

Modification de l'activité des muscles stabilisateurs de la scapula chez des patients atteints de cervicalgie non-spécifique

Alteration of the scapula stabilizers' activity in patients with non specific chronic neck pain

CÉLIA PAQUIER¹ (BSc PT), THOMAS SCHILLINGER² (BSc PT), GUILLAUME CHRISTE³ (MSc PT)

1 Service orthopédie-rhumatologie DAL-CHUV, Lausanne, Suisse

2 Service de traumatologie DAL-CHUV, Lausanne, Suisse

3 Haute Ecole de Sante Vaud (HESAV), Haute Ecole Spécialisée de Suisse Occidentale (HES-SO), Filière Physiothérapie, Lausanne, Suisse

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêt en relation avec cet article

Keywords

Neck pain, scapula, lower trapezius, serratus anterior, muscular activity, EMG, fMRI

Mots clés

Cervicalgie, scapula, trapèze inférieur, dentelé antérieur, activité musculaire, EMG, IRM fonctionnelle

Abstract

Introduction: non specific chronic neck pain is a common condition, a main cause of disability and has widely been associated with the change of cervical muscle activity. Equally, a modification of scapular muscle activity has often been cited in the literature. What is the implication of the axio-scapular muscle activity in patients with chronic neck pain with regards to the anatomical proximity of the cervical and scapular regions?

Methods: in this review, the databases PubMed and CINHAL were consulted until March 2017. Seven articles were retained following a methodological and rigorous selection as they presented electromyography (EMG) or functional magnetic resonance imaging (fMRI) data on serratus anterior and/or lower trapezius; two muscles that do not insert on the cervical region.

Results: two out of three articles that studied muscle activity in serratus anterior showed significant change in temporal and spatial recruitment patterns. Significant differences in lower trapezius activity were found in two out of six articles. Two of these studies included individuals suffering from neck pain and scapular dyskinesis.

Résumé

Introduction: la cervicalgie non-spécifique chronique est une atteinte relativement fréquente. Elle est classée 4^e en terme de handicap et a déjà été mise en relation avec une modification de l'activité des muscles cervicaux. En parallèle, une modification de l'activité des muscles scapulaires a également souvent été citée. Ainsi, la proximité des régions scapulaire et cervicale soulève un questionnement autour de l'implication des muscles axio-scapulaires chez des patients cervicalgiques.

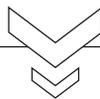
Méthodes: pour cette revue, les bases de données PubMed et CINHAL ont été consultées jusqu'en mars 2017. Une démarche méthodologique rigoureuse a permis d'obtenir sept articles présentant des données issues d'électromyographie (EMG) ou d'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) sur le dentelé antérieur et/ou le trapèze inférieur, deux muscles n'ayant aucune insertion sur la région cervicale.

Résultats: pour deux études sur trois, le dentelé antérieur a démontré un changement significatif de son organisation temporelle et spatiale. Une modification significative de l'ac-

Conclusion : despite the evidence concerning the change of serratus anterior activity, there is still no consensus for patients with neck pain in the literature due to the heterogeneity of the results in conjunction with lower trapezius activity. However, a link between scapular muscle activity and neck pain may exist, specifically in certain subgroups. Based on current evidence, strengthening of scapular muscles is recommended for patients with non-specific neck pain. However more research is needed to improve our understanding of this topic.

tivité du trapèze inférieur s'est manifestée dans deux études sur six, les deux portant sur des individus cervicalgiques avec atteinte scapulaire.

Conclusion : malgré une apparente modification d'activité du dentelé antérieur, l'hétérogénéité des résultats du trapèze inférieur ne permet pas de consensus pour tous les patients cervicalgiques. Un lien entre l'activité des muscles axio-scapulaires et la cervicalgie peut néanmoins exister, en particulier dans certains sous-groupes. En l'état actuel des connaissances, les exercices de renforcement de la ceinture scapulaire sont recommandés chez les patients souffrant de cervicalgies. D'autres études sont cependant nécessaires pour approfondir le sujet.



Introduction

La cervicalgie non-spécifique chronique est classée 4^e en terme de handicap global sur 291 conditions musculo-squelettiques considérées, et ceci exprimé en années de vie vécues en situation de handicap⁽¹⁾. Cette définition est employée lorsque les drapeaux rouges, tels que la radiculopathie, la myélopathie, les tumeurs et les fractures sont écartés et qu'aucune cause spécifique ne peut être identifiée comme étant responsable des symptômes^(2,3). De nombreux facteurs peuvent influencer la persistance des symptômes dans les cervicalgies non-spécifiques⁽⁴⁾. Parmi ceux-ci, des altérations de l'activité des muscles cervicaux ont été fréquemment décrites, comme par exemple un déficit d'activation des muscles fléchisseurs cervicaux profonds (muscles long de la tête et long du cou) menant à une réorganisation de la stratégie motrice de la région, et de nombreuses études proposent des traitements efficaces ciblant ces dysfonctions⁽⁵⁾. De plus, la région scapulaire semble avoir une influence importante sur la biomécanique du rachis cervical. En effet, de par sa proximité et sa relation avec le rachis cervical par l'intermédiaire de nombreux muscles s'y insérant, la scapula fonctionne comme un maillon essentiel à la bonne fonction de la région cervicale⁽⁶⁾. Dès lors, il est essentiel de mieux comprendre l'implication de la scapula, et notamment des muscles favorisant sa mobilité et sa stabilité, sur les cervicalgies non-spécifiques.

La cervicalgie touche 4,9% de la population avec une proportion plus marquée chez les femmes et affiche un pic de prévalence aux alentours de 45 ans⁽⁷⁾. De plus, 67% de la population en souffrira au cours de sa vie et un état chronique peut être retrouvé chez 30% des patients^(8,9).

Les atteintes structurelles retrouvées lors des différentes techniques d'imagerie sont faiblement corrélées avec les signes et symptômes présents lors d'une cervicalgie⁽¹⁰⁾. Par exemple, l'arthrose des différentes articulations du rachis cervical est fréquemment retrouvée sur les clichés radiographiques d'individus totalement asymptomatiques⁽¹¹⁾. De plus, une dégénérescence discale est retrouvée chez 14% des sujets <30 ans, 25% des sujets <40 ans et 75% des sujets >40ans, indépendamment de la présence de douleurs cervicales⁽¹²⁾. De ce fait, l'imagerie par résonance magnétique (IRM) ne peut donc pas être définie comme moyen diagnostique lors de cervicalgies

non-spécifiques, mais son utilité est démontrée lors de la suspicion de cervicalgie spécifique, telle que la radiculopathie⁽¹³⁾.

