

Mise au point de batteries de tests pour évaluer les capacités fonctionnelles du membre supérieur d'une population de salariés

Trois batteries de tests ont été constituées pour évaluer les capacités fonctionnelles du membre supérieur chez des salariés. Les tests, sélectionnés dans les batteries existantes, ont été expérimentés en laboratoire afin de mesurer leur temps d'exécution et d'éliminer ceux qui donnent des informations redondantes. Une batterie de tests a ensuite été testée en entreprise.

Ces batteries peuvent être utilisées par les médecins du travail dans le cadre du suivi médical des salariés et pour détecter des baisses précoces de capacités fonctionnelles du membre supérieur, lesquelles peuvent être considérées comme des indices précoces de troubles musculo-squelettiques.

Les batteries de tests de capacités fonctionnelles du membre supérieur sont destinées aux médecins du travail pour leur permettre d'évaluer les capacités fonctionnelles des salariés en entreprise, dans le cadre du suivi médical des salariés. Un lien existerait en effet entre capacités fonctionnelles du membre supérieur et état général de santé des salariés [1, 2]. En effet, ces capacités sont susceptibles d'évoluer en fonction de l'âge, de l'état physiologique... Il est donc intéressant de les mesurer à intervalles réguliers.

Ces batteries permettraient donc de détecter précocement d'éventuelles baisses des capacités du membre supérieur et ainsi de prévenir l'apparition de pathologies [1, 3, 4, 5]. Enfin, les résultats de ces évaluations pourraient être utilisés pour adapter les postes de travail des salariés à leurs capacités.

Dans la littérature, il existe des batteries de tests fonctionnels [6 à 9], mais elles ne correspondent pas aux besoins des médecins du travail dans une démarche spécifique d'évaluation des capacités fonctionnelles du membre supérieur et de suivi médical des salariés dont le travail monopolise principalement le membre supérieur. En effet, ces batteries ne sont pas spécifiques des capacités fonctionnelles du membre

supérieur, elles évaluent plutôt la forme physique globale des personnes. De plus, elles requièrent du temps et du matériel, or les médecins du travail en sont souvent démunis.

Trois batteries spécifiques du membre supérieur de tailles différentes et composées de tests variés issus de la littérature ont donc été constituées, pour fournir au médecin du travail une batterie adaptée à ses objectifs et à ses contraintes.

Cette étude ne vise pas à créer des tests, ni à vérifier si les tests existants sont bien spécifiques de l'évaluation des capacités fonctionnelles du membre supérieur (des études précédentes l'ont déjà fait), mais de les utiliser afin de créer des batteries spécifiques.

Pour cela, des tests ont été sélectionnés en fonction de leur spécificité (membre supérieur), de leur fréquence d'utilisation dans les batteries déjà existantes, de leur facilité d'exécution par le salarié, du matériel éventuellement nécessaire et du temps d'exécution.

Les tests ainsi choisis ont été expérimentés en laboratoire afin de mesurer leur temps d'exécution et d'éliminer ceux qui fournissent des informations redondantes. Une batterie de tests a été retenue pour être testée en entreprise.

E. TURPIN-LEGENDRÉ,
J.P. MEYER

Département Homme au travail, INRS, Centre de Lorraine

INRS

Documents pour le médecin du travail
N° 81
1^{er} trimestre 2000

1. Matériel et méthode

1.1. MÉTHODE

■ Trente-sept sujets droitiers volontaires (17 femmes et 20 hommes), étudiants de la faculté des sports, ont participé à l'expérimentation. Ces sujets étaient en bonne santé et ne présentaient aucune pathologie du membre supérieur. Ils étaient préalablement informés du but et du contenu de l'étude (1).

(1) Cette étude a été réalisée conformément aux directives de la loi sur «l'expérimentation humaine».

L'exécution des tests était répartie sur 4 demi-journées, séparées les unes des autres par 2 jours de repos au moins. Un temps de repos minimum de 1 heure était imposé entre l'exécution des différents tests de force et d'endurance pour éviter la fatigue musculaire.

L'un des principaux critères de mise en œuvre d'un test en entreprise étant son temps d'exécution, chaque test était chronométré individuellement. Cette mesure comprenait l'installation du sujet, les explications relatives au test, l'exécution du test, les éventuels temps de repos, la « désinstallation » du sujet et d'éventuels compléments d'information.

■ Afin de tester la faisabilité en situation de travail des tests, le temps d'expérimentation nécessaire à la réalisation de la batterie n° 1 a été expérimenté sur vingt-huit salariés masculins, volontaires et en bonne santé, d'une entreprise de papeterie.

1.2. SÉLECTION ET DESCRIPTION DES TESTS

Les tests sélectionnés sont spécifiques de la quantification des capacités fonctionnelles du membre supérieur et répondent aux critères de choix précédemment cités. Ils proviennent de batteries de tests de la littérature qui servent à évaluer la forme physique d'une personne ou d'une population [5 à 8] ou à mettre en évidence une pathologie [4, 10, 11].

1.2.1. Données anthropométriques

Les données anthropométriques générales, telles que la taille et le poids des sujets ont été mesurées pour calculer l'indice de masse corporelle

$$\text{IMC} = \text{poids du sujet} / \text{taille au carré}$$

Les caractéristiques anthropométriques ont été mesurées sur le membre supérieur droit (côté dominant) à l'aide d'une trousse anthropométrique. Les circonférences de l'avant-bras (Cir.A) et du bras (Cir.B)

ont été mesurées de même que l'épaisseur antéro-postérieure du deltoïde (E.D).

