Gestuelle de lancer et des activités de la main au-dessus de la tête (activité overhead)

B. Forthomme, C. Schwartz, J.-F. Kaux, J.-L. Croisier, C. Tooth

Résumé : *L'épaule est fréquemment soumise à des sollicitations répétitives chez les athlètes pratiquant des sports* « overhead » *(qui imposent une gestuelle de la main au-dessus de la tête). Ces activités induisent des adaptations musculosquelettiques diverses aux niveaux ligamentaire, osseux, tendineux et musculaire. Parmi ces adaptations, les athlètes développent souvent une hyperlaxité de la capsule antérieure, une raideur au niveau du système capsuloligamentaire postérieur, une dyskinésie scapulaire, un déséquilibre de force au niveau de la coiffe des rotateurs ou encore des adaptations osseuses et cartilagineuses. Des recherches ont été menées au cours des dernières années, afin d'explorer davantage la relation entre ces adaptations et les blessures à l'épaule, fréquentes chez les athlètes overhead, identifiant des facteurs intrinsèques (antécédents de blessure, modifications de la mobilité articulaire, faiblesse/déséquilibre musculaire etc.) et extrinsèques (position sur le terrain, charge d'entraînement etc.) comme des contributeurs potentiels. Outre le domaine sportif, les travailleurs se révèlent également exposés à des troubles musculosquelettiques liés aux mouvements de la main au-dessus de la tête. Ces troubles, prévalant chez les travailleurs effectuant des tâches physiques répétitives, peuvent entraîner des conséquences significatives sur leur santé et leur productivité. Des stratégies visant à réduire les contraintes sur les épaules, telles que rapprocher la charge du corps lors de la manutention, restent recommandées. De plus, la gestion efficace du retour au travail après une blessure à la coiffe des rotateurs nécessite une approche intégrée prenant en compte des facteurs physiques, psychosociaux et organisationnels. L'attention portée à la santé globale du travailleur représentera également un rôle central dans ce processus.*

© 2024 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés, y compris ceux relatifs à la fouille de textes et de données, à l'entraînement de l'intelligence artificielle et aux technologies similaires.

Note de l'éditeur : Elsevier adopte une position neutre en ce qui concerne les conflits territoriaux ou les revendications juridictionnelles dans les contenus qu'il publie, y compris dans les cartes et les affiliations institutionnelles.

Mots-clés : Épaule ; Prévention ; Biomécanique ; Overhead ; Sport ; Travail ; Lésion

Plan

- **Introduction** 1
- **Biomécanique du lancer à bras cassé** 1
  - Adaptations liées à la gestuelle et facteurs de risque de lésions d'épaule 2
  - Incidence des blessures à l'épaule dans les sports overhead 3
- **Particularités du travail avec la main au-dessus de la tête** 4
  - Recommandations 5
- **Conclusion** 5

Introduction

Dans les sports « *overhead* » (qui imposent une gestuelle de la main au-dessus de la tête) tels que le baseball, le volley-ball, le tennis ou encore la natation, des mouvements rapides et de grande amplitude sont effectués de façon répétitive au niveau du membre supérieur et de l'épaule [1–4]. D'un point de vue pratique, une bonne compréhension de la biomécanique et des sollicitations associées à ces mouvements se révèle cruciale, tant pour la performance que dans un objectif de prévention des blessures. Bien que des différences existent entre les gestes réalisés dans ces différents sports (service au tennis, smash au volley-ball, lancer au baseball), l'ensemble de ces gestuelles présente une base commune : le lancer à bras cassé, que nous décrivons ci-dessous.

De plus, les activités de la main au-dessus de la tête ne concernent pas que le sport, certaines activités professionnelles imposent cette position dans des mouvements de lever ou de tirage de charge, nous décrirons également l'impact de cette gestuelle « métier » sur l'épaule.

Biomécanique du lancer à bras cassé

Le mouvement de lancer à bras cassé se divise en différentes phases [1, 2] Les différentes phases, dans leur ordre chronologique, sont décrites ci-dessous et illustrées dans la Figure 1.

Volume 37 > n°4 > octobre 2024
http://dx.doi.org/10.1016/S1283-0887(24)62265-6

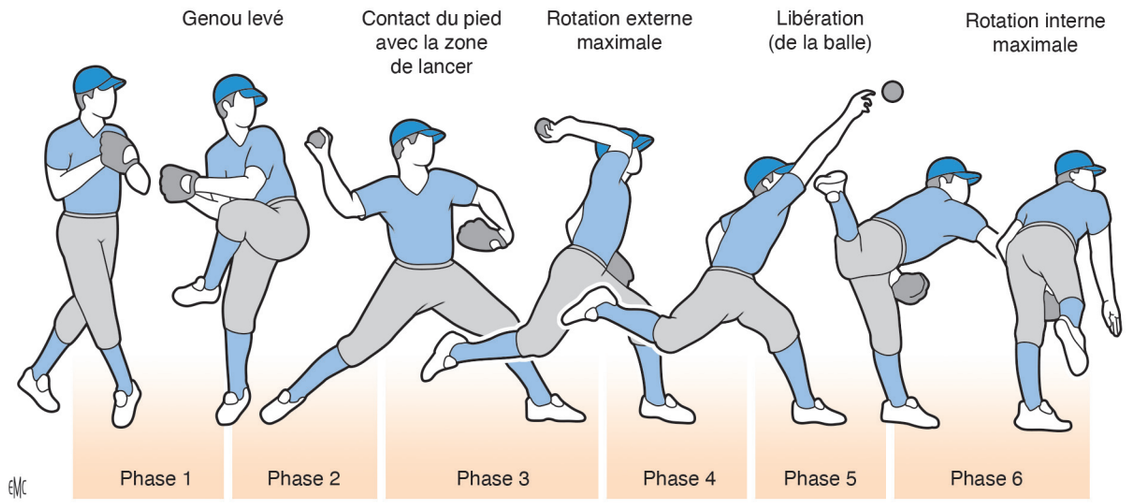

Figure 1. Phases du lancer à bras cassé (d'après [1]). Phase 1, initiation *(wind-up)* : mouvement sans arrêt ; phase 2 *(stride)* : grand pas ; phase 3 : armement du bras ; phase 4 *(arm acceleration)* : accélération du bras ; phase 5 *(arm deceleration)* : décélération du bras ; phase 6 *(follow-through)* : suivi du mouvement.

La phase 1 ou « *wind-up* » commence lorsque le joueur initie le mouvement et se termine lorsque la jambe avant est élevée et que la balle quitte le gant. Le centre de gravité se positionne au-dessus de la jambe arrière.

Dans la phase 2 ou « *stride* », la hanche pivote vers l'avant, le genou et la hanche de la jambe pivotante sont tendus, le corps se propulse vers l'avant. La phase se termine lorsque le pied entre en contact avec la zone de lancer. Le supraépineux, l'infraépineux et le teres minor mobilisent l'épaule en rotation. Les abdominaux se contractent en mode excentrique pour éviter une hyperextension lombaire excessive pendant la rotation et la flexion du haut du thorax. Le grand fessier s'active pour maintenir l'extension de la jambe et stabiliser le bassin. Les stabilisateurs scapulaires (serratus antérieur, trapèzes supérieur, moyen et inférieur, rhomboïdes, élévateur de la scapula) fournissent une base stable pour la rotation glénohumérale en positionnant la scapula en sonnette externe et en rétraction.

