

Virgni sternocleidomastoid vöðva í tveimur þungaberandi stöðum

ABSTRACT

Work-related neck and upper limb disorders (WRUNLD) are a negative factor of increased computer use. Neck pain has been associated with neck and head posture but according to the literature the outcome is conflicting. The purpose of this study was to investigate the muscular activity in the sternocleidomastoid (SCM) muscles during sitting in two different cranio-cervical postures (CCP's) in a standard computer environment using electromyography (EMG). The muscular activity was measured during 5 minutes period, twice with the head held in a resting posture (RHP) and once after being placed, by the author, in a neutral head posture (NHP) as defined by Kendall et al. (2005). Linear excursion measurement device (LEMD) was used to determine the differences between the resting and neutral head postures. Twenty-four students from the University of Birmingham (aged 19-31) responded to an e-mail request for volunteers and fulfilled the inclusion criteria. The study was single-blinded, two-tailed, using the same subject design with A-A-B repeated measurements where A- represents the resting and B- the neutral head posture. The participants attended a laboratory room for measurements where the total procedure time was approximately 30 minutes. Root-mean-square (RMS) values over one minute of the EMG signals were calculated for data analysis. The paired t-test was used for statistical analysis using SPSS (version 15). The results showed no significant



GÍSLI SIGURÐSSON
SJÚKRÁÞJÁLFARI BSC,
MSC, M.T., MACP.
SJÚKRÁÞJÁLFUNIN KLÍNÍK

difference ($P=0.08$) in muscular activity in the sternocleidomastoid muscles when sitting with the head in resting or neutral head postures. The LEMD outcome showed that the participants' resting head postures deviated significantly ($P<0.001$) from the neutral head posture. The findings suggest increased activity in the SCM muscles in the neutral head posture compared with the resting one. It also shows that neutral head posture is unfamiliar among young individuals working on computers.

INNGANGUR

Óþægindi frá stöðkerfinu eru algeng hjá einstaklingum sem vinna við tölvur. ^{24,48,49,55,56} Rannsóknir hafa sýnt fram á að bæði vinnustellingar og vinnuumhverfi geta verið undirliggjandi þættir í þróun einkenna fyrir háls- og herðasvæði. ^{1,7,24,25,28,40,48,49,50,56} Aðferðir til að mæla virgni hálsvöðva eru ólíkar ⁵⁴ sem og aðferðir við mælingar á höfuð-hálsstöðu (cranio-cervical posture) þannig að samanburður er oft erfiður á milli rannsókna. ^{29,41} Sú aðferð sem mest

hefur verið notuð til mælingar á virgni beygjvöðva háls er „höfuð-háls beygju prófið“ (cranio-cervical flexion test) með aðstoð vöðvarafrits (EMG). ^{4,16,17,31,33,34,42,52,57} „Höfuð-háls beygju prófið“ mælir hins vegar ekki virgni hálsvöðva í þungaberandi stöðu við starfræna færni. Sama má segja um mælingar á höfuð-háls stöðu sem enn hafa ekki verið staðlaðar fyrir þungaberandi stöðu. Fáar rannsóknir hafa mælt virgni beygjvöðva háls í þungaberandi stöðu og engin „randomized controlled trials“ (RCT) (slembuð samanburðarrannsókn) hefur verið birt. Enn hefur ekki verið fundin sönnun fyrir sambandi milli höfuð-hálsstöðu og hreyfistjórnunarkerfisins (motor control). ⁴⁹ Rannsóknir hafa sýnt mismunandi niðurstöður varðandi hlutverk höfuð-hálsstöðu við verkjavandamál í hálsi og herðum. ^{29,41}

M. sternocleidomastoid hefur lítið verið rannsakaður í mismunandi höfuð-hálsstöðum í þungaberandi stöðu. Hlutverk m. sternocleidomastoid er tvíþætt, réttir (neck extensor) í atlanto-occipital lið en beygir (neck flexor) í neðri hluta hálsins. ^{8,18,26}

Tilgangur rannsóknarinnar var að mæla virgni í m. sternocleidomastoid hjá þátttakendum í sitjandi stöðu með höfuð í hvíldarstöðu (resting head posture) og í miðstöðu (neutral head posture).