La scapula a un rôle très important dans la fonction du quadrant supérieur de par sa stabilité et sa mobilité. Premièrement, une bonne stabilité de la scapula permet de transférer de manière optimale la force générée par la région abdominale et les membres inférieurs aux membres supérieurs. Ensuite, sa mobilité dans les différents plans lui permet d'accompagner la tête humérale lors des mouvements des membres supérieurs et garantit ainsi une congruence optimale de l'articulation gléno-humérale⁽¹⁴⁾. Plus spécifiquement, ses rôles de mobilité et d'ancrage sont indispensables à la bonne fonction des muscles moteurs de la région cervicale⁽⁶⁾. Dès lors, une dysfonction de la scapula pourrait être un facteur contribuant aux cervicalgies, par exemple en surchargeant des muscles cervicaux qui n'ont plus l'ancrage nécessaire pour fonctionner de manière optimale et en perturbant l'organisation complexe des muscles du quadrant supérieur⁽¹⁵⁾. En effet, l'activité altérée des muscles axio-scapulaires, associée à une position moins favorable de la scapula, pourrait induire une importante contrainte sur le rachis cervical⁽¹⁶⁾.

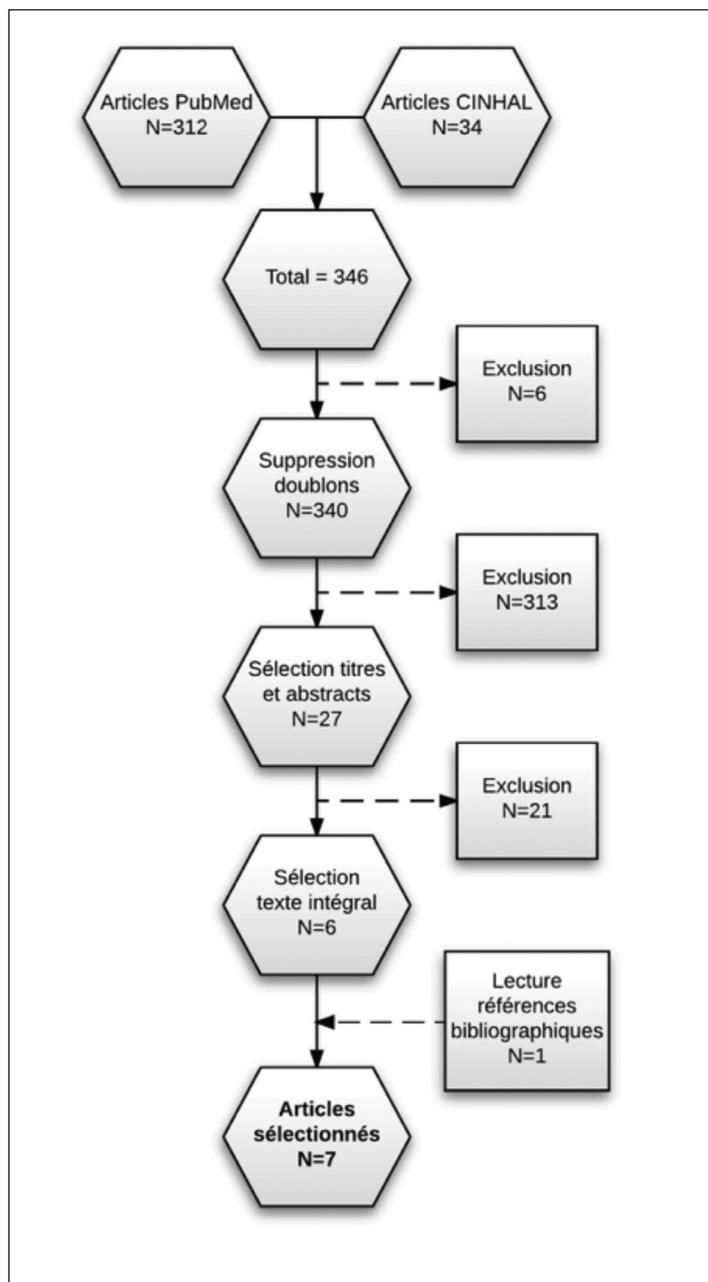
La dyskinésie scapulaire est une altération de la cinématique normale de la scapula⁽¹⁷⁾. Selon le Scapular Summit 2013, les causes sont très diverses et peuvent provenir de nombreuses structures⁽¹⁸⁾, telles qu'une origine osseuse, articulaire, nerveuse ou musculaire^(14,19,20). *Kibler et al.* mentionnent que « la dyskinésie scapulaire est due en grande partie à l'altération de l'activité, de l'extensibilité ou de la balance musculaire »⁽¹⁸⁾. Ainsi, une dyskinésie scapulaire pourrait être liée à la modification de l'activité de certains muscles périscapulaires.

L'évaluation de la dyskinésie scapulaire peut se faire à l'aide de différents tests^(17,21,22) et la recommandation pour mettre en évidence une dyskinésie scapulaire est de pratiquer le scapular dyskinesis test (SDTs). Ce dernier consiste à évaluer visuellement la présence ou non de dysrythmie ou de décollement de la scapula, éléments caractéristiques de la dyskinésie scapulaire, lors de l'élévation des membres supérieurs avec différents poids^(21,22).

Il est important de préciser que la dyskinésie scapulaire n'est pas nécessairement corrélée à des douleurs. La proportion

d'individus présentant une modification de la cinématique scapulaire varie entre une moitié et trois quarts de la population indifféremment de la présence de douleurs^(18,22). La grande variabilité des valeurs inter-études est sans doute

due à la multitude de techniques d'évaluation utilisées pour décrire la dyskinésie scapulaire et la difficulté à définir objectivement si oui ou non l'individu présente une dyskinésie scapulaire.



› Figure 1: synthèse de la recherche documentaire DA: Dentelé Antérieur)

La dyskinésie de la scapula a été fréquemment mise en lien avec les problématiques d'épaules par le biais de modification de l'activité des muscles de la scapula. En théorie, la diminution de l'activité du trapèze inférieur et du dentelé antérieur ainsi que l'augmentation de l'activité des rhomboïdes, de l'élévateur de la scapula et du petit pectoral limiteraient une bonne fonction de la scapula, notamment en diminuant le mouvement de sonnette latérale lors de l'élévation du bras⁽¹⁸⁾. Par exemple, une étude a mis en évidence un changement de l'activité intramusculaire des différentes portions du trapèze chez des athlètes présentant un conflit sous-acromial du côté atteint et non du côté controlatéral⁽²³⁾. En effet, une diminution de l'activité du trapèze inférieur serait présente lors de l'abduction, en parallèle avec une augmentation de l'activité du trapèze supérieur. De plus, une diminution de l'activité musculaire du dentelé antérieur est à relever chez des individus présentant cette pathologie d'épaule⁽²⁴⁾. Cet élément pourrait expliquer une diminution de la sonnette et de la rotation latérale de la scapula qui sont des fonctions du dentelé antérieur. Des conclusions similaires ont été énoncées pour d'autres pathologies d'épaule, dont l'instabilité gléno-humérale⁽¹⁹⁾.

Par opposition aux pathologies d'épaules, les recherches mettant en évidence qu'un lien éventuel entre la dyskinésie scapulaire et les cervicalgies sont rares^(19,25). En effet, la présence de cervicalgies a déjà été mise en relation avec une modification de l'activité du trapèze supérieur lors d'activités impliquant le membre supérieur⁽²⁶⁾. Cependant, de par ces insertions cervicales, il est difficile de savoir si cette modification est liée aux douleurs cervicales ou à la dysfonction scapulaire. Il est donc essentiel d'investiguer l'activité de muscles n'ayant pas d'insertion sur le rachis cervical.

