

## Sensomotorisk funktion hos personer med nackbesvär

MATS DJUPSJÖBACKA, ULRİK RÖIJEZON, CHARLOTTE HÄGER ROSS OCH MARTIN BJÖRKLUND

### Sammanfattning

Nackbesvär är vanligt förekommande och utgör en betydande orsak till ohälsa och inskränkt arbetsförmåga. Vanligen går det inte att klarlägga organisk orsak till långvariga nackbesvär men mycket tyder på att de oftast är ett komplext tillstånd där både biologiska och psykosociala faktorer är av betydelse. Forskning har visat på samband mellan långvariga nackbesvär och störningar i olika sensomotoriska funktioner och att graden av funktionspåverkan ofta är kopplad till graden av upplevda besvär. Undersökning av sensomotorisk funktion kan därför vara en viktig del i bedömningen av denna patientgrupp. Forskning har även visat att det finns evidens för positiva effekter av sensomotorisk träning vid nackbesvär på kort sikt, medan kunskap om långtidseffekter saknas. Vid träning av sensomotorisk funktion är det viktigt att beakta grundläggande kunskap inom motorisk inläring för att öka möjligheterna till bestående träningseffekter och att dessa överförs till vardagliga situationer.

**Mats Djupsjöbacka**, Med. dr., Centrum för belastningsskadeforskning, Högskolan i Gävle

**Ulrik Röijejon**, Med. dr., leg. sjukgymnast, Centrum för belastningsskadeforskning, Högskolan i Gävle

**Charlotte Häger Ross**, Professor i sjukgymnastik, Umeå universitet, samt sjukgymnast vid Ortopedkliniken, Norrlands universitetssjukhus, Umeå

**Martin Björklund**, Med.dr., leg. sjukgymnast, Centrum för belastningsskadeforskning, Högskolan i Gävle

**NACKBESVÄR ÄR VANLIGT** förekommande. Sammanställningar av internationella data visar att mellan 30 och 50 procent av befolkningen har nacksmärta någon gång under ett år (1). Besvären är vanligast i medelåldern och drabbar kvinnor oftare än män (1).

Nackbesvär utgör även en betydande orsak till ohälsa i arbetslivet. Enligt färsk statistik från Arbetsmiljöverket (2) så uppgav 5,8 procent av alla kvinnor och 2,8 procent av alla män i arbetslivet att de har haft så påtagliga besvär från nacken under de senaste tolv månaderna att det försämrat arbetsförmågan.

Kännetecknande för besvären är att de har en fluktuerande karaktär och att återkommande episoder är vanliga (3). Exempelvis visar data från Holland att endast 6,3 procent av de som hade besvär i nacke-skuldra regionen under föregående år var besvärsfria året därpå (4). Omfattningen av nackbesvär och dess konsekvenser för individen och samhället utgör således en stor utmaning för hälso- och sjukvården och för sjukgymnaster i synnerhet.

Nuvarande kunskapsläge indikerar att nackbesvär som regel är ett komplext tillstånd där både biologiska och psykosociala faktorer är av betydelse (1, 5). Sammanställningar av epidemiologisk litteratur visar att exponering för faktorer som repetitiva arbetsrörelser, arbete

med långa perioder med nackflexion, psykologiska faktorer såsom hög upplevd stress, höga krav, låg kontroll och lågt socialt stöd ökar risken för att utveckla besvär (6). Generella riskfaktorer är tidigare episoder av nack-rygg- eller skulderbesvär och låg fysisk kapacitet i nacke-skuldramuskulaturen (6).

I en färsk ledarartikel lyfter Michelle Sterling (7) fram den skillnad som tycks finnas mellan den rådande synen på spinala smärttillstånd respektive smärttillstånd i perifera leder. Medan diskussionen kring de senare fokuserar på biologiska orsaksmekanismer så domineras diskussionen kring spinal smärta av psykosociala faktorer.

Kontrasten i synsätt kan givetvis bero på många faktorer. Delvis är det säkerligen en spegling av att det finns evidens för att kognitiva och emotionella faktorer är av betydelse vid spinala smärttillstånd, speciellt vid långvariga besvärsförlopp och att dessa faktorer därför är viktiga att beakta vid rehabilitering. Men det kan också vara en spegling av skillnader i kunskapsläget vad gäller mekanismer bakom dessa olika typer av tillstånd. Medan vi vet tämligen mycket om de biologiska mekanismerna bakom till exempel tendinit har man inte funnit lika starkt stöd för biologiska förklaringsmodeller för nacksmärta.