La phase 3 ou « armer » se termine lorsque la rotation externe maximale de l'épaule est atteinte. La scapula se positionne en rétraction, le coude est fléchi. Les muscles supraépineux, infraépineux et teres minor se révèlent fortement activés. Le biceps brachial s'active lors de la flexion du coude et exerce une force de coaptation pour stabiliser la tête humérale. Le bassin atteint sa rotation maximale. Le deltoïde antérieur et le grand pectoral amènent le bras en adduction horizontale. Le sous-scapulaire, le grand pectoral et le grand dorsal se contractent de façon excentrique pour freiner le mouvement de rotation externe au niveau de la glénohumérale.

Dans la phase 4 ou « accélération », le tronc s'incline et pivote. L'énergie est transmise au membre supérieur. La scapula se mobilise le long de la paroi thoracique. Le sous-scapulaires, le grand pectoral, le grand rond, le grand dorsal et le serratus antérieur atteignent leur activité maximale. Le triceps brachial et les muscles fléchisseurs du poignet se contractent en concentrique. La phase se termine lorsque la balle quitte la main du joueur. Les muscles abdominaux et les muscles paravertébraux lombaires sont fortement activés pour accentuer la rotation et l'inclinaison du bassin et du tronc. La contraction concentrique du grand fessier induit une flexion de la hanche et une extension du genou au niveau de la jambe avant.

La phase 5 ou « décélération » se termine lorsque la rotation interne maximale de l'épaule est atteinte. Les structures postérieures de l'épaule (teres minor, infraépineux et deltoïde postérieur), le biceps brachial et les stabilisateurs de la scapula dissipent l'énergie produite lors de l'accélération en freinant le mouvement.

Dans la phase 6 ou « suivi », le corps continue son mouvement vers l'avant. Cette phase se termine lorsque le lanceur retrouve sa stabilité. Une faible activité musculaire est mesurée au niveau de l'épaule durant cette phase.

Adaptations liées à la gestuelle et facteurs de risque de lésions d'épaule

Chez l'athlète overhead, les sollicitations répétitives induites par la pratique sportive conduisent à moyen et long terme à des adaptations musculosquelettiques diverses (ligamentaires, osseuses, tendineuses et musculaires) [5–12]. Celles-ci peuvent parfois même survenir au cours d'une seule saison [11, 13] ou pendant une seule session d'entraînement [8].

Tout d'abord, une hyperlaxité de la capsule antérieure ainsi qu'une rigidité de la capsule postérieure ont été observées chez des athlètes overhead, suite à la pratique de leur sport [9, 14–16]. En effet, la répétition de contractions excentriques pendant la phase de décélération du lancer induirait une raideur des structures postérieures de l'épaule (capsulaires et musculaires) ainsi qu'un déficit de rotation interne au niveau de l'articulation glénohumérale [13, 17, 18]. Ce déficit de rotation interne glénohumérale (GIRD) semble compensé par une augmentation de l'amplitude de mouvement en rotation externe : une adaptation visant à augmenter l'amplitude du mouvement d'accélération du bras [13, 17]. Des adaptations osseuses apparaissent au niveau du bras dominant de ces athlètes. Amplifiée chez les jeunes ayant débuté l'activité overhead avant leur maturité osseuse, une rétroversion humérale accrue serait fréquemment observée dans cette population, contribuant à une diminution de l'amplitude en rotation interne et une augmentation de la rotation externe, sans majorer les contraintes sur les structures scapulaires [19–21].

Ensuite, selon Burn et al., une dyskinésie scapulaire (altération de la position de la scapula au repos et lors de mouvements du bras) s'observe chez 61 % des athlètes overhead [5]. Une augmentation de la sonnette externe et de la rotation interne de la scapula a été rapportée chez des lanceurs asymptomatiques [9, 22]. Au tennis, une augmentation de la sonnette interne au repos ainsi qu'une augmentation de la sonnette externe entre 90 et 135° d'abduction du bras (plan frontal) semblent mises en évidence du côté dominant comparativement au côté non dominant [23]. Aussi, chez des nageurs de compétition, une augmentation de la rotation interne de la scapula entre 90 et 120° d'élévation ainsi qu'une augmentation du tilt antérieur à 90° d'élévation sont observées. La dyskinésie scapulaire résulte de plusieurs facteurs. En effet, des causes morphologiques (hypercyphose, posture antéprojetée), traumatiques/post-traumatiques (entorses, fractures, luxation, etc.), articulaires (raideurs capsulaires, ligamentaires) ou encore musculaires (raideur, déficit de

force ou altération de l'activation des muscles stabilisateurs) sont citées [9, 24, 25]. Bien que parfois associée à des pathologies [26], cette dyskinésie scapulaire reste asymptomatique la plupart du temps. Pour autant, il conviendra de la prendre en compte d'un point de vue prévention lésionnelle [9].

Des adaptations musculaires ont également été constatées à la suite d'une pratique sportive overhead. Même s'il existe une certaine variabilité individuelle, une augmentation de la force interne des rotateurs internes (RI) de l'épaule au détriment de la force des rotateurs externes (RE) se révèle fréquemment mesurée au niveau du bras dominant des athlètes overhead [6, 10, 27], entraînant fréquemment une diminution du ratio concentrique RE/RI [28–30] ainsi que des ratios mixtes [10]. Notons que la force des RI est corrélée à la vitesse de balle ou du projectile, dans différents sports aériens (volley-ball, tennis, lancer du javelot) [31, 32]. Chez des joueurs de tennis, une augmentation de la force des abducteurs et des adducteurs de l'épaule a également été mise en évidence au niveau du bras dominant, comparativement au bras non dominant [30]. En outre, une atrophie du muscle infraépineux s'observe chez bon nombre de ces athlètes, avec une prévalence pouvant atteindre 52 à 60 % des joueurs [33, 34].

Enfin, l'imagerie médicale a permis de mettre en évidence des adaptations tissulaires chez les athlètes overhead asymptomatiques, que ce soit au niveau des tissus tendineux [35], du labrum ou encore des structures osseuses [36]. En effet, chez des nageurs non douloureux et sans antécédent de blessure, des changements tissulaires au niveau du labrum ont été enregistrés dans 83 % des cas, tandis que des altérations ligamentaires ont été observées dans 67 % d'entre eux [36]. Il est important de noter que les changements observés sont relativement similaires à ceux associés aux « anomalies » et aux blessures d'épaule et pour lesquels un traitement médical est généralement requis [36].

Au cours des dernières années, de nombreux auteurs et chercheurs ont exploré la relation entre ces adaptations et la survenue de blessures à l'épaule, ainsi que leur impact sur la performance. S'ils ne se révèlent pas consensuels, certains facteurs de risque de blessures à l'épaule et certains facteurs de performance au niveau du membre supérieur ont pu être mis en évidence [11, 37, 38]. Ils se divisent en deux groupes : les facteurs intrinsèques (propres à l'individu) et les facteurs extrinsèques (extérieurs à l'individu).