Pour des raisons anatomiques et fonctionnelles, les muscles sélectionnés pour cette revue de la littérature sont le trapèze inférieur et le dentelé antérieur. Premièrement, ils possèdent une insertion sur la scapula et contribuent à en assurer certaines fonctions, propres à sa position et à son mouvement, qui sont déficitaires lors de la mise en évidence d'une dyskinésie scapulaire. Deuxièmement, ces muscles n'ont pas d'insertion sur la région cervicale. Cela réduit donc la probabilité

Critères d'inclusion	Critères d'exclusion
Cervicalgie non-spécifique	Cervicalgie avec « drapeaux rouges » et/ou lors de fibromyalgie et/ou suite à un traumatisme
Chronique (>3mois)	Aigüe et subaigüe (<3mois)
Population d'hommes et de femmes majeurs	Enfants
Muscles axio-scapulaires : trapèze inférieur et/ou dentelé antérieur	Muscles avec insertion sur le rachis cervical
Données EMG et IRM fonctionnelle	Données cliniques
Score JBI >6/8	Score JBI <6/8

› Tableau 1: critères d'inclusion et d'exclusion des individus (JBI: Joanna Briggs Institute, score de qualité)

	Szeto (2005)	Helgadottir (2011)	Sheard (2012)	Zakharova-Luneva (2012)	Wegner (2010)	Xie (2016)	Castelein (2016)
1. Echantillon représentatif de la population ?	0	0	0	0	1	0	0
2. Même stade de la maladie ?	1	1	1	1	1	1	1
3. Biais minimisés dans la sélection ?	1	1	0.5	1	1	1	1
4. Facteurs de confusion identifiés ?	1	1	1	1	0	1	1
5. Résultat évalué par critères objectifs ?	1	1	1	1	1	1	1
6. Suivi sur une période suffisante ?	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
7. Résultats des abandons ?	1	1	1	1	1	1	1
8. Mesure fiable des outcomes ?	1	1	1	1	1	1	1
9. Analyse statistique appropriée ?	1	1	1	1	1	1	1
Total	7	7	6.5	7	7	7	7

> Tableau 2: évaluation de la qualité selon la grille du Joanna Briggs Institute (OUI = 1, NON = 0, pas clair = 0.5, N/A: non applicable) pour études cas-témoin ou cohorte. Grille JBI-MAStARI (Meta Analysis of Statistics Assessment and Review Instrument) présentée ci-dessus

Auteurs	Nombre d'individus	Proportion de femmes (%)	Population (âge moyen ± DS)	Durée des symptômes (groupe cas)	Handicap
Szeto (2005)	n=43	100	1 groupe WRNULD (36 ± 4.6) 1 groupe contrôle (31.3 ± 7.2)	>3mois au cours de la dernière année, présents les 7 jours précédents l'évaluation	Non évalué
Helgadottir (2011)	n=72	87.5	1 groupe cervicalgie (35 ± 8) 1 groupe WAD (33 ± 10) 1 groupe contrôle (30 ± 8)	>6 mois	29 ± 10/100 au NDI
Sheard (2012)	n=20	60	1 groupe cervicalgie avec signes de dysfonction scapulaire (28.2 ± 5.3) 1 groupe contrôle (24.9 ± 3.2)	>3mois	≥ 10/100 au NDI Moyenne et DS non spécifiés
Zakharova-Luneva (2012)	n=38	66	1 groupe cervicalgie avec signes de dysfonction scapulaire (27.4 ± 7.0) 1 groupe contrôle (24.9 ± 6.7)	5.5 ± 4.8 ans	20.2 ± 5.5/100 au NDI
Wegner (2010)	n=20	66	1 groupe cervicalgie avec signes de dysfonction scapulaire (27.2 ± 6.9) 1 groupe contrôle (24.8 ± 6.6)	5.5 ± 4.8 ans	20.2±5.5/100 au NDI
Xie (2016)	n=40	60	1 groupe cervicalgie-omalgie (24.6 ± 3.1) 1 groupe contrôle (23.2 ± 3.1)	>3mois au cours de la dernière année, présents les 7 jours précédents l'évaluation	>8/100 au NDI >10.1 au DASH, partie fonctionnelle
Castelein (2016)	n=38	100	1 groupe cervicalgie (28.3 ± 10.1) 1 groupe contrôle (29.3 ± 11.7)	45.6 ± 36.3 mois	Non évalué

> Tableau 3: description des études (DS: déviation standard, NDI: Neck Disability Index, WAD: Whiplash Associated Disorder, WRNULD: Work-related neck and upper limb disorder, DASH: Disability of Arm Shoulder and Hand)

Auteurs	Outils de mesure	Outcomes	Tâche expérimentale	Muscle(s) étudié(s)	Différence d'activité intergroupe?	Commentaires
Szeto (2005)	EMG de surface	Activité musculaire (%CVM)	Dactylographie sur ordinateur	TI	Non : p=0.859	
Helgadottir (2011)	EMG de surface	Début de l'activité musculaire (1) Durée de l'activité musculaire (2)	Elévation et abaissement de l'épaule	DA	Oui : p<0.05 (1) p<0.02 (2)	(1) retardée (2) plus courte
				TI	Non : p>0.05	
Sheard (2012)	IRM fonctionnelle	Durée du temps de relaxation T2 pré et post exercice, représentant l'activité musculaire (1)	Elévation d'épaule	DA	Oui : p=0.02	(1) plus longue
Zakharova-Luneva (2012)	EMG de surface	Intensité de l'activité musculaire	ABD, RL et FL d'épaule	TI	Oui : p<0.025 (1) et p<0.034 (2)	ABD (1) et RL (2), mais pas la FL
Wegner (2010)	EMG de surface	Intensité de l'activité musculaire	Dactylographie sur ordinateur	TI	Oui : p=0.03	
Xie (2016)	EMG de surface	Activité musculaire (%CVM)	Dactylographie sur ordinateur et smartphone	TI	Non : p>0.001	
Castelein (2016)	Castelein (2016)	Activité musculaire (%CVM)	Exercices «Scaption & Towel Wall Slide»	DA TI	Non Non	

› Tableau 4: différence d'activité du dentelé antérieur et du trapèze inférieur entre les groupes (EMG : électromyographie; CVM : contraction volontaire maximale; TI : Trapèze inférieur, DA : Dentelé Antérieur)

qu'une modification d'activité de ces muscles soit due à un changement de pattern musculaire adaptatif à des stimuli douloureux⁽²⁷⁾.

Concernant les outils de mesure, l'électromyographie (EMG) de surface permet d'évaluer en temps réel l'activité de muscles idéalement superficiels. En effet, les capteurs EMG étant superficiels, le «bruit» de l'activité électrique des muscles environnants biaise les valeurs EMG d'activité du muscle profond visé⁽²⁸⁾.

En comparaison, l'IRM prélève une mesure de manière non invasive pour déterminer l'activité isolée de muscles situés en profondeur. L'IRM fonctionnelle (IRMf) présente l'inconvénient de mesurer l'activité musculaire après un temps de latence, par contre son seuil de détection d'activité est plus élevé. Par ailleurs, cet outil est moins sujet aux interférences provoquées par les régions environnantes⁽²⁹⁾.

