

초음파 영상을 통한 머리-목 굽힘 운동의 적정 수준 제시에 관한 연구

전덕훈 · 데니스펠¹ · 김 경²

대구대학교 일반대학원, ¹미국 남알라바마 대학교 물리치료학과, ²대구대학교 물리치료학과

The suggestion of Proper Pressure level in Cranio-Cervical Flexion Exercise for Deep Cervical Flexor by Ultrasonographic Measurement

Deok-Hoon Jun, PT · Dennis W Fell, MD, PT¹, Kyoung Kim, PT, PhD²

Graduated school of Physical Therapy, Daegu University

¹*Department of Physical Therapy, University of South Alabama*

²*Department of Physical Therapy, Daegu University*

<Abstract>

Purpose : Chronic cervical pain is a common source of disability in society. There has been no research regarding the amount of pressure for the deep cervical flexors during cranio-cervical flexion exercise (CCFE). The purpose of this study is to determine optimal pressure levels to facilitate deep cervical muscles (longus colli & longus capitis) during cranio-cervical flexion exercise, using ultrasound measurement of the muscles.

Methods : Using a cross-sectional design, the study was performed in an experimental group of 19 subjects (7 men, 12 women) with no cervical pain. Participants were instructed to perform the CCFE, and during the five incremental stages of the test, changes in thickness, as compared to resting baseline values, were measured using ultrasonography for sternocleidomastoid muscle (SCM) and deep cervical muscles (DCF).

Results : Both DCF and SCM muscles demonstrated an increase in recruitment with each progressive phase of the test. In comparing the different pressure increments, the most significant changes found in DCF thickness were between phase 2 and phase 3 ($p < .05$). However no differences were found between pressure increments for SCM thickness ($p > .05$).

Conclusion : The results suggest 26 mm Hg as the optimal pressure level during cranio-cervical flexion exercise for facilitation of deep cervical flexor.

Key Words : ultrasonography, deep cervical flexor, muscle thickness, cranio-cervical flexion exercise

I. 서 론

목 통증(neck pain)은 현대사회에서 가장 흔하고 많이 겪는 질환 중 하나로 70%의 사람들이 그들의 인생 중 한번 이상 겪게 되며, 그 중 5%에서 10%의 사람들은 목 장애로 까지 발전하게 된다(Clark et al., 1993; Borghouts et al., 1999a). 사회적 장애로 초래되는 목통증의 심각성은 지난 몇 해간 꾸준히 증가하고 있다(Carroll et al., 2008). 하지만 대부분의 목통증을 갖고 있는 사람들은(50~85%) 완벽한 치료를 찾지 못하고 있다. 그리고 한번 시작된 목통증은 쉽게 그 통증이 사라지기가 어렵다. 노르웨이, 스웨덴, 핀란드에서는 일반인의 9.5%에서 19.3%의 사람들이 만성적 목통증에 시달리고 있으며(Andersson et al., 1993; Brattberg et al., 1989; Bovim et al., 1994; Makela et al., 1991) 만성적 목통증을 가진 환자들의 44%는 목통증 치료를 위해 매 해마다 그들의 주치의를 찾아간다(Borghouts et al., 1999)

최근 연구들에서는 목 통증의 원인을 척추 근육들의 기능 부재에서 찾고 있으며, 그 중요성이 강조되어지면서 척추 근육의 하나인 심부목굽힘근을 강화시키는 연구들이 많이 시행되어 오고 있다. 특히 그 중 머리-목 굽힘검사(cranio-cervical flexion test)는 특별히 심부목굽힘근을 목표로 한 운동으로써 긴목근(longus colli muscle)이나 목빗근(sternoclavicular muscle)같은 표층 목 근육들의 활성을 최소화 하며, 심부목굽힘근들을 활성화 시키는 것으로 건강한 사람과 환자들을 위해 임상에서 주로 사용되어져 왔다(Cagnie et al., 2011). Jull 등(2007)은 목 통증을 가진 환자들에게 적용한 머리-목 굽힘 검사가 위치 감각(position sense) 뿐만 아니라 목장애지수(NDI, neck disability index)와 목통증의 현저한 감소가 나타났다고 보고했다. 천승철 등(2010)은 만성 경부통근로자들에게 적용한 머리-목 굽힘운동이 긴목근 단면적(cross-sectional area)의 증가와 함께 통증 제

어에 효과가 있었다고 말했다.

