



Institutionen för
Fysik och Mätteknik

Ny mätmetod för käkmuskulaturen kan finna orsaken till öronsus

NUTEK projekt nr 92 - 11904

Slutrapport

Sammanfattning

Tinnitus är en åkomma som i lindrigare eller allvarigare former drabbar 17% av västvärldens befolkning. 85.000 svenskar har tinnitus på invalidiserande nivå. Förutom mänskligt lidande orsakar tinnitus samhällskostnader på ca 1.5 miljard kr årligen. Orsaken är till största delen okänd.

Vissa tecken tyder på ett samband mellan tinnitus och funktionsstörning i en käkmuskel. Några olika icke-invasiva metoder för mätning av muskelstörning i M Pterygoideus Lateralis har utvärderas. Två av dessa är intressanta för fortsatta studier.

Termografi användes för att diagnosticera muskelstörningar på yttligt liggande muskler. Vi såg åtskilliga varma områden på ytliga käk- och nackmuskler på de patienter som hade käkledsstörningar, samt möjligen tecken på onormal värme från M Pterygoideus Lateralis. Mätförhållandena var dock ej ideala.

En metod att mäta EMG med adaptiv noise cancelling provades. EMG från en ryggmuskel, stört av en "EKG-signal" från hjärtat användes. Metoden fungerade bra. Fortsatt metodutveckling på t.ex. ryggmuskler borde göras.

Linköping 97-01-27

Johan Hedbrant
Linköpings universitet

Assar Bjorne
Specialisttandvården, Lasarettet Ystad

Innehåll

1 Bakgrund	4
1.1 Uppdragsverksamheten vid Linköpings universitet	4
1.2 Tandläkare Assar Bjorne och hans upptäckt	4
1.3 Tinnitus	4
1.3.1 Objektiv tinnitus	5
1.3.2 Subjektiv tinnitus	5
1.4 Assar Bjornes pilotstudie	5
1.4.1 Tidiga hypoteser om orsakerna	5
1.4.2 Framgångsrik behandling	6
1.5 Behov av oberoende diagnostiska metoder	6
2 Projektförutsättningar	7
2.1 Värdet av en bra mätmetod	7
2.1.1 Tinnitus dolt handikapp	7
2.1.2 Tinnitus i Sverige	7
2.1.3 Samhällets kostnader	7
2.1.4 Hur mycket går det att minska kostnaderna?	7
2.2 Projektets syfte	8
2.2.1 Målsättning	8
2.3 Organisation	8
2.4 Projektgruppen	8
2.5 Kliniska förutsättningar	9
2.5.1 Fysiologi	9
2.6 Tillvägagångssätt	10
2.6.1 Ljudmätningar	10
2.6.2 Mäta mekaniska vibrationer	10
2.6.3 Värme	10
2.6.4 Myoelektrisk aktivitet, EMG	11
2.6.5 Laser-dopplermätning	11
2.6.6 Positronemissionstomografi	11
2.6.7 Mikrosensor för syrgasmätning	11
2.7 Val av metoder för pilotstudier	11
3 Pilotförsök med Laser-dopplermätning	12
3.1 Slutsats	12
4 Pilotförsök med värmekamera	13
4.1 Utrustningen	13
4.2 Patienter	13
4.3 Metod	13
4.3.1 Fotograferingen	13
4.3.2 Bildanalys	14
4.4 Resultat	14
4.5 Några bilder	15
4.6 Diskussion	17
4.6.1 Temperatur	17
4.6.2 Störningar i nack- och ryggmuskulatur	17
4.6.3 Några kommentarer kring bilderna	17
4.6.4 Provokation	18
4.7 Slutsats	18
5 Pilotförsök med EMG-mätningar	19
5.1 Lite om EMG-signal	19
5.2 Utrustningen	19
5.2.1 Elektroden	19
5.2.2 Elektrod förstärkare	19
5.2.3 Dator	20
5.2.4 Programvara	21
5.3 Försökspersoner	21

5.4	Metod	21
5.5	Resultat	21
5.6	Slutsats	21
6	Pilotförsök med EMG med störningsdämpning	22
6.1	Störningsdämpning	22
6.2	Experimentutformning	22
6.3	Metod	23
6.3.1	Inmätning	23
6.3.2	Adaptive noise cancelling	23
6.4	Resultat, störningsdämpning	24
6.5	Studie av glömskefaktor	25
6.6	Diskussion	26
6.7	Slutsats	26
7	Parallella resultat	27
7.1	Assar Bjornes forskningsarbeten	27
7.2	Annan forskning	28
7.3	Stort intresse från allmänheten	28
8	Diskussion av projektet	29
8.1	Tänkbara orsaker till tinnitus av oklar orsak	29
8.1.1	Mer fysiologi	30
8.1.2	En spekulativ hypotes	31
9	Framtida tänkbara projektområden	32
10	Tillkännagivanden	32
11	Referenser	33
	Appendix A: Tinnitus Aureum as an effect of increased tension in the lateral pterygoid muscle	34
	Appendix B: Craniomandibular disorders in patients with Meniere's disease: A controlled study	35
	Appendix C: MATLAB-körningar	36

Summary

Tinnitus is an illness which affects 17% of the western society. 85.000 Swedish patients are handicapped by tinnitus. Besides reduced quality of life tinnitus causes annual costs of about 1500 millions SEK. The cause of tinnitus is in most cases not clear.

A link between tinnitus and craniomandibular disorders (CMD) has been indicated. Some non-invasive methods for detecting muscle soreness in M Pterygoideus Lateralis were evaluated. Two of these was investigated further.

Thermography was used for measuring disturbances in facial muscles. We saw several hot areas from jaw and neck- muscles of CMD patients, and possible indications of increased temperature from M Pterygoideus Lateralis. However, measuring conditions were not ideal.

A method for EMG recording with adaptiv noise cancelling was evaluated. EMG from a spinal muscle influenced by a "ECG signal" from the heart was used with satisfying result. Further method development on e.g. spinal muscles would is advised.

1 Bakgrund

1.1 Uppdragsverksamheten vid Linköpings universitet

Under början av 90-talet fanns vid Linköpings Universitet ett separat centrum kallad Uppdragsverksamheten, UDV. Den bestod av ett antal grupper som arbetade med uppgifter i gränslandet mellan forskning och "verklighet", främst med syfte att föra ut forskningsresultat och -idéer till samhällets nytta. Vid enstaka tillfällen skedde den omvända processen — att idéer från omvärlden letade sig in till universitetet och gav huvudbry åt forskarsamhället. Denna rapport handlar om en sådan kontakt.

1.2 Tandläkare Assar Bjorne och hans upptäckt

Specialisttandläkare Assar Bjorne från Ystad kontaktade hösten 1991 Enheten för Systemanalys vid UDV. Han hade vid en middag i Ystad talat med en konsult som var knuten till UDV, varvid han beslutat att diskutera en upptäckt han gjort med någon på Linköpings universitet.

Assar Bjorne var specialiserad på tandlossningssjukdomar och hade under denna specialitet kommit att bli mycket duktig på bett-, käk- och tuggfunktionen. En del av arbetet var att få tuggytorna på tänderna i över- och underkäke att stämma bra överens. Redan avvikelser på någon tiondels millimeter hos en tand kan störa balansen och stabiliteten i bettet och mycket stor noggrannhet krävs för att justera tandytorna efter operationer eller andra ingrepp. Bettfunktionen och stabiliteten kan inte bara störas av tandlossning (sjukdom), utan av olyckor och nattlig bruxism ("tandnissel").