L'objectif de la revue est d'évaluer le lien entre l'activité des muscles stabilisateurs de la scapula et les cervicalgies, en répondant à la question de recherche suivante : Quelle relation existe-t-il entre l'activité musculaire du trapèze inférieur et du dentelé antérieur et les cervicalgies non-spécifiques?

Notre hypothèse est que l'activité du trapèze inférieur et celle du dentelé antérieur serait altérée, et éventuellement diminuée, chez des patients souffrant de cervicalgie.

Méthodes

Cette revue de la littérature de type quantitatif a été élaborée à partir d'une recherche d'articles sur les bases de données PubMed et CINAHL jusqu'à mars 2017. Des critères d'inclusions et d'exclusions ont été formulés pour répondre à la question de recherche (Tableau 1) et une liste de mots-clés et descripteurs pour les deux bases de données retenues a aussi été établie. Un processus de sélection rigoureux a permis d'obtenir 7 articles (Figure 1).

Résultats

Qualité

Les 7 articles sélectionnés sont des études cas-témoins et ont été analysés à l'aide de la grille du Joanna Briggs Institute pour études cas-témoins ou cohorte, JBI-MAStARI (Meta Analysis of Statistics Assessment and Review Instrument) (Tableau 2). Il est important de souligner qu'un même item (6. Suivi sur une période suffisante) n'a pu être appliqué à aucune étude en raison de leur design. Cette démarche a permis de conserver tous les articles, grâce à des scores oscillant entre 6.5 et 7 points sur un total de 8 points atteignables.

Description des études

Les échantillons de population sont décrits dans le tableau 3 et le tableau 4 présente les résultats des muscles étudiés ainsi

que les tâches expérimentales. Dans chacune des études, l'activité des muscles sélectionnés est mesurée et comparée entre un groupe d'individus cervicalgiques et des sujets sains.

Synthèse des résultats présentée par muscle sélectionné

Trapèze inférieure

Lors d'une tâche standardisée d'une heure sur ordinateur, *Szeto et al.* (2005) ont démontré qu'il n'y avait pas de différence significative intergroupe de l'activité du trapèze inférieur⁽³⁰⁾. En revanche, lors d'une tâche similaire durant 5 minutes, *Wegner et al.* (2012) ont mis en évidence que l'augmentation d'activité du trapèze inférieur retrouvée dans les deux groupes était significativement inférieure dans le groupe « cervicalgie » ($p=0.03$)⁽³¹⁾.

Les études menées par *Helgadottir et al.* (2012) et *Castelein et al.* (2016), n'ont pas mis en évidence de différence significative d'activité du trapèze inférieur lors d'une tâche analytique dynamique^(15,32). En revanche, selon *Zakharova-Luneva et al.* (2012), lors d'une mesure de tâche analytique isométrique, l'activité du trapèze inférieur était significativement plus élevée lors de l'abduction ($p<0.025$) et de la rotation latérale ($p<0.034$) chez les patients cervicalgiques présentant des signes de dysfonction scapulaire que chez les individus du groupe contrôle⁽³³⁾.

En ce qui concerne l'étude de *Xie et al.* (2016) portant sur 3 tâches en lien avec l'utilisation de smartphone et la dactylographie sur ordinateur, aucune différence significative n'a pu être mise en évidence⁽³⁴⁾.

En conclusion, pour le trapèze inférieur, quatre études ne montrent pas de différence entre les groupes^(15,30,32,34), une étude montre une moindre augmentation de son activité, alors qu'une autre mesure une activité augmentée dans le groupe cervicalgie^(31,33). Les deux études montrant une différence concernent uniquement des individus cervicalgiques présentant des signes de dysfonction scapulaire et en particulier lors de tâches isométriques.

Dentelé antérieur

Lors d'une tâche analytique dynamique, *Helgadottir et al.* (2011) ont mis en évidence un retard significatif pour le début d'activité musculaire du dentelé antérieur ($p<0.05$) ainsi qu'une durée d'activité significativement plus courte ($p<0.02$), dans le groupe cervicalgie par rapport au groupe contrôle en utilisant l'EMG⁽³²⁾. En revanche, *Castelein et al.* (2016) n'ont pas trouvé de différence significative intergroupe au sujet de l'activité musculaire du dentelé antérieur.

L'étude de *Sheard et al.* (2012) a permis de révéler des informations quant à l'activité du dentelé antérieur grâce à l'IRMf⁽³⁵⁾. Tout d'abord, les valeurs du temps de relaxation T2 étaient significativement plus hautes dans le groupe « cervicalgie » en comparaison avec le groupe contrôle au niveau de mesure T6 uniquement ($p=0.02$), ce qui signifie que l'activité musculaire est augmentée. Enfin, cette étude a permis de mettre en évidence l'augmentation progressive de l'activité musculaire des différentes portions du dentelé antérieur en allant de crânial

vers caudal chez des individus sains. Cette graduation d'activité est absente dans le groupe « cervicalgie ».

En somme, deux études sur trois ont permis d'identifier un changement de l'organisation temporelle de l'activité du dentelé antérieur chez des individus atteints de cervicalgies. Une étude montre plutôt une activité diminuée du dentelé antérieur (début d'activation retardé, ainsi qu'un temps d'activation écourté), alors que l'autre montre une activité augmentée.

Discussion

Cette revue avait pour objectif d'identifier la relation entre cervicalgie et modification d'activité de deux muscles scapulaires, le trapèze inférieur et le dentelé antérieur. L'hypothèse d'un changement d'activité chez les patients cervicalgiques n'est que partiellement vérifiée. En effet, deux études sur six ont montré une augmentation d'activité du trapèze inférieur, et deux études sur trois ont identifié une modification de l'activité du dentelé antérieur chez les patients cervicalgiques.

En ce qui concerne le trapèze inférieur, il existe une différence majeure entre les quatre études rejetant la relation, *Szeto et al.* (2005), *Helgadottir et al.* (2011), *Xie et al.* (2016) et *Castelein et al.* (2016), et celles confirmant ce lien, *Zakharova-Luneva et al.* (2012), et *Wegner et al.* (2010) : la présence de signes cliniques de dysfonction scapulaire pour intégrer le groupe symptomatique dans ces deux dernières^(15,30,31,32,33,34). Les deux études supportant un lien entre cervicalgie et modification de l'activité du trapèze inférieur ont inclus des patients ayant des douleurs cervicales et une dysfonction scapulaire. Il est intéressant de noter que les critères de définition d'une dysfonction scapulaire diffèrent selon les groupes de recherche et qu'aucune des deux équipes de recherche ne suit scrupuleusement les recommandations du Scapular Summit 2013⁽¹⁸⁾. Ainsi, si ce critère d'inclusion est à l'origine des divergences de points de vue, il est possible d'avancer que le changement d'activité du trapèze inférieur pourrait être dû à cette dysfonction et non à la présence de cervicalgies. Est-ce que cette dyskinésie scapulaire est en relation avec les cervicalgies, cela reste sans réponse. En effet, la dyskinésie de la scapula est fréquemment présente chez des sujets asymptomatiques⁽³⁶⁾.

