

흡기 호흡 시 머리자세와 호흡패턴이 목빗근과 목갈비근의 근활성도에 미치는 영향

고은경¹ · 정도영²

¹마산대학교 물리치료학과, ²중부대학교 물리치료학과

Effect of Head Posture and Breathing Pattern on Muscle Activities of Sternocleidomastoid and Scalene during Inspiratory Respiration

Eun-Kyung Koh¹ · Do-Young Jung²

¹Department of Physical Therapy, Masan University, Chang-won, Korea

²Department of Physical Therapy, College of Tourism & Health Science, Joongbu University, Geumsan-gun, Korea

Received 31 July 2013; Received in revised form 20 August 2013; Accepted 16 September 2013

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the effect of head posture and respiratory pattern on muscle activities of sternocleidomastoid (SCM) and scalene during maximal respiration. The seventeen subjects with upper-costal breathing pattern were participated in this study. Surface electromyography was used to measure the muscles activities of SCM and scalene. The volume and velocity of inspiration were monitored by using the spirometer in each subject. Each subject was performed the 3-cycle of respiration in each condition. The mean values of three peak muscle activity in each muscle were used in the data analysis. A2 (head posture: forward head posture: FHP vs. neutral posture) X 2 (breathing pattern: costal vs. diaphragmatic) repeated-measures analysis of variance (ANOVA) was used to compare the normalized muscle activities of the SCM and scalene. The results showed that the muscle activities of SCM and scalene in diaphragmatic breathing were significantly lower than those in costal breathing for each head posture ($p < .0125$). The muscle activities of SCM in neutral position were lower than those in forward head position during costal breathing ($p < .0125$). The diaphragmatic breathing in neutral position of head is recommended to decrease the tension of the accessory inspiratory muscles during respiration in neck-pain patients with FHP.

Keywords: Accessory Inspiratory Muscles; Breathing Patterns; Forward Head Posture

I. 서 론

전방머리자세(forward head posture: [FHP])는 신체 무게중심을 관통하는 수평면에 가상의 수직선에 대해 머리가 전방에 위치한 상태를 의미한다(Yip, Chiu, & Poon,

2008). 전방머리자세는 목과 어깨관절의 통증, 턱관절장애(temporomandibular disorder) 그리고 경부성 두통(cervicogenic headache)과 관련이 있다(Kebaetse, McClure, & Pratt, 1999; Lee, Okeson, & Lindroth, 1995; Silva, Punt, Sharples, Vilas-Boas, & Johnson, 2009; Watson & Trott, 1993). 또한 이러한 자세는 근육 길이와 근력의 변화와도 관련이 있다. 즉, 심부 경추부 굽힘근(deep cervical flexors)의 약화, 뒤통수밑 근육(suboccipital muscle), 목빗근(semocleidomastoid: [SCM])과 목갈비근(scalene)의 단축(tightness)은 전방머리 자세와 관련이 있다(Page, Frank, & Lardner, 2009). 따라서 전방머리자세와 관련한 목, 어깨, 턱관절의 통증이 있는 환자들에게 이러한 근육의 불균형은 해결해야 할 문제

이 논문은 2013 WCPT-AWP 아시아 국제학술대회에서 발표된 논문임.
Corresponding Author : Do-Young Jung
Department of Physical Therapy, College of Tourism & Health Science,
Joongbu University, 201, Daehak-ro, Chubu-myeon, Geumsan-gun, Chung-
nam, Korea
Tel : +82-41-750-6764 / Fax : +82-41-750-6166
E-mail : ptsports@joongbu.ac.kr

점이며 이를 해결하기 위해서는 심부 경추부 굽힘근의 근력강화와 목빗근과 목갈비근의 신장운동은 필수적이다.

최근 연구들에서 목 통증환자들의 심부 경추부 굽힘근의 약화를 정량화하여 알아보는데 중점을 두고 있다(Falla, Jull, & Hodges, 2004; Jull, Kristjansson, & Dall'Alba, 2004; O'Leary, Falla, Jull, & Vicenzino, 2007). 심부 경추부 굽힘근들은 상부 경추를 굽힘 시켜 경추 만곡을 평평하게 하는 반면에, 목빗근과 목갈비근 같은 표면 경추부 굽힘근들(superficial cervical flexors)은 흉추에 대해 하부 경추를 굴곡시킨다(O'Leary et al., 2007). 따라서 목통증 환자의 경우 긴머리근(longus capitis)과 긴목근(longus colli)과 같은 심부경부 굴곡근의 약화를 표면 경추부 굽힘근들이 보상하게 된다(Cholewicki, Panjabi, & Khachatrian, 1997).