Under ett ingrepp på en patient hade Assar Bjorne blivit ombedd av denne att bedöva omsorgsfullt långt inne i överkäken, då patienten var mycket smärtekänslig. Detta gjordes och ingreppet genomfördes utan problem. Efteråt påpekade patienten, mycket förvånad, att det tinnitus, öronsus, han besvärats av under lång tid och var halv sjukpensionär för nu hade lindrats helt. Besväret återkom dock några timmar senare då bedövningen släppte.

Assar Bjorne funderade över detta, och kom fram till att han sannolikt hade lagt en del av bedövningen i en muskel som heter Pterygoideus Lateralis (M Pt Lat i det följande), en muskel som har sitt ursprung innanför innersta kindtanden i överkäken och fäster i käkleden, invid ledhuvudet.

Vid ett senare tillfälle uppdagades att en annan patient också led av tinnitus. Assar Bjorne frågade då om han fick bedöva i muskeln (utan att nämna den möjliga reduktionen av patientens tinnitus). Medgivande gavs och även denna patient kommenterade förvånad att hans tinnitus väsentligen lindrades då bedövningen började verka.

1.3 Tinnitus

Öronsus, eller Tinnitus aureum som det också kallas, är problem som är så vanligt förekommande att runt 17% av befolkningen har det och ca 1% lider svårt av det [1,2,3]. Det har av den anledningen varit ämnet för flera doktorsavhandlingar. I sina värsta former är öronsus oerhört besvärande och är associerat med sömnrubbningar, yrselanfall, Menieres syndrom, psykiska följdproblem och till och med självmord. Utöver det mänskliga lidandet blir människor med invalidiserande öronsus ofta föremål för kostsamma rehabiliteringsprogram eller förtidspensionering. Öronsus, som kan vara en- eller tvåsidigt, omfattar förutom susande ljudupplevelser även ringande-, tjutande-, brummande- och andra mycket starka ljudförnimmelser, varför vi i det följande valt att använda den medicinska benämningen tinnitus istället för det mer begränsande ordet öronsus.

Forskningen kring tinnitus har visat att tinnitus oftast har okänd orsak, oftast inte har samband med hörselskada, men har visats ha samband med stresssymptom som huvudvärk, sömnsvårigheter och ansiktsmuskelspänning [4] och muskulära spänningstillstånd i tuggapparaten [5]. Det finns också en studie publicerad 1995 som visar samband mellan nivån av muskelspänning i tuggapparaten och förekomsten av hörselnedsättning [6]. I studien visades i ett mycket stort patientmaterial att ju svårare spänningstillståndet var, desto vanligare och gravare var hörselnedsättningen.

Orsakerna till tinnitus är dåligt klarlagda. Tinnitus kan uppstå till följd av yttre påverkan som t.ex. bullerskador. Det kan också orsakas av inre faktorer, t.ex. missbildningar i blodkärl där blodets pulserande blivit hörbart. I påfallande många fall hittar man dock ingen klar orsak till tinnitus.

1.3.1 Objektiv tinnitus

Tinnitus är uppdelat i objektiv tinnitus som kan mätas och registreras, och subjektiv tinnitus som inte går att mäta. I exemplen ovan är ljud från blodkärl och muskler objektiva. De kan beskrivas av patienten så att man kan härleda orsaken till uppkomsten — blodkärl ger ifrån sig ett pulserande ljud i takt med hjärtats slag och musklerna ger ifrån sig brummande eller klickande ljud. En bullerskada kan ibland fastställas genom en patientintervju och ett tonaudiogram.

1.3.2 Subjektiv tinnitus

Till typen subjektiv tinnitus, som anses utgöra 99 % av all tinnitus, har man oftast ingen klar bild av orsaken [2]. Patientens tinnitus går inte att mäta objektivt och är inte av en sådan karaktär att man kan härleda ursprunget. Oaktat detta upplever patienten obehag och mår ofta oerhört dåligt med en sänkt livskvalitet.

Eftersom tinnitus är ett stort problem vid öronkliniker, och man trots lång och intensiv forskning hittills ej kunnat klarlägga orsaken har man prövat alla tänkbara medel. Man har i omfattande studier försökt med vitaminer, hormoner, lugnande och smärtstillande, till och med smärtstillande intravenöst utan effekt. Enda smärre positiva effekterna har man sett vid behandling med akupunktur och sjukgymnastik. När man ej kunnat finna en fysisk orsak, har man ibland ansett att tinnitus har psykiska orsaker.

Eftersom man ej känner orsaken till tinnitus är tillståndet svårt att behandla. Vid vissa typer av sjukdomstillstånd innefattande tinnitus, t.ex. Menieres syndrom där även kraftiga yrselanfall ingår i symptombilden, behandlar man i svårartade fall patienten genom att förstöra hela innerörats funktion. Yrselanfallen försvinner ibland, en del patienter blir sämre, och patienten blir helt döv på det öra som behandlats. Trots dövheten kvarstår dock patientens tinnitus oförändrad.

Man har också märkt att personer med tinnitus har käkledsbesvär [5]. Några studier har visat att när man behandlar dessa käkledsbesvär har det också haft effekt på dessa personers tinnitus.

1.4 Assar Bjornes pilotstudie

Som en uppföljning av sin upptäckt studerade Assar Bjorne 39 patienter med handikappande tinnitus. De var i åldrarna 23 till 74 år och av båda könen. Samtliga hade en uttalad rubbning i käkledsfunktionen. 29 hade ensidig- och 10 hade tvåsidig tinnitus. 17 av dem hade diagnosen Menieres syndrom. Patienterna var remitterade från två öronkliniker i södra Sverige för att utreda om de hade besvär med bettfunktionen.

Vid undersökningen visade det sig att den käkledsmuskel som studerades, M Pt Lat, ömmade vid beröring. Ömheten var värre på tinnitussidan hos patienterna med ensidig tinnitus och väsentligen lika på dem med dubbelsidig tinnitus.

Vid lokalbedövning av muskeln på tinnitussidan uttalade patienterna en lättnad i tinnitus. Lättnaden varierade från 20% till 100% och var i medeltal 67% enligt en Visuell–Analog–skala (VAS). 14 patienter hävdade att deras tinnitus försvunnit helt. I samtliga fall återkom patienternas tinnitus när bedövningen släppt.

För att bekräfta möjligheten att upprepa experimentet, gjordes förnyade injektioner på en patient 8 gånger under en fyraveckorsperiod. Varje gång upplevde patienten en lättnad i tinnitus på mellan 70% och 90% enligt VAS.

1.4.1 Tidiga hypoteser om orsakerna

Eftersom patienternas tinnitus försvann vid bedövning av muskeln och återkom då bedövningen slutade verka antog Assar Bjorne att ljudupplevelsen faktiskt berodde på någon sorts mekanisk aktivitet i muskeln. Om aktiviteten bestod av någon sorts vibrationer och dessa leddes in i skallbenet via muskelfästet, kunde det räcka med mycket små rörelser för att de skulle uppfattas som ljud via den benledda hörseln.

En gåta var dock hur ljudet faktiskt uppstått — många av patienterna beskrev sina ljudupplevelser som ganska högfrekventa pip eller brus, kanske nånstans mellan 5 och 10 kHz. Traditionella muskelljud brukar dock beskrivas som brummande eller klickande ljud som på sin höjd kommer upp till några tiotal Hz.

Kanske hade vibrationer kunnat uppstå på liknande sätt som i ett stråkinstrument — en lågfrekvent gnidning i muskeln (stråken och strängen) ger upphov till högfrekventa rörelser som fångas in av benet där muskeln sitter fästad (stallet på resonanslådan) och leds vidare till hörselorganet. Teorierna om mekaniska orsaker försvagas av att många patienter uppgivit att deras tinnitus kvarstått trots att man förstört hörselorganet.