AÐFERÐ OG RANNSÓKNARSNIÐ

Rannsóknin var einblind (single blinded) þar sem þátttakendur vissu að hluta til ekki um framkvæmd rannsóknarinnar. A-A-B rannsóknarsnið

með endurteknum mælingum^{30,53} var notað. A stóð fyrir hvíldarstöðu en B stóð fyrir miðstöðu.³⁸ Þátttakendur voru mældir tvisvar í hvíldarstöðu (meðaltal tveggja mælinga notað til að fá byrjunargildi).

Úrtak

Tuttugu og fjórir heilbrigðir nemendur (19-31 árs, meðaltal 22,4 ára) frá Háskólanum í Birmingham (U.K.) svöruðu tölvupósti og buðu sig fram til að taka þátt í rannsókninni.

Þátttökuskilyrði voru enskumælandi námsmenn af báðum kynjum á aldrinum 19-30 ára sem unnu við tölvur að meðaltali 2 tíma á dag.

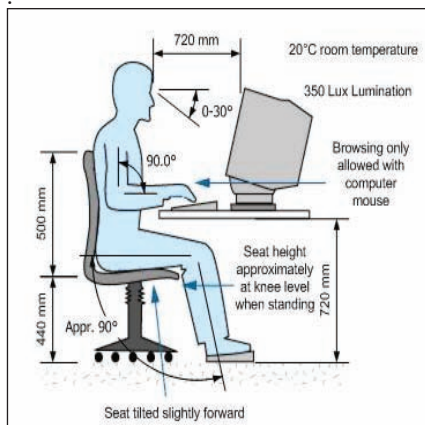
Útilokunarskilyrði voru verkir á háls- og herðasvæði síðastliðnar 4 vikur, þar með talið höfuðverkur,¹³ áverkasaga eða bæklunaraðgerðir á hálsi^{2,15,49} einnig meðferð á háls og herðasvæði síðastliðna 3 mánuði.²

Allir þátttakendur gáfu skriflegt samþykki um að taka þátt í rannsókninni sem var samþykkt af Síðanefnd Heilbrigðisvísinda Háskólans í Birmingham (Ethical Committee of The School of Health Sciences Birmingham).

Framkvæmd

Þátttakendur fylltu út spurningalista og síðan voru rafskaut (Ag-AgCL electrodes) fest á neðri 1/3 hluta m. sternocleidomastoid báðu megin.¹¹ Þátttakendur sátu í hefðbundnu tölvuumhverfi^{3,43} (mynd 1), lásu texta um Ísland af tölvuskjá og fengu að nota tölvumús til að rúlla upp/niður textann. Vöðvarafrit (EMG-Bagnoly-8 rásir) mældi boð frá sternocleidomastoid vöðvum í 5 mínútur⁴¹ bæði í hvíldarstöðu (mynd 2) og síðan í miðstöðu (mynd 3). Vöðvavirkni síðustu mínútu í hvíldarstöðu og fyrstu mínútu í miðstöðu var notuð við úrvinnslu gagna. Vöðvarafritsmerki (sEMG signal) var magnað á 10 K á 2000 riðum (Hz).⁹ Frávíksstaða á háls-höfuðstöðu var mæld með aðferð

sem kennd er við Grimmer^{21,22} (Linear excursion movement device) þar sem notast er við mælingar á tveimur „anatomískum“ stöðum, efri brún eyra (helix of ear) og hryggind C7 (spinous process) út frá lengdarás og 90° horni (mynd 4). Mælingar á frávíksstöðu á háls-höfuðstöðu voru gerðar í byrjun og eftir hverja vöðvarafritsmælingu (sEMG)