Le pourcentage de masse grasseuse du sujet a été estimé à l'aide de l'IMC, de l'âge (années) et du sexe (femme = 0, homme = 1) selon l'équation de Deurenberg et coll. [12] pour les adultes :

$$\% \text{ masse grasseuse} = 1,2 \text{ IMC} + 0,23 \text{ âge} - 10,8 \text{ sexe} - 5,4$$

1.2.2. Tests d'amplitude maximale de mouvement

Les amplitudes maximales de mouvement (A) suivantes ont été mesurées sur le membre supérieur droit : flexion (AP.f) et extension (AP.e) du poignet, abduction (AP.ab) et adduction (AP.ad) du poignet, pronation (AM.p) et supination (AM.s) de la main, flexion (AE.f), hyper-extension (AE.e) et abduction (AE.ab) de l'épaule, [4, 10]. Les angles ont été relevés à l'aide d'un goniomètre mécanique.

Les «rotations» internes et externes maximales de l'épaule ont également été mesurées. Pour le test de rotation interne de l'épaule, dénommé «Pouce-C7», le sujet positionnait le dos de sa main droite le plus haut possible dans le dos, pouce levé. La distance entre l'apophyse épineuse de la septième vertèbre cervicale (C7) et l'extrémité du pouce était relevée à l'aide d'une règle graduée [4]. Le sujet répétait 2 fois le geste, la distance la plus faible était retenue.

Pour le test de rotation externe de l'épaule, appelé «Mains-Barre» (fig. 1), le sujet tenait, bras tendus, une barre horizontale au-dessus de sa tête. A l'aide d'une règle graduée, l'expérimentateur relevait la distance minimale (d) entre la prise des 2 mains qui permet au sujet de passer la barre derrière la tête sans plier les bras.

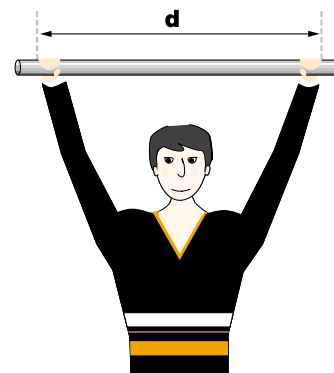


Fig. 1. Position de la tête et des bras lors du test « Mains-Barre »

1.2.3. Tests de force maximale

Les sept forces maximales volontaires isométriques (FMVi) suivantes ont été mesurées, afin de solliciter tous les segments du membre supérieur :

- pince digitale (Pince),
- préhension palmaire (Palm),
- flexion de l'avant-bras (FA.f),
- extension de l'avant-bras (FA.e),
- abduction de l'épaule (FE.ab),
- flexion de l'épaule (FE.f),
- extension de l'épaule (FE.e).

Ces FMVi ont été mesurées à l'aide d'un capteur de force. Les données ont été enregistrées directement sur PC. Trois essais de FMVi séparés par 2 min de repos ont été réalisés pour chaque force. Seule la valeur maximale des 3 essais a été retenue.

La position des sujets était standardisée pour chaque test :

- lors de la mesure des forces Pince et Palm, le sujet était assis, le bras le long du corps, l'avant-bras à 90° et la main en prono-supination ;
- pour la mesure de la force Pince, le sujet maintenait le capteur de force à l'horizontale en position latérale, entre l'index et le pouce ;
- lors de la mesure des forces de l'avant-bras et de l'épaule, le sujet était assis, la main en prono-supination, le tronc maintenu contre le dossier du siège à l'aide d'une ceinture pour stabiliser la posture tout au long des tests ;
- lors de la mesure des efforts de l'avant-bras, le bras du sujet était vertical et l'avant-bras horizontal ;
- pour des efforts de flexion et d'extension de l'épaule, le bras du sujet était à l'horizontale dans le plan sagittal ;
- l'effort d'abduction de l'épaule était réalisé dans un plan frontal, le bras tendu en abduction à l'horizontale.

1.2.4. Tests d'endurance

Ces tests étaient de 2 types : statique et dynamique.

Le premier, statique, consistait à maintenir un niveau de force prédéterminé [7] et le second, dynamique, comportait 2 tests : l'un (Dyn) était un exercice des bras et des épaules (fig. 2) [13] et l'autre un exercice bref de préhension palmaire qui a été testé uniquement en entreprise [14]. Des essais préliminaires ont permis de déterminer le pourcentage de force que le sujet pouvait maintenir dans les différentes positions afin que la fatigue s'installe progressivement sans que la durée du test dépasse une demi-heure.

Pour que le poids des capteurs de force n'influence pas la durée de maintien du test, ceux-ci étaient maintenus mécaniquement.

L'endurance statique a été étudiée dans les 7 conditions de FMVi. Le sujet devait maintenir le plus longtemps possible 20 % de sa FMVi lors des tests de flexion et d'abduction et 30 % de sa FMVi dans les 4 autres tests. Le niveau de force à maintenir s'affichait sur un oscilloscope placé devant le sujet.

Lors du test d'endurance dynamique (Dyn) mobilisant les bras et les épaules, le sujet était assis, les bras à l'horizontale dans le plan frontal, les avant-bras fléchis à 90°. Les mains au-dessus de la tête maintenaient une barre horizontale reliée à des masses (20 kg pour les femmes et 30 kg pour les hommes) par un système de poulies. Le sujet tirait la barre vers le bas 52 fois par minute jusqu'à ce que les consignes ne soient plus respectées.

L'endurance dynamique de préhension palmaire n'a été testée qu'en entreprise. Le salarié réalisait, avec la main dominante, un effort de préhension palmaire maximal toutes les secondes pendant 20 secondes. Le salarié était debout, le bras vertical et l'avant-bras à l'horizontale. Les 20 valeurs de forces maximales étaient relevées. Le résultat de ce test est la différence (exprimée en pour cent de la valeur moyenne des 3 valeurs initiales) entre la valeur moyenne des 3 premières forces et celle des 3 dernières.