1.4.2 Framgångsrik behandling

Oavsett orsaker till ljudupplevelsen fann Assar Bjorne en mycket stark korrelation mellan tinnitus och ömhet i käkmuskeln. Ömheten orsakades i de fall Assar Bjorne studerat av störningar i bettfunktionen, det var huvudsakligen därför patienterna remitterats till honom. En sådan störning kunde t.ex. vara att bettytorna i över- och underkäken inte stämde tillräckligt bra överens. Detta fick vissa muskler i tuggapparaten att reflektoriskt ständigt försöka justera och trimma underkäken i förhållande till överkäken för att hitta läget då bettytorna stämde överens. Detta läge hittades aldrig, och musklerna blev med tiden trötta, ömma och störda. Fenomenet var välkänt för Assar Bjorne från hans arbete med tandlossningssjukdomar.

Assar Bjorne tänkte då att om det fanns ett samband mellan patientens tinnitus och ömhet i käkmuskeln borde tinnitus minska om ömheten kunde minskas.

Behandlingen han gav sina patienter bestod i att på olika sätt stabilisera bettfunktionen, främst genom att slipa om bettytorna på vissa tänder. På de 39 patienterna Bjorne studerade gav denna typ av behandling en radikalt minskad ömhet i muskeln. När störningen minskade, vilket den gjorde successivt under några månader, upplevde patienterna en långvarig, kvarstående lättnad i sin tinnitus. Även de patienter som hade diagnosen Menieres sjukdom visade sig efter behandlingen uppleva en långvarig lättnad av såväl tinnitus som yrselanfall. När Assar Bjorne kontaktade oss hade besvärsfriheten stått sig i ett år. Dessa resultat var, såvitt Assar Bjorne förstod, unika i sitt slag.

1.5 Behov av oberoende diagnostiska metoder

Den upptäckt som Assar Bjorne gjorde fick såvitt vi kunde bedöma oförtjänt låg uppmärksamhet. Trots den tydliga kopplingen mellan tinnitus och ömheten i käkmuskeln samt att ett flertal specialpatienter remitterade från andra kliniker med framgång behandlades med metoden ovan, blev den föreslagna kliniska orsaken till subjektiv tinnitus (störningar i M Pt Lat) inte accepterad av andra läkare, främst öronspecialister. Det framgick i den debatt som fördes att man ansåg sig sakna bevis för ett samband mellan kranioandibulära störningar och tinnitus — fenomenet tycktes ha hamnat i gränslandet mellan två olika medicinska specialiteter och ingendera sidan verkade ha haft tillräcklig beredskap inför denna möjlighet.

Kanske var upptäckten svår att ta till sig eftersom den diagnostiska metod som Bjorne använt (bl.a. palpering av käkmusklerna) är ganska subjektiv. Den läkare som beslutar sig för att upprepa Bjornes arbete måste lära sig såväl undersökningsmetod som behandlingsprinciper. Assar Bjornes nästa steg var då att söka samarbete med LiU för att diskutera en mer objektiv metod för att diagnosticera störningar i käkmusklerna.

Som första åtgärd när vi fått kontakt med Assar Bjorne beslöt vi att skriva ett "Letter to the Editor" till en vetenskaplig tidskrift för att snabbt få ut resultatet av hans pilotstudie, så att andra forskare skulle kunna utföra samma experiment och bekräfta eller förkasta resultatet. Behovet av oberoende diagnostiska metoder visade sig omedelbart genom att den första tidskriftens oberoende expert fastslog att han inte kände till några bevis för ett samband mellan tinnitus och störningar i käkfunktionen och därmed rekommenderade brevet *inte* publicerades. Vi tyckte detta var ett något säreget beslut — nyhetsvärdet var ju anledningen till att vi skrivit brevet.

Assar Bjornes "Letter to the Editor" publicerades dock till sist i tidskriften *Otolaryngology Head & Neck Surgery* [7]. Se Appendix A.

2 Projektförutsättningar

2.1 Värdet av en bra mätmetod

2.1.1 Tinnitus dolt handikapp

Tinnitus är, som nämnts, ett problem som i större eller mindre utsträckning drabbar ca 17% av västvärldens befolkning. Tinnitus är, trots att det alltså är relativt, vanligt ett dolt handikapp.

Då tinnitus drabbar människor i alla åldrar uppstår både direkta (sjukvårdskostnader) och indirekta (minskade intäkter från människors yrkesverksamhet) ekonomiska kostnader för samhället. Eftersom tinnitus orsakar stort lidande och åtskilliga patienter till och med begår självmord torde det även i ett mänskligt perspektiv vara en oerhört angelägen uppgift att finna en metod som gör att patienter med denna speciella typ av tinnitus kan spåras upp och behandlas på ett tidigt stadium.

2.1.2 Tinnitus i Sverige.

För svenskt vidkommande visar det sig att varken riksförsäkringsverket eller försäkringskassan har någon statistik som urskiljer tinnitus som orsak till ohälsa, arbetsförmåga eller kostnader förknippade med detta. Statistiskt faller tinnitus in under öronsjukdomar eller hörselrubbingar och denna klassificering används även av de läkare som utfärdar pensionsutlåtande eller sjukskrivningsintyg [4, 8].

Man anser att tinnitus förekommer hos ca 17% av den svenska befolkningen, samt att 1% har besvär av denna [4, 5, 8]. Besvären är till graden jämnt fördelade över åldersgrupperna men förekommer i stigande omfattning med åldern. Det blir alltså ca 85 000 personer i Sverige som har tinnitus av grad 2 eller 3, vilket innebär att tinnitus hörs genom ett normalt samtal respektive genom trafikbuller. Ca 10% av dessa personer är sjukskrivna för sina besvär.

2.1.3 Samhällets kostnader

Ett enkelt överslag rörande kostnaderna för tinnitus i Sverige, leder till följande:

8 500 människor är sjukskrivna p.g.a. tinnitus i Sverige. Med en sjukersättning på 335 kr per dag blir den totala kostnaden endast för detta runt 1 miljard kr (1.039 miljoner kr) varje år. Till dessa direkta kostnader kommer kostnader för deltidssjukskrivningar, läkarbesök och medicinska behandlingar.

För att uppskatta indirekta kostnader (utebliven arbetsprestation) kan man räkna med 100 000 kr per år för varje sjukskriven. Detta ger en kostnad på ytterligare 850 miljoner kronor per år.

2.1.4 Hur mycket går det att minska kostnaderna?

En försiktig uppskattning från Assar Bjorne inför formulerandet av detta projekt var att ca hälften av de som är sjukskrivna kan gå tillbaka till arbetet igen. Resultatet från de hittills behandlade patienterna antydde att ca 25% hade kvar sina besvär i nästan samma grad som tidigare, medan 75% blev bättre eller helt bra.

Översatt i kostnader skulle det röra sig om en halv miljard i minskade direkta årliga kostnader och flera hundra miljoner i indirekta årliga kostnader.

2.2 Projektets syfte

Avsikten med detta projekt är att skapa en grundläggande förståelse för sambandet mellan ömheten i käkmuskeln och denna typ av tinnitus med oklart ursprung. Arbetet tänkes leda fram till en objektiv metod som möjliggör tidig diagnostik och behandling.

2.2.1 Målsättning

- Att ta reda på mer om sambandet mellan tinnitus och kranioandibulära störningar, speciellt med avseende på fysiologiska fenomen som går att mäta.
- Att utveckla en princip för- och en tidig prototyp till ett instrument. Denna prototyp ska ge riktlinjer för utformning av ett kliniskt diagnosinstrument.

2.3 Organisation

Det genomförda projektet kom till under ca ett års kontinuerliga kontakter mellan Assar Bjorne, specialisttandpolikliniken för tandlossningssjukdomar i Ystad och Linköpings universitet representerat av professor Ingemar Lundström, IFM och Johan Hedbrant, UDV.