Il est possible de formuler l'hypothèse que le lien entre cervicalgie et dyskinésie de la scapula peut être présent chez un sous-groupe de patients cervicalgiques. Ce sous-groupe, avec une dyskinésie de la scapula, comporte une variable indépendante qui rend les résultats plus difficiles à interpréter. En effet, aucune étude n'a à ce jour mis en évidence une plus grande prévalence de dyskinésie scapulaire chez des patients souffrant de cervicalgies⁽³⁷⁾, et ces deux variables ne sont donc pas liées. La méthode empruntée pour les deux études concernées n'est donc pas méthodologiquement optimale au vu des objectifs respectifs des auteurs mais elles ont pour autant un intérêt afin de comprendre et justifier l'incidence de certaines prises en charge sur la région cervicale.

Les deux études ayant démontré un changement d'activité du trapèze inférieur ont montré une augmentation de son activité. En théorie, en termes de biomécanique de la scapula, une di-

minution de l'activité du trapèze inférieur serait attendue. En effet, des études rapportent plutôt une diminution d'activité du trapèze inférieur chez des patients présentant un conflit sous-acromial du côté atteint⁽²³⁾.

Cependant, plusieurs études ont également mis en avant l'augmentation de l'activité de certains muscles chez des patients présentant des cervicalgies chroniques. De manière générale, l'activité des muscles superficiels cervicaux (sterno-cléido-mastoïdiens et scalènes antérieurs, entre autres) est plus importante chez des individus cervicalgiques⁽¹⁵⁾. Cette augmentation de l'activité musculaire peut être une conséquence de la douleur et peut mener à des changements dans le comportement moteur. En effet, des patients cervicalgiques ont démontré une mobilité réduite du rachis, par exemple, lors de la marche⁽³⁸⁾. Ceci peut amener à une perturbation du contrôle moteur et pourrait participer à la persistance des symptômes chez ces patients.

Concernant le dentelé antérieur, deux études ont montré une modification de son activité musculaire chez les patients cervicalgiques. Une augmentation de son activité est retrouvée, ainsi qu'un retard de contraction et une durée d'activation plus courte. L'augmentation de l'activité du dentelé antérieur ne suit pas le même message que celui avancé par des études portant sur les pathologies gléno-humérales. En effet, il existe une diminution de l'activité musculaire du dentelé antérieur par opposition à une augmentation de celle du trapèze supérieur dans une population de patients avec symptômes de conflit sous-acromial^(19,24). Une modification d'activité à la hausse du dentelé antérieur chez des patients cervicalgiques est paradoxale lorsque la fonction importante de stabilisateur du dentelé antérieur est considérée. Il est donc possible de conclure que cette modification de pattern contractile du dentelé antérieur peut être propre à un contexte de douleurs cervicales, de la même manière que mentionné précédemment pour le trapèze inférieur. Il est néanmoins intéressant de souligner que la troisième étude présente des conclusions différentes; une absence de différence significative à mettre éventuellement en lien avec l'utilisation de l'EMG intramusculaire.

Les résultats de cette revue ne permettent pas de répondre clairement à la question du lien entre cervicalgie et dyskinésie de la scapula. L'activité musculaire du dentelé antérieur semble altérée, bien que ce muscle n'ait pas de lien anatomique direct avec le rachis cervical. Les études sur le trapèze inférieur suggèrent que l'activité de celui-ci n'est modifiée que chez un sous-groupe de patients, avec une identification au préalable d'une dysfonction de la scapula. Ces incertitudes apparaissent aussi dans d'autres revues de la littérature publiées récemment. La revue de *Cagnie et al.* avance des résultats similaires au sujet du changement d'activité du dentelé antérieur. Puis, les auteurs décrivent aussi des différences d'activité relatives entre trapèzes inférieur et supérieur ainsi qu'un changement de force des rhomboïdes et du trapèze moyen⁽³⁹⁾. De plus, la revue de *Castelein et al.* suggère qu'il n'existe pas de différence significative systématique, que ce soit pour le trapèze supérieur, moyen ou inférieur⁽³⁷⁾ entre des patients cervicalgiques et des sujets sains.

Malgré ces résultats contradictoires, cette revue permet de prendre conscience du possible lien entre cervicalgie et activité des muscles axio-scapulaires et d'intégrer cela dans l'évalua-

tion physiothérapeutique. La présente revue met en évidence que ces changements d'activité musculaire peuvent être particulièrement présents chez des patients ayant une dysfonction de la scapula, spécialement pour le trapèze inférieur. Dès lors, durant l'évaluation, le physiothérapeute pourrait être amené à identifier une modification de la position ou de la cinématique de la scapula chez des patients cervicalgiques. Si tel est le cas, cela leur permettrait ainsi de les considérer comme faisant partie d'un sous-groupe pour lequel la composante scapulaire aurait un rôle plus important.

Le Scapular Summit 2013 recommande les éléments d'évaluation suivants : l'observation visuelle afin de mettre en évidence une dyskinésie scapulaire, la pratique de tests de correction manuelle et leur effet sur les symptômes ressentis et l'évaluation des structures environnantes susceptibles d'être à l'origine de la dyskinésie scapulaire. Tout d'abord, l'observation visuelle doit essentiellement reposer sur la passation du Scapular Dyskinesia Test (SDT). Ensuite, les tests d'altération de symptômes permettent de mettre en évidence si la dyskinésie scapulaire est associée aux symptômes du sujet. Les tests à privilégier sont le Scapular Assistance Test (SAT) et le Scapular Retraction Test (SRT). Une adaptation des tests d'altération de symptômes pourrait être intéressante en remplaçant la motricité du membre supérieur par le mouvement cervical symptomatique. Enfin, les altérations des structures environnantes à évaluer sont les suivantes : une rétraction de la capsule postérieure de l'articulation gléno-humérale, une diminution de force des muscles stabilisateurs de la scapula (trapèze inférieur et dentelé antérieur) ainsi qu'une hypoextensibilité du muscle petit pectoral. L'évaluation de la force des muscles sélectionnés pour cette revue, à l'aide d'un testing musculaire par exemple, fait donc bien partie des recommandations cliniques en vigueur et l'évaluation de leur activité musculaire fait donc sens lors de l'évaluation de la fonction scapulaire⁽¹⁸⁾. Il est intéressant de noter qu'une modification d'activité des muscles moteurs de la scapula n'est pas forcément corrélée à une dyskinésie scapulaire.

