

Troubles musculosquelettiques du poignet et facteurs de risque professionnels

N. COCK, J. MALCHAIRE, A. PIETTE

Université catholique de Louvain, Unité hygiène et physiologie du travail, Clos Chapelle-aux-Champs 30-38, 1200 Bruxelles, Belgique.

SUMMARY : Wrist disorders and occupational risk factors.

The prevalences of musculoskeletal disorders of the wrist (M.D.W.) were determined on the left and right wrists, at 9 workplaces for a total of 335 workers. In addition, we proceeded to the measurement of the mean relative angles in radio-ulnar deviation as well as in flexion-extension, of the mean force, through the mean relative activity of the finger flexor muscles, of the repetitiveness in movement or in force, and finally of the mean movement velocities in the two planes.

Prevalences and constraint factors were put in relation by multiple linear correlation, taking into account the confounding factors of age, weight, height and seniority. The results show that most of the constraint factors are highly correlated and that the parameter the most associated to the M.D.W. prevalences is the mean relative activity of the finger flexors, that is, the force. A diminution of the grip forces would directly be associated to a decrease in the repetitiveness and in the movement velocities and to a reduction of the prevalences of M.D.W.

RÉSUMÉ

Les prévalences de troubles musculosquelettiques du poignet (T.M.S.) ont été déterminées à gauche et à droite à 9 postes de travail pour un effectif total de 335 travailleurs. D'autre part, on a procédé à des mesurages des angulations moyennes relatives en déviation radio-cubitale et en flexion-extension, des forces moyennes par l'intermédiaire des activités moyennes relatives des muscles fléchisseurs des doigts, de la répétitivité en mouvement ou en force, et enfin des vitesses moyennes de mouvements dans les deux plans.

Prévalences et facteurs de contrainte ont été mis en relation par corrélation linéaire multiple en tenant compte des facteurs confondants tels que l'âge, le poids, la taille et l'ancienneté. Il ressort de ces analyses que l'ensemble des facteurs de contrainte sont très hautement corrélés et que le paramètre le plus associé aux prévalences de T.M.S. est l'activité moyenne relative des muscles fléchisseurs, soit la force.

Une diminution de la force paraît directement associée à une réduction de la répétitivité et des vitesses de mouvement et à une réduction des prévalences de T.M.S.

Les facteurs de risque à l'origine des troubles musculosquelettiques des poignets (T.M.S.) sont à présent bien connus et sont abondamment cités dans la littérature. Il s'agit de la posture, de la répétitivité et de la force (5, 15). Peu d'études cependant démontrent de façon scientifiquement incontestable une liaison de cause à effet entre ces facteurs de risque et les troubles précités (20). Quatre études seulement ont été menées dans ce sens.

Les deux premières ont été réalisées par B.A. Silverstein et coll. (18, 19). Ces auteurs ont classé différents postes de travail en *à haut risque* et *à moindre risque* pour les facteurs de risque professionnels. Deux facteurs seulement ont été étudiés : la force et la répétitivité, et l'importance relative de ces facteurs dépendrait de la nature des T.M.S. considérés.

La répétitivité (O.R. = 5,5) semble être un facteur de risque plus important que la force (O.R. = 2,9) pour le développement du syndrome du canal carpien (S.C.C.), alors que l'inverse serait vrai (répétitivité : O.R. = 2,8 ; force : O.R. = 4,4) lorsque l'ensemble des T.M.S. est considéré. W.S. Marras et R.W. Schoenmarklin ont observé que les angulations du poignet ne sont pas en relation avec le développement de T.M.S. alors que les vitesses et les accélérations des mouvements constituent d'excellents prédicteurs du risque de ces troubles (11, 12).

Une dernière étude, menée en laboratoire par M.L. Lin et coll., a abouti à un modèle liant l'inconfort (sur une échelle de 0 à 10) et les différents facteurs de risque (9). Les expériences ont consisté à déplacer les poignets, dans l'axe de flexion-extension, à deux vitesses différentes, contre deux niveaux de force résistante et jusqu'à deux amplitudes articulaires préétablies. D'après cette étude, tous les facteurs sont fortement corrélés à l'inconfort. Les résultats de telles expériences sont cependant totalement tributaires des valeurs de vitesse, de force et d'amplitude imposées et

Tirés à part : J. Malchaire, à l'adresse ci-dessus.