Projektets vetenskapliga hemvist var avdelningen för tillämpad fysik vid Institutionen för fysik och mätteknik (IFM) som har mångårig erfarenhet av forskning i gränsområdet mellan fysik, biologi och medicin, och där tidigare idéer kring biosensorer och medicinska sensorer också lett till en praktisk utveckling av industriella produkter. Projektarbetet bedrevs på rationellaste sätt utnyttjande resurser både i Ystad och i Linköping. Ansvarig för den praktiska utvecklingen var Johan Hedbrant och för klinisk verksamhet och test Assar Bjorne medan Ingemar Lundström hade det övergripande vetenskapliga ansvaret för projektet.

2.4 Projektgruppen

Assar Bjorne var sedan 1976 specialisttandläkare med specialiteten tandlossningssjukdomar, en specialitet där omfattande utredningar och behandlingar utförs på patienter med svåra tandlossningsproblem där allmäntandläkaren misslyckats eller ej har kompetens. Assar Bjorne har tidigare varit anställd som övertandläkare inom landstingets specialisttandvård i Norrbotten och har arbetat i Malmöhus landsting sedan 1980.

Patienterna har remitterats från tandläkare och läkare såväl i privat- som landstingsregi för åtgärd både av infektiösa sjukdomar och funktionsstörningar. Utredningar av patienterna har inneburit ett systematiskt bedömande av varje enskild problemställning för att säkerställa diagnoser och utföra individanpassade terapier.

Tidigt under 80-talet fann Assar Bjorne omfattande bettfunktionella störningar hos dessa patienter som tycktes kunna korreleras till tinnitus och yrsel, tillstånd som i många fall av hävd har ansetts vara öronsjukdomar. Omfattande och noggranna studier av tinnitus och yrsel samt klinisk bedömning av funna funktionsstörningar fick dock Assar Bjorne att börja utföra kliniska prövningar. I ett material av patienter som remitterats från öronmottagningar i Skåne med säkerställda diagnoser har experimentet med intramuskulära injektioner och därefter behandling utförts på över 700 patienter med örondiagnoserna Menieres sjukdom och tinnitus.

Ingemar Lundström, professor i tillämpad fysik vid Universitetet i Linköping sedan 1978, har byggt upp en tvärvetenskaplig forskningsavdelning med fysiker, kemister, biologier och elektroniker arbetande inom samma projektområden. Dessa omfattar t.ex. kemiska- och biosensorer och biomaterial. Av praktiska resultat av forskningen kan nämnas en narkosgasmonitor (utvecklad och såld av Gambro Engström) samt demonstrationen av en fysikalisk princip som utvecklats vidare av Pharmacia Biosensor till en ny biosensorteknik.

Johan Hedbrant, civilingenjör i teknisk fysik och elektroteknik, med inriktning mot tillämpad matematik och medicinsk teknik, har sedan 1987 varit enhetschef vid Enheten för Systemanalys vid Uppdragsverksamheten, Universitetet i Linköping. Han har arbetat i ett antal tvärvetenskapliga medicinska projekt syftande till att mäta och förstå fysiologiska förlopp, t.ex. utveckling av utrustning för att mäta syremättnad i muskulatur och utveckling av programvara för dynamisk posturografi (analys av balansfunktionens egenskaper).

2.5 Kliniska förutsättningar

Patienten upplever en ljudsensation från ena örat eller från båda öronen eller inuti huvudet. Detta framkommer vid intervju med patienten. Patienten kan även beskriva ljudets karaktär. Detta kan låta t.ex. som ett skrikande ljud, som en dieselmotor eller dylikt. För att bestämma ljudets intensitet används vanligen en sk visual-analog-skala (VA-skala), som är en skala från 0 till 10 där patienten kryssar i hur starkt han uppfattar ljudet.

Patienten har en ömhet i en viss käkmuskel på ena eller båda sidorna. Ömheten "mäts" i brist på bättre metod genom att tandläkaren palperar (komprimerar) muskeln med en viss kraft, ca 50-100 "gram". När patienten upplever smärta med en viss intensitet blinkar han. Denna blinkning är mycket svår att kontrollera med viljan. Metoden är relativt objektiv och man kan invända att tandläkaren omedvetet palperar hårdare eller lösare beroende på hur han vill att utfallet skall bli. I en vetenskaplig undersökning vore en absolut objektiv värdering att föredra.

Ömheten verkar bero på en störd funktion i muskeln. Denna störning kan vara en utmattning efter att muskeln kontinuerligt under en lång tid arbetat med att trimma bettet för att hitta ett bra jämviktsläge. Utmattningen skulle kunna ge sig tillkänna genom en ändrad ämnesomsättning, ändrad temperatur, eller ändrad lokal genombloodning.

Det har visat sig att tinnitus är relativt känsligt för placeboeffekter. Åtskilliga studier rapporterar goda resultat av massage, psykoterapi, akupunktur eller olika former av naturläkemedel. Emellertid visar uppföljningar att patienternas tinnitus håller sig borta ett par månader för att sedan återvända igen.

Tinnituspatienterna har ofta fler symptom som tycks hänga ihop. En symptomtriad av tinnitus kombinerat med yrsel och kranio-mandibulära störningar (CMD) med smärta från käkar, ansikte och nacke var relativt vanlig [5].

2.5.1 Fysiologi

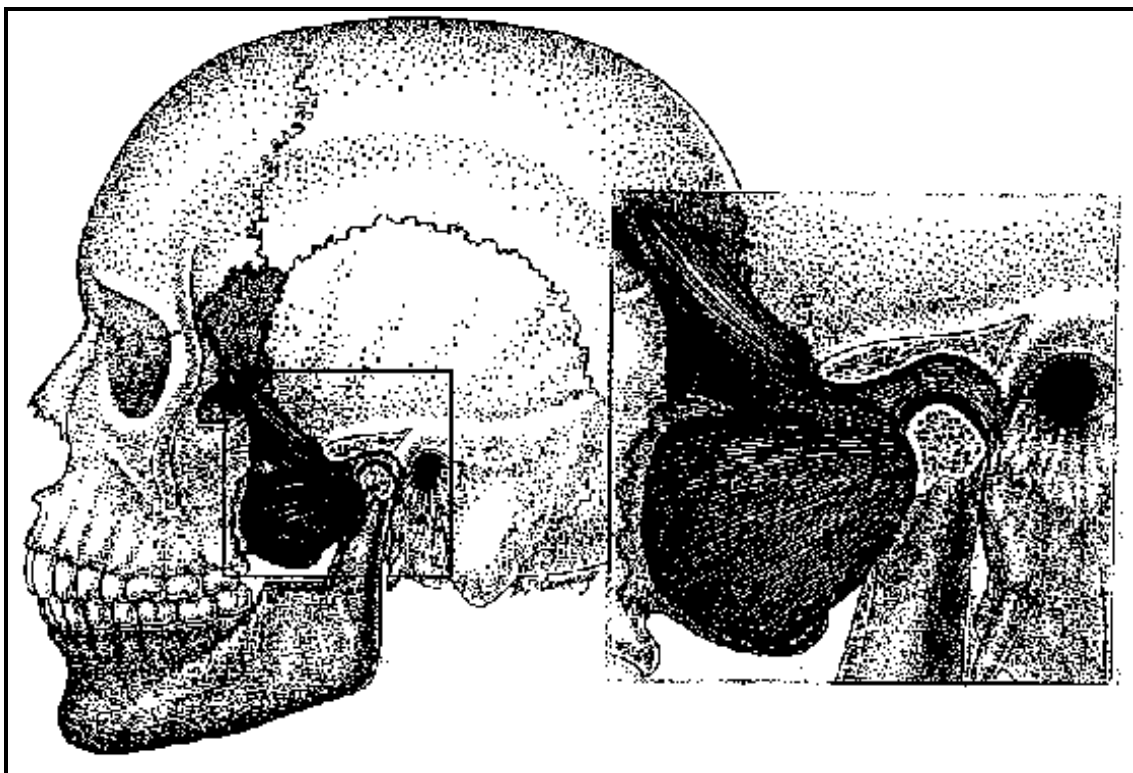


Fig. 1. Musculus Pterygoideus Lateralis, M Pt Lat (märk, coronoideusutskottet framför käkleden är "bortsågat"). Muskeln Pterygoideus Lateralis sitter fästad bakom innersta kindtanden i överkäken och käkleden. Den har till uppgift att translatera disk och käkledshuvud synkront. Med sin undre buk justerar den underkäken framåt och bakåt. Om endast ena sidans muskel spänns kommer underkäken att röra sig i sidled.