하지만 아직까지 머리-목 굽힘 검사의 운동처방 적용 시에 심부목굽힘근의 근수축 유도에 있어 정확한 압력의 수준이 제시되지 않고 있다. Jull(2007), 천승철 등(2010)은 그들의 연구에서 어떤 한 수준의 압력을 제시하지 않았으며, 어떤 수준이 가장 적절한 압력인지 밝혀내지 못하였다. 그리고 또한 기능적 자세에서의 머리-목 굽힘 검사의 적용에 관한 연구도 부족한 실정이며, 심부근육과 표층근육 두 그룹 간의 근육 활성 관계에 관한 연구가 필요하다. 이에 이번 연구에서는 머리-목 굽힘 운동 시 각 수준에서 두 표층근과 심부근의 작용을 알아보고, 운동 처방을 위한 가장 적절한 수준을 알아보고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구의 대상은 D대학교 재학중인 학생으로 20대 남녀 19명을 대상으로 하였다. 대상자 중 최근 1년 이내에 목 수술의 병력을 가진 자, 목 통증을 가진 자, 목에 따른 신경학적 또는 정형외과적 질환을 경험한 자는 제외시켰다.

2. 연구 방법

1) 초음파 측정

심부목굽힘근의 수축력을 측정하기 위하여 측정기와 납작한 주머니, 공기압 펌프로 구성되어 있는 압력 바이오피드백 기구(Pressure biofeedback unit)를 사용하였다. 심부 목 근육의 수축으로 인해 발생하는 힘은 압력 바이오피드백 기구에 가해지는 압력으로 표현되도록 되었다.(김재철 등, 2007). 측정 단위는 mmHg를 사용하였다.

심부목굽힘근과 목빗근을 측정하기 위하여 실시

간 초음파 측정기(ZONARE, Z one Ultra Convertible Ultrasound System, 미국)을 사용하였다. 실시간 근 골격계 초음파촬영은 근활성패턴의 평가, 선택적 심부근육 수축 및 훈련, 생체피먹임을 통한 훈련방법의 교육 및 수정, 근육의 위축 및 비대 등을 검사할 수 있는 장비이다(양희송 등, 2010). 초음파의 전도자는 오른쪽 목에 중 방향으로 적용하였으며, 기관(trachea)의 수준에서 평행하게 중심부의 바깥으로 5cm 떨어진 곳으로 위치하였다. 모든 대상자의 측정은 오른쪽 심부목굽힘근과 목빗근을 측정하였다.(Jesus et al., 2011)

2) 목 굽힘근 두께

초음파로 입혀진 영상들은 NIH Image J software (version 1.44 for windows)로 이미지를 도출시켜 심부목굽힘근과 목빗근의 근 두께를 측정하였다(Figure 1). 모든 대상자간의 측정위치는 초음파 영상에 사이 간격을 0.5cm로 총 네 개의 선을 그어 동일한 측정 위치를 확보하였다. 첫 번째 선은 위치를 선정하기 위한 기준점이며, 나머지 0.5cm 간격으로 놓여진 세 개의 선으로부터 얻어진 수치로 근육의 평균 두께를 계산하였다. 기준점의 선은 목뼈 4~5번 사이에 위치하도록 통일 하였고 근육의 두께는 cm로 나타내었다. 초음파 영상에서는 영상의 윗부분부터 아래의 순서대로 피하조직, 목빗근, 동맥, 심부목굽힘근(longus colli & capitis), 척추관(vertebra lamina)이 나타난다. 목빗근의 두께는 피하조직의 아래 부분에서 동맥의 윗 가장자리 부분까지로 보여지며, 심부