표면 경추부 굴곡근인 목빗근과 목갈비근은 목의 자세 기능 외에 부가적인 흡기 근육들(accessory inspiratory muscles)이다. 목빗근과 목갈비근은 흡기 시에 체벽(chest wall)에 작용하여 흉골과 늑골의 상부 방향의 전이(cranial displacement)를 일으키는 숨쉬기 움직임을 야기한다. 목갈비근은 안정 호흡 시 매 숨쉬기 마다 최대 흡기량의 약 7% 이후에 수축하는 근육이다(Hudson, Gandevia, & Butler, 2007). 목빗근은 흡기 시 부수적인 근육으로 일상적인 숨쉬기 동안에는 수축하지 않는다. 다만 1회 호흡량(tidal volume)이 탄산과잉(hypercapnia)으로 인해 증가되었거나 과호흡(hyperpnoea)으로 인해 또는 기능적인 잔존량(functional residual capacity)에서 정적인 흡기 노력 동안의 최대 흡기의 35%에서 목빗근이 수축된다(Yokoba, Abe, Katagiri, Tomita, & Easton, 2003). 이와같이 목빗근과 목갈비근은 목의 기능적인 움직임 뿐만 아니라 호흡과 관련있으며 이는 곧 호흡과 목통증은 관련이 있다.

몇몇 문헌에서는 전방머리자세와 관련 있는 가슴문증후군(thoracic outlet syndrome)과 같은 목통증 환자들은 횡경막을 활용한 호흡을 하지 않고 목빗근과 목갈비근을 주로 이용한 상부흉곽 호흡패턴(costal breathing pattern)을 지니기 때문에 이 근육들의 긴장을 줄이기 위해 횡경막 호흡 패턴(diaphragmatic pattern)을 가르쳐야 한다고 하였다(Kisner & Colby 2007; Page et al., 2009). Cagnie, Danneels, Cools, Dickx,와 Cambier (2008)의 연구에서 정상인 30명을 대상으로 머리-경부 굽힘 검사(cranio-cervical flexion test)시 상부흉곽 호흡 패턴이 있는 대상자가 횡경막 호흡 패턴을 지닌 대상자보다 목빗근의 근활성도가 유의하게 높다고 하였다. 따라서 이 연구자들은 상부 흉곽 호흡 패턴을 지닌 대상자들에게 머리-경추부 굽힘 검사 혹은 강화훈련 시 목빗근의 근활성도를 낮추기 위해 깊은 횡경막 호흡 후 천천히 호기하도록 해야한다고 보고하였다.

여러 문헌에서 호흡 패턴을 빠르게 교정하는 것이 전방

머리자세로 인한 목통증을 가진 환자들에서 필요하다고 제안하였다. 그러나 아직까지 머리자세와 호흡패턴에 따른 흡기 보조근육인 목빗근과 목갈비근의 근활성도에 미치는 영향에 대한 연구가 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 정상인을 대상으로 호흡 시 머리자세와 호흡패턴에 따른 목빗근과 목갈비근의 근활성도를 비교하고자 실시하였다. 본 연구의 가설은 상부흉곽 호흡 패턴이 횡경막 호흡 패턴보다 호흡 시 표면 경추부 굽힘근인 목빗근과 목갈비근의 근활성도가 클 것이라든 것과 목의 중립자세가 전방 머리자세보다 목빗근과 목갈비근의 근활성도가 작을 것이라든다고 설정하였다.