Pour faire suite à la question de l'évaluation de la dysfonction scapulaire, la question de la prise en charge de ce syndrome semble essentielle. Lors de la mise en évidence d'une faiblesse du trapèze inférieur et du dentelé antérieur, un renforcement spécifique et fonctionnel serait à privilégier⁽⁴⁰⁾. Néanmoins, une récente étude relève qu'une contraction volontaire d'un muscle isolé est difficilement réalisable. Il serait donc plutôt question de proposer des exercices ciblant un recrutement musculaire global⁽⁴¹⁾. En effet, un entraînement fonctionnel global des muscles scapulaires, en particulier le trapèze inférieur et le dentelé antérieur, diminue la douleur ressentie dans la région cervicale et augmente le seuil de la douleur du trapèze inférieur. Cette étude, reposant sur une prise en charge de 10 semaines, porte sur des employés de bureau présentant des douleurs de la région cervicale et de l'épaule, répartis entre un groupe de prise en charge active et un groupe contrôle⁽⁴²⁾. De plus, les exercices ciblant des muscles de la région scapulaire sont bénéfiques en termes de douleur, posture et qualité de vie chez des patients cervicalgiques⁽⁴³⁾. L'étude qui avance ces faits a confronté une phase de renforcement intensif de la région scapulaire de quatre semaines à des sessions de relaxation, et il est intéressant de relever une normalisation d'activité du dentelé antérieur entre autres dans

le groupe de prise en charge active. Finalement, une approche active par des exercices, en combinant notamment des exercices de renforcement des muscles cervicaux et scapulaires, a démontré une efficacité dans les cas de cervicalgie ^(44,45,46,47) et est actuellement recommandée par les guidelines.

Il est donc réaliste d'avancer qu'un entraînement fonctionnel de la région scapulaire est bénéfique pour des patients cervicalgiques. Certains exercices sont à privilégier pour ce type de prise en charge, tout d'abord des exercices ciblant les muscles responsables d'une modification de la cinématique scapulaire ^{(Figures 2 & 3)⁽⁴⁰⁾} et ensuite, des exercices scapulaires ayant démontré une diminution significative des douleurs cervicales dans certaines études ^{(Figures 4 & 5)⁽⁴²⁾}. Selon les recommandations cliniques émises lors du Scapular Summit 2013, la rééducation de la mécanique scapulaire est inspirée de celle pratiquée chez les patients avec douleurs d'épaules. Un algorithme de raisonnement clinique avec des guidelines pratiques permet d'ores et déjà aux praticiens d'effectuer des prises en charge spécifiques aux déficits manifestés par leurs patients présentant une dyskinésie scapulaire ^(18,48).

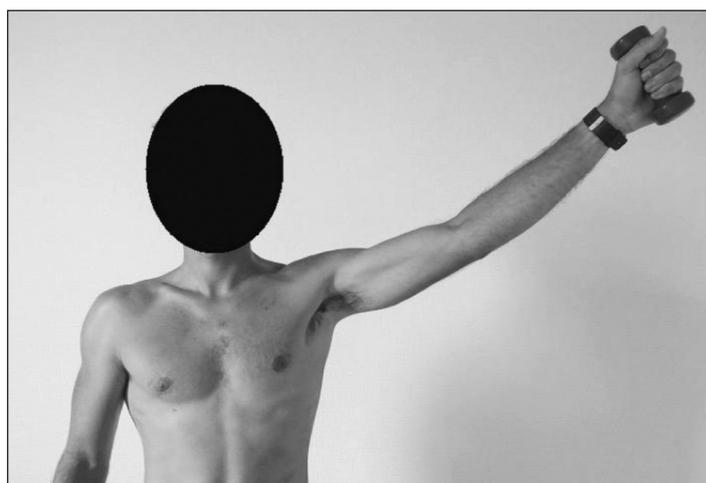
Cette revue présente certaines limites qu'il est nécessaire d'aborder. Premièrement, les échantillons d'individus rete-

nus dans les études sélectionnées pour cette revue sont relativement petits. Il est à noter que 5 études sur 7 portent sur une population de moins de 45 individus. Cependant, la majorité des études a sélectionné des participants ayant un degré de cervicalgie assez homogène, qualifiées de modérées à complètes par le Neck Disability Index (NDI), questionnaire d'auto-évaluation du handicap ⁽⁴⁹⁾. Deuxièmement, les tâches expérimentales de ces études sont relativement différentes, ce qui peut rendre les résultats plus difficilement comparables. Cinq études portent sur une mesure statique, alors que deux concernent une mesure dynamique. Néanmoins, cela donne une plus grande variété de tâches dans lesquelles les muscles sont évalués. Finalement, cette revue vise la mise en évidence d'une relation entre cervicalgies et modification de l'activité musculaire des muscles sélectionnés, sans donner de précisions quant à la nature de cette relation. Le design transversal emprunté par les études choisies ne permet pas de déterminer si la cervicalgie est la cause ou la conséquence de la modification de l'activité des muscles de la scapula. Elle ne permet pas non plus de définir si ces dysfonctions doivent être traitées pour révéler une diminution des symptômes et du handicap.

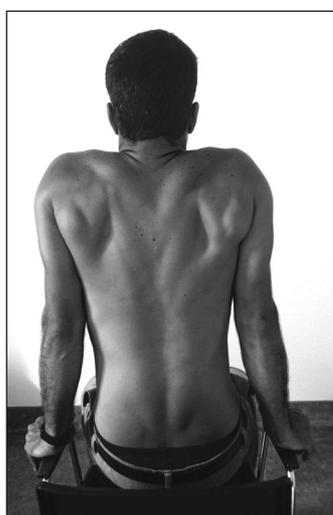
Malgré ces limites, la revue a également des points forts comme la bonne qualité des différentes études sélectionnées.



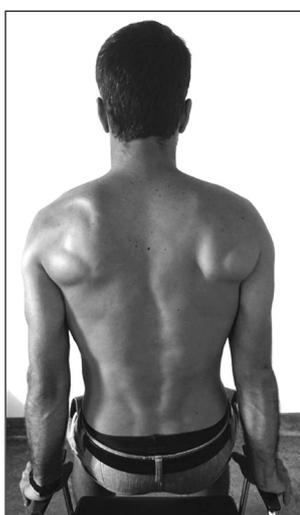
› Figure 2: exercice de renforcement des muscles axio-scapulaires (surtout le trapèze inférieur)



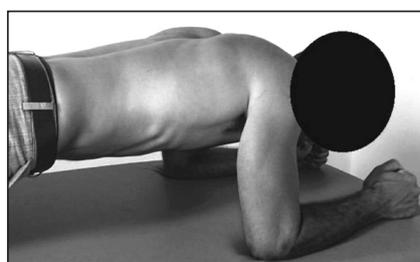
› Figure 3: exercice de renforcement des muscles axio-scapulaires



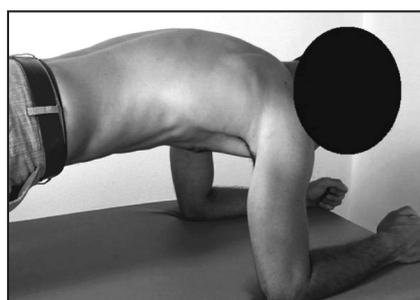
› Figure 4: exercice de renforcement (position 1)



› Figure 4 bis: exercice de renforcement (position 2)



› Figure 5: exercice de renforcement des muscles axio-scapulaires (surtout le dentelé antérieur)



› Figure 5 bis: exercice de renforcement des muscles axio-scapulaires (surtout le dentelé antérieur)

Les études menées par Szeto *et al.* (2005), Xie *et al.* (2016) et Castelein *et al.* (2016) font même preuve d'une excellente rigueur méthodologique^(15,30,34). De plus, les outils de mesures utilisés sont fiables et leur utilisation dans les études dépend surtout de l'objectif lié à leur utilisation. En effet, l'EMG de surface est particulièrement utile pour mesurer l'activité du trapèze inférieur, muscle plutôt superficiel, alors que l'IRM fonctionnelle et l'EMG intramusculaire sont plus pertinents pour mesurer l'activité de muscles plus profonds, tels que le dentelé antérieur.