Muskelns övre buk justerar leddisken, en liten "badmössa" eller "keps" av brosk på ledhuvudet. Kepsen är tjockare i ena änden och tunnare i andra och med hjälp av denna justeras bettet så att kraften hamnar mer mot framtänderna (tjocka änden ligger över ledhuvudet) eller mer mot kindtänderna (tunna änden av kepsen ligger över ledhuvudet). Muskeln justerar detta genom att dra i skärmen på kepsen.

Att palpera (komprimera) muskeln vid undersökningar görs t ex genom att använda lillfingret (man håller handflatan uppåt och övriga fingrar utanför munnen). Vid ett visst tryck bakom kindtanden brukar patienter med smärta i muskeln blinka till, eller göra en avvärjande rörelse. En van kliniker lär sig efterhand hur hårt han trycker med fingret och kan då bedöma smärtkänsligheten.

2.6 Tillvägagångssätt

Avsnittet tar upp de tankar vi hade inför projektet.

2.6.1 Ljudmätningar

Eftersom patientens ljudupplevelse upphör när muskeln bedövas och återkommer när bedövningen släpper är en första tanke att ljudupplevelsen faktiskt är ett ljud som kommer från en mekanisk aktivitet i muskeln. Man kan då fundera över möjligheten att mäta denna mekaniska aktivitet.

I mycket enstaka fall har man märkt att det går att mäta ett ljud som patienten upplever sig ha genom att använda en mikrofon som ansluts till hörselgången. Detta har ofta varit fruktbart vid ljud från blodkärl eller klickande ljud från mellanörats muskler, dvs då man haft goda indikationer på att det är en objektiv tinnitus. En förhoppning var att det skall gå att göra liknande mätningar på Bjornes patienter, i alla fall på dem som uppger att det är ett lågfrekvent ljud med ganska hög intensitet. Ett problem kan vara att om ljudet leds via benet är det inte säkert att det letar sig bakvägen ut i hörselgången via mellanörat.

Smal mikrofon. Man kan använda en tillräckligt smal mikrofon, t.ex. en kondensatormikrofon från Brüel & Kjaer med diameter av 1/8".

Mikrofon via kort slang. Ett annat sätt är att ansluta mikrofonen, som då kan vara större, via en kort slang som ansluts lufttätt till hörselgången.

2.6.2 Mäta mekaniska vibrationer

Accelerometer till mastoideus. En metod som har använts då mellanörat blivit skadat, en speciell hörapparat som trycks mot skallbenet bakom örat (mastoideus). Omvänt skulle man kunna ansluta en accelerometer till skallbenet för att se om det går att uppfånga vibrationer som kan sättas samman med patientens ljudupplevelse. Problem kan i detta fall vara hudens kraftiga dämpning av höga frekvenser.

Accelerometer till tand i överkäken. En annan väg kan vara att försöka ansluta accelerometern till en tand i överkäken. Tänderna sitter i regel ganska hårt kopplade till skallbenet, kanske är kopplingen tillräcklig för att man ska kunna mäta även högre frekvenser. Problemet kan vara hur infästningen skall göras i tanden, och att patienten, som kan ha svåra obehag och problem med käkledsfunktionen, skall ha själva anordningen i munnen.

2.6.3 Värme

Om det pågår en ökad aktivitet i muskeln borde det också lokalt vara en större ämnesomsättning. Denna ökade ämnesomsättning skulle kunna orsaka att temperaturen i muskeln var något högre än omgivningen.

Värmekamera. En väg att mäta hur temperaturfördelningen ser ut vore att använda en värmekamera. Denna gör en "bild" av sitt motiv där områden med olika temperatur avbildas med olika färg. Ett sätt att använda kameran kan vara att ta några bilder på käkregionen hos patienter med tinnitus och några på en kontrollgrupp och studera ev skillnad. Detta skulle också kunna användas för att diagnostisera t.ex. spänningar i nack- och käkmuskulaturen som skulle kunna sättas samman med t.ex. cervikal yrsel. En värmekamera torde vara ett attraktivt alternativ för patienten, eftersom metoden är helt beröringsfri.

IR-detektor. Ett annat alternativ vore att använda en IR-detektor. Det är en apparat som man riktar mot ett föremål och som avläser föremålets temperatur. Metoden ger ingen ledning till vad angränsande områden har för temperatur, utan mäter endast det område man pekar på. Man kan dock studera ett område genom att scanna (avsöka) och därigenom få skillnadssignaler. Scanningen kan göras med t.ex. en lätt rörlig guldspiegel som länkar av IR-ljuset. Mätningen kan företas utifrån på käkpartiet, alternativt kan själva detektorproben modifieras så att den kan mäta inuti munnen, direkt mot själva muskeln. Även denna metod är i princip beröringsfri, men kan ge upphov till visst obehag om den skall användas inuti munnen på patienten.

Termistor. Man kan också använda en termistor, en liten temperaturkänslig mätkropp som anbringas emot det ställe man vill mäta temperaturen på. Termistorer kan användas för att mäta differentiellt, dvs att mäta skillnaden i temperatur mellan ena och andra sidan på patienter med ensidig tinnitus, eller relativt en referenspunkt t.ex. gommen eller under tungan. Mätkropparna används i munnen på patienten, vilket kan upplevas obehagligt.

2.6.4 Myoelektrisk aktivitet, EMG

Om muskeln är i arbete kan det finnas möjlighet att mäta de små elektriska spänningar (EMG, elektromyografi) som orsakas av nervernas och musklernas aktivitet. Man får då anbringa elektroder på lämpliga ställen — helst någonstans på käkpartiet på patienten eller också inuti munnen. Även denna metod bör troligen utvecklas som differentiell mätning, alltså en jämförelse mellan de två sidorna eller mellan en mätpunkt och en referenspunkt.

Problem torde vara att mätning inuti munnen är obehaglig för patienten, att det kan vara svårt att få elektroderna att fungera bra mot tandköttet och att metoden är känslig för störningar. Kanske finns genvägar att ta — vissa käkmuskler är i vissa fall synergister med vissa nackmuskler (om man spänner käkmusklerna hårt spänns även nackmusklerna, och vice versa [9]). Om detta fenomen är tillräckligt uttalat kanske man kan mäta indirekt genom att mäta en nackmuskel istället.

(En mer direkt variant av EMG-mätning är att placera tunna trådelektroder av platina rakt in i Pt Lat [10]. Detta är en delikat uppgift då patienten måste gapa under det att tråden sticks in, eftersom käkbenet (coronoideus-utskottet) annars hindrar tillgängligheten. Metoden borde ge bra muskelsignaler men torde vara tveksam eftersom en redan störd muskel knappast blir bättre av att patienten gapar stort och man sticker i muskel. Författarna nämnde också att det krävt viss övning att lägga in elektroderna, de hade övat sig på 15 “dry skulls” och 25 lik).