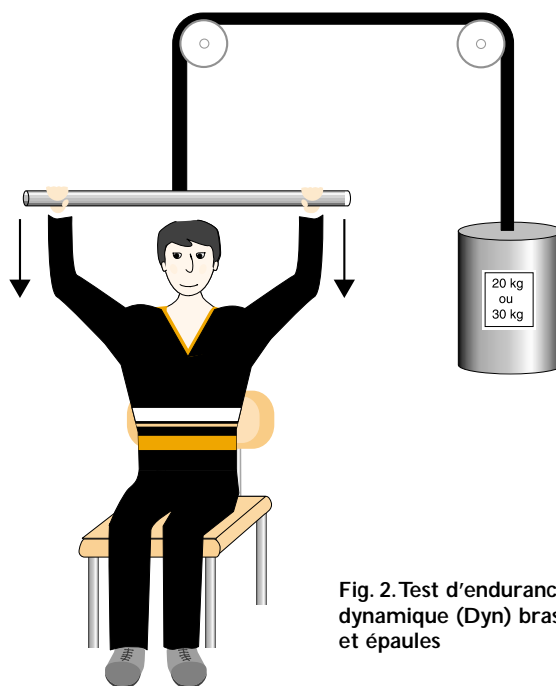


Fig. 2. Test d'endurance dynamique (Dyn) bras et épaules

1.2.5. Test de coordination motrice

Le « Plate Tapping » est un test de coordination motrice du membre supérieur de la batterie de tests Eurofit [6]. Le sujet touchait alternativement et le plus rapidement possible, avec la main dominante, deux plaques circulaires posées devant lui sur une table et séparées l'une de l'autre de 60 cm. L'autre main était posée sur une plaque rectangulaire (10 x 20 cm) placée au centre des deux plaques circulaires. Le test était réalisé à 2 reprises ; le temps le plus court mis par le sujet pour taper 25 fois sur la même plaque était retenu. Un repos de 2 minutes était accordé entre chaque essai.

1.2.6. Estimation de la $\dot{V}O_2\max$

Dans ce test, le sujet « pédalait » avec les bras sur une bicyclette ergométrique modifiée pour cet exercice, à 4 puissances successives :

- de 15, 30, 45 et 60 watts pour les femmes,
- de 15, 30, 50 et 75 watts pour les hommes.

La vitesse de pédalage était de 60 tours par minute et chaque palier de puissance était maintenu pendant 3 minutes. Les concentrations d' O_2 et de CO_2 dans l'air expiré et le débit ventilatoire étaient mesurées. L'électrocardiogramme était enregistré en continu au cours de l'exercice par télémétrie et l'ECG était contrôlé visuellement tout au long de l'exercice. Le test était arrêté :

- si le sujet le désirait,
- s'il ne pouvait plus maintenir la vitesse de pédalage, ou
- si sa fréquence cardiaque dépassait 170 battements par minute (valeur limite pour un exercice sous-maximal pour des sujets sains dont l'âge est compris entre 20 et 30 ans [15]).

La $\dot{V}O_2\max$ a été estimée à partir des valeurs de $\dot{V}O_2$ et de fréquence cardiaque obtenues à chaque palier de puissance selon la méthode décrite par Astrand et Rodahl [16].

1.3. TRAITEMENT DES DONNÉES

Les valeurs moyennes des résultats des tests ont été calculées séparément pour les femmes et les hommes. Elles ont été comparées au moyen d'un test « t » de Student. Les différences ont été considérées comme significatives au seuil de 0,05. Les coefficients de corrélation de Pearson ont été calculés entre les valeurs moyennes des différents tests afin d'éliminer les tests redondants et de bâtir une batterie dont la durée serait la plus courte. Dans les cas où la différence a été signi-

ficative entre les valeurs des femmes et des hommes et après le calcul des coefficients de corrélation, les tests retenus ont ainsi permis de constituer une batterie pour les femmes et une pour les hommes.

L'estimation de la $\dot{V}O_2\max$ à partir des valeurs des autres tests a été analysée au moyen d'une régression multiple.

2. Résultats

2.1. TEMPS D'EXÉCUTION EN LABORATOIRE ET EN ENTREPRISE

Le *tableau I* présente les valeurs moyennes et les écarts-types des temps d'exécution des tests en laboratoire.

Le temps d'expérimentation moyen de la batterie n° 1 en entreprise est de 25 minutes environ. Ce temps correspond à ce qui avait été prévu lors de l'expérimentation en laboratoire.

2.2. MESURES ET TESTS

2.2.1. Mesures anthropométriques

Les caractéristiques des sujets sont présentées dans le *tableau II*.

Les valeurs d'indice de masse corporelle sont dans la zone dite « normale » pour la classification de l'OMS [17].

Les capacités physiques des femmes sont « bonnes » et celles des hommes « excellentes » selon les courbes de référence de Shvartz et Reibold [18] et sachant que la $\dot{V}O_2\max$ au cours d'un exercice des bras est d'environ 70 % de celle d'un exercice des jambes [19].

Le pourcentage de masse grasse pour les hommes est inférieur à la limite maximale qui permet d'éviter les risques de morbidité alors que pour les femmes, ce pourcentage lui est supérieur [20].

Les circonférences de l'avant-bras et du bras sont corrélées entre elles

- pour les femmes ($r = 0,90$, $p < 0,001$),
- pour les hommes ($r = 0,69$, $p < 0,001$),

mais ne sont pas corrélées avec l'épaisseur antéro-postérieure du deltoïde.