I brist på klarlagd organisk orsak till de flesta nackbesvär benämns de därför ofta som ospecifika (8). Då kan det vara frestande att söka andra förklaringsmodeller såsom psykosociala mekanismer. Man bör dock beakta att avsaknad av en viss förklaring för en företeelse inte är bevis på att en sådan förklaring inte finns – *okunskapens argument* är inte giltigt för att avvisa en möjlig förklaring.

Även om det saknas klara belägg för biologiska mekanismer bakom ospecifik nacksmärta så finns det en omfattande litteratur som visar på tvärsnitt samband mellan organiska faktorer och nacksmärta som spänner från muskelbiokemi till sensomotorisk funktion (för översikter se 5, 9, 10). Den kunskapen utgör en grund för att utveckla en bättre diagnostisering och klassificering av tillstånden och ger även uppslag för att utvärdera nya träningsmetoder i randomiserade kontrollerade studier.

I den här artikeln ger vi en översikt av forskningen kring sensomotoriska funktionsstörningar vid långvarig nacksmärta. Vi vill dock

vara tydliga med att texten inte är en heltäckande sammanfattning utan fokuserar på områden som är kopplade till vår forskning. Det innebär även att vi i huvudsak berör resultat rörande långvarig ospecifik nacksmärta utan uppenbar koppling till trauma och endast tar upp whiplashrelaterade besvär (WAD) där det är relevant för sammanhanget.

### **Sensomotoriska funktionsstörningar vid nacksmärta**

Det står klart att långvariga nackbesvär kan vara förknippade med en rad olika typer av avvikelser i sensomotorisk funktion. De spänner över välkända och måhända föga förvånande funktioner som inskränkning av nackens rörlighet till sådana som man vid en första anblick inte direkt kopplar till nackens funktion, såsom försämrad precision vid målriktade armrörelser.

#### *Nackens rörlighet och hållning*

Inom klinisk praktik är det rutin att bedöma nackens aktiva och passiva rörlighet vid undersökning av patienter med nacksmärta. Genom forskning är det väl belagt att personer med nacksmärta oftast har en nedsatt rörlighet i nacken (för studier kring aktiv rörlighet se t.ex. 11, 12, 13). Den kliniska relevansen stöds av att man funnit signifikanta samband mellan smärtskattningar och aktivt rörelseomfång (11).

Vi har nyligen utvecklat en metod som gör det möjligt att separera rörelser som sker i övre respektive nedre del av halsryggen vid flexion-extension. Preliminära resultat visar att personer med långvarig ospecifik nacksmärta hade ett signifikant minskat maximalt rörelseomfång i både övre och nedre del av halsryggen jämfört med friska kontroller (14).

Medan det var ett förväntat resultat så var det mer förvånande att det reducerade rörelseomfånget för övre halsryggen hos gruppen med nacksmärta enbart berodde på en reduktion av extension från en självvald normal sittställning. För den nedre delen av halsryggen var förhållandet det motsatta.

Graden av nedsatt rörelseomfång inom patientgruppen var även signifikant kopplad till lägre trycksmärttrösklar i nackmuskulatur, lägre självskattningar av fysisk funktion och högre smärtskattningar. Vi kunde även visa att

”Nuvarande kunskapsläge indikerar att nackbesvär (...) är ett komplext tillstånd”

”Det anses generellt att en protraherad hållning i nacken kan öka risken för att utveckla nackbesvär.”

den riktningsspecifika begränsningen av rörelseomfång i övre och nedre delar av halsryggen hos personerna med nacksmärta till en viss del kunde förklaras av att de satt med en något mer protraherad hållning i halsryggen än kontrollgruppen i den självvalda utgångspositionen.

Våra preliminära resultat har intressanta kopplingar till hållningsrelaterade aspekter vid nacksmärta. Det anses generellt att en protraherad hållning i nacken, så kallad *Forward Head Posture* (15), kan öka risken för att utveckla nackbesvär.

Watson och Trott (16) studerade halsrygens hållning vid en självvald upprätt sittställning hos personer med cervikogen huvudvärk, det vill säga huvudvärk som är refererad från nacken. De fann att personerna med cervikogen huvudvärk hade en signifikant mer framåtlutad hållning i halsryggen jämfört med friska kontroller. Liknande resultat har presenterats av andra författare (15, 17).