Parmi les facteurs intrinsèques, le facteur le plus largement décrit et démontré à l'heure actuelle reste le fait d'avoir un antécédent de blessure ou de douleur au niveau de l'épaule. Ainsi, comme l'affirment Walker et al. [39], les nageurs ayant des antécédents de blessures à l'épaule seraient respectivement 4,1 et 11,3 fois plus susceptibles de souffrir de douleurs ou de blessures à l'épaule. Au volley-ball, Forthomme et al. [10] estiment qu'un joueur précédemment blessé aurait neuf fois plus de chances d'être blessé à nouveau. Des résultats similaires ont été obtenus en handball, tennis, basket-ball ou encore en baseball [40–43].

Un autre facteur de risque intrinsèque fréquemment exploré est l'amplitude de mouvement au niveau de l'articulation glénohumérale. Au baseball, selon Shanley et al. [44], les joueurs ayant un déficit de rotation interne glénohumérale supérieur à 25° ou une différence bilatérale supérieure à 13° [45] seraient respectivement quatre et six fois plus susceptibles d'être blessés. Toutefois, pour Wilk et al. [46], un déficit de la rotation interne au niveau de l'articulation glénohumérale n'augmenterait pas le risque de blessure à l'épaule ou de douleur d'épaule. En ce qui concerne la rotation externe, ces mêmes auteurs estiment que les lanceurs ayant une différence bilatérale inférieure à 5° auraient 2,2 fois plus de risques de blessure à l'épaule et quatre fois plus de risque de devoir subir une chirurgie. Chez des nageurs, Walker et al. [39] considèrent que les sujets ayant plus de 100° ou moins de 93° de rotation externe seraient plus à risque de développer une blessure à l'épaule. En outre, en ce qui concerne la rotation totale, une différence bilatérale supérieure à 20° augmenterait de façon significative le risque de blessure [44, 47], bien que cela n'apparaisse pas totalement consensuel [46, 48]. Enfin, en ce qui concerne l'adduction horizontale, une différence bilatérale supérieure à 15° augmenterait le risque de douleurs d'épaule d'un facteur 4 chez des lanceurs au baseball [45].

En outre, une faiblesse musculaire ou un déséquilibre agoniste/antagoniste au niveau de la coiffe des rotateurs reste fréquemment associé à des blessures musculaires et/ou articulaires. Dans des études utilisant un dynamomètre manuel, une faiblesse du muscle supraépineux [49] et une diminution de la force des rotateurs externes ont été identifiées comme des facteurs de risque de blessures à l'épaule [47, 50, 51]. Avec un dynamomètre isocinétique, Edouard et al. [52] observent que des joueurs de handball présentant des déséquilibres de force entre les rotateurs internes et externes présentaient 2,57 fois plus de risques de blessure que les autres joueurs. Quant à Forthomme et al. [10], dans une étude réalisée sur des joueurs de volley-ball, ces auteurs ont suggéré que la force excentrique développée par les rotateurs internes et externes à basse vitesse (60°/s) avait une importance primordiale de protection dans la survenue des blessures à l'épaule.

L'influence de la dyskinésie scapulaire sur les blessures à l'épaule représente également un facteur intrinsèque discuté depuis plusieurs années dans la littérature [9, 37, 53]. Certains auteurs tels que McKenna et al. [54], en natation, Clarsen et al. [50], en handball ou Struyf et al. [55], chez des athlètes récréatifs, ont trouvé une association entre la dyskinésie scapulaire et la survenue de blessures à l'épaule. Au contraire, Hjelm et al. [40] ,au tennis, ou Myers et al. [56], au baseball, n'ont pas pu mettre en évidence un lien entre la présence d'une dysfonction scapulaire et la survenue de blessures à l'épaule. Quant à Moller et al. [55], ils suggèrent que la dyskinésie scapulaire, associée à une augmentation modérée de la charge d'entraînement (entre 20 et 60 %), augmenterait significativement le risque de blessure chez des joueurs de handball.

Enfin, le nombre d'années de pratique, l'indice de masse corporelle ou encore le sexe pourraient influencer de façon significative l'apparition ou non d'une blessure à l'épaule chez les athlètes overhead [10, 40, 42, 52, 54].

Concernant les facteurs extrinsèques, la position sur le terrain ou « le rôle spécifique dans l'équipe » pourraient influencer le taux de blessures dans les sports collectifs. Dans la pratique du baseball, les lanceurs seraient respectivement deux et quatre fois plus blessés que les joueurs évoluant à d'autres positions [41, 57]. Au handball, selon Forthomme et al. [58], les joueurs défensifs auraient huit fois moins de risques de blessure à l'épaule que les joueurs offensifs.

Le contexte de jeu influencerait également significativement le risque de blessure. En effet, dans les sports collectifs, la majorité des blessures surviendraient pendant les matchs [59], tandis qu'en natation 90 % des blessures apparaîtraient pendant l'entraînement [39].

Enfin, la charge d'entraînement, définie par l'intensité et la durée des séances d'entraînement et des matchs, serait le principal facteur influençant la survenue de blessures à l'épaule. Jouer plus de 16 heures par semaine au baseball [41], effectuer plus de 75 lancers par match [50] et jouer plus de 100 manches par an [60] augmenterait les risques de blessure d'épaule d'un facteur de 3,5. Au handball, une augmentation supérieure à 60 % de la charge d'entraînement majorerait significativement le risque lésionnel à l'épaule [55]. De même, chez des joueurs de tennis, le nombre total de matchs joués par an serait corrélé avec l'apparition de blessures [40].

Dans le même ordre d'idées, la fréquence des matchs et le moment de la saison auraient un certain impact sur le taux de blessures. Au baseball, 78 % des blessures seraient recensées au cours des 6 premières semaines de la saison. Les lanceurs qui jouent aussi receveurs auraient plus de chances d'être blessés que les autres joueurs [61]. En outre, jouer un match de handball supplémentaire par semaine augmenterait également de façon significative risque de blessure [42].

Incidence des blessures à l'épaule dans les sports overhead

Les blessures à l'épaule sont fréquentes chez les athlètes overhead. Au baseball, une incidence de 0,58 blessures d'épaule pour 1000 lancers a été recensée [45]. De plus, 51,4 % de toutes les blessures toucheraient le membre supérieur, dont 12 à 19 % seraient localisées à l'épaule [45, 62]. Dans la pratique du handball, 22 à 28 % des joueurs se révéleraient concernés par des blessures à l'épaule au cours d'une saison [50, 58]. Chez des joueurs de volley-ball, les

Tableau 1.
Incidence des blessures d'épaule chez des athlètes overhead (d'après Laudner et al. [72]).

Blessures (%)	Baseball	Natation	Tennis	Volley-ball
Entorses périarticulaires	8	9	16	5
Conflits	25	25	42	18
Lésions SLAP	15	6		5
Tendinopathie de la coiffe	19	25	26	23
Tendinopathie biceps	6	22	11	18
Instabilité antérieure	15		5	9
Instabilité multidirectionnelle		9		
Lésions acromioclaviculaires	10			10

SLAP : *superior labrum from anterior to posterior*.

blessures à l'épaule représenteraient 8 à 9 % des blessures aiguës et 22 à 33 % des lésions de surcharge [11, 61]. Chez des joueurs de tennis, Hjelm et al. [40] ont rapporté une incidence de 25 % de lésions d'épaule sur un suivi de 2 ans. De plus, Pluim et al. [63] ont estimé que 15,9 % des blessures de sursollicitation concerneraient l'épaule. En natation, l'épaule resterait l'articulation la plus fréquemment lésée. En effet, 23 à 38 % des nageurs souffriraient de douleurs ou de blessures à l'épaule [39, 64]. Chez des adolescents, l'incidence pourrait même atteindre 91 % des nageurs, selon la revue systématique de Feijen et al. [65].