La mesure de l'épaisseur antéro-postérieure du deltoïde n'est pas un indice couramment utilisé, il demande du temps et du matériel. *Les données de santé générale (âge, poids, taille) ainsi que la mesure de la circonférence de l'avant-bras ont donc seules été retenues pour constituer la batterie expérimentée en entreprise.*

2.2.2. Tests d'amplitude maximale de mouvement

Les valeurs moyennes et les écarts-types des amplitudes de mouvements des 37 sujets sont présentés dans le *tableau III*.

Pour les femmes et les hommes, les mesures de mobilité de la main ne sont pas corrélées entre elles, de même que les mesures de mobilité de l'épaule. La flexion du poignet est corrélée à l'extension du poignet pour les femmes ($r = 0,51$, $p < 0,05$) et pour les hommes ($r = 0,61$, $p < 0,01$). L'adduction du poignet n'est corrélée à la flexion ($r = 0,55$, $p < 0,05$) et à l'extension du poignet ($r = 0,66$, $p < 0,01$) que pour les hommes.

Ces mesures nécessitent d'utiliser un goniomètre, l'utilisateur doit être expérimenté et le test « Mains-Barre » peut être douloureux pour le sujet.

Pour ces raisons, seule la mesure de mobilité interne de l'épaule à l'aide du test « Pouce-C7 » a été retenue pour constituer la batterie expérimentée en entreprise.

Valeurs moyennes et (écarts-types) des temps d'exécution de tous les tests

TABLEAU I

Tests	Temps d'exécution (écarts-types) (en seconde)
ANTHROPOMÉTRIE	
générale, circonférence de l'avant-bras	
circonférence du bras	114 (36)
épaisseur antéro-postérieure du deltoïde	
AMPLITUDE	
amplitudes épaule, main, poignet	346 (51)
distance pouce-C7	Femmes 46 (10) Hommes 69 (28)
Mains-Barre	74 (24)
FORCE	
pince digitale	355 (58)
préhension palmaire	360 (81)
flexion de l'avant-bras	515 (117)
extension de l'avant-bras	564 (112)
abduction de l'épaule	616 (112)
flexion de l'épaule	631 (146)
extension de l'épaule	607 (143)
ENDURANCE	
pince digitale	533 (131)
préhension palmaire	530 (91)
flexion de l'avant-bras	935 (244)
extension de l'épaule	884 (266)
abduction de l'épaule	694 (175)
flexion de l'épaule	638 (116)
extension de l'épaule	Femmes 1380 (645) Hommes 959 (322)
test dynamique (mobilisant bras et épaules)	1268 (540)
COORDINATION MOTRICE	
Plate Tapping	268 (76)
CARDIO-RESPIRATOIRE	
Estimation de la $\dot{V}O_2$ max	Femmes 1095 (184) Hommes 1279 (272)

TABLEAU II

Valeurs moyennes et écarts-types des caractéristiques des sujets

Grandeurs	Moyennes (écarts-types)	
	Femmes (n = 17)	Hommes (n = 20)
Age (années)	20,2 (1,7)	21,1 (2,1)
Taille (m)	1,66 (0,06)	1,77 (0,07) (*)
Poids (kg)	61,0 (7,6)	70,0 (7,5) (*)
IMC ($kg \cdot m^{-2}$)	22,1 (3,1)	22,5 (2,4)
% masse graisseuse	25,8 (3,9)	16,0 (3,0) (*)
$\dot{V}O_2$ max ($l \cdot min^{-1}$)	2,01 (0,33)	3,24 (0,50) (*)
Cir.A (cm)	24,6 (1,2)	27,2 (1,3) (*)
Cir.B (cm)	26,1 (2,3)	28,0 (1,9) (*)
E.D (cm)	9,9 (0,8)	11,5 (1,1) (*)

(*) Différence significative entre les valeurs moyennes des femmes et des hommes.

TABLEAU III

Valeurs moyennes et écarts-types des amplitudes de mouvement

Tests	Amplitudes (écarts-types)	
	Femmes	Hommes
abduction de l'épaule (°)	191,1 (9,5)	190,7 (14,3)
flexion de l'épaule (°)	198,5 (8,1)	198,7 (9,8)
extension de l'épaule (°)	80,8 (15,3)	76,2 (11,6)
pronation de la main (°)	72,3 (10,7)	75,5 (9,6)
supination de la main (°)	129,3 (10,7)	128,5 (17,1)
abduction du poignet (°)	31,6 (4,9)	27,8 (6,0) *
adduction du poignet (°)	27,9 (5,6)	29,1 (8,6)
flexion du poignet (°)	78,9 (9,0)	75,0 (8,0)
extension du poignet (°)	77,9 (8,6)	72,6 (11,5)
distance pouce-C7 (cm)	11,1 (4,3)	12,9 (6,0)
Mains-Barre (cm)	71,2 (12,6)	85,8 (13,7) *

INRS

Documents pour le médecin du travail
N° 81
1^{er} trimestre 2000

2.2.3. Tests de force

Le *tableau IV* présente les valeurs moyennes et les écarts-types des 7 FMVi.

Pour les femmes, les forces Pince et Palm ne sont pas ou peu corrélées aux autres forces. Les forces FE.f et FE.e sont corrélées aux autres forces mais les coefficients de corrélation de la force FE.f sont supérieurs à ceux de FE.e. Pour les hommes, la force Pince est corrélée à la force FE.ab de même que la force Palm est fortement corrélée à la force FA.e. La force FE.f est peu corrélée aux autres forces alors que la force FE.e l'est de nombreuses fois.