Graden av *Forward Head Posture* har även visats vara kopplat till en sämre självskattad funktion hos personer med ospecifik nacksmärta (17). Falla och medarbetare fann att personer med ospecifik nacksmärta inte kunde upprätthålla en neutral hållning i nacken lika väl som friska kontroller under 10-minuters simulerat datorarbete; personerna med nacksmärta gled gradvis över i en protraherad hållning i nacken (18). Författarna kunde även visa att träning av de djupt liggande cranio-cervikala flexorerna gav en signifikant förbättrad förmåga att hålla kvar nacken i en neutral position under arbetet (18).

I kontrast till dessa fynd så kunde Arvidsson och medarbetare inte visa på något samband mellan hållning i nacken under bildskärmsarbete hos flygledare med respektive utan nackbesvär (19). Sammantaget pekar litteraturen ändå på att det finns en koppling mellan en protraherad hållning i nacken och nackbesvär, och där kopplingen verkar vara starkast till nackbesvär med cervikogen huvudvärk.

#### *Nackens rörelsemönster*

En väl fungerande motorik kännetecknas av mjuka accelerationer och decelerationer (för referenser se 20). Rörelsemjukhet vid huvudrotationer har undersökts i flera studier. Man

har dokumenterat en minskad rörelsemjukhet vid axiala huvudrotationer både hos patienter med WAD och med ospecifik nacksmärta (21, 22). I en studie från vår grupp (23) fann vi dock ingen minskad rörelsemjukhet hos personer med ospecifik nacksmärta vid rotationer som utfördes med maximal hastighet.

Man har även dokumenterat att personer med långvarig nacksmärta hade mindre medrörelser i associerade plan vid axiala rotationer än symtomfria kontroller (13), ett fynd som tillskrivs en förändrad strategi i den motoriska kontrollen. Liknande resultat presenterades nyligen i en avhandling från vår grupp (23). I ett test av axiala nackrotationer utförda så snabbt som möjligt fann vi att personer med nacksmärta roterade huvudet signifikant långsammare och med mindre medrörelser i associerade plan än kontroller. Det fanns även signifikanta samband mellan graden av reducerad hastighet och självskattningar av smärta och fysisk funktion, vilket stärker testets kliniska validitet.

#### *Nackmuskelfunktion*

Ett stort antal studier har visat att olika tillstånd av nacksmärta är förknippade med en nedsatt funktion hos djupt liggande flexorer i halsryggen. Watson och Trott (16) kunde med en speciell styrkemätningssutrustning visa att personer med cervikogen huvudvärk hade nedsatt styrka och uthållighet i cranio-cervikala flexorer.

En forskargrupp från University of Queensland i Australien har med en specifikt utvecklad EMG-elektrod kunnat mäta aktiviteten hos djupa nackflexorer och studerat koordinationen mellan dessa och ytliga nackflexorer. De har även studerat kontrollen av dessa muskler då nacken behöver stabiliseras.

Man har visat att personer med nacksmärta, oavsett om den är relaterad till trauma eller inte, har en långsammare föraktivering av djupa nackflexorer vid snabba posturala störningar (24) och att aktiviteten hos de djupa flexorerna är inhiberad medan de ytliga aktiveras mer under nackflexion (25, 26).

En försämrad funktion i de djupa nackflexorerna kan försämra den segmentella stabiliteten, vilket kan medföra ökad risk för smärta vid långvariga, stora eller plötsliga belastningar. För den som vill läsa mer om området re-

kommenderas en översiktsartikel av O'Leary och medarbetare (27).

### Balans

Många studier har visat på förändringar i den posturala kontrollen, främst i tester av kroppssvaj vid stående, hos personer med nackbesvär, i synnerhet vid cervikal yrsel och WAD (28-31). I en studie från vår forskargrupp fann vi ökat kroppssvaj vid stående både hos personer med långvariga ospecifika nackbesvär och hos personer med WAD (23).

Ett intressant fynd för gruppen med ospecifika nackbesvär var att förekomst av samtidig ländryggsmärta (ca 50 procent av gruppen) helt kunde förklara gruppskillnaden, det vill säga sett på gruppnivå var det endast personer med samtidig nack- och ländryggsmärta som uppvisade störd postural kontroll. Samband mellan störd postural kontroll och symptom samt låga självskattningar av fysisk funktion förelåg, men enbart för WADgruppen.

### Proprioception

Det finns en omfattande litteratur kring proprioception och nacksmärta (för en översikt se 27). Ett flertal studier har undersökt nackens proprioception genom att testa förmågan att återföra huvudet till en given utgångsposition efter en avvikande rörelse, även kallat repositioneringstest.