En vue d'obtenir des conclusions avec une meilleure rigueur scientifique, il serait intéressant de mener une étude de type « cohorte longitudinale ». En effet, les études cas-témoins ne permettent pas d'établir le sens du lien de causalité entre la modification de l'activité musculaire et les cervicalgies.

En parcourant la littérature, une étude a montré que dans un groupe cervicalgique présentant une dysfonction scapulaire, un exercice de correction de la posture de la scapula supprime la différence d'activité entre les groupes⁽³¹⁾. En prenant en compte la modification d'activité du dentelé antérieur lors des cervicalgies, il serait judicieux d'une part de voir si une telle technique de correction de posture ou des exercices de renforcement permettrait de rétablir la fonction du dentelé antérieur et aussi d'en évaluer un éventuel impact sur le handicap lié aux cervicalgies.

Une piste pour de futures recherches serait de mener une étude randomisée contrôlée qui mesure l'efficacité d'une prise en charge tournée sur un objectif d'amélioration de la cinématique scapulaire (axée principalement sur le trapèze inférieur et le dentelé antérieur) en termes de fonction, symptômes et activité musculaire. Une étude questionnant le lien entre amélioration des symptômes et régularisation de l'activité musculaire serait à privilégier afin de comprendre par quels mécanismes le traitement est efficace. En effet, il est intéressant de relever que certaines études portant sur des patients avec douleurs d'épaule concluent que des patients bénéficiant d'une prise en charge axée sur la dyskinésie scapulaire ressentent une diminution de leurs symptômes sans qu'il n'y ait d'amélioration systématique de cinématique scapulaire⁽⁵⁰⁾.

Conclusion

En accord avec d'autres revues sur le sujet, il n'existe donc pour l'instant pas de preuves d'une modification systématique de l'activité des muscles stabilisateurs de la scapula chez les patients cervicalgiques. Cependant, dans deux études, il ressort que le dentelé antérieur présente des changements dans son pattern d'activité, que celui-ci soit évaluée par EMG ou IRM fonctionnelle. Dans deux autres études, l'activité du trapèze inférieur semble altérée chez des patients ayant une dysfonction de la scapula, précisant peut-être un sous-groupe de patients cervicalgiques. En outre, les études analysant l'effet d'un programme de renforcement des muscles scapulaires chez des patients cervicalgiques tendent à montrer des résultats positifs sur les symptômes et la fonction. Dès lors, en l'état actuel des connaissances scientifiques, il peut être recommandé d'évaluer la dyskinésie de la scapula chez des patients cervicalgiques et de proposer une prise en charge incluant des

exercices de renforcement de la région scapulaire. De futures recherches devront aider à mieux comprendre si ces effets positifs passent par un changement de la cinématique de la scapula ou de l'activité du trapèze et du dentelé antérieur.

Implications pour la pratique

- La région scapulaire peut être impliquée dans les situations de cervicalgies non-spécifiques qualifiées de modérées à complètes.
- Une modification d'activité musculaire du dentelé antérieur est prépondérante chez les patients cervicalgiques sélectionnés pour cette revue.
- Chez des patients cervicalgiques ayant une dyskinésie de la scapula, l'activité du trapèze inférieur est altérée.
- Un programme d'exercices globaux et fonctionnels ciblant les muscles axio-scapulaires est recommandé afin de diminuer les douleurs chez des patients cervicalgiques.

Contact

Thomas Schillinger
1005 Lausanne
Mail: thomasschillinger1509@gmail.com

Références

1. Hoy D, March L, Woolf A, Blyth F, Brooks P, Smith E et al. The global burden of neck pain: Estimates from the Global Burden of Disease 2010 study. *Annals of the Rheumatic Diseases*. 2014;73(7),1309-1315.
2. Borghouts J, Koes B, Bouter L. The clinical course and prognostic factors of non-specific neck pain: a systematic review. *Pain*. 1998;77(1):1-13.
3. Evans, G. Identifying and Treating the Causes of Neck Pain. *Medical Clinics of North America*. 2014;98(3),645-661.
4. Carroll L, Hogg-Johnson S, Côté P, van der Velde G, Holm L, Carragee E et al. Course and Prognostic Factors for Neck Pain in Workers. *European Spine Journal*. 2008;17(S1):93-100.
5. Ylinen J, Häkkinen A, Nykänen M, Kautiainen H, Takala EP. Neck muscle training in the treatment of chronic neck pain: a three-year follow-up study. *Eura Medicophyz*. 2007;43(2),161-169.
6. Cools A, Struyf F, De Mey K, Maenhout A, Castelein B, Cagnie, B. Rehabilitation of scapular dyskinesis: from the office worker to the elite overhead athlete. *British Journal of Sports Medicine*. 2013;48(8),692-697.
7. Hoy D, March L, Woolf A, Blyth F, Brooks P, Smith E et al. The global burden of neck pain: estimates from the Global Burden of Disease 2010 study. *Annals of the Rheumatic Diseases*. 2014;73(7),1309-1315.
8. Falla D. Unravelling the complexity of muscle impairment in chronic neck pain. *Manual Therapy*. 2004;9(3):125-133.
9. Childs J, Cleland J, Elliott J, Teyhen D, Wainner R, Whitman J, Sopky B, Godges J, Flynn T. Neck pain: Clinical practice guidelines linked to the International Classification of Functioning, Disability, and Health from the Orthopedic Section of the American Physical Therapy Association. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 2008;38(9):A1-A34.
10. Fransoo P. Examen clinique et traitement du cervicalgique. Paris: Frison-Roche; 2008.
11. Heller C, Stanley P, Lewis-Jones B, Heller R. Value of x ray examinations of the cervical spine. *BMJ*. 1983;287(6401):1276-1278.