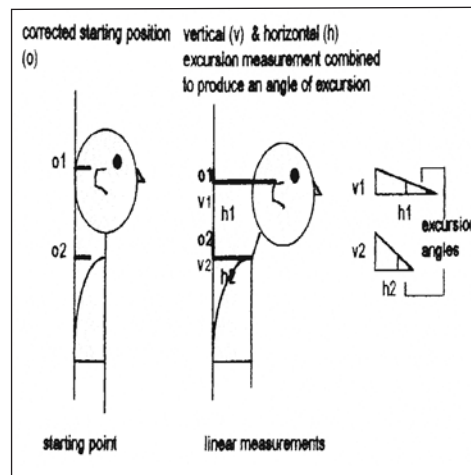
MYND 1. SÝNIR HEFÐBUNDIÐ TÖLVU-UMHVERFI.



MYND 2. HVÍLDARSTAÐA (THE RESTING HEAD POSTURE)



MYND 3. MIÐSTAÐA (THE NEUTRAL HEAD POSTURE)

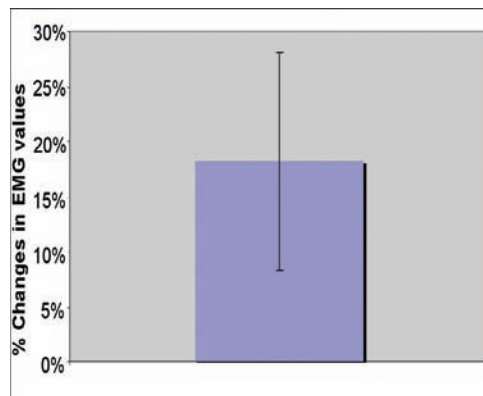


MYND 4. MÆLINGAR Á FRÁVIKI Í HÖFUÐ-HÁLSSTÖÐU (LINEAR EXCURSION MOVEMENT DEVICE)

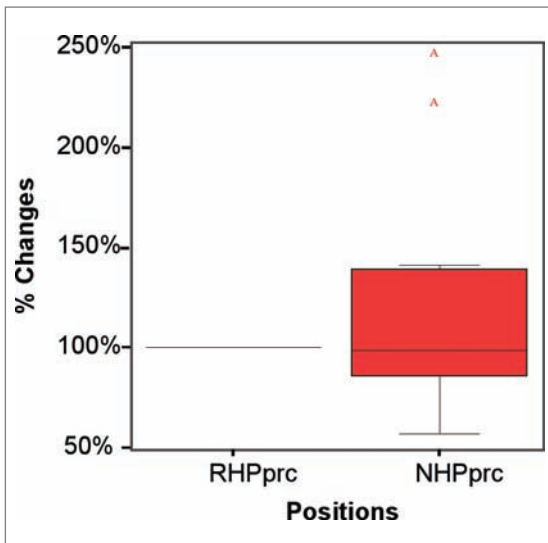
Úrvinnsla gagna

Meðaltal, miðgildi og staðalfrávik meðaltals var notað við úrvinnslu mæligagna. Marktækni var mæld með þöruðu t-testi (paired t-test) og marktæknistuðull $P < 0.05$ var notaður fyrir bæði vöðvarafrit (sEMG) og frávíksmælingar (LEMD) á höfuð-hálsstöðu.^{30,53} SPSS (númer 15) var notað við tölfraeðiúrvinnslu.⁵