Generellt har man funnit att repositioneringsförmågan är nedsatt hos personer med WAD (22, 32-34) medan resultaten är mer tveitydiga när det gäller personer med ospecifika nacksmärta (33-35). Vi har även funnit nedsatt repositioneringsförmåga för armrörelser vid horisontell adduktion hos personer med WAD (36) och ospecifika nacksmärta (37) jämfört med friska kontroller. Nedsatt förmåga var kopplad till självskattad fysisk funktion inom WADgruppen, och till symptom, självskattad funktion och rörelserädsla hos gruppen med ospecifika nacksmärta.

Resultaten från studierna kring axelproprioception gjorde oss intresserade av att studera precisionen vid målriktade armrörelser eftersom proprioceptionen är av stor betydelse för kontroll av rörelser. Vi studerade rörelseprecisionen när försökspersonerna upprepade gånger pekade på ett målobjekt genom att mäta variationen i rörelsens slutpunkt mellan upprep-

ningarna (38). Resultaten visade att både personer med ospecifika nacksmärta och med WAD hade sämre precision än kontrollgrupp. Graden av försämrade precision visade samband främst med graden av självskattade problem med nackrörelser.

Liknande resultat vad gäller nedsatt precision vid målriktade armrörelser hos personer med ospecifika nacksmärta har presenterats i en holländsk avhandling (39). Resultaten skulle kunna vara en spegling av nedsatt axelproprioception men det finns andra möjliga förklaringar. En sådan är nedsatt nackproprioception eftersom information om huvudets läge i förhållande till kroppen är av stor vikt för kontrollen av målriktade armrörelser när målets lokalisering ges av synen (40).

### Sensomotorisk träning vid långvariga nackbesvär

Den kliniska evidensen för fysisk träning vid nackrehabilitering har ökat senaste åren.

I SBU:s rapport *Ont i ryggen, ont i nacken* (41) påvisades måttlig evidens för att aktiv träning är effektivare än passiv behandling vid akuta nacksmärtor, medan studieunderlaget för behandling mot långvarig nacksmärta ansågs otillräckligt. Baserat på två studier gavs dock träning av proprioception begränsad evidens för effekt (se mer om detta nedan).

I den senaste SBU-översikten på området, *Metoder för behandling av långvarig smärta* (42), fann man stark evidens för att terapeutledd träning vid långvarig nacksmärta är effektivare än enbart råd om träning. Enligt *The Cervical Overview Group* (43, 44) ger flera olika typer av träning moderat evidens för smärtlindrande effekt. Även här betonas skillnaden mellan handledd träning och icke-handledd hemträning, då det sistnämnda påvisades inte ha effekt. Sammanfattningsvis är evidensen relativt god för att olika former av träning har effekt vid långvarig nacksmärta, men det är oklart vilken typ av träning som ger bäst effekt.

Sensomotorisk träning kan delas in i specifika metoder riktade mot nackregionen och mer generella metoder som involverar hela kroppens motorik och hållning. I den följande översikten har vi begränsat oss till RCT-studier som inkluderar specifika träningsmetoder, medan evidens kring generella metoder såsom Qigong, Basal kroppskänedom, Feldenkrais-

”Generellt sett har det varit en stor ökning av antalet behandlingsstudier av nacksmärta, oavsett typ av intervention”

metoden och Alexanderteknik inte berörs.

Den proprioceptionsträning som finns beskriven i litteraturen involverar övningar för öga-nackekoordination (45-47) och träning av huvudrepositionering (47). Proprioceptiv träning under åtta veckor resulterade i minskad smärta, ökad cervikal rörlighet och förbättrad huvudrepositioneringsförmåga och självskattad funktion hos patienter med långvarig nacksmärta (46), och minskad smärta och ökad funktion hos WAD patienter (45). Båda dessa studier var randomiserade och kontrollerade men bedömdes dock ha låg kvalitet (41) och inkluderade enbart korttidsutvärdering.

I Australien har man utvecklat en metod för att träna de djupa nackflexorerna, så kallad *cranio-cervikal flexion (C-CF) exercise* (48). Effekten av sex veckors C-CF-träning och manipulationsbehandling, var för sig och i kombination, utvärderades på patienter med cervikogen huvudvärk (49).

Tolv månader efter intervention sågs minskad frekvens och intensitet på huvudvärk och minskad nackvärk för alla tre behandlingsgrupper jämfört med en kontrollgrupp som inte erhöll sjukgymnastisk behandling men fick konsultera en allmänläkare.