Mots clés : Troubles musculosquelettiques. Poignets. Facteurs de risque.

donc difficilement extrapolables aux conditions de travail en entreprise.

La hiérarchisation de ces facteurs de risque en situations réelles de travail nécessite leur mise en corrélation avec des prévalences de T.M.S. constatées à des postes de travail de niveaux de contrainte différents, en prenant en considération l'ensemble des facteurs potentiels tels que l'âge, le poids, la taille, l'ancienneté, le sexe... Une telle étude est rapportée dans le présent article.

En ce qui concerne la nature des T.M.S. investigués, la définition de K.H.E. Kroemer a été utilisée : il s'agit de « tout syndrome caractérisé par une gêne, un affaiblissement, une incapacité ou une douleur persistante au niveau des articulations, des muscles, des tendons ou d'autres tissus mous, avec ou sans manifestation physique » (8).

Reste à préciser qu'il s'agit ici des troubles musculosquelettiques des poignets spécifiquement.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

Population

335 personnes ont répondu, lors d'une interview dans le cadre d'une étude épidémiologique, à un questionnaire concernant les troubles musculosquelettiques des membres supérieurs. Seules les questions se rapportant aux caractéristiques personnelles d'âge, de poids, de taille et d'ancienneté ainsi que les antécédents musculosquelettiques des poignets pendant les 12 derniers mois ont été exploités dans le cadre de cette étude. Ces 335 travailleurs (139 femmes et 196 hommes) proviennent de neuf postes de travail caractérisés par des niveaux différents de répétitivité, de force exercée et d'amplitude de mouvement extrême dans les poignets.

Ces personnes ont une moyenne (écart-type) d'âge de 36,5 ans (8,9 ans), une ancienneté dans l'entreprise égale à 11,3 ans (8,7 ans) et un poids et une taille respectivement de 71,4 kg (14,6 kg) et 170 cm (9,3 cm).

A chaque poste de travail, une dizaine de personnes (au total 97 : 45 hommes et 52 femmes) ont participé à l'analyse quantitative des conditions de travail. Ces personnes ne diffèrent pas, statistiquement, quant aux caractéristiques personnelles, et constituent donc un échantillon représentatif de l'ensemble de la population étudiée.

Analyse des conditions de travail

Les travailleurs ont été équipés en premier lieu de goniomètres électroniques (*Penny & Giles, Blackwood Ltd, UK*), qui, reliés à un enregistreur F.M. (*TEAC HR - 30G, TEAC Corp., Japan*), ont permis d'enregistrer en continu les déplacements des poignets en déviation radiale, cubitale, en flexion et en extension. Sur base de mesures d'amplitudes maximales de mouvement, ces déplacements ont été exprimés en valeurs relatives, puis moyennés, pour chaque travailleur et enfin par poste de travail,

et ceci par axe de mouvement, c'est-à-dire en déviation (mDEV) et en flexion-extension (mFE).

D'autre part, des électrodes de surface (*Medicotest N-00-S*) ont été placées sur le tiers proximal des deux avant-bras au niveau des fléchisseurs des doigts et du poignet et reliées à un électromyographe *Muscle Tester ME3000 (Mega Electronics Ltd, Finland)* qui enregistre en continu le signal R.M.S. (*root mean square*) de l'activité musculaire. Trois efforts maximaux de préhension ont été effectués au moyen d'un dynamomètre *Jamar PC 5030G1 (Camp Ltd, UK)* et le signal E.M.G. correspondant a été enregistré. La moyenne des trois signaux a permis de déterminer l'E.M.G. maximal et dès lors d'exprimer en valeur relative les activités musculaires liées aux efforts des mains et des poignets effectués lors du travail, (mEMG).

Un indice de répétitivité (REP) a été calculé à partir des enregistrements angulaires et de force. Cet indice a été défini comme étant le nombre de passages, par unité de temps (par minute), d'une zone neutre à une zone extrême (et vice versa). Les zones extrêmes ont été définies par des seuils d'angles relatifs ou d'E.M.G. relatif au-delà desquels un risque semble apparaître quant au développement de T.M.S. De telles valeurs-seuils ont été préconisées par T.J. Armstrong pour les angles et, en valeur relative, valent 50 % des déviations maximales et 60 % des flexions-extensions maximales (2). Quant à l'activité musculaire, S. Bystrom (4), S. Mathiassen et J. Winkel (13) et A. Kilbom (7) ont préconisé de ne pas dépasser le seuil de 15 % de l'E.M.G. maximal.