2.6.5 Laser-dopplermätning

Om muskeln är störd i sin ämnesomsättning skulle detta kunna indikeras av störda blodflöden i hela eller delar av muskeln. Kanhända skulle detta gå att detektera med en flödesmätare av laser-dopplerprincip. Mätningen skulle utföras icke-invasivt, och vore då acceptabel för patienten.

2.6.6 Positronemissionstomografi

Om man tillför kroppen glukos märkt med en radioaktiv kolisotop borde man kunna se ett ökat upptag i just den muskel som hade en ökad ämnesomsättning. Upptaget studeras med en sk PET-kamera. Metoden är svårtillgänglig och innebär även att ett radioaktivt ämne tillfärs patienten. Alternativt kan man se om vissa delar av hjärnan är aktiverade, t.ex. sådana som borde vara aktiverade då man uppfattar ett starkt ljud under lång tid. Har sådana studier redan gjorts?

2.6.7 Mikrosensor för syrgasmätning

Det finns idag syrgassensorer som är så små att de skulle gå att fästa på spetsen på en injektionsnål och injicera i muskeln för att mäta om ämnesomsättningen är rubbad. Trots det lilla formatet får metoden anses ha nackdelen att sticket i muskeln utgör en avsevärd störning.

2.7 Val av metoder för pilotstudier

Vi valde av flera skäl, bl a etiska hinder vid patientstudier och det faktum att det redan fanns en mätmetod (palpering är den standardmetod som används inom bettfysiologin) att inrikta oss på icke-invasiva metoder, och att så långt möjligt utföra försök på oss själva.

3 Pilotförsök med Laser–dopplermätning

Laser–dopplerprincipen för mätning av blodflödet bygger på att man låter laserljus tränga in i den vävnad man vill undersöka, och sedan fångar upp det ljus som sprids tillbaka från vävnaden. Detta ljus har studsats mot dels stillastående vävnader men även från blodkroppar som rör sig i blodkärlen. Om denna rörelse är i riktning mot eller från den inträngande ljusstrålen kommer frekvensen att vara något förskjuten — högre om rörelsen varit mot inkommande ljus och lägre om rörelsen varit från det. Fenomenet är analogt med att lyssna på t ex ett uttryckningsfordon som närmar sig hastigt, kör förbi och försvinner bort. Man uppfattar det som att sirenen ändrar ton och blir lägre (mörkare) då fordonet kör förbi.

Problemet diskuterades med forskningsingenjör Hans Pettersson på institutionen för medicinsk teknik, LiTH, den institution som ursprungligen utvecklat metoden.

Laser–dopplermätning har den nackdelen att den endast mäter så långt ner i vävnaden som ljuset förmår tränga in. Man får alltså inte någon uppfattning om hur genomblödningen ser ut djupare ner i t ex en muskel, snarare är det tandköttets och hudens genomblödning som blir dominerade. Dessutom är det svårt att få en helhetsbild av blodströmningen eftersom man mäter längs linjer eller koner in i vävnaden, och genomströmningen kan variera lokalt beroende på om det råkar ligga ett blodkärl i området. Det är även svårt att få ett absolut värde eftersom mätsignalen från proben beror på tillfälliga förutsättningar, t ex hur hårt man håller proben mot vävnaden och hur den riktas.

Den princip vi tänkt använda var att jämföra höger med vänster sida på en patient med enkelsidig tinnitus och se om vi fann någon avgörande skillnad. Det visade sig i praktiska försök att det inte ens gick att få ett repeterbart värde på ena sidan — om man tog bort proben och satte dit den igen fick man ett annat värde.

Vi diskuterade kort möjligheten att använda en optisk fiber som fördes in i vävnaden, denna metod användes i en ortopedisk tillämpning just då, men då skedde mätningen på lårmuskel på friskare individer varför vi ansåg att denna metod inte skulle passa våra patienter av etiska orsaker.

3.1 Slutsats

Vi fann att Laser–dopplerprincipen som den fanns tillgänglig då vi utvärderade den inte var användbar.

4 Pilotförsök med värmekamera

4.1 Utrustningen

Institutionen för Byggnadsfysik vid Lunds Tekniska Högskola visade sig ha en värmekamera av fabrikat Agema 900 SW, upplösning 0.1 °C, bildfält ca 136 x 272 pixel. Bilden var mer rektangulär än vanliga datorbildskärmar, alltså bredare. Motivet kunde vara som minst ca 16 x 8 cm — en handflata fyllde ut hela bilden. Kameran, inte olik en hemvideokamera av lite större format, försågs med flytande kväve för kylning innan bilder kunde tas. En påfyllning räckte ett par timmar och en "kaffetermos" med flytande kväve räckte någon dag. Kameran kopplades till en "dator" där bilderna lagrades och analyserades. Kamera och dator kostade runt en miljon kr 1994.

En värmekamera mäter yttemperaturen, dvs den strålning som kommer ifrån ytan. Denna strålning kan dock även komma från källor en bit in i materialet (i detta fall vävnaden), antingen genom att värmen leds eller strömmas ut till ytan, eller att värmen strålar direkt inifrån och ut genom ytskiktet. Yttemperaturen på en människa (hudtemperaturen) påverkas avsevärt av omgivningstemperatur, luftströmningar samt fysiologiska förhållanden (fysisk aktivitet, ämnesomsättning, svettning etc).

Institutionen för Byggnadsfysik vid Lunds Tekniska Högskola ställde den 94-08-03 sin värmekamera till förfogande för ett inledande experiment vid Assar Bjornes tandläkarklinik i Ystad. Thomas Blomberg, forskare vid LTH, avsatte en semesterdag för detta.

4.2 Patienter

Tre patienter, samtliga män, med tinnitus undersöktes med värmekameran.

- SN, patient, var i 65-årsåldern och hade haft enkelsidig tinnitus på vänster sida i 23 år. Han hade dessutom smärtor i nacke, tinning och käkled.
- LO, patient, var i 40-årsåldern och hade dubbelsidig tinnitus samt nackbesvär.
- MO, patient, var i 35-årsåldern och enkelsidig tinnitus på vänster sida samt nackbesvär.

Som jämförelsematerial undersöktes två sköterskor, AL och ME. Ingen av dessa har tinnitus, men AL hade en viss ömhet i nacken vid palpation. Dessutom togs ett fåtal bilder på undertecknad JH och AB. JH hade inte några värmeförändringar i nacken. AB har/har haft enkelsidig tinnitus på vänster sida till och från.

4.3 Metod

4.3.1 Fotograferingen

För att få en första erfarenhet av värmekameran och möjligheten att använda den på käkmuskler, beslöt vi att ta bilder enligt följande:

- 1) Rakt framifrån, patienten gapande. Syftet med detta var att fånga upp eventuella asymmetrier i värmefördelningen både utanför och inuti munnen.
- 2-3) Från sidorna, höger och vänster. Syftet var att se om värmen från en störd M Pt Lat trängde ut igenom kinderna. För att öka chanserna att upptäcka detta, gapade patienten. Detta gör att coronoideusutskottet på käkbenet flyttas neråt och lämnar ett "fönster" ut genom kinden så att M Pt Lat exponeras bättre. Även om inte strålning från muskeln direkt tränger ut genom kinden, kunde man tänka att M Pt Lat värmdes ytterligare liggande vävnader som i sin tur strålade.
- 4-5) In genom munnen, höger och vänster, med sikte på bakre kindtanden i överkäken. Syftet med detta var att se om en störd M Pt Lat hade varmt upp vävnader längst in i överkäken.

Därefter tryckte patienten underkäken hårt framåt mot handen i ca 30 sekunder för att aktivera M Pt Lat , och, kanske, åstadkomma en ändring i ämnesomsättningen som gav en annan värmespridning.