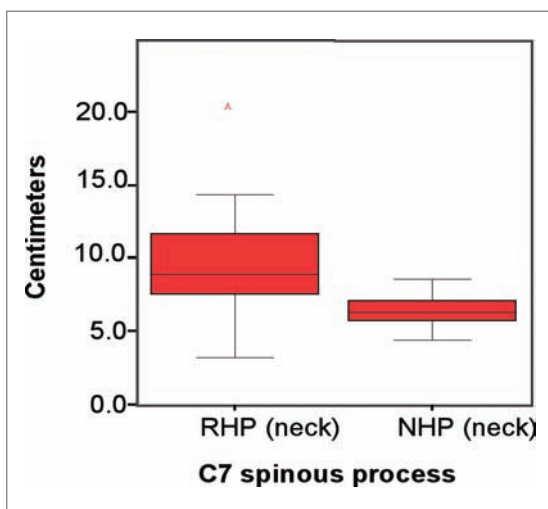
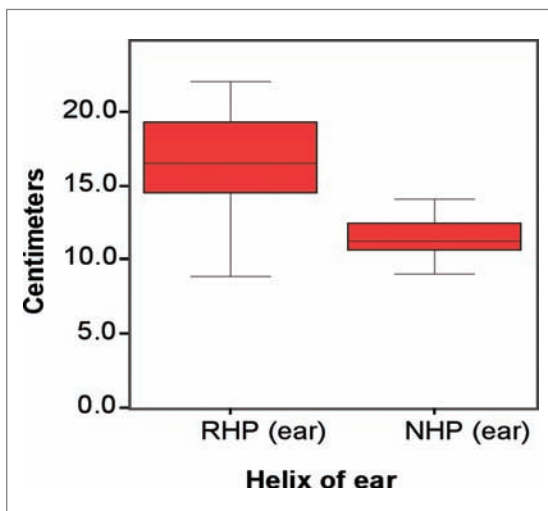
NIÐURSTÖÐUR



MYND 5. HLUTFALLSLEG MEÐALTALSBRÉYTING Í VÖÐVARAFRITI (sEMG) FRÁ STERNOCLEIDOMASTOID VÖÐVUM ÞEGAR HÖFUÐ VAR Í HVÍLDAR- OG MIÐSTÖÐU (MEÐALTAL= +/- STAÐALFRÁVIK, FJÖLDI=24).



MYND 6. HLUTFALLSLEG PRÓSENTUBREYTING VÖÐVARAFRITS (sEMG) Í STERNOCLEIDOMASTOID VÖÐVA MILLI HVÍLDARSTÖÐU OG MIÐSTÖÐU. KASSAREITUR (BOX PLOT) SÝNIR LÁGMARKSGILDI, 25% HLUTA, MIÐGILDI, 75% HLUTA OG HÁMARKSGILDI. LÁRÉTTA LÍNAN SÝNIR MIÐGILDIÐ. □SÝNIR ÚTLAGA.



MYND 7. FRÁVIKSSTAÐA Á HÖFUÐ-HÁLSSTÖÐU. KASSAREITUR (BOX PLOT) ÚTSKÝRIR LÁGMARKSGILDI, 25% HLUTA, MIÐGILDIÐ, 75% HLUTA OG HÁMARKSGILDI Í HVÍLDARSTÖÐU OG MIÐSTÖÐU. □SÝNIR ÚTLAGA.

95 % öryggismörk

% Gildi	Meðaltal	SEM	Lægri	Efri	t-gildi	df	sig (two tailed)
Hvíld vs. mið	18.21	9.9	-2.35	38.8	1.832	23	0.08

TAFLA 1. HLUTFALLSLEG GILDI VÖÐVARAFRITS (sEMG), MEÐALTAL, STAÐALFRÁVIK FRÁ MEÐALTALI (SEM), 95% ÖRYGGISMÖRK (95% CONFIDENCE VALUES), T-GILDI (T-VALUE), SVIGRÚMSSTIG (DF) OG P-GILDI (P-VALUE).

95% öryggismörk

% Gildi	Meðaltal	SEM	Lægri	Efri	t-gildi	df	sig (two tailed)
Hvíld vs. mið	2.04	0.19	1.65	2.42	10.88	23	0.00

TAFLA 2. HLUTFALLSLEG FRÁVIKSGILDI (LEMD) Á HÖFUÐ-HÁLSSTÖÐU, MEÐALTAL, STAÐALFRÁVIK FRÁ MEÐALTALI (SEM), 95% ÖRYGGISMÖRK (95% CONFIDENCE VALUES), T-GILDI (T-VALUE), SVIGRÚMSSTIG (DF) OG P-GILDI (P-VALUE).