La majorité des lésions d'épaule recensées dans les sports overhead apparaissent plutôt dégénératives et liées à des mécanismes d'hyper/sursollicitation. Les conflits sous-acromiaux/internes, les lésions SLAP (*superior labrum from anterior to posterior*) et l'instabilité antérieure restent les phénomènes les plus fréquemment observés [66–71]. Selon Laudner et al. [72], les conflits et tendinopathies de la coiffe des rotateurs représentent respectivement 27 et 24 % du total des blessures à l'épaule chez les athlètes overhead. La tendinopathie bicipitale atteint 12 % des blessures à l'épaule, tandis que les lésion SLAP et l'instabilité antérieure représentent environ 8 % des lésions [72] (Tableau 1).

■ Particularités du travail avec la main au-dessus de la tête

Les sollicitations de l'épaule liées à la position de la main au-dessus de la tête ne concernent pas uniquement les activités sportives. En effet, des mouvements de type overhead peuvent également se pratiquer dans certaines activités professionnelles.

Un rapport scientifique récent de l'Institut de recherche Robert-Sauvé (IRRS) en santé et en sécurité du travail, à Montréal [73], confirme que l'atteinte de troubles musculosquelettiques (TMS) parmi les travailleurs et travailleuses au Québec est estimée à 732 000 cas [74]. Ces TMS sont associés aux activités professionnelles impliquant des efforts physiques prolongés, intenses et/ou répétitifs, telles que des tâches d'assemblage, de manutention, d'aide à la personne ou encore de maintien de posture prolongée sur un poste de travail. Ce rapport confirme que l'épaule se révèle particulièrement concernée par ces TMS, affectant la qualité de vie des travailleurs impactés en entraînant une augmentation de l'absentéisme au travail et une diminution de la productivité, et en conduisant potentiellement à une retraite anticipée [74, 75]. En France, les TMS représentent 87 % des raisons d'absence au travail, les pathologies d'épaule correspondent à 29 % de ces TMS, après les localisations de la main et du poignet (40 %) [76]. Mais ces problèmes d'épaule liés au travail entraînent la plus longue absence du travail ainsi que la perte en productivité et les pertes économiques pour l'employeur les plus importantes [77–80]. La prévalence de l'absentéisme au travail suite à une lésion d'épaule s'élève à 5,2 % chez les hommes et 5,9 % chez les femmes [80]. Dans ce contexte, les TMS à l'épaule deviennent une problématique réelle de santé publique et de santé des travailleurs.

Au Québec, les facteurs liés aux TMS de l'épaule resteraient principalement les efforts excessifs et répétitifs de soulever, tirer ou pousser d'objets [81], et particulièrement le travail au-dessus de la tête [80–82]. Près de 70 % des patients présentant des douleurs à l'épaule ont déclaré avoir travaillé avec les mains au niveau et au-dessus de l'épaule de façon prolongée [83]. Des facteurs de risque de lésions des épaules chez ces travailleurs overhead sont identifiés dans la littérature, sur base d'études rétrospectives et prospectives [73, 80, 84–87]. Sirèn et al. [80], dans une étude prospective récente s'appuyant sur un suivi de 4344 travailleurs pendant 15 années, mettent en évidence que l'exposition pendant plus de 10 années à un travail lourd demeurerait un des facteurs de risque significatif de la lésion d'épaule. Dans le cadre de la tendinopathie de la coiffe des rotateurs (pathologie la plus fréquente chez ces travailleurs), les facteurs de risque correspondraient à la répétition du geste, à la charge ajoutée et à la posture avec le bras en flexion et en abduction supérieures à 60° [88]. La revue systématique et méta-analyse de van der Molen et al. [89] rapporte que l'élévation du bras ou de la main ainsi que le chargement des épaules doubleraient le risque de lésion tendineuse des épaules. L'âge aurait également un effet sur le risque de blessure, notamment en lien avec une diminution de force d'environ 20 % entre 40 et 60 ans [90]. Les femmes ainsi que les jeunes employés sembleraient également plus à risque de développer un TMS à l'épaule [91–93].

La capacité à produire de la force se révèle globalement réduite avec l'augmentation de la hauteur à laquelle la tâche de lever est réalisée [94]. Avoir les bras moins élevés conférerait donc un avantage de force permettant aux sujets de soulever une charge plus lourde. Des études cadavériques réalisées in vivo ont renforcé l'idée qu'une forte élévation (entre 60 et 120°) combinée à de la rotation interne de l'humérus contribuerait à favoriser un pincement des structures tendineuses de la coiffe des rotateurs présentes sous l'acromion [95–97]. Par ailleurs, l'ajout d'un poids additionnel dans la main majorerait la réduction de l'espace sous-acromial [98]. Précisons également que la direction de la force appliquée de la main semble le facteur le plus influent sur le risque de blessure dans les taches overhead. L'application de forces alignées avec la gravité (c'est-à-dire dans les directions descendante et verticale) entraînerait les exigences musculaires les plus faibles [99].

Desmoulin et al. [100], à propos de diverses tâches de levers en hauteur, montrent, d'une part, que, selon la hauteur de saisie, des sujets non expérimentés ajustent différemment leurs façons de faire lorsque la masse à lever augmente, et révèlent, d'autre part, que ces modifications cinématiques semblent plus importantes en nombre et en amplitude lorsque la hauteur de saisie de la charge se situe au niveau des épaules, comparativement à celle des hanches. Les résultats de Goubault et al. [73] suggèrent également la perspective d'une contribution articulaire spécifique à l'expertise pour les membres supérieurs durant une tâche de levage de boîte. Pendant la phase de tirer, les novices utiliseraient les articulations du poignet, du coude, de l'épaule et du tronc pour rapprocher leurs mains de la boîte et l'atteindre. Les experts, quant à eux, rapprocheraient leur corps entier de la boîte en impliquant leurs membres inférieurs pour limiter la contribution de l'ensemble du bras et maintenir le tronc en position neutre. Entre les phases du tirer et du lever, les deux groupes solliciteraient principalement leurs poignets et leurs coudes, tandis que l'épaule contribuerait à environ 30 % de la hauteur de la boîte. Les experts montrent une plus grande implication de l'ensemble sternoclaviculaire et acromioclaviculaire, ce qui signifie que les experts stabiliseraient l'articulation plus efficacement au cours de cette transition.

La scapula doit assurer une orientation dynamique optimale afin d'accomplir ses fonctions stabilisatrices et mobilisatrices du complexe de l'épaule [101]. Son orientation appropriée au cours du mouvement optimise les relations tension-longueur des muscles associés au complexe de l'épaule [102]. De ce fait, améliorer la stabilité scapulaire semble un objectif prioritaire pour les travailleurs soulevant des masses de charges augmentées. Les modifications de la cinématique scapulothoracique identifiées pour la caisse la plus lourde auraient pour action de maintenir la scapula au plus près de la cage thoracique. Augmenter la surface de contact entre la scapula et la cage thoracique fournit une base plus stable pour les mouvements du bras [103]. Cette stratégie permettrait de réduire le bras de levier du poids de la caisse par rapport au centre articulaire de l'épaule.