II. 연구방법

1. 연구 대상자

본 연구의 대상자는 OO대학교에 재학중인 목과 어깨에 통증이 없으며 상부흉곽 호흡 패턴을 지닌 성인 남녀 17명을 대상으로 실시하였다. 이전 연구에서 호흡패턴을 결정짓는 정량적인 기준이 없고 단지 실험자들의 정성적인 방법을 통해 상부 흉곽 호흡 패턴을 알아보았다(Cagnie et al., 2009). 상부흉곽 호흡 패턴은 대상자가 선 자세에서 두명의 실험자가 확인을 하였다. 첫 번째 실험자의 왼손은 상부 가슴 그리고 오른손은 상부 등에 다른 실험자의 왼손은 오른쪽 하부 흉곽 부위에 오른손은 상부 복부에 올려놓고 대상자로 하여금 평상시 5회 호흡을 하도록 지시하였다. 두 명의 실험자가 서로 위치를 바꾸어 확인하여 흡기 시 흉곽이 확연하게 위로 올라가는 상부 흉곽 호흡 패턴을 지닌 대상자들을 선정하였다. 측정하는 대상자 중 호흡 장애가 있거나 그로 인해 수술한 경험이 있는 대상자는 제외시켰다. 연구의 목적과 방법을 연구대상자에게 충분히 설명하였고, 대상자는 실험참여에 동의하였다. 실험에 참여한 대상자들은 나이 24.65±5.3세, 키 161.94±4.4 cm, 몸무게 54.24±5.9 kg이었다. 본 연구는 건강한 성인을 대상으로 했기 때문에 본 연구의 결과를 모든 대상자에게 일반화할 수는 없다.

2. 실험기기 및 도구

흡기 시 부가적인 호흡근육인 목빗근과 목갈비근의 근활성도와 각 근육의 최대 수의적 등척성 수축(maximal voluntary isometric contraction, [MVIC]) 시 근활성도를 측정하기 위해 무선 표면근전도 시스템인 TeleMyo DTS(Noraxon, USA)를 사용하였다. 표본 수집률은 1500 Hz로 하였으며 원 신호를 주파수 대역 필터인 20-250 Hz를 사용하고 각 근육별 근전도 신호를 평균평방근(root mean

square: [RMS])로 처리하였다. 근전도 자료는 MyoResearch Master Edition 1.07 XP software (Noraxon, USA)를 사용하여 분석하였다. 호흡량과 호흡 속도를 통제하기 위해 폐활량 측정기(microQuark, COSMED, Italy)를 활용하였다.

2. 실험 절차

대상자들에게 우선 실험에 대한 절차를 설명한 후 목빗근과 목갈비근의 근활성도를 알아보기 위해 각각의 근육에 전극을 부착하였다. 전극을 부착하기 전에 피부를 알코올 솜으로 닦고 피부저항을 낮췄다. 전극사이의 거리는 2 cm로 일정하게 부착하였다. 목빗근은 꼭지돌기(mastoid process)와 빗장뼈(clavicle)의 중간 지점, 그리고 앞쪽 목갈비근은 목빗근으로부터 뒤쪽으로 이동하여 위 등세모근(upper trapezius)의 앞쪽에 근 섬유 방향과 평행하게 부착하였다(Criswell, 2010). 흡기 시 두 가지 머리자세를 결정하기 위해 천장에 중력 선(plumb line)을 설치하였다. 머리의 중립 자세에서는 지면에 수직인 중력선과 바깥귀길(external auditory meatus), 봉우리 돌기(acromion process), 그리고 큰돌기(greater trochanter)를 일치시켰다. 전방머리 자세는 귀구슬(targus)이 5 cm 앞으로 나오도록 하였다(Figure 1A, B). 각 대상자들의 호흡량과 호흡속도를 일정하게 하기 위해 폐활량 측정기를 활용하였다. 호흡량은 각 대상자들의 최대흡기호흡량의 80%로 하였으며 호흡속도는 5초 동안 1회 호흡하도록 하였다(Figure 2). 각 호흡패턴에 따라 호흡속도와 호흡량에 익숙할 때 까지 연습하였다. 3회 호흡하여 3번 반복 측정하였으며 측정 마다 5분씩 휴식을 취하였다. 마지막으로 각 근육의 최대 수의적 수축 시 근활성도를 3회 측정하였다. 본 실험의 제한점으로 표면근전도를 사용했기 때문에 심부에 있는 횡경막의 근활성도를 측정하지 못해 호흡패턴에 따른 부가적인 흡기 근육과 횡경막과의 근활성도를 비교할 수 없다는 것이다.