Niðurstöður rannsóknarinnar sýndu að það var ekki marktækur munur ($P=0.08$) á vöðvarafriti (sEMG) í sternocleidomastoid vöðva milli hvíldar- og miðstöðu. Við 95% öryggismörk var breytingin í vöðvavirkni frá -2.0 upp í 38%. Meðaltalsbreyting var 18.21 % (SEM=9.94). Niðurstöður gefa vísbendingu um veikt vöðvarafritsmerki (sEMG signal) í rannsókninni.

Fráviksútkoman (LEMD) sýndi að þátttakendur í hvíldarstöðu voru marktækt ($P<0.001$) með aukna framstöðu (forward head tilt) miðað við miðstöðu.

UMRÆÐUR

Það var veik virkni í sternocleidomastoid vöðvum í bæði hvíldar- og miðstöðu sem gefur vísbendingu um lítið stöðugleikahlutverk vöðvans í kyrrstöðu í stuttan tíma. Það eru vísbendingar um að með stærra úrtaki hefði verið hægt að sýna fram á aukna virkni í sternocleidomastoid vöðva í miðstöðu. Miðstaða virðist vera óvenjuleg höfuð-hálsstaða fyrir marga einstaklinga sem vinna í tölvuumhverfi en litla virkni í sternocleidomastoid vöðva má útskýra meðal annars vegna samspennu (co-contraction) hálsvöðva. Breytingar í lengdar-spennu sambandi (length-tension relationship) hefur áhrif á sternocleidomastoid vöðva⁵⁷ en það eru vísbendingar um að í hvíldarstöðu vinni sternocleidomastoid vöðvinn í miðferli, í réttri og þægilegri vöðvalengd og sýni litla virkni. Í miðstöðu hins vegar færast lengdarásinn (longitudinal axis) aftar. Við lengdar-spennu breytinguna örvast vöðvaspólur og golvikerfið³⁹ sem hefur áhrif á aukna virkni í sternocleidomastoid vöðva. Enn frekar getur miðstaða haft áhrif á aukna virkni í djúpu háls beygjuvöðvum, örvað gagnvirka slökun í réttivöðvum í hálsi og þar með gert sternocleidomastoid vöðvan að aðal réttivöðvanum (extensor) í atlanto-occipital lið.^{6,26}

Niðurstöður rannsóknarinnar gefa vísbendingu um svipaðar niðurstöður og fyrri rannsóknir sem hafa mælt virkni í aftari hluta hálsvöðvum í þungaberandi stöðu þar sem sýnt hefur verið fram á að við litlar breytingar í höfuð-hálsstöðu verði aukið álag á stöðugleikapáttum hálsins og þar með talið virkni í hálsvöðvum.^{10,20,24,47,48,49,50,55}

Megin útskýring á fráviksútkomu í höfuð-hálsstöðu var að þátttakendum var leiðbeint inn í miðstöðu af rannsakanda (alltaf sami rannsakandi) en þátttakendur völdu sína eigin hvíldarstöðu. Niðurstöður eru í samræmi við fyrri rannsóknir á höfuð-hálsstöðu.^{21,22,23,29,45}

Ályktun

Megin niðurstöður rannsóknarinnar gefa til kynna að það sé lítil virkni í sternocleidomastoid vöðva í tveimur ólíkum höfuð-hálsstöðum meðal heilbrigðra einstaklinga sitjandi við tölvu. Niðurstöður rannsóknarinnar geta verið hjálplegar meðferðaaðilum sem meðhöndla skjólstæðinga út frá bestu fánlegum rannsóknum (evidence based) þar sem fræðsla um líkamsstöðu er hluti af endurhæfingarméðferð. Miðstaða er ókunnug mörgum einstaklingum sem vinna í tölvuumhverfi og á einungis að nota sem „útgangspunkt“ því að miðstaða getur aukið virkni í hálsvöðvum, haft áhrif á vöðvaþreytu og aukið álag á háls- og herðasvæði. Frekari rannsóknar er þörf á fremri hluta hálsvöðva í þungaberandi stöðu þar sem fleiri þættir höfuð-hálsstöðu eru rannsakadír með stærra úrtaki og þátttakendum með og án einkenna frá háls- og herðasvæði.