Une analyse électromyographique de dix muscles de la ceinture scapulaire et du bras a permis d'identifier que les participants produiraient, comme attendu, plus d'activité musculaire pour soulever la boîte de 12 kg que pour soulever les boîtes de 6 ou 8 kg [100]. L'augmentation de l'activité musculaire serait plus importante au niveau des muscles moteurs (deltoïde antérieur, deltoïde moyen, grand pectoral, biceps brachial) que pour les muscles stabilisateurs (supraépineux, infraépineux, sous-scapulaire) et les muscles antagonistes (deltoïde postérieur, grand dorsal, triceps brachial). Une tendance similaire est observée concernant l'effet du sexe sur l'activité musculaire. Les femmes généreraient une plus grande activité musculaire des muscles moteurs et des muscles antagonistes que les hommes pour une charge absolue similaire. En effet, les femmes levant une boîte de 6 kg auraient une activation musculaire semblable aux hommes soulevant la boîte de 12 kg, atteignant des niveaux d'activité jusqu'à 48 % de leur activation maximale au niveau du deltoïde antérieur [100]. Ce résultat est conforme à plusieurs études mettant en évidence que la force maximale des femmes est de 30 à 60 % plus faible que celle des hommes pour les différents groupes musculaires des membres supérieurs [104–106].

Recommandations

Afin de limiter les répercussions sur les épaules, une recommandation importante consiste à approcher davantage la masse à déplacer du corps lors d'une tâche de manutention. Cette technique réduit le moment au niveau du bras et pourrait réduire la contrainte au niveau de l'épaule et du coude. Ce changement de cinématique pourrait aussi influencer les directions des forces musculaires, permettant ainsi une moindre activation pour une même stabilité. En plus de réduire le chargement sur la colonne vertébrale [107], cette technique pourrait aussi être un facteur primordial dans la réduction des blessures à l'épaule en limitant les forces lors des amplitudes de mouvement articulaires extrêmes [73]. Fewster et Dickerson [84] recommandent, d'ailleurs, aux travailleurs concernés, d'éviter d'éloigner la tâche du corps, de garder le haut du bras en dessous de 60° d'élévation, d'éviter les tâches de haute précision, d'appliquer des forces alignées avec le mouvement vertical et d'éviter la fatigue en se reposant souvent.

Afin de favoriser le retour au travail après lésion de la coiffe des rotateurs, l'identification d'un acteur pivot, la description des rôles et des responsabilités de toutes les parties prenantes, la prise de contact précoce auprès du travailleur blessé par le milieu d'emploi, la réévaluation et l'ajustement du plan et des objectifs de retour au travail, la présence de tâches signifiantes et valorisantes dans le programme de réadaptation et de retour au travail ainsi que l'élaboration d'objectifs réalistes face à la productivité du travailleur durant le processus de retour au travail sont recommandés [75]. Une étude prospective récente sur les facteurs prédictifs de reprise du travail les 2 premières années après une chirurgie d'épaule confirme cette importance de la perception de la santé psychosociale du travailleur, de sa capacité à reprendre le travail et de la préparation pour une reprise du travail dans des conditions optimales [108].

Conclusion

La gestuelle de lancer et de travail au-dessus de la tête entraîne des contraintes importantes au niveau de l'articulation de l'épaule, particulièrement au niveau des tendons de la coiffe des rotateurs. La prévention lésionnelle de l'épaule à travers l'identification des facteurs de risques reste une approche essentielle afin d'éviter l'arrêt d'entraînement ou de jeu ainsi que l'absentéisme au travail lié à la douleur. Cette mise en évidence des facteurs de risques apparaît plus classique dans les sports d'armer/lancer que dans le cadre du travail avec les bras au-dessus de la tête. Mettre en évidence, pour chaque sportif, les éventuels facteurs de risque lésionnel n'apparaît, par ailleurs, possible que dans le cadre du sport de haut niveau, souvent pour des raisons logistiques et/ou financières. Toutefois, des stratégies préventives plus globales existent et doivent faire l'objet d'une utilisation plus systématique chez le sportif. La prévention de la lésion d'épaule chez les travailleurs concernés par ces positions exigeantes des mains au-dessus de la tête passe prioritairement par l'identification des positions à risque face à la tâche demandée. Il apparaît néanmoins que davantage d'attention pourrait être réservée à ces gestuelles d'épaule exigeantes avant la survenue d'une première lésion ainsi que lors du retour aux activités sportives ou professionnelles après la survenue lésionnelle, limitant ainsi le risque de récidive.

Déclaration de liens d'intérêts : les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts en relation avec cet article.

Références

[1] Fleisig GS, Barrentine SW, Escamilla RF, Andrews JR. Biomechanics of overhand throwing with implications for injuries. *Sport Med* 1996;**21**:421–37.

[2] Lintner D, Noonan TJ, Kibler WB. Injury Patterns and biomechanics of the athlete's shoulder. *Clin Sports Med* 2008;**27**:527–51.

[3] Kovacs M, Ellenbecker T. An 8-stage model for evaluating the tennis serve: implications for performance enhancement and injury prevention. *Sports Health* 2011;**3**:504–13.

[4] Colwin CM. *Breakthrough swimming*. Champaign, Ill: Human Kinetics; 2002.

[5] Burn MB, McCulloch PC, Lintner DM, Liberman SR, Harris JD. Prevalence of scapular dyskinesis in overhead and non-overhead athletes: a systematic review. *Orthop J Sport Med* 2016;**4**, 2325967115627608.

[6] van Cingel R, Kleinrensink G, Stoeckart R, Aufdemkampe G, de Bie R, Kuipers H. Strength values of shoulder internal and external rotators in elite volley-ball players. *J Sport Rehabil* 2006;**15**:236–45.

[7] Pluim BM, Staal JB, Windler GE, Jayanthi N. Tennis injuries: occurrence, aetiology, and prevention. *Br J Sports Med* 2006;**40**:415–23.

[8] Madsen PH, Bak K, Jensen S, Welter U. Training induces scapular dyskinesis in pain-free competitive swimmers: a reliability and observational study. *Clin J Sport Med* 2011;**21**:109–13.

[9] Forthomme B, Crielaard JM, Croisier JL. Scapular positioning in athlete's shoulder: particularities, clinical measurements and implications. *Sport Med* 2008;**38**:369–86.

[10] Forthomme B, Wieczorek V, Frisch A, Crielaard JM, Croisier JL. Shoulder pain among high-level volley-ball players and preseason features. *Med Sci Sport Exerc* 2013;**45**:1852–60.

[11] Tooth C, Croisier JL, Schwartz C, et al. The influence of growth and development on shoulder rotators strength in young male and female elite tennis players. *J Sports Med Phys Fitness* 2022;**62**:1638–45.

[12] Borsa PA, Laudner KG, Sauers EL. Mobility and stability adaptations in the shoulder of the overhead athlete. *Sport Med* 2008;**38**:17–36.

[13] Thomas SJ, Swanik KA, Swanik CB, Huxel KC, Iv JDK. Change in glenohumeral rotation and scapular position after competitive high school base-ball. *J Sport Rehabil* 2010;**19**:125–35.

[14] Tonin K, Stražar K, Burger H, Vidmar G. Adaptive changes in the dominant shoulders of female professional overhead athletes. *Int J Rehabil Res* 2013;**36**:228–35.