3. 자료 분석

각 조건에 따른 목빗근과 앞쪽 목갈비근의 근활성도를 정규화(normalization)하기 위해 최대 등척성 수의적 수축 시 근활성도를 측정하여 평균평방근(RMS)으로 처리된 각 근육의 근활성도를 백분율(%MVIC)로 분석하였다. 각 조건별로 3회 호흡한 각각의 최대 근활성도의 평균값을 대표값으로 하고 3번 반복 측정된 값의 평균값으로 통계 분석하는데 사용하였다. 머리자세와 호흡패턴에 따른 목빗근과 목갈비근의 근활성도를 알아보기 위해 반복 측정된 개체 내 이요인 분산분석(repeated measures ANOVA with



(a)



(b)

Figure 1. Head posture((a): neutral posture; (b): forward head posture)

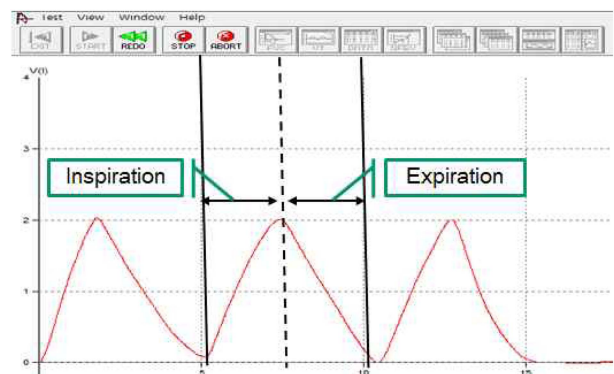


Figure 2. Spirometer to control respiration

2×2 within-subject factor)을 사용하였다. 두 가지 요인은 머리자세(전방머리자세, 중립자세)와 호흡패턴(상부 흉곽 호흡 패턴, 횡경막 호흡 패턴)이었으며 4개의 수준(2×2)으로 분석하였다. 4가지 조건 간의 차이를 알아보기 위해 사후검정은 본페로니 수정법(Bonferroni's correction)을 사용하였다. 모든 통계처리는 SPSS ver. 18.0 프로그램을 이용하였고, 유의수준은 $\alpha < 0.0125$ ($0.05/4$)로 하였다.

III. 결 과

<Table 1>은 호흡 시 머리자세와 호흡패턴에 따른 목빗근과 목갈비근의 근활성도이다. 호흡패턴에 따른 목빗근의 근활성도는 통계학적으로 유의한 차이가 있었으며($p < 0.05$) 또한 머리자세에 따른 근활성도 또한 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 교호작용은 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$, Table 2). 사후분석 결과, 상부흉곽 호흡 패턴에서 중립자세가 전방머리자세보다 근활성도가 유의하게 작았으며($p < 0.0125$) 각각의 머리자세에서 횡경막 호흡 패턴이 상부흉곽 호흡 패턴보다 근활성도가 유의하게 작았다($p < 0.0125$, Figure 3A).

호흡패턴에 따른 목갈비근의 근활성도는 통계학적으로 유의한 차이가 있었으나($p < 0.05$) 머리자세에 따른 근활성도는 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$, Table 2). 사후분석 결과, 각각의 머리자세에서 횡경막 호흡 패턴이 상부흉곽 호흡 패턴보다 근활성도가 유의하게 작았다($p < 0.0125$, Figure 3B).

IV. 논 의

본 연구는 정상인을 대상으로 호흡 시 머리자세와 호흡 패턴에 따른 목빗근과 목갈비근의 근활성도를 비교하고자 하였다. 본 연구에서 목빗근은 상부흉곽 호흡 패턴에서 중립자세가 전방머리자세보다 근활성도가 유의하게 작았으

Table 1. SEMG activities of SCM and scalene during respiration (Unit: %MVIC)

Muscle	Upper-costal pattern		Diaphragmatic pattern	
	FHP ^b	NP ^c	FHP	NP
SCM ^a	47.17±23.75 ^d	36.24±16.63	6.49±4.74	8.70±7.30
Anterior scalene	54.17±27.45	53.24±25.03	10.10±7.32	13.45±12.83

^asternocleidomastoid, ^bforward head posture, ^cneutral posture, ^dmean±SD

Table 2. Significance of SEMG activities of SCM and scalene on head posture and breathing pattern