C-CF-träning har också jämförts med styrke- och uthållighetsträning för nackflexorer på personer med långvarig nacksmärta (18, 50, 51). Båda träningsmetoderna tycks ha jämförbar positiv effekt på smärta och självskattad funktion, men effekten på vissa motoriska funktioner skiljer sig åt. Jull och medarbetare jämförde C-CF-träning med styrketräning med avseende på aktiveringsmönster i djupa och ytliga nackflexorer hos personer med nacksmärta (52).

Efter sex veckors C-CF-träning sågs ökad EMG-aktivitet i djupa nackflexorer och minskad i ytliga vid ett test av cranio-cervikal flexion, medan generell nackstyrketräning inte gav den effekten. Signifikant fler patienter i C-CF gruppen uppvisade också en minskad latens-tid för aktivering av djupa nackflexorer vid en snabb unilateral armrörelse. Författarna menade att dessa fynd delvis skulle kunna förklara effekten av C-CF-träning vid rehabilitering av kronisk nacksmärta. Samma forskargrupp har också jämfört C-CF-träning med proprioceptionsträning som inkluderade övningar för öga-nackkoordination och huvudrepositione-

ring (47). Här såg man ingen skillnad mellan träningsprogrammen då de reducerade smärta och förbättrade självskattad funktion lika mycket.

Sammantaget är antalet utvärderingsstudier av sensomotorisk träning relativt få, undantaget de som berör C-CF-träning. Det begränsade underlaget till trots så finns viss evidens för att specifik sensomotorisk träning vid långvarig nacksmärta har positiv effekt med avseende på smärta och funktion. Underlag saknas däremot för bedömning av långtidseffekter.

Vi utvärderar för närvarande en ny typ av nackkoordinationsträning, som visat lovande resultat i en pilotstudie (53), på kvinnor med ospecifik nacksmärta. I en RCT-studie jämförs den nya träningsmetoden med anpassad styrketräning för nacke-skuldra samt med massagebehandling för kvinnor med långvarig nacksmärta. Förutom att utveckla effektiva sensomotoriska träningsmetoder så behövs också förbättrad kunskap kring individanpassning av träning och behandling.

Generellt sett har det varit en stor ökning av antalet behandlingsstudier av nacksmärta, oavsett typ av intervention, under de tio senaste åren men evidensen för olika behandlingsformer har endast ökat blygsamt (43). Det förefaller troligt att detta till stor del beror på att man inte satsat på studier där man inkluderat modeller för individanpassning av åtgärderna.

För ospecifika ländryggsbesvär har individanpassad behandling redan testats med framgång; behandling som individanpassas utifrån klassificering baserad på kliniska tester och mätningar leder till ökad funktion och återgång i arbete jämfört med när behandlingen inte matchas (54). Motsvarande studier för nacksmärta saknas däremot. Det är vår övertygelse att en effektiv rehabilitering av patienter med ospecifik nacksmärta kräver evidensbaserade beslutsmodeller som tar hänsyn till prognostiska faktorer och möjliggör god individanpassning.

### Kliniska rekommendationer

Det står klart att personer med långvarig nacksmärta kan uppvisa en rad olika typer av störningar i sensomotoriska funktioner, samt att det för många av dessa finns samband med självskattningar av smärta och funktion.



Visserligen finns det teoretiska förklaringsmodeller som stöder att ett primärt smärttillstånd kan ge upphov till störningar av sensomotoriska funktioner (se t.ex. 5, 10, 55), men det är likaväl tänkbart att en störning i nackens sensomotorik kan vara en av orsakerna till uppkomsten, eller leda till sekundära problem och därigenom förvärra tillståndet och öka risken för att besvären blir långvariga.

Med den utgångspunkten och den evidens som finns för sensomotorisk träning vid nackbesvär, så finns god grund för att beakta träning av sensomotoriska funktioner vid rehabilitering av långvarig nacksmärta.

Undersökning av sensomotoriska funktioner kan därför vara en viktig hjälp vid klassificering av patienter med nackbesvär och ge vägledning till vilken typ av rehabiliteringsåtgärd som bör sättas in för den enskilde patienten. De metoder som beskrivs ovan, till exempel övningar för öga-nackkoordination och C-CF-träning, är goda förslag för tillämpningar i den kliniska praktiken.

Träning av sensomotorik kan dock vara en utmaning. Det är väl känt att träning tenderar att vara specifik, d.v.s. man blir bra på det man tränar. När det gäller träning av motorik ställs specificitetsprincipen på sin spets; motoriken beror inte bara på uppgiften som utförs utan den kan även påverkas av sammanhanget där uppgiften utförs. Konkret betyder det att till exempel träning av aktiveringsmönster hos nackmuskulaturen med avgränsade specifika övningar på kliniken inte nödvändigtvis förändrar aktiveringsmönstret vid funktionella aktiviteter i vardagen (50).