L'indice de répétitivité concerne donc à la fois les mouvements des poignets (que ce soit en déviation ou en flexion-extension) et les efforts exercés au niveau des mains et des poignets.

Les vitesses moyennes en déviation radio-cubitale (VDEV) et en flexion-extension (VFE) ont été calculées en prenant la dérivée première des signaux angulaires correspondants. Ces vitesses sont exprimées en degrés par seconde.

Les analyses aux postes de travail ont duré de 45 à 90 minutes afin d'inclure un minimum de 2 à 3 cycles de travail complets.

Analyse statistique

Une base de données a été établie comprenant pour chaque poste de travail, et pour les deux poignets, d'une part les prévalences de T.M.S. et les caractéristiques personnelles moyennes (basées sur la population totale des 335 travailleurs), et, d'autre part, les paramètres professionnels moyens de force, d'angulations, de répétitivité et de vitesses (déduits des 97 analyses de poste).

Une série de régressions linéaires univariées et enfin un modèle de régression linéaire multiple ont été calculés avec comme variable dépendante la prévalence de plaintes et comme variables indépendantes les caractéristiques personnelles et les paramètres professionnels.

RÉSULTATS

Le *Tableau 1* reprend, pour les neuf postes de travail décrits, les prévalences de plaintes pour les poignets gauche et droit. Ces prévalences varient de 0 % (poi-

TABLEAU I. — Prévalences de plaintes au cours des 12 derniers mois au niveau des poignets droit et gauche (en %) par poste de travail

Postes de travail	Sexe	N	Prévalences T.M.S.	
			Droit	Gauche
Travail tertiaire dans le secteur des assurances	H	35	2,9	0,0
	F	34	8,8	6,1
Encodage et traitement de dossiers dans une banque	H	21	28,6	4,8
Encodage dans le secteur bancaire	F	63	20,6	9,5
Couturières de housses de sièges de voiture	F	17	*	5,9
Garnissage et conditionnement en pâtisserie	F	25	16,0	4,0
Pâtisseries	H	37	16,2	8,1
Assemblage de sièges de voiture en sellerie	H	84	39,3	34,5
Bouchers	H	19	42,1	21,1

(*) Données manquantes.

gnet gauche des hommes dans le secteur tertiaire) à 42,1 % (poignet droit chez les bouchers).

Les moyennes et les écarts-types des principaux paramètres de l'analyse des postes de travail sont repris au *Tableau II* pour les poignets droit et gauche. Les écarts-types importants indiquent qu'il existe une grande variabilité entre les postes de travail quant aux facteurs de risque professionnels étudiés.

La matrice de corrélation a été calculée entre les différents facteurs professionnels et montre des coefficients en général élevés. L'E.M.G., la répétitivité et les vitesses sont très hautement corrélés avec des coefficients de corrélation supérieurs à 0,80 (mis à part la corrélation entre l'E.M.G. et la vitesse en déviations : $R = 0,70$). Par contre, les déplacements angulaires, surtout en ce qui concerne les déviations, semblent plutôt indépendants de ces premiers facteurs de risque.

TABLEAU II. — Moyennes et écarts-types (s) des principaux paramètres de l'analyse de poste pour les poignets droit et gauche

Paramètre	Symbole	Moy. droite (s)	Moy. gauche (s)
Angle relatif en déviation radio-cubitale (en %)	mDEV	40,7 (7,2)	44,4 (5,3)
Angle relatif en flexion-extension (en %)	mFE	38,9 (10,1)	33,9 (6,0)
E.M.G. relatif (en %)	mEMG	22,9 (10,6)	18,1 (10,1)
Répétitivité (en #/min)	REP	22,1 (4,9)	20,6 (7,8)
Vitesse en déviation radio-cubitale (en °/s)	VDEV	27,4 (5,7)	31,7 (6,5)
Vitesse en flexion-extension (en °/s)	VFE	45,8 (10,9)	41,6 (11,5)

Les analyses de régression linéaire univariées ont mis en évidence des relations importantes entre les prévalences de plaintes de T.M.S. et certains paramètres professionnels, principalement de force (mEMG : $R = 0,71$; VDEV : $R = 0,41$; mDEV : $R = 0,36$)

L'âge des travailleurs est significativement et négativement associé à l'ensemble des paramètres professionnels ($R > 0,5$), hormis les déplacements angulaires. Il reste à noter un coefficient de corrélation de 0,95 entre la taille et le poids des sujets.