[15] Borsa PA, Laudner KG, Sauers EL. Mobility and stability adaptations in the shoulder of the overhead athlete. *Sport Med* 2008;**38**:17–36.

[16] Astolfi MM, Struminger AH, Royer TD, Kaminski TW, Swanik CB. Adaptations of the shoulder to overhead throwing in youth athletes. *J Athl Train* 2015;**50**:726–32.

[17] Reeser JC, Joy EA, Porucznik CA, Berg RL, Colliver EB, Willick SE. Risk factors for volley-ball-related shoulder pain and dysfunction. *PM&R* 2010;**2**:27–36.

[18] Vigolvino LP, Barros BRS, Medeiros CEB, Pinheiro SM, Sousa CO. Analysis of the presence and influence of glenohumeral internal rotation deficit on posterior stiffness and isometric shoulder rotators strength ratio in recreational and amateur hand-ball players. *Phys Ther Sport* 2020;**42**:1–8.

[19] Noonan TJ, Thigpen CA, Bailey LB, et al. Humeral torsion as a risk factor for shoulder and elbow injury in professional base-ball pitchers. *Am J Sports Med* 2016;**44**:2214–9.

[20] Pieper HG. Humeral torsion in the throwing arm of hand-ball players. *Am J Sports Med* 1998;**26**:247–53.

[21] Osbahr DC, Cannon DL, Speer KP. Retroversion of the humerus in the throwing shoulder of college base-ball pitchers. *Am J Sports Med* 2002;**30**:347–53.

[22] Myers JB, Laudner KG, Pasquale MR, Bradley JP, Lephart SM. Scapular position and orientation in throwing athletes. *Am J Sports Med* 2005;**33**:263–71.

[23] Hossein Hosseinimehr S, Anbarian M, Asghar Norasteh A, Fardmal J, Taghi Khosravi M. The comparison of scapular upward rotation and scapulohumeral rhythm between dominant and non-dominant shoulder in male overhead athletes and non-athletes. *Man Ther* 2015;**20**:758–62.

[24] Cools AMJ, Struyf F, De Mey K, Maenhout A, Castelein B, Cagnie B. Rehabilitation of scapular dyskinesis: from the office worker to the elite overhead athlete. *Br J Sports Med* 2014;**48**:692–7.

[25] Kibler BW, Sciascia A, Wilkes T. Scapular dyskinesis and its relation to shoulder injury. *J Am Acad Orthop Surg* 2012;**20**:364–72.

[26] Kibler BW, Sciascia A, Wilkes T. Scapular dyskinesis and its relation to shoulder injury. *J Am Acad Orthop Surg* 2012;**20**:364–72.

[27] Pluim BM, Staal JB, Windler GE, Jayanthi N. Tennis injuries: occurrence, aetiology, and prevention. *Br J Sports Med* 2006;**40**:415–23.

[28] Gozlan G, Bensoussan L, Coudreuse JM, et al. Mesure de la force des muscles rotateurs de l'épaule chez des sportifs sains de haut niveau (natation, volley-ball, tennis) par dynamomètre isocinétique: comparaison entre épaule dominante et non dominante. *Ann Readapt Med Phys* 2006;**49**:8–15.

[29] Ellenbecker T, Roetert EP. Age specific isokinetic glenohumeral internal and external rotation strength in elite junior tennis players. *J Sci Med Sport* 2003;**6**:63–70.

[30] Silva RT, Gracitelli GC, Saccol MF, Frota De Souza Laurino C, Silva AC, Braga-Silva JL. Shoulder strength profile in elite junior tennis players: horizontal adduction and abduction isokinetic evaluation. *Br J Sports Med* 2006;**40**:513–7.

[31] Forthomme B. *Exploration musculaire isocinétique de l'épaule*. Thèse présentée en vu le de l'obtention du titre de docteur en kinésithérapie et réadaptation, Faculté de médecine, Université de Liège, 2005.

[32] Forthomme B, Crielaard JM, Forthomme L, Croisier JL. Field performance of javelin throwers: relationship with isokinetic findings. *Isokinet Exerc Sci* 2007;**15**:195–202.

[33] Young SW, Dakic J, Stroia K, Nguyen ML, Harris AHS, Safran MR. High incidence of infraspinatus muscle atrophy in elite professional female tennis players. *Am J Sports Med* 2015;**43**:1989–93.

[34] Ellenbecker TS, Dines D, Renstrom P, Windler G. Visual observation of apparent infraspinatus muscle atrophy in professional male tennis players. *J Orthop Sport Phys Ther* 2018;**48**:A38.

[35] Johansson FR, Skillgate E, Adolfsson A, et al. Asymptomatic elite adolescent tennis players' signs of tendinosis in their dominant shoulder compared with their non-dominant shoulder. *J Athl Train* 2015;**50**:1299–305.

[36] Fredericson M, Ho C, Waite B, Jennings F, Peterson J, Williams C, et al. Magnetic resonance imaging abnormalities in the shoulder and wrist joints of asymptomatic elite athletes. *PM R* 2009;**1**:107–16.

[37] Tooth C, Gofflot A, Schwartz C, Croisier JL, Beaudart C, Bruyère O, et al. Risk factors of overuse shoulder injuries in overhead athletes: a systematic review. *Sports Health* 2020;**12**:478–87.

[38] Forthomme B, Tooth C, Schwartz C, Kaux JF, Delvaux F, Croisie JL. Dyskinésie scapulaire chez le sportif : faut-il la contrer ? *J Traumatol Sport* 2018;**35**:158–62.

[39] Walker H, Gabbe B, Wajswelner H, Blanch P, Bennell K. Shoulder pain in swimmers: a 12-month prospective cohort study of incidence and risk factors. *Phys Ther Sport* 2012;**13**:243–9.

[40] Hjelm N, Werner S, Renstrom P. Injury risk factors in junior tennis players: a prospective 2-year study.

[41] Matsuura T, Iwame T, Suzue N, Arisawa K, Sairyo K. Risk factors for shoulder and elbow pain in youth base-ball players. *Phys SportsMed* 2017;**45**:1–5.

[42] Giroto N, Hespanhol Junior LC, Gomes MRC, Lopes AD. Incidence and risk factors of injuries in Brazilian elite hand-ball players: a prospective cohort study. *Scand J Med Sci Sports* 2017;**27**:195–202.

[43] Meeuwisse WH, Sellmer R, Hagel BE. Rates and risks of injury during intercollegiate basketball. *Am J Sports Med* 2003;**31**:379–85.

[44] Shanley E, Rauh MJ, Michener LA, Ellenbecker TS, Garrison JC, Thigpen CA. Shoulder range of motion measures as risk factors for shoulder and elbow injuries in high school softball and base-ball players.

[45] Shanley E, Kissenberth MJ, Thigpen CA, Bailey LB, Hawkins RJ, Michener LA, et al. Preseason shoulder range of motion screening as a predictor of injury among youth and adolescent base-ball pitchers. *J Shoulder Elb Surg* 2015;**24**:1005–13.

[46] Wilk KE, Macrina LC, Fleisig GS, Aune KT, Porterfield RA, Harker P, et al. Deficits in glenohumeral passive range of motion increase risk of shoulder injury in professional base-ball pitchers: a prospective study. *Am J Sports Med* 2015;**43**:2379–85.