6-7) Utifrån, från sidorna, på samma sätt som 2) och 3).

8-9) In genom munnen, på samma sätt som 4) och 5).

För att undvika att musklerna kallnade mellan bilderna (tid rör lagring på diskett, flyttning av patient mm), "underhöll" patienten värmen genom 10-15 sekunders extra tryckning med underkäken framåt mellan bilderna.

Bilderna togs den 94-08-03 på Assar Bjornes tandläkarklinik i Ystad. Det var vid tillfället (mycket) varmt, ca 28 °C såväl utomhus som inomhus. Patient SN och LO fotograferades i Assar Bjornes rum som har fönster mot väster och norr. Patient LO och MO samt sköterskorna AL och ME fotograferades i ett kallare rum med luftkonditionering (steriliseringsrummet). Trots luftkonditioneringen var temperaturen endast obetydligt lägre där, ca 25-26 °C.

4.3.2 Bildanalys

För att få en god bild av temperaturskillnaderna visade det sig lämpligt att låsa färgskalan. På bilderna tagna i behandlingsrummet fick den mörkaste nyansen motsvara 34 °C och den ljusaste 37 °C. Enstaka bilder valdes att ha 33.5 till 36.5 °C istället. Bilderna i det kallare rummet blev bättre i intervallet 30 till 37 °C.

Bilderna, 70 st, flyttades till disketter (4 st, för IBM PC) för vidare lagring i Linköping. Vidare konverterades några bilder för att kunna hanteras med persondator och bättre grafik. Denna konvertering medför att man inte längre kan ändra färgskalor mm.

Det program som användes vid hanteringen av bilderna heter JPEGView för Macintosh. Filerna från Agemasystemet kunde direkt tas in i detta program från PC-disketterna via PC-Exchange, redigeras lätt (man kunde klippa ut områden men dock ej ändra färger) och klistras in i ordbehandlaren MicroSoft Word. För IBM-PC användes VGIF för MS-DOS och WinGIF för Windows för att läsa bildfilerna.

4.4 Resultat

Bilderna analyserades översiktligt den 17 augusti. Det visade sig fördelaktigt att låsa färgskalan mellan bilder tagna på höger och vänster sida så de gick att jämföra bättre. Bilderna på SN (smärtor i käk och nackparti) visade påfallande tydligt temperaturskillnader, medan bilderna på AB (inga smärtor) inte visade någon större skillnad mellan höger och vänster sida. Bilderna tagna i steriliseringsrummet visade sig kvalitativt annorlunda de som togs i behandlingsrummet, varför det inte direkt går att jämföra dessa.

Det syntes inte speciellt tydliga spår efter just M Pt Lat , varken störd eller "frisk", varken i vila eller efter aktivitet, varken fotograferad utifrån eller in genom munnen. Kanske fanns efter arbetet med käkmuskelnerna en svag tendens till ökad värme på den ostörda sidan, men bilderna var svårtolkade därvidlag. På frontalbilden på SN (fig. 2) syntes dock en tydlig skillnad i temperaturer inuti munnen.

Det var enkelt att detektera värme från störda, ytligt liggande muskler i ansikte, nacke och axelparti (se fig. 7). Detta är värt att fundera ytterligare över — nack- och ryggmuskler är ofta störda när M Pt Lat är det.

4.5 Några bilder

Nedan visas några bilder på SN, den patient som hade kraftigast tinnitus med värk i ansiktet.

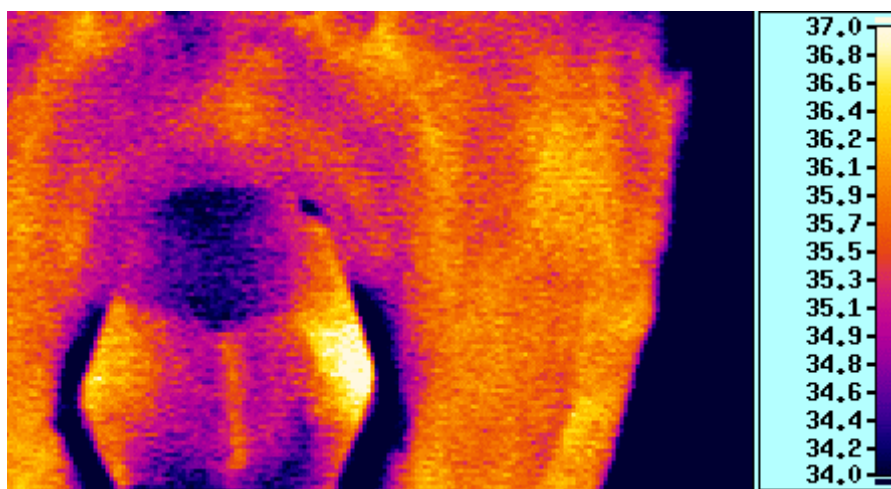


Fig. 2. med tempkala. Patientens mun. Vänster sida, med tinnitus, varmare.

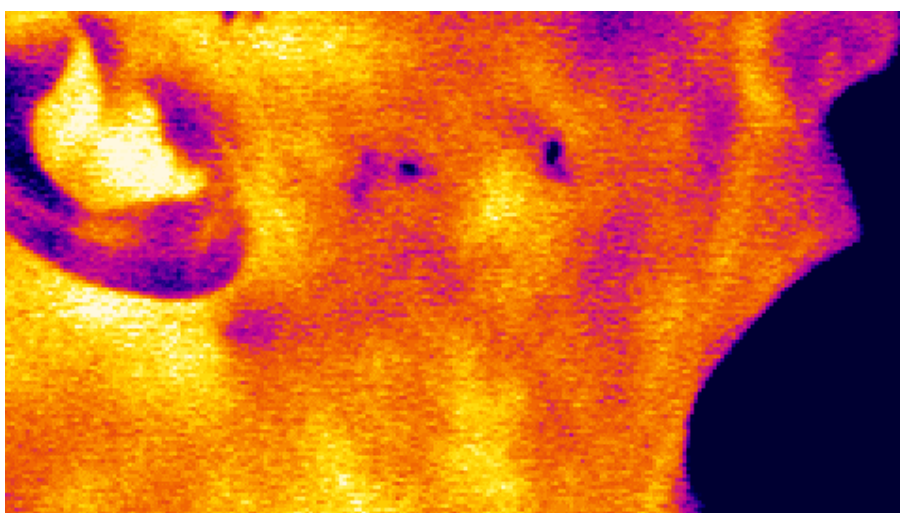


Fig. 3. Högra kinden.

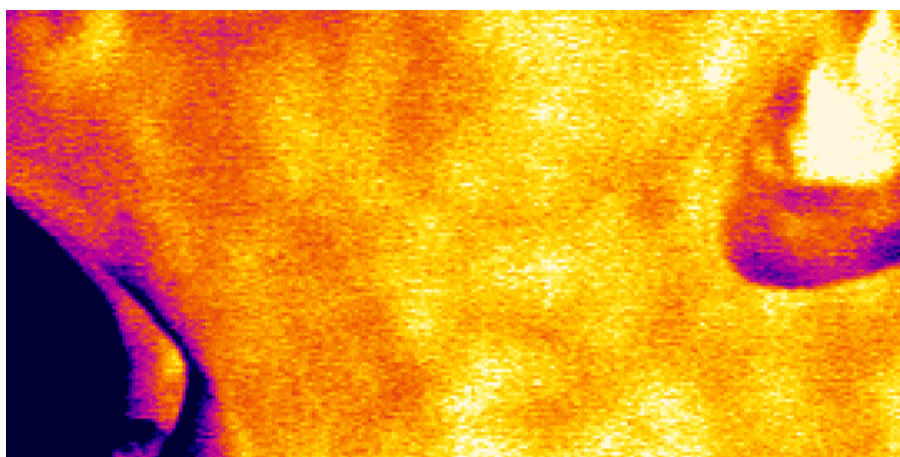


Fig. 4. Vänstra kinden.