Sérstakar þakkir:

Doktor Ella Kolbrún Kristinsdóttir
Steinar Haraldsson hjá Marel hf.
Professor Jón Ólafur Skarphéðinsson
Baldur Þorgilsson hjá Kine ehf.

U.K.

Nicola Heneghan (supervisor).

Andrew Soundy og Steve Cross.

Heimildaskrá:

- Aaras A, Fostervold K.I, Ro O, Thoresens M, Larsen S. (1997). Postural load during VDU work: a comparison between various work postures. *Ergonomics*, 40,(11), 1255-1268.
- Amiri M, Jull GA, Bullock-Saxton J. (2003). Measuring range of active cervical rotation in a posture of full head flexion using the 3D Fastrak measurement system: an intra-tester reliability study. *Manual Therapy*, 8(3), 176-179.
- Australian guidelines (1995,2000). www. Australian physiotherapy Journal.
- Barton P.M, Hayes K.C. (1996). Neck Flexor Muscle Strength, Efficiency, and Relaxation Times in Normal Subjects and Subjects With Unilateral Neck Pain and Headache. *Archives Physical Medical Rehabilitation*, 77, 680-687.
- Brace N, Kemp R, Snelgar R. (2000). *SPSS for Psychologists*. MACMILLAN PRESS LTD. London.
- Chaitow L. (1999). *Muscle Energy Techniques*. Churchill Livingstone. Edinburgh
- Chiu T.T, Ku W.Y, Lee M.H, Sum W.K, Wan M.P, Wong C.Y and Yuen C.K. (2002). A Study on the Prevalence of and Risk Factors for Neck Pain Among University Academic Staff in Hong Kong. *Journal of Occupational Rehabilitation*, 12 (2), 77-91.
- Cagnie B, Danneels L, Cools A, Dickx N, Cambier D. (in press). The influence of breathing type, expiration and cervical posture on the performance of the cranio-cervical flexion test in healthy subjects. *Manual Therapy*, 1-7.
- Delsys EMG System (2003). *User manual*. By Delsys Inc. www.delsys.com
- Edmondston S.J, Chan H.Y, Ngai G.C, Linda M, Warren R, Williams J.M, Glennon S and Netto K. (2007). Postural neck pain: An investigation of habitual sitting posture, perception of 'good posture' and cervicothoracic kinaesthesia. *Manual Therapy*,12(4), 363-71.
- Falla D, Dall'Alba P, Rainoldi A, Merletti R, Jull G. (2002a). Location of innervations zone of sternocleidomastoid and scalene muscles-a basis for clinical and research electromyography applications. *Clinical Neurophysiology*, 113, 57-63.
- Falla D, Dall'Alba P, Rainoldi A, Merletti R, Jull G. (2002b). Repeatability of surface EMG variables in the sternocleidomastoid and anterior scalene muscle. *European Journal of Applied Physiology*, 87, 542-549.
- Falla D.L, Campbell C.D, Fagan A.E, Thompson D.C, Jull G.A. (2003a). Relationship between cranio-cervical flexion range of motion and pressure change during the cranio-cervical flexion test. *Manual Therapy*, 8(2), 92-96.
- Falla D, Jull G, Dall'Alba P, Rainoldi A, Merletti R. (2003b). An Electromyographic Analysis of the Deep Cervical Flexor Muscles in Performance of Craniocervical Flexion. *Physical Therapy*, 83(10), 899-906.
- Falla D, Rainoldi A, Merletti R, Jull G. (2003c). Myoelectrical manifestations of Sternocleidomastoid and anterior scalene muscle fatigue in chronic neck pain patients. *Clinical Neurophysiology*, 114, 488-495.
- Falla D. (2004a). Unravelling the complexity of muscle impairment in chronic neck pain. *Manual Therapy*, 9, 125-133.