Les forces retenues pour constituer la batterie expérimentée en entreprise ont donc été :

- Pince, Palm et FE.f, pour les femmes,
- et
- Pince, Palm, FE.f et FE.e, pour les hommes.

2.2.4. Tests d'endurance

Le *tableau V* présente la durée de maintien des efforts lors des sept tests statiques d'endurance et du test dynamique mobilisant bras et épaules. Ces durées sont peu corrélées entre elles :

- pour les femmes, la durée de maintien du test EE.e est corrélée à la durée de maintien des tests Pince ($r = 0,62, p < 0,01$) et Palm ($r = 0,66, p < 0,01$);
- pour les hommes, la durée de maintien du test EE.e est corrélée à la durée de maintien du test EA.e ($r = 0,45, p < 0,05$).

Les durées des tests d'endurance étant trop longues, ils n'ont pas été retenus pour constituer la batterie expérimentée en entreprise. Seul le test d'endurance dynamique de préhension palmaire a été retenu pour cette batterie.

2.2.5. Test de coordination motrice

Les valeurs moyennes et les écarts-types de durée d'exécution du test « Plate Tapping » pour les femmes et les hommes sont respectivement de $10,8 \pm 1,7$ s et de $9,7 \pm 1,0$ s.

Les sujets ont des capacités physiques au-dessus de la moyenne selon les critères de condition physique de Zinzen et coll. [21].

Le test de coordination motrice a été retenu pour constituer la batterie expérimentée en entreprise.

2.2.6. Estimation de la $\dot{V}O_2\max$

Bien que la $\dot{V}O_2\max$ ne soit pas corrélée aux résultats des autres tests de capacités fonctionnelles, le test d'estimation de la $\dot{V}O_2\max$ n'a pas été retenu pour constituer la batterie expérimentée en entreprise car il nécessite du temps et du matériel.

TABLEAU IV

Valeurs moyennes et écarts-types des sept forces maximales volontaires isométriques (FMVi)

Tests	Forces (N)	
	Femmes	Hommes
pince digitale	102,0 (23,5)	116,0 (31,7)
préhension palmaire	291,4 (61,5)	479,4 (62,4) *
flexion de l'avant bras	181,9 (46,5)	297,5 (36,3) *
extension de l'avant bras	169,9 (26,9)	234,3 (29,7) *
abduction de l'épaule	86,6 (13,8)	129,8 (18,0) *
flexion de l'épaule	84,6 (16,3)	126,7 (15,1) *
extension de l'épaule	131,1 (18,6)	199,8 (25,8) *

(*) Différence significative entre les valeurs moyennes des femmes et des hommes.

TABLEAU V

Durée de maintien et écarts-types des tests d'endurance

Tests	Durée (s)	
	Femmes	Hommes
pince digitale	225 (65)	201 (49)
préhension palmaire	215 (60)	203 (37)
flexion de l'avant bras	492 (240)	493 (161)
extension de l'avant-bras	373 (136)	370 (187)
abduction de l'épaule	188 (47)	206 (62)
flexion de l'épaule	208 (54)	187 (42)
extension de l'épaule	886 (610)	461 (289) *
test dynamique mobilisant bras et épaules	796 (519)	906 (589)

(*) Différence significative entre les valeurs moyennes des femmes et des hommes.

2.3. BATTERIES DE TESTS

Suite à l'expérimentation en laboratoire et en entreprise, 3 batteries de tests de durées croissantes ont été constituées. Ainsi, en fonction de la disponibilité des salariés, de l'expérimentateur et du matériel, le médecin du travail peut choisir de faire exécuter l'une ou l'autre des batteries.

La batterie n° 1, testée en entreprise, dure environ 25 minutes. Elle comprend des données anthropométriques (âge, poids, taille, Cir.A), des tests d'amplitude maximale de mouvement (« Pouce-C7 »), de force (Pince, palm, FE.f pour les femmes et Pince, Palm, FE.f, FE.e pour les hommes), d'endurance dyna-

mique (préhension palmaire) et de coordination motrice (« Plate Tapping »).

La batterie n° 2 dure environ 38 minutes. Elle permet de compléter l'information et la connaissance sur les capacités fonctionnelles du membre supérieur des salariés. Ainsi, en fonction de la disponibilité des salariés et du matériel, le médecin du travail peut mesurer l'E.D et réaliser les tests d'amplitudes du mouvement des épaules, des mains et des poignets.

La batterie n° 3 dure 1 heure environ. Elle complète la deuxième batterie en rajoutant le test d'estimation de la $\dot{V}O_2\text{max}$ qui permet d'approfondir l'évaluation de l'état de santé du salarié.

En définitive, les 3 batteries sont identiques pour les hommes et les femmes, sauf pour le test FE.e (force d'extension de l'épaule) qui n'est réalisé que pour les hommes.

3. Discussion

La discussion porte sur les raisons du choix des tests pour l'expérimentation en laboratoire et en entreprise. Selon Skinner et Oja [22], les tests dans une batterie pour évaluer la forme physique des personnes doivent être sélectionnés selon les critères cités en introduction et ils doivent permettre de mesurer les facteurs structuraux (poids, taille, pourcentage de masse grasseuse...), les facteurs fonctionnels ($\dot{V}O_2\text{max}$, force et endurance musculaire, mobilité...) et la coordination motrice. Les tests sélectionnés pour cette étude répondent à ces exigences et ils sont, entre autre, largement présents dans la plupart des batteries de la littérature, que ce soit par exemple pour les tests d'amplitude maximale de mouvement [4, 6, 7, 9, 10, 11, 23] ou les tests de force [3, 5, 6, 7, 9, 11, 24].

