux tensions d'origine mécanique qui touchent directement les organes locomoteurs, des facteurs psychosociaux comme par exemple le travail sous contrainte de temps et le manque de maîtrise des tâches ou de soutien social peuvent augmenter l'impact des tensions mécaniques ou provoquer des troubles musculo-squelettiques en augmentant la tension des muscles et en diminuant la coordination motrice.

La diminution de la charge mécanique exercée sur l'appareil musculo-squelettique pendant la réalisation d'une tâche joue un rôle important dans la prévention des TMS. Les facteurs de risque principaux sont les forces importantes qui résultent de la manutention d'objets lourds, soulevés, poussés ou tirés de la répétition d'un effort à fréquence élevée du maintien pendant une durée prolongée d'un effort, d'une posture nuisible, d'un effort statique ou du travail avec des outils vibrants ou des engins autoportés. Les mesures efficaces qui permettent de réduire les forces agissant sur les structures musculaires et squelettiques ou au sein de celles-ci consistent à adopter des postures favorables, à diminuer le poids de la charge, à limiter la durée d'exposition et à réduire la fréquence.

Conclusion

La prévention des TMS est possible grâce à la mise en place de moyens de lutte et d'aménagements organisationnels. Le premier aspect touche l'ensemble de l'espace de travail et consiste à appliquer les méthodes de l'ergonomie aux outils, aux postes et au matériel. Le second porte sur les facteurs tels que la formation, l'éducation et les rythmes de travail. Le but premier d'une conception ergonomique du travail est d'adapter les conditions de travail à la capacité du travailleur. Ces mesures sont complétées par des mesures secondaires basées sur le développement de la capacité de l'individu vis-à-vis des exigences de la tâche par l'entraînement et diverses adaptations professionnelles.

Pour en savoir plus

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (1996) [Problèmes et évaluation de la charge physique et troubles musculo-squelettiques]. Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven (Allemagne)

Caffier, G., Steinberg, U., Liebers, F. (1999) Praxisorientiertes Methodeninventar zur Belastungs- und Beanspruchungsbeurteilung im Zusammenhang mit arbeitsbedingten Muskel-Skelett-Erkrankungen. Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven (Allemagne)

Chaffin, D. B., Andersson, G. B. J., Martin, B. J. (1999) Occupational Biomechanics. John Wiley and Sons, New York (3e éd.) (Etats-Unis d'Amérique)
Gordon, St.-L., Blair, S. J., Fine, L. J. (1994) Repetitive Motion Disorders of the Upper Extremity. American Academy of Orthopaedic Surgeons, Rosemont IL (Etats-Unis d'Amérique)

Hagberg, M., Silverstein, B., Wells, R., Smith, M. J., Hendrick, H. W., Carayon, P., Péruse, M. (1995) Work Related Musculoskeletal Disorders (WMSDs). Taylor and Francis, Londres (Royaume-Uni)

Jäger, M. (2001) Belastung und Belastbarkeit der Lendenwirbelsäule im Berufsalltag. VDI-Verlag, Düsseldorf (Allemagne)

Jäger, M., Luttmann, A. (1989) Biomechanical analysis and assessment of lumbar stress during load lifting using a dynamic 19-segment biomechanical human model. Ergonomics 32, 93-112

Kumar, S. (1999) Biomechanics in Ergonomics. Taylor and Francis, Londres (Royaume-Uni)

Marras, W. S., Sommerich, C. M. (1991) A three-dimensional motion model of loads on the lumbar spine. - I. Model structure. Human Factors 33, 123-137

McGill, S. M., Norman, R. W. (1985) Dynamically and statically determined low back moments during lifting. J. Biomechanics 18, 877-885

Mital, A., Nicolsen, A. S., Ayoub, M. M. (1993) A Guide to Manual Materials Handling. Taylor and Francis, Londres (Royaume-Uni)

Mital, A., Kilbom, __, Kumar, S. (2000) Ergonomics Guidelines and Problems Solving. Elsevier Amsterdam (Pays-Bas)

National Research Council (1998) Work-related Musculoskeletal Disorders. National Academy Press, Washington D.C. (Etats-Unis d'Amérique)

NIOSH, National Institute for Occupational Safety and Health (1981) Work Practices Guide for Manual Lifting, No. 81-122. Dept. Health and Human Services, Cincinnati OH (Etats-Unis d'Amérique)

Seidel, H., Blüthner, R., Hinz, B., Schust, M. (1997) Stresses in the Lumbar Spine due to Whole-body Vibration Containing Shocks. Bundesanstalt Für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven (Allemagne)

Sluiter, J. K., Rest, K. M., Frings-Dresen, M. H. W. (2000) Criteria Document for Evaluation of the Work-Relatedness of Upper Extremity Musculoskeletal Disorders. Coronel Institute for Occupational and Environmental Health, Amsterdam (Pays-Bas)

Swedish National Board of Occupational Safety and Health (1998) Ergonomics for the Prevention of Musculoskeletal Disorders. Statute Book AFS 1998:1

Waters Th. R., Putz-Anderson, V., Garg, A. (1994) Application Manual for the Revised NIOSH Lifting Equation. Dept. Health and Human Services, Cincinnati OH (Etats-Unis d'Amérique)



ISBN 92 4 259053 2



9 789242 590531