[47] Shitara H, Kobayashi T, Yamamoto A, Shimoyama D, Ichinose T, Tajika T, et al. Prospective multifactorial analysis of preseason risk factors for shoulder and elbow injuries in high school base-ball pitchers. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc* 2017;**25**:3303–10.

[48] Asker M, Waldén M, Källberg H, Holm LW, Skillgate E. Preseason clinical shoulder test results and shoulder injury rate in adolescent elite hand-ball players: a prospective study. *J Orthop Sports Phys Ther* 2020;**50**:67–74.

[49] Tyler TF, Mullaney MJ, Mirabella MR, Nicholas SJ, McHugh MP. Risk factors for shoulder and elbow injuries in high school base-ball pitchers: the role of preseason strength and range of motion. *Am J Sports Med* 2014;**42**:1993–9.

[50] Clarsen B, Bahr R, Andersson SH, Munk R. Reduced glenohumeral rotation, external rotation weakness and scapular dyskinesis are risk factors for shoulder injuries among elite male hand-ball players: a prospective cohort study. *Br J Sport Med* 2014;**48**:1327–33.

[51] Byram IR, Bushnell BD, Dugger K, Charron K, Harrell FE, Noonan TJ. Preseason shoulder strength measurements in professional base-ball pitchers. *Am J Sports Med* 2010;**38**:1375–82.

[52] Edouard P, Degache F, Oullion R, Plessis JY, Gleizes-Cervera S, Calmels P. Shoulder strength imbalances as injury risk in hand-ball. *Int J Sports Med* 2013;**34**:654–60.

[53] Littlewood C, Cools AMJ. Scapular dyskinesis and shoulder pain: the devil is in the detail. *Br J Sports Med* 2018;**52**:72–3.

[54] McKenna L, Straker L, Smith A. Can scapular and humeral head position predict shoulder pain in adolescent swimmers and non-swimmers? *J Sports Sci* 2012;**30**:1767–76.

[55] Møller M, Nielsen RO, Attermann J, Wedderkopp N, Lind M, Sørensen H, et al. Hand-ball load and shoulder injury rate: a 31-week cohort study of 679 elite youth hand-ball players. *Br J Sports Med* 2017;**51**: 231–7.

[56] Myers JB, Oyama S, Hibberd EE. Scapular dysfunction in high school base-ball players sustaining throwing-related upper extremity injury: a prospective study. *J Shoulder Elb Surg* 2013;**22**:1154–9.

[57] Smith MV, Davis R, Brophy RH, Prather H, Garbutt J, Wright RW. Prospective player-reported injuries in female youth fast-pitch softball players. *Sport Heal A Multidiscip Approach* 2015;**7**:497–503.

[58] Forthomme B, Croisier JL, Delvaux F, Kaux JF, Crielaard JM, Gleizes-Cervera S. Preseason strength assessment of the rotator muscles and shoulder injury in hand-ball players. *J Athl Train* 2018;**53**:174–80.

[59] Seil R, Rupp S, Tempelhof S, Kohn D. Sports injuries in team handball: a one-year prospective study of sixteen men's senior teams of a superior non-professional level. *Am J Sports Med* 1998;**26**:681–7.

[60] Fleisig GS, Andrews JR. Prevention of elbow injuries in youth base-ball pitchers. *Sports Health* 2012;**4**:419–24.

[61] Fleisig GS, Andrews JR, Cutter GR, Weber A, Loftice J, McMichael C, et al. Risk of serious injury for young base-ball pitchers: a 10-year prospective study. *Am J Sports Med* 2011;**39**:253–7.

[62] Posner M, Cameron KL, Wolf JM, Belmont PJ, Owens BD. Epidemiology of major league base-ball injuries. *Am J Sports Med* 2011;**39**: 1676–80.

[63] Pluim BM, Loeffen FGJ, Clarsen B, Bahr R, Verhagen EALM. A one-season prospective study of injuries and illness in elite junior tennis. *Scand J Med Sci Sports* 2016;**26**:564–71.

[64] Chase KI, Caine DJ, Goodwin BJ, Whitehead JR, Romanick MA. A prospective study of injury affecting competitive collegiate swimmers. *Res Sport Med* 2013;**21**:111–23.

[65] Feijen S, Tate A, Kuppens K, Claes A, Struyf F. Swim-training volume and shoulder pain across the life span of the competitive swimmer: a systematic review. *J Athl Train* 2020;**55**:32–41.

[66] Lin DJ, Wong TT, Kazam JK. Shoulder injuries in the overhead-throwing athlete: epidemiology, mechanisms of injury, and imaging findings. *Radiology* 2018;**286**:370–87.

[67] Chung KC, Lark ME. Upper extremity injuries in tennis players: diagnosis, treatment, and management. *Hand Clin* 2017;**33**:175–86.

[68] Dines JS, Bedi A, Williams PN, Dodson CC, Ellenbecker TS, Altchek DW, et al. Tennis injuries: epidemiology, pathophysiology, and treatment. *J Am Acad Orthop Surg* 2015;**23**:181–9.

[69] Seminati E, Marzari A, Vacondio O, Enrico M. Shoulder injury prevention in volley-ball: performance and kinematics analysis of alternative spike techniques. *Br J Sports Med* 2014;**48**:659–60.

[70] Pohlgeers KM, Becker JA. Infraspinatus atrophy in a volley-ball player: a case of a Bennett lesion causing nerve impingement. *Curr Sports Med Rep* 2014;**13**:358–60.

[71] Eerkes K. Volley-ball injuries. *Curr Sports Med Rep* 2012;**11**:251–6.

[72] Laudner K, Sipes R. The incidence of shoulder injury among collegiate overhead athletes. *J Intercoll Sport* 2009;**2**:260–8.