목굽힘근은 동맥의 아래 가장자리 부분에서 척추관의 경계선까지로 보여진다. 근육의 두께는 개인 간의 절대치가 다르기 때문에 초음파를 통한 근육의 상태를 분석하기 위하여 근육의 두께 변화량을 계산하여 평준화 하였다(Hodges et al., 2003; Jesus et al., 2008; Jesus et al., 2011). 그 공식은 다음과 같다.

$$\text{근두께 변화량} = (\text{수축기의 근 두께} - \text{휴식기의 근두께}) / \text{휴식기의 근두께}$$

3) 머리-목 굽힘 운동(CCFE, cranio-cervical flexion exercise)

머리-목 굽힘운동은 심부목굽힘근인 목긴근, 머리긴근을 목표로 하는 저부하 운동이다(Jull et al., 1999; Jull et al., 2000). 머리-목 굽힘운동은 총 점진적인 다섯 단계로 이루어져 있으며, 바로 누운 자세에서 머리-목 관절의 굽힘 움직임으로 수행된다. 공기압 센서가 달린 압력계를 시험자의 목 뒤에 위치시키고, 실험자의 목은 수평의 만곡을 이루도록 한다. 시각적 피드백 장비는 실험자의 눈앞에 위치하며, 실시간으로 압력의 수준을 확인할 수 있도록 한다. 실험자는 아주 부드러운 목의 끄덕임과 같이 머리-목 굽힘 움직임을 만들어내고 시각적 피드백 장비를 보면서 요구받은 목표 압력까지 수축을 유지한다. 압력계의 압력은 시험자의 목을 충분히 받쳐주는 20mmHg를 이완자세이며 기본 수준으로 한다. 목표압력 수준은 총 다섯 단계로 구성되어 있으며, 2mmHg씩 20mmHg부터 30mmHg까지 점차적으로 수행한다.

실험자는 대상자에게 머리-목 굽힘운동이 익숙하게 될 만큼 훈련시켰다. 대상자는 22mmHg 수준에서 30mmHg 수준까지 각 단계별로 2mmHg 압력으로 총 다섯 단계로 압력을 순차적으로 증가시켜 나간다. 이 때, 대상자는 자신의 목뼈를 등글게 굽힘 시킨다는 생각으로 압력을 높여나가되 목빗근의 활성이 과하게 일어나지 않도록 교육을 받았다. 각 단계별 수준에서 대상자는 10초간의 압력을 유지하였으며 각 단계별 사이에 10초간 휴식시간을 가졌다. 대상자는 압력계의 수치를 통해서 실시간으로 변화는 압력을 관찰 할 수 있었다(Jull et al., 2004).



Fig 1. NIH Image J software

대상자들이 각 압력 수준을 유지하는 동안 심부목
 굽힘근과 목빗근의 근두께를 측정하였다. 대상자는
 총 두 번의 머리-목굽힘운동을 시행하였다. 초음파
 에서 얻어진 영상은 Image J software을 이용하여
 데이터로 수치화 하였다.

3. 자료 분석

실험결과 자료의 통계 처리는 SPSS-PC ver 12.0
 for windows program을 이용하여 실험집단내의 압
 력에 따른 근두께 변화량에 대한 각 개체간의 유의
 성을 알아보기 위하여 일원배치분산분석(ANOVA)
 을 실시하였고, 사후분석으로 scheffe를 사용하였다.
 검증을 위한 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

III. 연구 결과

1. 연구대상자의 일반적 특성.

본 연구에 참여한 대상자는 19명이며, 남자 7명
 여자 12명으로 평균 연령은 21.11±1.69세, 평균 신
 장 166.64±6.79cm, 평균 체중 56.70kg이다.
 대상자들의 일반적인 특성은 표 1과 같다.

Table 1. General characteristic of subjects

Variable	Exp(n=20) (Mean±SD)
Gender	Male : 7 Female : 12
Age (Years)	22.76±2.89
Height (cm)	169.059±8.92
Weight (kg)	61.53±11.35

n: number, Mean±SD: Mean±Deviation,
 Exp: Experimental

2. 압력 수준에 따른 근두께 변화량.