- Falla D, Jull G, Hodges P.W (2004b). Patients with neck pain demonstrate reduced electromyography activity of the deep cervical flexor muscle during performance of the cranio-cervical flexion test. *Spine*, 29(19), 2108-2114.
- Falla D, Jull G, O'Leary S, Dall'Alba P. (2006). Further evaluation of an EMG technique for assessment of the deep cervical flexor muscles. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 16, 621-628.
- Falla D, O'Leary S, Fagan A, Jull G. (2007). Recruitment of the deep cervical flexor muscles during a postural-correction exercise performed in sitting. *Manual Therapy*, 12(2), 139-143.
- Frankel V.H, Nordin M. (1989). *Basic biomechanics of the musculoskeletal system*. 2th ed. Philadelphia. Lea and Febiger. London.
- Grimmer K. (1996). The Relationship Between Cervical Resting Posture and Neck Pain. *Physiotherapy*, 82(1), 45-51.
- Grimmer K. (1997). An investigation of poor cervical resting posture. *The Australian Journal of Physiotherapy*, 43(1), 7-16
- Grimmer K, Trott P. (1998). The association between cervical excursion angles and cervical short flexor muscle endurance. *The Australian Journal of Physiotherapy*, 44(3), 201-207.
- Greig A.M, Straker L.M, Briggs A.M. (2005). Cervical erector spine and upper trapezius muscle activity in children using different information technologies. *Physiotherapy*, 91, 119-126
- Griegel-Morris P, Larson K, Mueller-Klaus K, Oatis C.A. (1992). Incidence of Common Postural Abnormalities in the Cervical, Shoulder, and Thoracic Regions and Their Association with Pain in Two Age Groups of Healthy Subjects. *Physical Therapy*, 72(6), 425-431.
- Gray's Anatomy (1989). (37TH ed.). Churchill Livingstone. Edinburgh, London.
- Harms-Ringdahl K, Ekholm J, Schuldt K, Nemeth G, Arborelius U.P. (1986). Load moments and myoelectric activity when the cervical spine is held in full flexion and extension. *Ergonomics*,12), 1539-52.
- Harris C, Straker L. (2000). Survey of physical ergonomics issues associated with school children's use of laptop computer. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 26, 337-346.
- Hanten W.P, Olson S.L, Russel J.L, Lucio R.M, Campbell A.H. (2000). Total Head Excursion and Resting Head Posture: Normal and Patient Comparison. *Archives of Physical Medicine in Rehabilitation*, 81, 62-66
- Hicks CM (2005). *Research Methods for Clinical Therapists*. (4TH ed.). Churchill Livingstone. London.
- Jull G, Barret C, Magee R, Ho P. (1999). Further clinical clarification of the muscle dysfunction in cervical headache. *Cephalgia*,19), 179-85.
- Jull GA. (2000). Deep cervical neck flexor dysfunction in whiplash. *Journal of Musculoskeletal Pain*,8), 143-54
- Jull G, Trott P, Potter H, Zito G, Niere K, Shirley D, Emberson J, Marschner I, Richardsson C. (2002). A Randomized Controlled Trial of Exercise and Manipulative Therapy for Cervicogenic Headache. *Spine*, 27(17), 1835-1845
- Jull G, Kristjansson E, Dall'Alba B. (2004). Impairment in the cervical flexors: a comparison of whiplash and insidious onset neck pain patients. *Manual Therapy*, 9, 89-94.
- Kahle W, Leonhardt H, Platzer W. (1996). *Locomotor System*. Colour Atlas/Text of Human Anatomy, vol. 1.
- Kietrys DM, McClure PW, Fitzgerald KG. (1998). The Relationship Between Head and Neck Posture and VTD Screen Height in Keyboard Operators. *Physical Therapy*, 78(4), 395-403.