Hur ska man då gå till väga för att en patient ska ha nytta av träningen i det dagliga livet?

Några riktlinjer ges av kunskaper inom motorisk inlärning (56, 57). En viktig aspekt är att genomföra övningar med viss variation i utförandet. Mycket tyder på att variationen även bör vara oförutsägbar för den som tränar.

Teorin bakom detta är att oförutsägbarheten gör att patienten hela tiden måste bearbeta träningsuppgiften kognitivt, vilket gynnar inlärningen. Verklighetsnära träning är även viktig för att patienten ska bära med sig träningseffekterna till det dagliga livet utanför kliniken.

Andra faktorer av betydelse är att anpassa

och gradvis öka svårighetsgraden, att syftet med träningsövningarna ska vara lätt att förstå för patienten och att denne regelbundet får återkoppling av resultaten av träningen. ○

#### Referenser

1. Hogg-Johnson S, van der Velde G, Carroll LJ, Holm LW, Cassidy JD, Guzman J, et al. The burden and determinants of 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*. 2008 Feb;33(4):S39-S51.
2. Arbetsorsakade besvär 2008: Arbetsmiljöverket; 2008.
3. Haldeman S, Carroll L, Cassidy JD, Schubert J, Nygren Å. The bone and joint decade 2000-2010 task force on neck pain and its associated disorders. *Spine*. 2008 Feb;33(4):S5-S7.
4. Picavet HSJ, Schouten J. Musculoskeletal pain in the Netherlands: prevalences, consequences and risk groups, the DMC3-study. *Pain*. 2003 Mar;102(1-2):167-78.
5. Visser B, van Dieen JH. Pathophysiology of upper extremity muscle disorders. *J Electromyogr Kinesiol*. [Review]. 2006 Feb;16(1):1-16.
6. Cote P, van der Velde G, Cassidy JD, Carroll LJ, Hogg-Johnson S, Holm LW, et al. The burden and determinants of neck pain in workers: results of the Bone and Joint Decade 2000-2010 Task Force on Neck Pain and Its Associated Disorders. *Spine*. 2008 Feb 15;33(4 Suppl):S60-74.
7. Sterling M. Neck Pain: Much More Than a Psychosocial Condition. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2009 May;39(5):309-11.
8. Wigaeus Tornqvist E, Kindenberg U, Schærström A. Arbetsrelaterat? Skador i nacke – skuldror – armar: National Institute for Working Life, Sweden. Report No 2: 2002.
9. Falla D. Neuromuscular control of the cervical spine in neck pain disorders. In: Graven-Nielsen T, Arendt-Nielsen L, Mense S, editors. *Fundamentals of Musculoskeletal Pain*. Seattle, USA: IASP Press; 2008. p. 417-30.
10. Djupsjöbacka M. Proprioception and neck/shoulder pain. In: Graven-Nielsen T, Arendt-Nielsen L, Mense S, editors. *Fundamentals of Musculoskeletal Pain*. Seattle, USA: IASP Press; 2008. p. 385-99.
11. Hagen KB, Harms-Ringdahl K, Enger NO, Hedenstad R, Morten H. Relationship between subjective neck disorders and cervical spine mobility and motion-related pain in male machine operators. *Spine*. 1997 Jul;22(13):1501-7.

”Undersökning av sensomotoriska funktioner kan därför vara en viktig hjälp vid klassificering av patienter med nackbesvär”