1) 압력에 따른 목빗근 근 두께 변화량의 비교.

압력 수준별 근두께 변화량의 차이를 분석한 결
 과, 압력에 따라 점차 증가하는 근두께 변화량을 확

인 할 수 있었으며, 30mmHg에서 가장 큰 변화량을
 보였다.

압력에 따른 근 두께 변화량을 보면 22mmHg에서
 .016, 24mmHg에서 .032, 26mmHg에서 .047mmHg,
 28mmHg에서 .056, 30mmHg에서 .073로 30mmHg
 에서 가장 높았다.

압력수준의 수준에 따른 근두께 변화량은 통계적
 으로 유의한 차이가 있었다($p<.05$)(Table 2). 하지만
 수준별 사이 사후검정 비교에서는 유의한 차이가
 나타나지 않았다($p>.05$)(Table 3)(Fig 2).

2) 압력에 따른 심부목굽힘근 근 두께 변화량의
 집단 간 비교.

압력 수준별 근두께 변화량의 차이를 분석한 결
 과, 압력에 따라 점차 증가하는 근두께 변화량을 확
 인 할 수 있었으며, 30mmHg에서 가장 큰 변화량을
 보였다.

압력에 따른 근 두께 변화량을 보면 22mmHg에서
 .030, 24mmHg에서 .047, 26mmHg에서 .085mmHg,
 28mmHg에서 .103, 30mmHg에서 .130로 30mmHg
 에서 가장 높았다.

압력수준의 수준에 따라 근두께 변화량은 통계적
 으로 유의한 차이가 있었다($p<.05$)(Table 2).압력수
 준별 사이 사후검정 비교에서는 오직 24mmHg-
 26mmHg에서 유의한 결과를 나타냈다($p<.05$)(Table
 3)(Fig 2).

Table 2. Comparison of the interval changes in
 thickness between the incremental
 pressure in each muscle

	(unit: %)	
	SCM (M±SD)	DCF (M±SD)
Pressure 22mmHg	.016±.010	.030±.027
Pressure 24mmHg	.032±.017	.047±.028
Pressure 26mmHg	.047±.038	.086±.047
Pressure 28mmHg	.056±.040	.103±.053
Pressure 30mmHg	.072±.062	.130±.059
F	25.181	25.999
p	.000 *	.000 *

Table 3. Results of pairwise comparisons for interval changes in thickness each muscle

	Pressure(I)	Pressure(J)	Mean difference(I-J)	Std. Error	p
SCM	22mmHg	24mmHg	-19.36	6.49	.073
	24mmHg	26mmHg	-13.84	6.49	.345
	26mmHg	28mmHg	-11.26	6.49	.560
	28mmHg	30mmHg	-10.57	6.49	.620
DCF	22mmHg	24mmHg	-14.42	6.22	.261
	24mmHg	26mmHg	-21.36	6.22	.024*
	26mmHg	28mmHg	-8.57	6.22	.754
	28mmHg	30mmHg	-10.78	6.22	.560