12. Nordin M, Carragee E, Hogg-Johnson S, Weiner S, Hurwitz E, Peloso P et al. Assessment of Neck Pain and Its Associated Disorders. *European Spine Journal*. 2008;17(S1):101-122.
13. Cohen S. Epidemiology, Diagnosis, and Treatment of Neck Pain. *Mayo Clinic Proceedings*. 2015;90(2):284-299.
14. Kibler B, Sciascia A, Wilkes T. Scapular Dyskinesia and Its Relation to Shoulder Injury. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2012;20(6):364-372.
15. Castelein B, Cools A, Parlevliet T, Cagnie B. Are chronic neck pain, scapular dyskinesia and altered scapulothoracic muscle activity interrelated? A case-control study with surface and fine-wire EMG. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2016;31:136-143.
16. Jull G, Kristjansson E, Dall'Alba P. Impairment in the cervical flexors: a comparison of whiplash and insidious onset neck pain patients. *Manual Therapy*. 2004;9(2):89-94.
17. Kibler W, Ludewig P, McClure P, Uhl T, Sciascia A. Scapular Summit 2009, July 16, 2009, Lexington, Kentucky. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2009;39(11):A1-A13.
18. Kibler W, Ludewig P, McClure P, Michener L, Bak K, Sciascia A. Clinical implications of scapular dyskinesia in shoulder injury: the 2013 consensus statement from the 'scapular summit'. *British Journal of Sports Medicine*. 2013;47(14):877-885.
19. Ludewig P, Cook T. Alterations in Shoulder Kinematics and Associated Muscle Activity in People With Symptoms of Shoulder Impingement. *Physical Therapy*. 2000;80(3):276-291.
20. Borstad J, Ludewig P. The Effect of Long Versus Short Pectoralis Minor Resting Length on Scapular Kinematics in Healthy Individuals. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2005;35(4):227-238.
21. McClure P, Tate A, Kareha S, Irwin D, Zlupko E. A Clinical Method for Identifying Scapular Dyskinesia, Part 1: Reliability. *Journal of Athletic Training*. 2009;44(2):160-164.
22. Uhl T, Kibler W, Gecewich B, Tripp B. Evaluation of Clinical Assessment Methods for Scapular Dyskinesia. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2009;25(11):1240-1248.
23. Cools A, Declercq G, Cambier D, Mahieu N, Witvrouw E. Trapezius activity and intramuscular balance during isokinetic exercise in overhead athletes with impingement symptoms. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. 2006;17(1):25-33.
24. Struyf F, Cagnie B, Cools A, Baert I, Brempt J, Struyf P et al. Scapulothoracic muscle activity and recruitment timing in patients with shoulder impingement symptoms and glenohumeral instability. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2014;24(2):277-284.
25. Cools A, Witvrouw E, Declercq G, Danneels L, Cambier D. Scapular Muscle Recruitment Patterns: Trapezius Muscle Latency with and without Impingement Symptoms. *The American Journal of Sports Medicine*. 2003;31(4):542-549.
26. Falla D, Farina D, Dahl M, Graven-Nielsen T. Muscle pain induces task-dependent changes in cervical agonist/antagonist activity. *Journal of Applied Physiology*. 2006;102(2):601-609.
27. Hodges P, Richardson C. Altered trunk muscle recruitment in people with low back pain with upper limb movement at different speeds. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 1999;80(9):1005-1012.
28. Stokes I, Henry S, Single R. Surface EMG electrodes do not accurately record from lumbar multifidus muscles. *Clinical Biomechanics*. 2003;18(1):9-13.
29. Cagnie B, Elliott J, O'Leary S, D'Hooge R, Dickx N, Danneels L. Muscle Functional MRI as an Imaging Tool to Evaluate Muscle Activity. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2011;41(11):896-903.
30. Szeto G, Straker L, O'Sullivan P. A comparison of symptomatic and asymptomatic office workers performing monotonous keyboard work—1: Neck and shoulder muscle recruitment patterns. *Manual Therapy*. 2005;10(4):270-280.
31. Wegner S, Jull G, O'Leary S, Johnston V. The effect of a scapular postural correction strategy on trapezius activity in patients with neck pain. *Manual Therapy*. 2010;15(6):562-566.
32. Helgadóttir H, Kristjansson E, Einarsson E, Karduna A, Jonsson H. Altered activity of the serratus anterior during unilateral arm elevation in patients with cervical disorders. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2011;21(6):947-953.
33. Zakharova-Luneva E, Jull G, Johnston V, O'Leary S. Altered Trapezius Muscle Behavior in Individuals With Neck Pain and Clinical Signs of Scapular Dysfunction. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*. 2012;35(5):346-353.
34. Xie Y, Szeto G, Dai J, Madeleine P. A comparison of muscle activity in using touchscreen smartphone among young people with and without chronic neck-shoulder pain. *Ergonomics*. 2016;59(1):61-72.
35. Sheard B, Elliott J, Cagnie B, O'Leary S. Evaluating Serratus Anterior Muscle Function in Neck Pain Using Muscle Functional Magnetic Resonance Imaging. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*. 2012;35(8):629-635.
36. Oyama S, Myers J, Wassinger C, Daniel Ricci R, Lephart S. Asymmetric Resting Scapular Posture in Healthy Overhead Athletes. *Journal of Athletic Training*. 2008;43(6):565-570.
37. Castelein B, Cools A, Bostyn E, Delemarre J, Lemahieu T, Cagnie B. Analysis of scapular muscle EMG activity in patients with idiopathic neck pain: A systematic review. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2015;25(2):371-386.
38. Falla D, Gizzi L, Parsa H, Dieterich A, Petzke F. People With Chronic Neck Pain Walk With a Stiffer Spine. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2017;47(4):268-277.
39. Cagnie B, Struyf F, Cools A, Castelein B, Danneels L, O'Leary S. The Relevance of Scapular Dysfunction in Neck Pain: A Brief Commentary. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2014;44(6):435-439.
40. Ekstrom R, Donatelli R, Soderberg G. Surface Electromyographic Analysis of Exercises for the Trapezius and Serratus Anterior Muscles. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2003;33(5):247-258.
41. McQuade K, Borstad J, de Oliveira A. Critical and Theoretical Perspective on Scapular Stabilization: What Does It Really Mean, and Are We on the Right Track?. *Physical Therapy*. 2016;96(8):1162-1169.
42. Andersen C, Andersen L, Zebis M, Sjøgaard G. Effect of Scapular Function Training on Chronic Pain in the Neck/Shoulder Region: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Occupational Rehabilitation*. 2013;24(2):316-324.
43. Im B, Kim Y, Chung Y, Hwang S. Effects of scapular stabilization exercise on neck posture and muscle activation in individuals with neck pain and forward head posture. *Journal of Physical Therapy Science*. 2015;28(3):951-955.
44. Yildiz T, Turgut E, Duzgun I. Neck and Scapula-focused Exercise Training on Patients with Non-Specific Neck Pain: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2017:1-21.
45. Ylinen J, Takala E, Nykänen M, Häkkinen A, Mälkiä E, Pohjolainen T et al. Active Neck Muscle Training in the Treatment of Chronic Neck Pain in Women. *JAMA*. 2003;289(19):2509.
46. Kjaer P, Kongsted A, Hartvigsen J, Isenberg-Jørgensen A, Schiøttz-Christensen B, Søborg B et al. National clinical guidelines for non-surgical treatment of patients with recent onset neck pain or cervical radiculopathy. *European Spine Journal*. 2017;26(9):2242-2257.
47. Gross A, Paquin J, Dupont G, Blanchette S, Lalonde P, Cristie T et al. Exercises for mechanical neck disorders: A Cochrane review update. *Manual Therapy*. 2016;24:25-45.
48. Ellenbecker T, Cools A. Rehabilitation of shoulder impingement syndrome and rotator cuff injuries: an evidence-based review. *British Journal of Sports Medicine*. 2010;44(5):319-327.
49. Vernon H. The Neck Disability Index: State-of-the-Art, 1991-2008. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*. 2008;31(7):491-502.
50. McClure PW, Bialker J, Neff N, Williams G, Karduna A. Shoulder Function and 3-Dimensional Kinematics in People With Shoulder Impingement Syndrome Before and After a 6-Week Exercise Program. *Physical Therapy*. 2004;84(9):832-848.