12. Hanten WP, Olson SL, Russell JL, Lucio RM, Campbell AH. Total head excursion and resting head posture: normal and patient comparisons. *Arch Phys Med Rehabil.* 2000 Jan;81(1):62-6.
13. Woodhouse A, Vasseljen O. Altered motor control patterns in whiplash and chronic neck pain. *BMC Musculoskelet Disord.* 2008;9:90.
14. Rudolfsson T, Björklund M, Djupsjöbacka M. Range of motion in the upper and lower cervical spine in people with chronic neck pain. The XVIII Congress of the International Society of Electrophysiology and Kinesiology 16-19 June, 2010; Ålborg, Denmark. In Press.
15. Griegel-Morris P, Larson K, Mueller-Klaus K, Oatis CA. 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.* 1992;72(6):425-31.
16. Watson DH, Trott PH. Cervical headache: an investigation of natural head posture and upper cervical flexor muscle performance. *Cephalalgia.* 1993 Aug;13(4):272-84; discussion 32.
17. Yip CH, Chiu TT, Poon AT. The relationship between head posture and severity and disability of patients with neck pain. *Man Ther.* 2008 May;13(2):148-54.
18. Falla D, Jull G, Russell T, Vicenzino B, Hodges P. Effect of neck exercise on sitting posture in patients with chronic neck pain. *Physical Therapy.* 2007 Apr;87(4):408-17.
19. Arvidsson I, Hansson GA, Mathiassen SE, Skerfving S. Neck postures in air traffic controllers with and without neck/shoulder disorders. *Applied Ergonomics.* 2008 Mar;39(2):255-60.
20. Yan JH, Thomas JR, Stelmach GE, Thomas KT. Developmental features of rapid aiming arm movements across the lifespan. *J Mot Behav.* 2000 Jun;32(2):121-40.
21. Sjölander P, Michaelson P, Jaric S, Djupsjöbacka M. Sensorimotor disturbances in chronic neck pain – range of motion, peak velocity, smoothness of movement, and repositioning acuity. *Man Ther.* 2008 May;13(2):122-31.
22. Feipel V, Rondelet B, LePallec JP, DeWitte O, Rooze M. The use of disharmonic motion curves in problems of the cervical spine. *Int Orthop.* 1999;23(4):205-9.
23. Røijezon U. Sensorimotor function in chronic neck pain : objective assessments and a novel method for neck coordination exercise: Umeå university medical dissertations. New series No 1273; 2009.
24. Falla D, Jull G, Hodges PW. Feedforward activity of the cervical flexor muscles during voluntary arm movements is delayed in chronic neck pain. *Exp Brain Res.* 2004 Jul;157(1):43-8.
25. 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 May;9(2):89-94.
26. Falla DL, Jull GA, Hodges PW. Patients with neck pain demonstrate reduced electromyographic activity of the deep cervical flexor muscles during performance of the craniocervical flexion test. *Spine.* 2004 Oct 1;29(19):2108-14.
27. O'Leary S, Falla D, Elliott JM, Jull G. Muscle Dysfunction in Cervical Spine Pain: Implications for Assessment and Management. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy.* 2009 May;39(5):324-33.
28. Michaelson P, Michaelson M, Jaric S, Latash ML, Sjölander P, Djupsjöbacka M. Vertical posture and head stability in patients with chronic neck pain. *J Rehabil Med.* 2003 Sep;35(5):229-35.
29. Treleaven J, Jull G, LowChoy N. Standing balance in persistent whiplash: A comparison between subjects with and without dizziness. *Journal of Rehabilitation Medicine. [Article].* 2005 Jul;37(4):224-9.
30. Field S, Treleaven J, Jull G. Standing balance: A comparison between idiopathic and whiplash-induced neck pain. *Manual Therapy.* 2008 Jun;13(3):183-91.
31. Karlberg M, Persson L, Magnusson M. Reduced postural control in patients with chronic cervicobrachial pain syndrome. *Gait & Posture.* 1995;3:241-9.
32. Heikkilä HV, Wenngren BI. Cervicocephalic kinesthetic sensibility, active range of cervical motion, and oculomotor function in patients with whiplash injury. *Arch Phys Med Rehabil.* 1998 Sep;79(9):1089-94.
33. Sjölander P, Michaelson P, Jaric S, Djupsjöbacka M. Sensorimotor disturbances in chronic neck pain. Range of motion, peak velocity, smoothness of movement, and repositioning acuity. *Manual Therapy* 2008;13:122-31.
34. Kristjansson E, Dall'Alba P, Jull G. A study of five cervicocephalic relocation tests in three different subject groups. *Clin Rehabil.* 2003 Nov;17(7):768-74.
35. Rix GD, Bagust J. Cervicocephalic kinesthetic sensibility in patients with chronic, nontraumatic cervical spine pain. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001 Jul;82(7):911-9.
36. Sandlund J, Djupsjöbacka M, Ryhed B, Hamberg