*p<.05

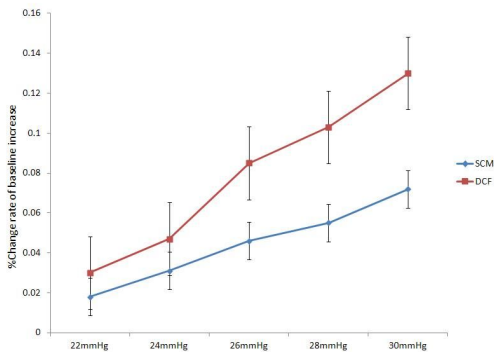


Fig 2. Diagram of the % changes rate of muscle thickness in each muscle

IV. 고 찰

이번 연구에서는 심부목굽힘근을 위한 머리-목 굽힘운동의 적절한 압력 수준제시를 위해 목굴곡근들의 초음파 분석을 실시하였다. 초음파는 요추-골반 부위의 근육들의 진단적 평가 도구와 피드백으로써 널리 사용되고 있다.(Van et al., 2006) 현재 많은 연구들의 결과에 따르면, 초음파 측정은 환자와 일반인 모두에게 긴목근 근육의 측정도구로 신뢰성을 검증받고 있다(Javanshir et al., 2011). 긴목근 같은 심부목굽힘근들을 직접 측정하거나 표면 근전도를 적용하기는 어렵지만 초음파 측정도구를 이용하면 근육수축의 과정을 실시간으로 시각적인 피드백 자료로써 확인 할 수 있어 아주 유용하다(Cagnie, 2009). 따라서 초음파를 통한 근육의 관찰

은 임상적 측정 평가 도구로는 물론이며 환자의 운동치료에도 필요한 방법이며 두부와 목 영역에도 적용 될 수 있다.

본 연구의 머리-목 굽힘 검사 시에 나타난 압력 수준에 따른 목 근육두께 변화량은 두 측정 근육 모두 비슷한 변화양상을 띄었다. 두 그룹 모두 압력이 증가함에 따라 목빗근의 근두께 변화량이 증가하는 추세를 보였다. 압력이 증가함에 따라 목표 압력에 도달하기 하기 위해 필요한 근육의 수축과 목굴곡가동범위의 증가로 인해서 두 근육 모두에서 근두께가 증가한 것으로 나타났다. 머리 목-굽힘 검사 시의 목굽힘근의 근활성도를 측정한 Falla(2003a)의 연구에서 압력의 증가와 근활성도의 증가량은 양의 상관관계에 있다는 연구 결과와 일치하며, 초음파를 통한 목 굽힘근의 근육 분석을 한 선행 연구에서는 머리-목 굽힘 검사 시에 압력이 증가할수록 목빗근과 심부목굽힘근의 두께가 증가한다는 연구 결과가 나타났다(Fabianna et al., 2011). 마찬가지로, 압력과 목의 운동범위에 관한 연구에서도 머리-목 굽힘 운동의 수준별 압력과 머리 목 굽힘 범위는 양의 상관관계를 보인다(Falla et al., 2003b)는 연구결과가 본 연구의 결과를 뒷받침 하고 있다.

목 장애를 가진 환자들은 목뼈 전만(cervical lordosis)의 변형을 동반한다(Hayashi et al., 2002). 이것은 목의 깊은 수준에서 목뼈의 안정과 정렬을 담당하고 있는 심부근육들의 기능 부재로 인해 나타난다(O'Leary et al., 2009; Weber, 2009). 그중, 목뼈의 안정성을 유지하는 역할을 하는 심부목굽힘근(deep

cervical flexor)과 심부목뿔근(deep cervical extensor)의 약화를 들 수 있다(O'Leary et al., 2007; Iizuka et al., 2007). 목통증 환자들은 특히 목 심부굴곡근의 근활성도 능력의 부재를 공통적으로 가지는데 (Chiu et al., 2005; Jull et al., 2004; Falla et al., 2004) 이 결과의 보상작용으로 인해 목 표층 굽힘 근들의 근활성도가 과도한 증가를 보인다고 연구되어 왔다(Cholewicki et al., 1997; Falla et al., 2003). 따라서 심부목굽힘근의 강화를 위한 운동이 필요하며, 그 운동의 적정 수준을 찾는 연구가 꼭 필요한 실정이다. 이번 연구를 통해 심부목굽힘근의 수축을 가장 많이 유도하며, 목빗근의 작용을 최소화 할 수 있는 압력 수준을 찾고자 하였다.