[73] Goubault R, Martinez R, Assila N, Dowling-Medley J, Monga-Dubreuil E, Scherrer SA, et al. *Rapport R-1103. Effet de l'expertise et du sexe sur les contraintes à l'épaule en manutention*. Institut de recherche Robert-Sauvé IRSST, Université de Montréal, Québec; 2020.
[74] Stock S, Lazreg F. Institut national de santé publique du Québec. *Faits saillants : enquête québécoise sur des conditions de travail, d'emploi et de santé et de sécurité du travail*. Avril 2014. www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/1813_conditions_tms_faits_saillants.pdf.
[75] Desmeules F, Roy JS, Dyer JO, Frémont P, Clermont D, MacDermid JC, et al. *Rapport R-1109-fr. Les lésions professionnelles de la coiffe des rotateurs de l'épaule*. Institut de recherche Robert-Sauvé IRSST, Université de Montréal, Québec; 2021.
[76] Bodin J, Garlantézec R, Costet N, Descatha A, Fouquet N, Caroly S, et al. Forms of work organization and associations with shoulder disorders: results from a French working population. *Appl Ergon* 2017;**59**(Pt A):1–10.
[77] Hopman K, Krahe L, Lukersmith S, McColl A, Vine K. *Clinical practice guidelines for the management of rotator cuff syndrome in the workplace*. University of New South Wales, Port Macquarie (Australia); 2013.
[78] Kuijpers T, van der Windt DAWM, van der Heijden GJMG, Bouter LM. Systematic review of prognostic cohort studies on shoulder disorders. *Pain* 2004;**109**:420–31.
[79] van der Windt DA, Thomas E, Pope DP, de Winter AF, Macfarlane GJ, Bouter LM, et al. Occupational risk factors for shoulder pain: a systematic review. *Occup Environ Med* 2000;**57**:433–42.
[80] Sirén M, Viikari-Juntura E, Arokoski J, Solovieva S. Occupational and non-occupational risk factors of sickness absence due to a shoulder lesion. *Occup Environ Med* 2020;**77**:393–401.
[81] Duguay P, Boucher A, Busque MA, Prud'homme P, Vergara D. *Rapport R-749. Lésions professionnelles indemnisées au Québec en 2005–2007. Profil statistique par industrie : catégorie professionnelle*. Institut de recherche Robert-Sauvé IRSST, Université de Montréal, Québec; 2012.
[82] Holmström EB, Lindell J, Moritz U. Low back and neck/shoulder pain in construction workers: occupational workload and psychosocial risk factors. Part 1: Relationship to low back pain. *Spine* 1992;**17**:663–71.
[83] Punnett L, Fine LJ, Keyserling WM, Herrin GD, Chaffin DB. Shoulder disorders and postural stress in automobile assembly work. *Scand J Work Environ Health* 2000;**26**:283–91.
[84] Fewster KM, Dickerson CR. Centre of Research Expertise for the Prevention of Musculoskeletal Disorders (CRE-MSD). *Overhead work – Reduce the injury risk*. Mis à jour en avril 2021. uwaterloo.ca/centre-of-research-expertise-for-the-prevention-of-musculoskeletal-disorders/resources/position-papers/overhead-work-reduce-injury-risk.
[85] Dickerson CR, Brookham RL, Chopp JN. The working shoulder: assessing demands, identifying risks, and promoting healthy occupational performance. *Phys Ther Rev* 2011;**16**:310–20.
[86] Punnett L, Wegman DH. Work-related musculoskeletal disorders: the epidemiologic evidence and the debate. *J Electromyogr Kinesiol* 2004;**14**:13–23.
[87] Sommerich CM, Hughes RE. Aetiology of work-related disorders of the rotator cuff tendons: research and theory. *Theor Issues Ergon Sci* 2006;**7**:19–38.
[88] Sutinen P, Toppila E, Starck J, Brammer A, Zou J, Pyykko I. Hand-arm vibration syndrome with use of anti-vibration chain saws: 19-year follow-up study of forestry workers. *Int Arch Occup Environ Health* 2006;**79**:665–71.
[89] van der Molen HF, Foresti C, Daams JG, Frings-Dresen MHW, Kuijer PPFM. Work-related risk factors for specific shoulder disorders: a systematic reviewand meta-analysis. *Occup Environ Med* 2017;**74**:745–55.
[90] Kenny GP, Yardley JE, Martineau L, Jay O. Physical work capacity in older adults: implications for the aging worker. *Am J Ind Med* 2008;**51**:610–25.
[91] Breslin FC, Smith P. Age-related differences in work injuries: a multivariate, population-based study. *Am J Ind Med* 2005;**48**:50–6.
[92] Nordander C, Ohlsson K, Balogh I, Hansson GA, Axmon A, Persson R, et al. Gender differences in workers with identical repetitive industrial tasks: exposure and musculoskeletal disorders. *Int Arch Occup Environ Health* 2008;**81**:939–47.
[93] Treaster DE, Burr D. Gender differences in prevalence of upper extremity musculoskeletal disorders. *Ergonomics* 2004;**47**:495–526.
[94] Savage RJ, Best SA, Carstairs GL, Ham DJ, Doyle TL. On the relationship between discrete and repetitive lifting performance in military tasks. *J Strength Cond Res* 2014;**28**:767–73.
[95] Flatow EL, Soslowsky LJ, Ticker JB, Pawluk RJ, Hepler M, Ark J, et al. Excursion of the rotator cuff under the acromion. Patterns of subacromial contact. *Am J Sports Med* 1994;**22**:779–88.
[96] Hughes PC, Green RA, Taylor NF. Measurement of subacromial impingement of the rotator cuff. *J Sci Med Sport* 2012;**15**:2–7.
[97] Yanai T, Fuss FK, Fukunaga T. In vivo measurements of subacromial impingement: substantial compression develops in abduction with large internal rotation. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2006;**21**:692–700.
[98] Graichen H, Stammberger T, Bonel H, Englmeier KH, Reiser M, Eckstein F. Glenohumeral translation during active and passive elevation of the shoulder – A 3D open-MRI study. *J Biomech* 2000;**33**:609–13.
[99] Chopp JN, Fischer SL, Dickerson CR. The impact of work configuration, target angle and hand force direction on upper extremity muscle activity during sub-maximal overhead work. *Ergonomics* 2010;**53**:83–91.
[100] Desmoulins L. *Modélisation et analyses cinématiuqes de l'épaule lors de levers de charges en hauteur*. Thèse présentée à la Faculté des Etudes supérieures, en vue de l'obtention du grade de Philosophiae doctor (PhD) en biomécanique, Université de Montréal, Canada, 2016.
[101] van der Helm FC. Analysis of the kinematic and dynamic behavior of the shoulder mechanism. *J Biomech* 1994;**27**:527–50.
[102] Mottram SL. Dynamic stability of the scapula. *Man Ther* 1997;**2**:123–31.
[103] Veeger HE, van der Helm FC. Shoulder function: the perfect compromise between mobility and stability. *J Biomech* 2007;**40**:2119–29.
[104] Douma RK, Soer R, Krijnen WP, Reneman M, van der Schans CP. Reference values for isometric muscle force among workers for the Netherlands: a comparison of reference values. *BMC Sports Sci Med Rehabil* 2014;**6**:10.
[105] Faber A, Hansen K, Christensen H. Muscle strength and aerobic capacity in a representative sample of employees with and without repetitive monotonous work. *Int Arch Occup Environ Health* 2006;**79**:33–41.
[106] Harbo T, Brincks J, Andersen H. Maximal isokinetic and isometric muscle strength of major muscle groups related to age, body mass, height, and sex in 178 healthy subjects. *Eur J Appl Physiol* 2012;**112**:267–75.
[107] Marras WS, Parakkat J, Chany AM, Yang G, Burr D, Lavender SA. Spine loading as a function of lift frequency, exposure duration, and work experience. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2006;**21**:345–52.
[108] Pichene-Houard A, Wild P, Claudon L, Desbrosses K, Paris N, Michel B, et al. Chirurgie scapulaire consécutive au travail : facteurs prédictifs de la durée d'arrêt. *Arch Mal Prof Enviro* 2020;**81**:519.

B. Forthomme (bforthomme@chuliege.be).
C. Schwartz.
J.-F. Kaux.
J.-L. Croisier.
C. Tooth.
Département des sciences de l'activité physique et de la réadaptation, allée des Sports 2, Bâtiment B21, quartier Blanc Gravier, 4000 Liège Sart Tilman, Belgique.

Toute référence à cet article doit porter la mention : Forthomme B, Schwartz C, Kaux JF, Croisier JL, Tooth C. Gestuelle de lancer et des activités de la main au-dessus de la tête (activité overhead). EMC - Kinésithérapie-Médecine physique-Réadaptation 2024;37(4):1-7 [Article 26-012-P-40].