3.1. DONNÉES ANTHROPOMÉTRIQUES

La taille, le poids et le pourcentage de masse grasseuse sont des données anthropométriques générales, non spécifiques du membre supérieur, mais ils sont des indicateurs nutritionnels et de santé d'une personne ou d'une population [9, 17]. De plus, l'altération de ces indicateurs peut être un indice de baisse des capacités fonctionnelles du salarié. Ils peuvent aussi être des facteurs prédisposant à une pathologie. En effet, Nathan et Keniston [25] montrent que plus l'IMC est élevé plus le risque de syndrome du canal carpien est impor-

tant. Il est donc justifié de prendre en compte les données anthropométriques générales pour l'évaluation de la santé globale et des capacités fonctionnelles du membre supérieur.

Du fait qu'il existe une corrélation entre les circonférences du bras et de l'avant-bras, seule cette dernière mesure a été incluse dans la batterie expérimentée en entreprise. En effet, dans ce cas, le salarié n'est pas obligé de se dévêtir, ceci constitue un gain de temps pour l'examen. L'épaisseur antéro-postérieure du deltoïde est un indice intéressant à prendre en considération dans l'évaluation des capacités fonctionnelles de l'épaule. Cependant, cet indice n'est pas couramment utilisé, il nécessite du temps, car le sujet doit se dévêtir, et l'utilisation d'une trousse anthropométrique. Ces raisons expliquent l'abandon de cet indice pour constituer la batterie courte (n° 1) expérimentée en entreprise. En revanche, si l'expérimentateur dispose de temps et de matériel, ce test peut être réalisé (batteries nos 2 et 3).

3.2. TESTS D'AMPLITUDE MAXIMALE DE MOUVEMENT

Les tests d'amplitude maximale de mouvement ne sont pas tous spécifiques de l'évaluation du membre supérieur. Ceux qui le sont nécessitent soit un goniomètre, soit une règle. Le goniomètre est très utilisé et il fournit une mesure précise. Cependant, il présente certains inconvénients car c'est un matériel spécifique dont les résultats sont relativement peu reproductibles pour un utilisateur sans entraînement préalable ou bien d'un opérateur à l'autre. Néanmoins, puisqu'il n'existe pas d'autres tests pour mesurer les amplitudes maximales du poignet et du coude, le goniomètre a été utilisé dans cette étude pour ces articulations.

Pour ce qui concerne l'épaule, les tests utilisant la règle [4] ont été retenus car ils sont simples à exécuter, ils monopolisent la globalité de l'épaule et sont peu sensibles à l'effet expérimentateur.

Suite à l'expérimentation en laboratoire, aucun test n'a pu être éliminé car ils ne sont pas corrélés entre eux. Néanmoins, les tests nécessitant un goniomètre n'ont pas été expérimentés en entreprise (batterie n° 1) car les résultats sont trop peu reproductibles pour les intégrer dans une batterie courte. Toutefois, ils peuvent être pris en compte dans une batterie plus longue (n° 2 et n° 3) si l'utilisateur est expérimenté et dispose de 6 minutes environ.

En ce qui concerne les tests de mobilité de l'épaule, le test «Mains-Barre» n'a pas été retenu pour constituer la batterie de tests en entreprise car il s'est avéré

douloureux. En effet, le sujet insistait parfois excessivement sur l'articulation des épaules pour passer la barre derrière la nuque tout en maintenant les bras tendus. Le test de mobilité de l'épaule « Pouce-C7 » a donc été le seul test de mobilité sélectionné pour l'expérimentation en entreprise.

3.3. TESTS DE FORCE

Les résultats de laboratoire des tests de force des femmes diffèrent significativement de ceux des hommes. Deux batteries différentes ont donc été constituées.

Pour les femmes comme pour les hommes, les forces Pince et Palm sont peu corrélées aux autres forces. De plus, ces 2 tests demandent un matériel peu sophistiqué ; ils ont donc été sélectionnés pour l'expérimentation en entreprise.

Pour les femmes, la force FE.f est fortement corrélée aux autres forces ; cette force est donc retenue pour la batterie. Les forces Pince, Palm et FE.f ont donc été sélectionnées pour constituer la batterie de force pour les femmes.

Pour les hommes, la force FE.e est corrélée aux autres forces à l'exception des forces de l'épaule ; la force FE.e a donc été retenue pour la batterie en entreprise. Les forces de flexion et d'abduction de l'épaule sont corrélées entre elles ; la force FE.f a donc été sélectionnée car elle est peu corrélée à d'autres forces. Les forces Pince, Palm, FE.f et FE.e ont donc été retenues pour constituer la batterie de force pour les hommes.

3.4. TESTS D'ENDURANCE

Des tests consistent soit à maintenir ou répéter un niveau de force sous-maximal ou maximal à l'aide d'un dynamomètre [13, 14, 26] soit à exécuter des exercices de traction (« pull-up ») [6, 7] ou de « pompes » (« push-up ») [5, 7, 9]. Ces tests de tractions et de pompes satisfont au critère de simplicité car ils ne nécessitent pas d'utiliser un dynamomètre, mais ils sont difficiles à réaliser pour des salariés sédentaires. Aucun de ces exercices n'a donc été retenu pour constituer la batterie testée en laboratoire. En revanche, les tests qui utilisent le dynamomètre sont faciles à réaliser par les salariés ; ils ont donc été retenus pour constituer la batterie testée en laboratoire.

Aucun test n'a pu être éliminé pour l'expérimentation en laboratoire car les durées des tests ne sont pas corrélées entre elles. La durée de ces tests est apparue réductrice pour des tests exécutés en entreprise. Le

seul test d'endurance utilisé en entreprise a été le test bref de préhension palmaire dynamique.