Muscles	Effect	F-value	p-value
SCM ^d	Head posture	10.435	0.005*
	Breathing pattern	70.516	0.000*
	Head posture × Breathing pattern	13.473	0.002*
Anterior scalene	Head posture	0.408	0.532
	Breathing pattern	50.756	0.000*
	Head posture × Breathing pattern	1.205	0.289

^asternocleidomastoid, * $p < 0.05$

며($p < 0.0125$) 각각의 머리자세에서 횡경막 호흡 패턴이 상부흉곽 호흡 패턴보다 근활성도가 유의하게 작았다($p < 0.0125$). 또한 목갈비근은 각각의 머리자세에서 횡경막 호흡 패턴이 상부흉곽 호흡 패턴보다 근활성도가 유의하게 작았다($p < 0.0125$). 정상인을 대상으로 호흡운동 시 목빗근과 목갈비근의 근활성도를 알아본 Santos, Ruas, Sande de Souza와 Volpe (2012)의 연구에서 최대 호흡 시 목빗근과 목갈비근의 근활성도는 각각 55.5%MVIC와 64.2%MVIC였다. 본 연구에서는 상부흉곽 호흡패턴에서 목빗근은 전방머리자세와 중립자세에서 각각 47.12%와 36.24%였으며 목갈비근은 전방머리자세와 중립자세에서 각각 54.17%MVIC와 53.24%MVIC였다. 이전연구와 비교했을 때 목빗근의 근활성도가 목갈비근에 비해 약 10%MVIC가 낮은 것은 본 연구와 유사하였다. 하지만 각 근육에 대해 약 10%MVIC가 낮게 측정되었다. 그 이유는 이전 연구는 최

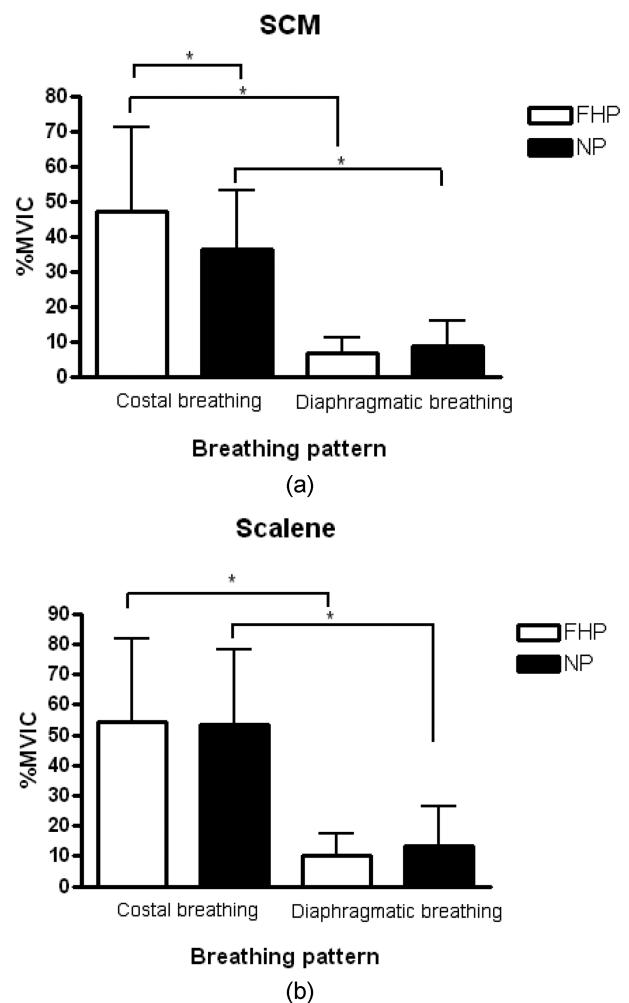


Figure 3. Results of post-hoc test in SCM (a) and scalene (b) Statistically significant at the level of $p < 0.0125$ FHP: forward head posture, NP: neutral posture

대 호흡 시 각 근육의 근활성도를 알아보았지만 본 연구에서는 최대 호흡량의 80%로 호흡하였기 때문이라 사료된다.