- J, Björklund M. Predictive and discriminative value of shoulder proprioception tests for patients with whiplash-associated disorders. *J Rehabil Med*. 2006 Jan;38(1):44-9.
37. Sandlund J. Position-matching and goal-directed reaching acuity of the upper limb in chronic neck pain: associations to self-rated characteristics: Umeå University Medical Dissertations. New Series No. 1182; 2008.
38. Sandlund J, Röijezon U, Björklund M, Djupsjöbacka M. Acuity of goal-directed arm movements to visible targets in chronic neck pain. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 2008 May;40(5):366-74.
39. Huysmans MA. From precision demands to neck and upper extremity pain: Vrije Universiteit. Doctoral Thesis; 2008.
40. Andersen RA, Snyder LH, Li CS, Stricanne B. Coordinate transformations in the representation of spatial information. *Current Opinion in Neurobiology*. 1993;3(2):171-6.
41. Ont i ryggen, ont i nacken. En evidensbaserad kunskapsmanställning. SBU-rapport. Stockholm: SBU - Statens beredning för medicinsk utvärdering 2000. Report No.: ISBN 91-87890-65-8 Contract No.: 145/2.
42. Metoder för behandling av långvarig smärta : en systematisk litteraturoversikt. V. 1. Stockholm Statens beredning för medicinsk utvärdering (SBU); 2006.
43. Gross AR, Goldsmith C, Hoving JL, Haines T, Peloso P, Aker P, et al. Conservative management of mechanical neck disorders: a systematic review. *J Rheumatol*. 2007 May;34(5):1083-102.
44. Gross AR, Haines T, Goldsmith CH, Santaguida L, McLaughlin LM, Peloso P, et al. Knowledge to Action: A Challenge for Neck Pain Treatment. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2009 May;39(5):351-63.
45. Fitz-Ritson D. Phasic Exercises for Cervical Rehabilitation After "Whiplash" Trauma. *J Manipulative Physiol Ther*. 1995;18(1):21-4.
46. Revel M, Minguet M, Gregoy P, Vaillant J, Manuel JL. Changes in cervicocephalic kinesthesia after a proprioceptive rehabilitation program in patients with neck pain: a randomized controlled study. *Arch Phys Med Rehabil*. 1994 Aug;75(8):895-9.
47. Jull G, Falla D, Treleaven J, Hodges P, Vicenzino B. Retraining cervical joint position sense: the effect of two exercise regimes. *J Orthop Res*. 2007 Mar;25(3):404-12.
48. Jull G, Barrett C, Magee R, Ho P. Further clinical clarification of the muscle dysfunction in cervical headache. *Cephalalgia*. 1999 Apr;19(3):179-85.
49. Jull G, Trott P, Potter H, Zito G, Niere K, Shirley D, et al. A randomized controlled trial of exercise and manipulative therapy for cervicogenic headache. *Spine*. 2002 Sep 1;27(17):1835-43; discussion 43.
50. Falla D, Jull G, Hodges P. Training the cervical muscles with prescribed motor tasks does not change muscle activation during a functional activity. *Manual Therapy*. 2008 Dec;13(6):507-12.
51. Falla D, Jull G, Hodges P, Vicenzino B. An endurance-strength training regime is effective in reducing myoelectric manifestations of cervical flexor muscle fatigue in females with chronic neck pain. *Clin Neurophysiol*. 2006 Apr;117(4):828-37.
52. Jull GA, Falla D, Vicenzino B, Hodges PW. The effect of therapeutic exercise on activation of the deep cervical flexor muscles in people with chronic neck pain. *Manual Therapy*. 2009 Dec;14(6):696-701.
53. Röijezon U, Björklund M, Bergenheim M, Djupsjöbacka M. A novel method for neck coordination exercise--a pilot study on persons with chronic non-specific neck pain. *J Neuroeng Rehabil*. 2008;5:36.
54. Brennan GP, Fritz JM, Hunter SJ, Thackeray A, Delitto A, Erhard RE. Identifying subgroups of patients with acute/subacute "nonspecific" low back pain: results of a randomized clinical trial. *Spine*. 2006 Mar 15;31(6):623-31.
55. Johansson H, Arendt-Nilsson L, Bergenheim M, Blair S, van Dieen J, Djupsjöbacka M, et al. Epilogue: An integrated model for chronic work-related myalgia. Brussels Model. In: Johansson H, Windhorst U, Djupsjöbacka M, Passatore M, editors. *Chronic Work-Related Myalgia Neuromuscular Mechanisms behind Work-Related Chronic Muscle Pain Syndromes*. Gävle, Sweden: Gävle University Press; 2003. p. 291-300.
56. Jarus T. Motor Learning and Occupational Therapy - The Organization of Practice. *American Journal of Occupational Therapy*. 1994 Sep;48(9):810-6.
57. Schmidt RA, Lee TD. Motor control and learning : a behavioral emphasis. Schmidt RA, Lee TD, editors. Champaign, IL: Human Kinetics; 1999.