3.5. TEST DE COORDINATION MOTRICE

Ces tests sont classiques dans l'évaluation des capacités fonctionnelles [22]. Parmi ceux-ci, le test « Plate Tapping » [6] satisfait aux critères de choix énoncés et il concerne spécifiquement le membre supérieur.

L'expérimentation en laboratoire montre que ce test est facilement réalisé par tous les sujets avec un temps d'exécution de 5 minutes environ. Ce test a donc été retenu pour constituer la batterie de tests expérimentée en entreprise.

3.6. ESTIMATION DE LA $\dot{V}O_2$ MAX

La $\dot{V}O_2$ max est considérée comme un indicateur pertinent de la forme physique des personnes [16, 19], ce qui explique la sélection de ce test dans cette étude. Différents tests permettent d'estimer la $\dot{V}O_2$ max tels que les tests de laboratoire à l'aide de la bicyclette ergométrique, du tapis roulant ou le step test [16] et les tests de terrain [27 à 29]. Seul le test de la bicyclette ergométrique permet le travail des bras, il a donc été sélectionné pour l'expérimentation en laboratoire.

Pour des contraintes de temps et de matériel et du fait que le test de la $\dot{V}O_2$ max ne peut être remplacé par d'autres tests plus simples, ce test n'a pas été retenu pour constituer la batterie courte expérimentée en entreprise (n° 1). Cependant, en raison de l'intérêt de cette mesure, le médecin de travail qui dispose du matériel et d'au moins 21 minutes peut réaliser ce test (batterie n° 3).

4. Conclusion

Trois batteries de tests d'évaluation des capacités fonctionnelles du membre supérieur des salariés en entreprise ont été créées (tableau VI).

La première batterie, la plus courte (25 minutes environ), a été validée en entreprise. Elle comprend l'acquisition de données anthropométriques, l'exécution de tests d'amplitude, de force, d'endurance et de coordination motrice.

La deuxième batterie de 38 minutes environ reprend les mêmes tests et les complète par l'épaisseur antéro-postérieure du deltoïde et les tests d'amplitudes de l'épaule, de la main et du poignet.

La troisième batterie de 1 heure environ complète la deuxième batterie en y ajoutant le test d'estimation de la $\dot{V}O_2\text{max}$ dans le cas où le médecin du travail désire approfondir sa connaissance sur l'état de santé du salarié.

Ces batteries constituent un outil pour le médecin du travail qui souhaite évaluer les capacités fonctionnelles du membre supérieur des salariés dans le cadre du suivi médical. Cette évaluation permet de détecter précocement la baisse éventuelle des capacités fonctionnelles du membre supérieur et donc de prévenir l'apparition de pathologies chez les salariés qui travaillent sur des postes monopolisant le membre supérieur.

Les trois batteries de test constituées

TABLEAU VI

Durée totale approximative des tests	Abré- viation	Batteries			Durée totale approximative des tests	Abré- viation	Batteries		
		1 28 min	2 36 min	3 1 h			1 28 min	2 36 min	3 1 h
Anthropométrie					Force				
âge, taille, poids	-	x	x	x	pince digitale	Pince	x	x	x
circonférences de l'avant-bras	Cir.A	x	x	x	préhension palmaire	Palm	x	x	x
circonférence du bras	Cir.B	0	0	0	flexion de l'avant-bras	FA.f	0	0	0
épaisseur antéro-postérieure du deltoïde	E.D	0	x	x	extension de l'avant-bras	FA.e	0	0	0
					abduction de l'épaule	FE.ab	0	0	0
					flexion de l'épaule	FE.f	x	x	x
					extension de l'épaule	FE.e	x *	x *	x *
Amplitudes					Endurance				
Epaule, Main et Poignet					Statique				
abduction de l'épaule	AE.ab	0	x	x	pince digitale	Pince	0	0	0
flexion de l'épaule	AE.f	0	x	x	préhension palmaire	Palm	0	0	0
extension de l'épaule	AE.e	0	x	x	flexion de l'avant-bras	EA.f	0	0	0
pronation de la main	AM.p	0	x	x	extension de l'avant-bras	EA.e	0	0	0
supination de la main	AM.s	0	x	x	abduction de l'épaule	EE.ab	0	0	0
abduction du poignet	APab	0	x	x	flexion de l'épaule	EE.f	0	0	0
adduction du poignet	APad	0	x	x	extension de l'épaule	EE.e	0	0	0
flexion du poignet	APf	0	x	x	Dynamique				
extension du poignet	APe	0	x	x	bras et épaules	Dyn	0	0	0
rotation interne de l'épaule	Pouce-C7	x	x	x	préhension palmaire	-	x	x	x
rotation externe de l'épaule	Mains-Barre	0	0	0					
					Coordination motrice				
					Plate tapping	-	x	x	x
					$\dot{V}O_2\text{max}$				
						-	0	0	x

* Test retenu seulement pour les hommes.

Bibliographie

[1] HAGBERG M., SILVERSTEIN B., WELLS R. ET COLL. - Les lésions attribuables au travail répétitif. In : KUORINKA I., FORCIER L. (éds) - Ouvrage de référence sur les lésions musculo-squelettiques liées au travail. Paris, Maloine éditeur, 1995, 510 p.

[2] RANTANEN T., MASAKI K., FOLEY D., IZMIRLIAN G., WHITE L., GURALNIK J.M. - Grip strength changes over 27 years in Japanese-American men. *Journal of Applied Physiology*, 1998, **6**, pp. 2047-2053.

[3] KEYSERLING W.M., HERRIN G.D., CHAFFIN D.B., ARMSTRONG T.J., FOSS M.L. - Establishing an industrial strength testing program. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 1980, **41**, pp. 730-736.