여러 선행연구들에서 호흡방법에 따른 목빗근과 목갈비근의 근활성도를 알아본 연구들이 있었다(Costa, Vitti, de Oliveira Tosello, & Costa, 1994; de Mayo et al., 2005; Tomich et al., 2007; Ribeiro, Marchiori, & Silva, 2002; Santos et al., 2012). de Mayo et al. (2005)의 연구에서는 앉은 자세, 선 자세, 그리고 옆으로 누운 자세에서 횡경막 호흡과 상부흉곽 호흡 패턴을 각각 지닌 대상자들의 목빗근과 목뿔위근(suprahyoid muscle)의 근활성도를 비교하였다. 연구결과 호흡 패턴이 다른 대상자들의 안정 호흡(resting breathing) 시 목빗근의 근활성도는 유의한 차이가 없었다. 하지만 본 연구에서는 목빗근과 목갈비근 모두 각각의 머리자세에서 횡경막 호흡 패턴이 상부흉곽 호흡 패턴보다 근활성도가 유의하게 작았다. 이전 연구와 본 연구의 연구결과가 차이가 나는 것은 본 연구에서는 최대 호흡의 80%의 호흡 시 근활성도를 측정된 반면에 이전 연구는 안정 시 호흡으로 했기 때문이다. 이전 연구에서 목빗근은 흡기 시 부수적인 근육으로 일상적인 숨쉬기(안정 호흡) 동안에는 거의 수축하지 않으며 최대 흡기의 35%에서 목빗근이 수축된다고 보고하였다(Yokoba, et al., 2003, Hudson et al., 2007).

본 연구에서는 목빗근과 목갈비근 모두 각각의 머리자세에서 횡경막 호흡 패턴이 상부흉곽 호흡 패턴보다 근활성도가 유의하게 작았다. 그 이유는 흉곽 호흡 패턴을 사용하여 호흡을 하게 되면 부가적인 흡기 근육인 목빗근과 목갈비근을 작용하는 대신에 횡경막을 사용하여 호흡하지 않기 때문이라 사료된다. 본 연구에서는 상부흉곽 호흡 패턴을 지닌 대상자를 선정하였다. 일반적으로 횡경막 호흡 패턴을 지닌 대상자와 비교했을 때 흉곽호흡 패턴을 지닌 대상자들이 호흡 시 목빗근이 두드러지게 수축되는 것을 관찰할 수 있었다. 목과 어깨 관절 통증이 있는 환자들 중 부가적인 흡기 근육을 지배적으로 사용하면 잘못된 호흡 습관을 교정하기 위해 횡경막 호흡 훈련을 추천한다. 또한 본 연구에서 목빗근은 상부흉곽 호흡 패턴에서 중립자세가 전방머리자세보다 근활성도가 유의하게 작았다. 따라서 전방머리자세를 지닌 목통증 환자에게 호흡 시 흡기 보조 근육인 목빗근과 목갈비근의 긴장을 감소시키기 위해 중립 머리 자세에서 횡경막 호흡 패턴을 적용하는 것을 추천한다. 향후 연구에서는 전방머리자세를 지닌 목 통증 환자를 대상으로 장기간 동안 중립자세에서 횡경막 호흡 패턴을 수행했을 때 통증정도가 감소되는지 알아볼 필요가 있다.

V. 결 론

본 연구는 정상인을 대상으로 호흡 시 머리자세와 호흡 패턴에 따른 목빗근과 목갈비근의 근활성도를 비교하고자 하였다. 본 연구에서 목빗근은 상부흉곽 호흡 패턴에서 중립자세가 전방머리자세보다 근활성도가 유의하게 작았으며 각각의 머리자세에서 횡경막 호흡 패턴이 상부흉곽 호흡 패턴보다 근활성도가 유의하게 작았다. 또한 목갈비근은 각각의 머리자세에서 횡경막 호흡 패턴이 상부흉곽 호흡 패턴보다 근활성도가 유의하게 작았다. 따라서 본 연구를 통해 전방머리자세를 지닌 목 통증 환자에게 흡기 보조근육인 목빗근과 목갈비근의 긴장을 감소시키기 위해 일상생활 동작 혹은 운동 시 호흡하는 동안에 머리를 중립 자세를 취한 상태에서 횡경막 호흡을 하도록 해야한다.