37. **Konrad P. (2005).** The ABC of EMG-A practical Introduction to Kinesiological Electromyography. www.noraxon.com.
38. **Kendall P.F, McCreary K.E, Provance G.P. (2005.)** *Muscle testing and function.* (4TH ed.). Lippincott Williams and Wilkins. Baltimore.
39. **Lee D.G. (1994).** Principles and practice of muscle energy and functional techniques 721-724 in *Grieve's Modern Manual Therapy* (2nd ed.) Boyling J.D. and Palastanga N. Churchill Livingstone. London
40. **Lindegård A, Karlberg C, Tornqvist E.W, Toomingas A, Hagberg M. (2005).** Concordance between VDU-users' ratings of comfort and perceived exertion with experts' observation of workplace layout and working postures. *Applied Ergonomics.* 36, 319-325.
41. **McLean L. (2005).** The effect of postural correction on muscle activation amplitudes recorded from the cervicobrachial region. *Journal of Electromyography and Kinesiology,* 15, 527-535
42. **O' Leary S, Jull G, Kim M, Vicenzino B. (2007).** Cranio-cervical flexor muscle impairment at maximal, moderate and low loads is a feature of neck pain. *Manual Therapy,* 12, 34-39.
43. **Pheasant S. (1995).** *Ergonomics, work and health.* London. The Macmillan press LTD.
44. **Raine S, Twomey L.T. (1994).** Posture of the head shoulders and thoracic spine in comfortable erect standing. *The Australian Journal of Physiotherapy,* 40,(1), 25-32
45. **Raine S, Twomey L.T. (1997).** Head and Shoulder Posture Variations in 160 Asymptomatic Women and Men. *Archives of Physical Medical in Rehabilitation* 78, 1215-1223.
46. **Schuldt K, Harms-Ringdahl K. (1988).** Cervical spine posture versus EMG activity in neck muscles during maximum isometric neck extension. *Clinical Biomechanics,*(3), 129-136
47. **Schuldt K, Ekholm J, Harms-Ringdahl K, Nemeth G, Arborelius UP. (1986).** Effects of changes in sitting work postures on static neck and shoulder muscle activity. *Ergonomics,* 29,(12), 1525-37.
48. **Szeto G.P.Y, Straker L, Raine S. (2002).** A field comparison of neck and shoulder postures in symptomatic and asymptomatic office workers. *Applied ergonomics,* 33, 75-84.
49. **Szeto G.P.Y, Straker L.M, O'Sullivan P.B. (2005a).** A Comparison of symptomatic and asymptomatic office workers performing monotonous keyboard work-1: Neck and shoulder muscle recruitment patterns. *Manual Therapy,* 10, 270-280.
50. **Szeto G.P.Y, Straker L.M, O'Sullivan P.B. (2005b).** A Comparison of symptomatic and asymptomatic office workers performing monotonous keyboard work-2: Neck and shoulder kinematics. *Manual Therapy,* 10, 281-291.
51. **Szeto G.P.Y, Straker L.M, O'Sullivan P.B. (2005c).** EMG median frequency changes in the neck-shoulder stabilizers of symptomatic office workers when challenged by different physical stressors. *Journal of Electromyography and Kinesiology,* 15, 544-555.
52. **Sterling M, Jull GA, Wright A. (2001).** Cervical mobilisation: Concurrent effects on pain, sympathetic nervous system activity and motor activity. *Manual Therapy,* 6(2), 72-81.
53. **Sim J, Wright C. (2000).** *Research in Health Care, Concepts, Design and Methods.* Cheltenham. Nelson Thomes. U.K.
54. **Suryanarayana L, Kumar S. (2005).** Quantification of isometric cervical strength at different ranges of flexion and extension. *Clinical Biomechanics.* 20, 138-144.
55. **Straker L, Mekhora K. (2000).** An evaluation of visual display unit placement by electromyography, posture, discomfort and preference. *International Journal of Industrial Ergonomics,* 25, 389-398.
56. **Turville K.L, Psihogios J.P, Ulmer T.R, Mirka G.A. (1998).** The effects of video display terminal height on the operator: a comparison of the 15° and 40° recommendations. *Applied Ergonomics,* 29(4), 239-246.
57. **Watson D.H, Trott P.H. (1993).** Cervical headache: an investigation of natural head posture and upper cervical flexor muscle performance. *Cephalgia,* 13, 272-82