하지만, 앞선 연구에서는 각 수준별 근육 작용의 비교를 위해 수축 시작 구간인 22mmHg와 나머지 압력수준과의 비교 결과만 제시하고 있다. 즉 수축이 없는 수준과 단계별 압력 수준에 따른 구간의 변화만 비교를 하고 있으며, 이는 높은 압력을 유지하기 위하여 더 많은 근육의 수축이 필요하다는 당연한 사실을 증명하는 수준으로 그치게 된다. 따라서 본 연구에서는 머리-목 굽힘 검사 시에 두 근육의 최대 근두께 증가량을 보이는 압력 사이 구간을 찾기 위해 각 수준별 사이 변화량을 분석하였다.

본 연구의 분석 결과 압력의 수준별 사이 비교에서는 목빗근 근두께 변화량의 큰 차이를 보이지 않았다. 압력이 증가함에 따라 근 두께의 변화량은 증가하지만 그 수준간의 변화량은 통계학적으로 유의하지 않다는 것을 알 수 있었다. 이는 Fabianna(2008)의 연구에서 목빗근의 근두께가 압력의 증가에 따라 두꺼워지는 양상을 보이지만 수준간의 유의한 차이는 없다는 연구 결과와 유사한 것이다. 하지만 심부목굽힘근의 압력 수준별 사이 비교에서는 24 mmHg~26mmHg에서 유의한 차이가 나타났다. 이는 26mmHg의 수준이 그 외의 수준에 비해 가장 집중적인 심부목굽힘근의 작용을 보이는 압력 수준이라고 보여 진다. 수준별 압력에 따른 굽힘근 근활성도를 분석한 Falla의(2003a) 연구에서 26mmHg이상의 압력 에서부터 목빗근의 큰 근활성도 증가량을 보인 연구 결과를 나타내었다. 점점 증가되는 목표 압력을 유지하기 위해서 더 많은 머리-목의 굽힘 범

위가 필요하게 되며, 더 많은 굽힘 범위를 위해서 더 많은 근육의 수축을 필요로 하게 되는 것이다. 낮은 수준의 압력에서는 적은 근 수축을 요구하지만, 표층 근육에 비해 수축능력이 약한 심부목굽힘근의 수축능력이 압력과 굽힘범위가 증가할수록 그 보상작용으로 인해 목빗근의 작용을 일으키게 한다. 이는 26mmHg를 초과하는 압력은 목심부굽힘근만의 작용으로 수행하기엔 힘든 수준임을 나타내며, 그로 인해 목빗근의 활성이 더욱 필요하다는 것을 입증하여 준다. 척추 안정화가 불안정한 상태에서, 즉 심부근육의 안정화 역할이 부족한 상태에서의 표층 근육인 목빗근의 과도한 근 작용은 턱과 머리의 과도한 움직임은 초래하게 되고, 목뼈 상부의 과도한 폼 자세를 나타나게 한다. 턱을 머리 앞쪽으로 내밀게 되면서 뒤통수부(occipital bone)와 고리뼈(atlas) 사이인 머리목 부위는 짧아지면서 심부 목굽힘근인 목긴근과 머리긴근이 약화되는 악순환을 반복하게 된다(Chiu et al., 2005; Hantne et al., 1991). 이런 지속된 자세는 목뼈 뒤쪽 부위와 후두하 근육(suboccipital muscle)의 단축, 어깨뼈 후인근(retraction muscle)의 약화와 어깨뼈 주위 인대들의 스트레스 증가를 야기하게 된다. 이 근육의 불균형이 근육 상호작용 패턴의 변화를 가져와 근육 효능성을 저하시키고, 이로 인해 과도한 근육작용이 머리의 자세 유지에 필요하게 된다(Garrett et al., 1993). 이렇게 나빠진 머리 자세는 목뼈 영역의 연부조직 전체에 영향을 미치게 되고 과도한 근육 작용이 통증의 원인이 되는 것이다(Szeto et al., 2002). 그래서 이번 연구를 통해 목빗근의 작용을 최소화 하는 동시에 심부목굽힘근의 작용을 최대화 하는 머리-목굽힘운동의 적정 수준을 찾으려 하였다.