Les résultats de l'analyse de régression linéaire multiple avec les prévalences de plaintes comme variable dépendante sont présentés au *Tableau III*. Le modèle final, dont le coefficient de corrélation est égal à 0,85, a été normalisé pour un sujet pesant 70 kg, mesurant 170 cm et ayant 5 ans d'ancienneté. Dans ce modèle n'interviennent que deux paramètres professionnels qui ont été normalisés sur la base des valeurs seuils citées précédemment, à savoir 50 % en déviation moyenne relative (mDEV) et 15 % en activité musculaire moyenne relative (mEMG).

DISCUSSION

Les prévalences observées sont très variables d'un poste à l'autre (de 0 à 42,1 %) et sont tributaires des conditions de travail. Deux études, concernant d'une part la confection vestimentaire et d'autre part l'assemblage de composants plastiques, rapportent des prévalences également fort différentes (16, 14). Les prévalences s'élèvent respectivement à 16,8 % et 43 % et sont à comparer aux prévalences observées dans le milieu hospitalier (4,3 % (16)) et pour le travail domestique, ou dans les secteurs bancaire et de soins de santé (32,3 % (14)). Une vaste étude épidémiologique, groupant différents postes de travail dans les secteurs alimentaire, automobile, sidérurgique et administratif et concernant un total de 1 496 travailleurs, rapportait une prévalence totale égale à 17,1 % (3). Ce taux est comparable à la prévalence globale de la présente étude (15,8 %) et indique donc que notre échantillon est représentatif de la population active globale.

TABLEAU III. — Coefficients et signification statistique (P) du modèle de régression linéaire multiple pour la prédiction des prévalences de T.M.S. des poignets (données normalisées pour un sujet de 70 kg, 170 cm et ayant 5 ans d'ancienneté)

Paramètre	Coefficient	P
Constante	- 85,48	0,01
Taille - 170 cm	2,90	0,02
Poids - 70 kg	- 2,23	0,03
Ancienneté - 5 ans	2,53	0,01
mDEV/50	58,70	0,02
mEMG/15	27,98	0,00

En ce qui concerne les paramètres d'exposition professionnelle, certaines options prises doivent être discutées.

Deux approches très différentes sont essentiellement utilisées pour définir la répétitivité à partir de la durée du cycle de travail, en secondes.

Une majorité d'auteurs définissent la tâche comme répétitive dès lors que le temps de cycle est inférieur ou égal à 30 secondes (7). Ce critère ne permet pas de discriminer entre nos postes de travail, tous répétitifs selon ce critère. La deuxième approche est de quantifier le nombre de mouvements ou d'efforts effectués par unité de temps. Cette approche a été utilisée par des auteurs tels que M. Aptel et coll. (1), P. Loslever et coll. (10) et A. Ranaivosoa et coll. (17). M. Aptel et coll. ont choisi de dériver le signal angulaire par rapport au temps et de considérer chaque changement de signe de la dérivée comme signalant un mouvement du poignet. Ces mouvements ont été comptés par unité de temps pour représenter la répétitivité. Les autres auteurs précités ont opté pour caractériser la répétitivité par la fréquence des efforts et non plus des mouvements. Ils comptabilisent le nombre de fois que les valeurs d'E.M.G. sont *particulièrement élevées* sans d'ailleurs préciser le seuil utilisé. Ces pics de force correspondraient à des manipulations d'objets et représenteraient l'aspect dynamique de l'effort.

Dans le cadre de la recherche faisant l'objet du présent article, la répétitivité est définie à la fois sur la base des mouvements effectués et des efforts exercés. Les répétitivités sont caractérisées par le nombre de transitions effectuées au-delà de certains seuils (et vice versa) par unité de temps. Ces seuils pour les angles relatifs ont été fixés sur la base des amplitudes maximales rapportées par S. Hoppenfeld et R. Hutton (6) et des limites angulaires absolues proposées par T.J. Armstrong et coll. (2). Ces angles maximaux valent respectivement pour la déviation radiale, cubitale, pour l'extension et la flexion : 20°, 30°, 70° et 80°, alors que les limites préconisées sont égales à 9°, 19°, 45° et 45°. Des limites de 50 et 60 % ont dès lors été adoptées pour les deux axes de mouvement.