참고문헌

- Cagnie, B., Danneels, L., Cools, A., Dickx, N., & Cambier, D. (2008). The influence of breathing type, expiration and cervical posture on the performance of the cranio-cervical flexion test in healthy subjects. *Manual Therapy*, 13(3), 232-238.
- Cholewicki, J., Panjabi, M. M., & Khachatryan, A. (1997). Stabilizing function of trunk flexor-extensor muscles around a neutral spine posture. *Spine*, 22(19), 2207-2212.
- Costa, D., Vitti, M., de Oliveira Tosello, D., & Costa, R. P. (1994). Participation of the sternocleidomastoid muscle on deep inspiration in man. An electromyographic study. *Electromyography and Clinical Neurophysiology*, 34(5), 315-320.
- Chriswell, E. (2010). *Introduction to surface Electromyography*. 2nd edition. Jones and Bartlett Publishers, Inc. New York.
- de Mayo, T., Miralles, R., Barrero, D., Bulboa, A., Carvajal, D., Valenzuela, S., & Ormeno, G. (2005). Breathing type and body position effects on sternocleidomastoid and suprahyoid EMG activity. *Journal of Oral Rehabilitation*, 32(7), 487-494.
- Falla, D. L., Jull, G. A., & Hodges, P. W. (2004). Patients with neck pain demonstrate reduced electromyographic activity of the deep cervical flexor muscles during performance of the craniocervical flexion test. *Spine*, 29(19), 2108-2114.
- Hudson, A. L., Gandevia, S. C., & Butler, J. E. (2007). The effect of lung volume on the co-ordinated recruitment of scalene and sternomastoid muscles in humans. *The Journal of physiology*, 584(1), 261-270.
- Jull, G., Kristjansson, E., & Dall'Alba, P. (2004). Impairment in the cervical flexors: a comparison of whiplash and insidious onset neck pain patients. *Manual Therapy*, 9(2), 89-94.
- Kebaetse, M., McClure, P., & Pratt, N. A. (1999). Thoracic position effect on shoulder range of motion, strength, and three-dimensional scapular kinematics. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 80(8), 945-950.
- Kinsner, C & Colby, L. (2007). *Therapeutic Exercise: Foundations*

- and Techniques*. 5th edition. F.A Davis Company. Philadelphia.
- Lee, W. Y., Okeson, J. P., & Lindroth, J. (1995). The relationship between forward head posture and temporomandibular disorders. *Journal of Orofacial Pain*, 9(2), 161-167.
- O'Leary, S., Falla, D., Jull, G., & Vicenzino, B. (2007). Muscle specificity in tests of cervical flexor muscle performance. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 17(1), 35-40.
- Page, P., Frank, C., & Lardner, R. (2009). *Assessment and Treatment of Muscle Imbalance: The Janda Approach*. Human Kinetics, Illinois.
- Ribeiro, E. C., Marchiori, S. C., & Silva, A. M. (2002). Electromyographic analysis of trapezius and sternocleidomastoideus muscles during nasal and oral inspiration in nasal- and mouth-breathing children. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 12(4), 305-316.
- Santos, T. V., Ruas, G., Sande de Souza, L. A., & Volpe, M. S. (2012). Influence of forward leaning and incentive spirometry on inspired volumes and inspiratory electromyographic activity during breathing exercises in healthy subjects. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 22(6):961-967.
- Silva, A. G., Punt. T. D., Sharples. P., Vilas-Boas, J. P., & Johnson, M. I. (2009). Head posture and neck pain of chronic non-traumatic origin: a comparison between patients and pain-free persons. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 90(4), 669-674.
- Tomich, G. M., Franca, D. C., Diorio, A. C., Britto, R. R., Sampaio, R. F., & Parreira, V. F. (2007). Breathing pattern, thoracoabdominal motion and muscular activity during three breathing exercises. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 40(10), 1409-1417.
- Watson, D. H., & Trott, P. H. (1993). Cervical headache: an investigation of natural head posture and upper cervical flexor muscle performance. *Cephalalgia*, 13(4), 272-284.
- Yip, C. H., Chiu, T. T., & Poon, A. T. (2008). The relationship between head posture and severity and disability of patients with neck pain. *Manual Therapy*, 13(2), 148-154.
- Yokoba, M., Abe, T., Katagiri, M., Tomita, T., & Easton, P. A. (2003). Respiratory muscle electromyogram and mouth pressure during isometric contraction. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 137(1), 51-60.