본 연구에서는 26mmHg 이상의 압력에서 목빗근의 큰 상승폭을 발견하지 못했지만, 선행 연구에서의 목빗근 활성패턴을 생각한다면, 26mmHg를 초과하는 압력은 운동처방으로 제시되기엔 어렵다고 생각된다. 또한 본 연구에서는 26mmHg 압력에서 목심부굽힘근의 큰 근두께 변화량을 확인 했으며, 이는 목빗근의 활성을 최소화 하고 심부목굽힘근의 활성을 최대화 할 수 있는 가장 적절한 압력 수준이라고 제시할 수 있다.

V. 결 론

본 연구에서는 머리 목 굽힘 운동시에 압력에 따른 목빗근과 심부목굽힘근의 근 두께 변화량과 그룹내의 압력별 수준 사이 근두께 변화량의 정도를 알아보았다. 그결과 두 근육모두 압력이 높아짐에 따라 근두께가 증가하는 것을 확인 할 수 있었으며, 특히 수준별 사이의 비교에서는 심부목굽힘근에서 큰 차이가 있었으며, 그 수준은 24mmHg~26mmHg 아짐에 본 연구를 통해 심부목굽힘근의 강화를 위한 운동처방의 수준은 목빗근의 근두께를 최소화 하고 심부목굽힘근의 근두께를 최대화 할 수 있는 26mmHg 수준이 가장 적절절절고 보여 진다. 다음의 연구에서는 26mmHg의 수준을 적용한 운동처방이 실제 목통증 환자에게 미치는 효과에 대해 연구해 볼 필요가 있을 것이다.

참 고 문 헌

Andersson HI, Ejlertsson G, Leden I et al. Chronic pain in a geographically defined general population: studies of differences in age, gender, social class, and pain localization. *Clin J Pain*. 1993;9(3):174-82.

Borghouts J, Janssen H, Koes B et al. The management of chronic neck pain in general practice. A retrospective study. *Scand J Prim Health Care*. 1999;17(4):215-20.

Borghouts JA, Koes BW, Vondeling H et al. Cost-of-illness of neck pain in The Netherlands in 1996. *Pain*. 1999;80(3):629-36.

Bovim G, Schrader HSand T. Neck pain in the general population. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1994;19(12):1307-9.

Brattberg G, Thorslund MWikman A. The prevalence of pain in a general population. The results of a postal survey in a county of Sweden. *Pain*. 1989;37(2):215-22.

Cagnie B, Derese E, Vandamme L et al. Validity and reliability of ultrasonography for the longus

colli in asymptomatic subjects. *Man Ther*. 2009;14(4):421-6.

Cagnie B, Dirks R, Schouten M et al. Functional reorganization of cervical flexor activity because of induced muscle pain evaluated by muscle functional magnetic resonance imaging. *Man Ther*. 2011;16(5):470-5.

Carroll LJ, Hogg-Johnson S, van der Velde G et al. Course and prognostic factors for neck pain in the general population: results of the Bone and Joint Decade 2000-2010 Task Force on Neck Pain and Its Associated Disorders. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2008;33(4 Suppl):S75-82.

Chiu TT, Law EYChiu TH. Performance of the craniocervical flexion test in subjects with and without chronic neck pain. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2005;35(9):567-71.

Cholewicki J, Panjabi MMKhachatryan A. Stabilizing function of trunk flexor-extensor muscles around a neutral spine posture. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1997;22(19):2207-12.

Falla D, Bilenkij GJull G. Patients with chronic neck pain demonstrate altered patterns of muscle activation during performance of a functional upper limb task. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2004;29(13):1436-40.

Falla D, Jull G, Dall'Alba P et al. An electromyographic analysis of the deep cervical flexor muscles in performance of craniocervical flexion. *Phys Ther*. 2003;83(10):899-906.

Falla D, Jull GHodges PW. Feedforward activity of the cervical flexor muscles during voluntary arm movements is delayed in chronic neck pain. *Exp Brain Res*. 2004;157(1):43-8.