Quant à la force, différents auteurs ont étudié le seuil d'E.M.G. au-delà duquel une fatigue musculaire peut se développer. La littérature récente présente un seuil de 10 % de l'E.M.G. maximal en cas d'effort continu et de 14 à 17 % de l'E.M.G. maximal en cas d'effort intermittent (4, 7, 13). Sur ces bases, un seuil de 15 % de l'E.M.G. maximal a été choisi. Nous avons donc défini une répétitivité, combinant à la fois les mouvements et les efforts, par le nombre de passages par minute au-delà de 50 % ou de 60 % des amplitudes maximales de mouvement ou au-delà de 15 % de l'E.M.G. maximal. La répétitivité telle que nous l'avons

définie reste cependant difficile à quantifier et présente comme inconvénient d'être fortement corrélée aux autres facteurs de risque. Il apparaît dès lors souhaitable que les diverses définitions de la répétitivité soient comparées et que de nouvelles pistes soient investiguées.

Les angulations, la répétitivité et la force constituent les trois facteurs de risque les plus communément cités. De nouvelles méthodes d'exploitation ont permis d'en étudier d'autres et, en particulier, les vitesses de mouvements.

W.S. Marras et R.W. Schoenmarklin ont comparé les mouvements des poignets (exprimés en amplitudes, en vitesses et en accélérations) effectués par deux groupes de travailleurs, l'un pour lequel la prévalence de S.C.C. était élevée et l'autre nulle (11, 12). Il ressort de leur étude que l'accélération et la vitesse dans l'axe de flexion-extension permettent le mieux de dissocier entre les deux groupes de risque élevé et nul. Les odds ratios valent respectivement 6,0 et 3,8. Les déplacements présentent des O.R. nettement plus faibles et de l'ordre de 1,4 tant dans l'axe de flexion-extension qu'en déviations.

Nos résultats ne sont pas directement comparables puisque ces auteurs, d'une part n'ont pas pris en considération la force, et d'autre part se sont bornés à calculer des régressions univariées.

L'étude de corrélation entre paramètres caractéristiques des postes de travail montre en fait que les paramètres de force et de déplacements en flexion-extension sont fortement corrélés ($R = 0,55$), alors que force et mouvements en déviations radio-cubitale le sont moins ($R = 0,27$). Ces deux derniers paramètres sont les seuls intervenant dans la régression linéaire multiple de prédiction de la prévalence de T.M.S. du poignet.

L'interprétation de ce modèle requiert de tenir compte des corrélations importantes entre les différentes variables.

L'ancienneté au poste est hautement corrélée à l'âge ($R = 0,86$) et intervient en lieu et place de celui-ci dans le modèle. Elle est également très hautement corrélée à l'activité musculaire moyenne mEMG ($R = -0,85$). Diverses explications ou hypothèses peuvent être formulées concernant cette association. Des travailleurs plus âgés pourraient être capables d'efforts moindres. Ils pourraient également, de par une expérience professionnelle plus grande, être plus économes de leurs efforts pour un travail identique. Enfin, les travailleurs plus âgés ne seraient restés qu'à des postes nécessitant moins d'efforts. Les données recueillies ne permettent pas de valider ces hypothèses.

Une corrélation importante existe également entre le poids moyen et la taille moyenne des différents groupes ($R = 0,95$) ce qui explique le signe négatif du

coefficient du poids intervenant dans le modèle de régression multivarié, ce terme atténuant, en quelque sorte, l'effet positif très important lié à la taille.

Il ressort du modèle final que les paramètres professionnels sur lesquels il faut prioritairement agir sont les efforts et les angles en déviation radio-cubitale. Réduire les efforts sous le seuil des 15 % de l'E.M.G. maximal devrait entraîner une diminution de la répétitivité et des vitesses de mouvement, l'étude ayant montré que ces paramètres professionnels sont fortement corrélés entre eux. Une conception plus adaptée de certains outils de travail devrait permettre de réduire les déplacements en déviation des poignets.

D'après le modèle, la prévalence de T.M.S. se rapproche de zéro, pour un sujet moyen tel que décrit précédemment, lorsque les paramètres d'angulation et d'efforts ne dépassent pas les seuils préconisés. Dès lors, il semble que l'étude valide les seuils de 50 % et 15 % comme valeurs limites, respectivement pour les déplacements effectués en déviation radio-cubitale et pour la force exercée en moyenne (exprimée en pourcentage de l'E.M.G. maximal).