[4] SILVERSTEIN B.A., FINE L.J. - Evaluation of upper extremity and low back cumulative trauma disorders. A screening manual. Ann Arbor, School of Public Health Environmental and Industrial Health Center for Ergonomics éd., 1984, Rapport 48109-2029, 43 p.

[5] FRASER T.M. - Fitness for work. Londres, Taylor et Francis éd., 1992, 213 p.

[6] Eurofit - Handbook for the Eurofit tests of physical fitness. Council of Europe - Committee for the development of sport. Rome, Edigraf editoriale grafica, 1988, 72 p.

[7] NIEMAN D.C. - The exercise test as a component of the total fitness evaluation. *Exercise Testing*, 1994, **21**, pp. 569-587.

[8] SHAULIS D., GOLDING L.A., TANDY R.D. - Reliability of the AAHPERD functional fitness assessment across multiple practice sessions in older men and women. *Journal of Aging Physiology and Activity*, 1994, **2**, pp. 273-279.

[9] SUNI J.H., OJA P., MIILUNPALO S.I., PASANEN M.E., VUORI I.M., BOS K. - Health-Related fitness test battery for adults - Associations with perceived health, mobility, and back function and symptoms. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 1998, **79**, pp. 559-569.

INRS

Documents pour le médecin du travail
N° 81
1^{er} trimestre 2000





- [10] ADAMS L.S., GREENE L.W., TOPOOZIAN E. - Range of motion, 55-70, 2^e éd. In : Clinical assessment recommendations. Garner (NC), American Society of Hand Therapists, 1992, 138 p.
- [11] YOUNG V.L., SEATON M.K., FEELY C.A., ARFKEN C., EDWARDS D.F., BAUM C.M., LOGAN S. - Detecting cumulative trauma disorders in workers performing repetitive tasks. *American Journal Industrial Medicine*, 1995, **27**, pp. 419-431.
- [12] DEURENBERG P., WESTSTRATE J.A., SEIDELL J.C. - Body mass index as a measure of body fatness : age- and sex-specific prediction formulas. *British Journal of Nutrition*, 1991, **65**, pp. 105-114.
- [13] VIKARI-JUNTURA E., TAKALA E.P., ALARANTA H. - Neck and shoulder pain and disability. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 1988, **20**, pp. 167-173.
- [14] MONTAZER M.A., THOMAS J.G. - Grip strength as a function of 200 repetitive trials. *Perceptual Motor Skills*, 1992, **75**, pp. 1320-1322.
- [15] MINNESOTA CODE ECG CLASSIFICATION. - Adaptation to CR leads and modification of the code for ECGs recorded during and after exercises. *Acta Medica Scandinavica*, 1967, suppl., **481**, pp. 1-26.
- [16] ASTRAND P.O., RODAHL K. - Précis de physiologie de l'exercice musculaire, 3^e éd. Paris, Masson, 1994, 530 p.
- [17] WHO EXPERT COMMITTEE - Physical status - the use and interpretation of anthropometry. Genève, World Health Organization, 1995, 452 p.
- [18] SHVARTZ E., REIBOLD R.C. - Aerobic fitness norms for males and females aged 6 to 75 years: A review. *Aviation, Space and Environmental Medicine*, 1990, **61**, pp. 3-11.
- [19] CELLI B.R. - The clinical use of upper extremity exercise. *Clinics in Chest Medicine*, 1994, **15**, pp. 339-349.
- [20] The range of harpenden skinfold calipers. Burgess Hill, British Indicators Ltd, 1986, 15 p.
- [21] ZINZEN E., CABOOR D., VAN ROY P.V., CLARYS J.P. - Testing motor physical fitness in occupational situations using the Eurofit test battery, 814-815. In : First annual congress frontiers in sport science. The european perspective. Sophia-Antipolis, Sport Science Faculty, University of Nice, 1996, 895 p.
- [22] SKINNER J., OJA P. - Laboratory and field tests for assessing health-related fitness. In : BOUCHARD C., SHEPHARD R.J., STEPHENS T. (ÉDS) - Physical activity, fitness and health. Leeds (UK), Human Kinetics, 1994, pp. 160-179.
- [23] BOVENZI M., ZADINI A., FRANZINELLI A., BORGOGNI F. - Occupational musculoskeletal disorders in the neck and upper limbs of forestry workers exposed to hand-arm vibration. *Ergonomics*, 1991, **34**, pp. 547-562.
- [24] MUFFLY-ELSEY D., FLINN-WAGNER S. - Proposed screening tool for the detection of cumulative trauma disorders of the upper extremity. *Journal of Hand Surgery*, 1987, **12A**, pp. 931-935.
- [25] NATHAN P.A., KENISTON R.C. - Carpal tunnel syndrome and its relation to general physical condition. *Hand Clinics*, 1993, **9**, pp. 253-261.
- [26] CAPODAGLIO P., MAESTRI R., BAZZINI G. - Reliability of a hand gripping endurance test. *Ergonomics*, 1997, **40**, pp. 428-434.
- [27] OJA P., LAUKKANEN R., PASANEN M., VUORI I. - A new fitness test for cardiovascular epidemiology and exercise promotion. *Annals of Medicine*, 1989, **21**, pp. 249-250.
- [28] PORCARI J.P., EBBELING C.B., WARD A., FREEDSON P.S., RIPPE J.M. - Walking for exercise testing and training. *Sports Medicine*, 1989, **8**, pp. 189-200.
- [29] VANDEWALLE H. - Epreuves fonctionnelles en médecine du sport. In : MONOD H., AMORETTI R., RODINEAU J. - Médecine du sport pour le praticien. Paris, Simep, 1994, pp. 51-60.