Falla DL, Campbell CD, Fagan AE et al. Relationship between cranio-cervical flexion range of motion and pressure change during the cranio-cervical flexion test. *Man Ther*. 2003;8(2):92-6.

Falla DL, Jull GAHodges PW. Patients with neck pain demonstrate reduced electromyographic activity

- of the deep cervical flexor muscles during performance of the craniocervical flexion test. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2004;29(19):2108-14.
- Garrett TR, Youdas JWMadson TJ. Reliability of measuring forward head posture in a clinical setting. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1993;17(3):155-60.
- Hanten WP, Lucio RM, Russell JL et al. Assessment of total head excursion and resting head posture. *Arch Phys Med Rehabil*. 1991;72(11):877-80.
- Hayashi N, Masumoto T, Abe O et al. Accuracy of abnormal paraspinal muscle findings on contrast-enhanced MR images as indirect signs of unilateral cervical root-avulsion injury. *Radiology*. 2002;223(2):397-402.
- Hodges PW, Pengel LH, Herbert RD et al. Measurement of muscle contraction with ultrasound imaging. *Muscle Nerve*. 2003;27(6):682-92.
- Iizuka H, Nakajima T, Iizuka Y et al. Cervical malalignment after laminoplasty: relationship to deep extensor musculature of the cervical spine and neurological outcome. *J Neurosurg Spine*. 2007;7(6):610-4.
- Javanshir K, Mohseni-Bandpei MA, Rezasoltani A et al. Ultrasonography of longus colli muscle: A reliability study on healthy subjects and patients with chronic neck pain. *J Bodyw Mov Ther*. 2011;15(1):50-6.
- Jesus FM, Ferreira PHFerreira ML. Ultrasonographic measurement of neck muscle recruitment: a preliminary investigation. *J Man Manip Ther*. 2008;16(2):89-92.
- Jesus-Moraleida FR, Ferreira PH, Pereira LS et al. Ultrasonographic analysis of the neck flexor muscles in patients with chronic neck pain and changes after cervical spine mobilization. *J Manipulative Physiol Ther*. 2011;34(8):514-24.
- Jull G, Barrett C, Magee R et al. Further characterisation of muscle dysfunction in cervical headache. *Cephalalgia*. 1999;19:179-85.
- Jull GA. Deep cervical neck flexor dysfunction in whiplash. *Journal of Musculoskeletal Pain*. 2000;8:143-54.
- Jull G, Falla D, Treleaven J et al. Retraining cervical joint position sense: the effect of two exercise regimes. *J Orthop Res*. 2007;25(3):404-12.
- Jull G, Kristjansson EDall'Alba P. Impairment in the cervical flexors: a comparison of whiplash and insidious onset neck pain patients. *Man Ther*. 2004;9(2):89-94.
- Makela M, Heliovaara M, Sievers K et al. Prevalence, determinants, and consequences of chronic neck pain in Finland. *Am J Epidemiol*. 1991;134(11):1356-67.
- O'Leary S, Falla D, Elliott JM et al. Muscle dysfunction in cervical spine pain: implications for assessment and management. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2009;39(5):324-33.
- O'Leary S, Falla D, Jull G et al. Muscle specificity in tests of cervical flexor muscle performance. *J Electromyogr Kinesiol*. 2007;17(1):35-40.
- Rezasoltani A, Ylinen JVihko V. Isometric cervical extension force and dimensions of semispinalis capitis muscle. *J Rehabil Res Dev*. 2002;39(3):423-8.
- Szeto GP, Straker LRaine S. A field comparison of neck and shoulder postures in symptomatic and asymptomatic office workers. *Appl Ergon*. 2002;33(1):75-84.
- Van K, Hides JARichardson CA. The use of real-time ultrasound imaging for biofeedback of lumbar multifidus muscle contraction in healthy subjects. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2006;36(12):920-5.
- Weber Hellstenius SA. Recurrent neck pain and headaches in preadolescents associated with mechanical dysfunction of the cervical spine: a cross-sectional observational study with 131 students. *J Manipulative Physiol Ther*. 2009;32(8):625-34.