Cette étude a été réalisée dans le cadre d'un programme d'impulsion « Risques pour la santé » organisé par les Services fédéraux des affaires scientifiques, techniques et culturelles du Premier ministre de l'Etat belge. Les auteurs remercient les médecins du travail et surtout l'ensemble des travailleurs ayant participé à cette étude.

RÉFÉRENCES

- [1] Aptel M., Limousin I., Didry G. : Troubles musculosquelettiques du membre supérieur dans une entreprise métallurgique. *Les Notes scientifiques et techniques de l'I.N.R.S.*, 1994, n° 112, p. 61.
- [2] Armstrong T.J. : Upper-extremity posture : definition, measurement and control. In : Corlett N., Wilson J., Manenica I., editors. *The ergonomics of working postures*. Taylor and Francis, London, 1986, 59-73.
- [3] Brusco F., Malchaire J. : Problèmes musculosquelettiques des membres supérieurs. Facteurs professionnels et extraprofessionnels. *Cahiers de Médecine du Travail*, 1993, XXX, 181-185.
- [4] Byström S. : Physiological response and acceptability of isometric intermittent handgrip contractions. *Arbete och Hälsa*, 1991, 38, 1-82.
- [5] Hagberg M., Morgenstern J., Kelsh M. : Impact of occupations and job tasks on the prevalence of carpal tunnel syndrome. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 1992, 18, 337-345.
- [6] Hoppenfeld S., Hutton R. : Examen clinique des membres et du rachis. Masson, Paris, 1984, pp. 302.
- [7] Kilbom A. : Repetitive work of the upper extremity. Part II — The scientific basis (knowledge base) for the guide. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 1994, 14, 59-86.
- [8] Kroemer K.H.E. : Cumulative trauma disorders : their recognition and ergonomics measures to avoid them. *Applied Ergonomics*, 1989, 20, 274-280.
- [9] Lin M.L., Radwin R.G., Snook S.H. : Development of a relative discomfort profile for repetitive wrist motions and exertions. In : Ergonomics in occupational health and safety : proceedings of the 12th Congress of the International Ergonomics Association, vol. 2, Human Factors Association of Canada, Toronto, August 1994, 219-221.
- [10] Loslever P., Ranaivosoa A., Lepoutre F. : Analyse des mouvements du poignet et des forces musculaires de préhension au poste de travail. I. Méthodologie. *Le Travail Humain*, 1992, 55, 277-290.
- [11] Marras W.S., Schoenmarklin R.W. : Wrist motions and C.T.D. risk in industrial and service environments. In : Quéinnec Y., Daniellou F., editors. *Designing for everyone : proceedings of the 11th Congress of the International Ergonomics Association*, vol. 1, Taylor and Francis, London, 1991, 36-38.
- [12] Marras W.S., Schoenmarklin R.W. : Wrist motions in industry. *Ergonomics*, 1993, 36, 341-351.
- [13] Mathiassen S., Winkel J. : Quantifying variation in physical load using exposure-vs-time data. *Ergonomics*, 1991, 34, 1455-1468.
- [14] Ohlsson K., Attewell R., Skerfving S. : Self-reported symptoms in the neck and upper limbs of female assembly workers. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 1989, 15, 75-80.
- [15] Pujol M. : Pathologie professionnelle d'hypersollicitation. Atteinte périarticulaire du membre supérieur. Masson, Paris, 1993, p. 168.
- [16] Punnett L., Robins J., Wegman D., Keyserling M. : Soft tissue disorders in the upper limb of female garment workers. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 1985, 11, 417-425.
- [17] Ranaivosoa A., Loslever L., Cnockaert J.C. : Analyse des mouvements du poignet et des forces musculaires de préhension au poste de travail. II. Application à des postes générateurs du syndrome du canal carpien. *Le Travail Humain*, 1992, 55, 291-306.
- [18] Silverstein B.A., Fine L.J., Armstrong T.J. : Hand wrist cumulative trauma disorders in industry. *British Journal of Industrial Medicine*, 1986, 43, 779-784.
- [19] Silverstein B.A., Fine L.J., Armstrong T.J. : Occupational factors and carpal tunnel syndrome. *American Journal of Industrial Medicine*, 1987, 11, 343-358.
- [20] Stock S.R. : Workplace ergonomic factors and the development of musculoskeletal disorders of the neck and upper limbs : a meta-analysis. *American Journal of Industrial Medicine*, 1991, 19, 87-107.