Det är värt att notera (fig. 3 och fig. 4) att den senare är fotograferad från kortare avstånd än den högra. Detta torde dock inte vara orsaken till att den vänstra kinden ter sig något varmare (ljusare) än den högra.

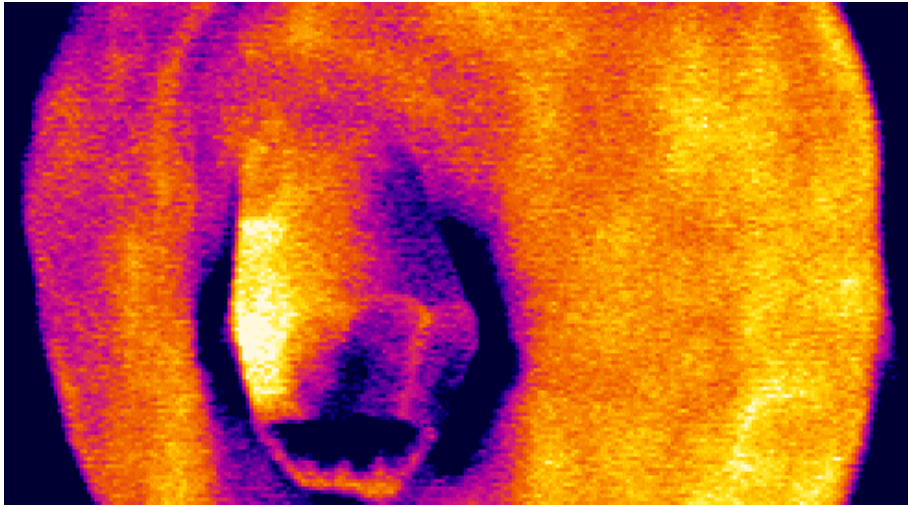


Fig. 5. Högra sidan, in genom munnen.

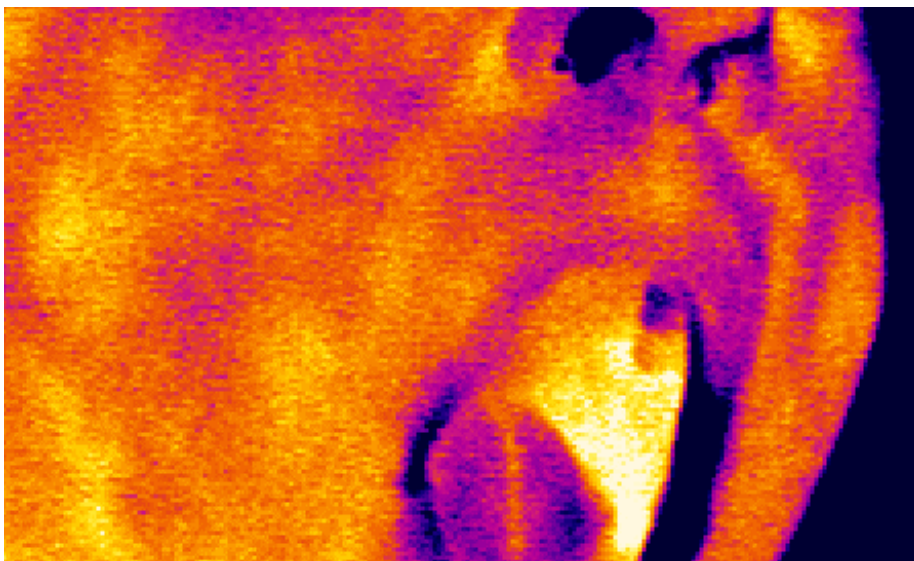


Fig. 6. Vänstra sidan, in genom munnen.

Det är inte självklart vilken sida som har högst temperatur inuti munnen. Man kan lägga märke till att även på dessa bilder har kinderna olika temperatur. Den vänstra är något varmare (ljusare) än den högra.

4.6 Diskussion

4.6.1 Temperatur

Man hade önskat att få tydliga tecken av M Pt Lat när man satt tillsammans med patienten, av rent pedagogiska skäl. Enligt Thomas Blomberg hade det varit bättre om omgivningstemperaturen hade varit lägre. Ca 20 grader hade varit att föredra. Huden kyls av dåligt om omgivningstemperaturen är för hög. De flesta hudtytor närmar sig då kroppstemperaturen, 36-37 °C, och dessutom störs vissa områden av kylning genom svettning.

4.6.2 Störningar i nack- och ryggmuskulatur

Möjligheten att se varma fläckar i ryggmuskulaturen är spännande. Patienterna sa sig vara ömma på de ställen där fläckarna satt. En sköterska, ME, hade en varm fläck på ena skuldran. Hon hade inte ont där, men berättade att hon hade assisterat vid två långvariga tandbehandlingar precis innan fotograferingen och satt då och arbetade i en sned ställning, varvid hon sannolikt tröttat ut musklerna (Trapezius och Levator Scapule) under den varma fläcken. Se fig. 7.

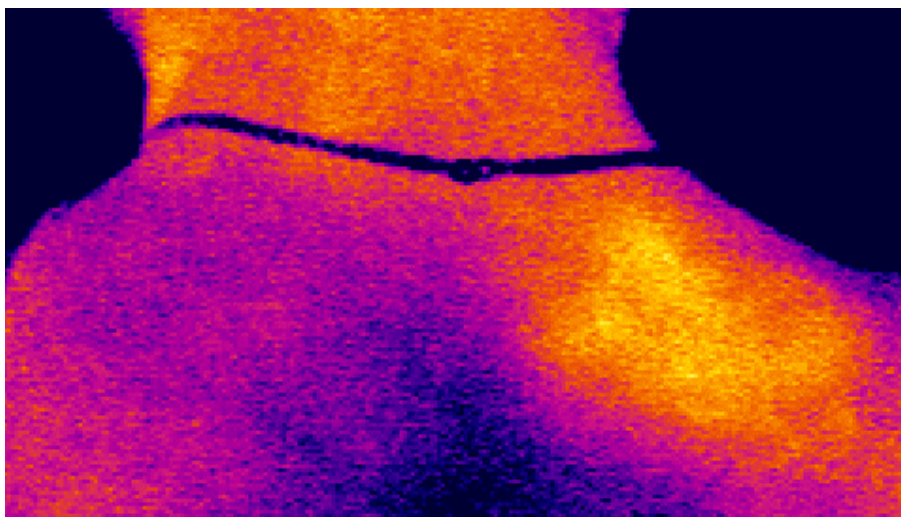


Fig. 7. Varm fläck på höger skuldra efter långvarig statisk belastning.

Ryggproblem mer generellt är ytterligt kostnadskrävande för svenska samhället; var tredje svensk i vuxen ålder har ryggont. En sjättedel av hela svenska sjukvårdsbudgeten går till smärtor i halsrygg, axlar, skuldror och ländrygg. Flera av sjukvårdens metoder att behandla ryggsmärta saknar dessutom vetenskapligt underlag! [11]. Metoder för att finna ut var störningarna sitter för snabbare och säkrare diagnos, samt metoder för att åskådliggöra för patienten hur rehabiliteringen fortskrider torde vara av oskattbart värde.

Termografi för medicinska frågeställningar används bl a i USA för att studera fysisk arbetsbelastning (där finns en stor ekonomisk potential kring arbetsskador och försäkringar).

4.6.3 Några kommentarer kring bilderna

- Frontalbild: Svårt att se skillnader på kinderna framifrån. På en patient syntes tydliga asymmetrier i ansiktet, men då beroende på störningar i andra muskler än M. Pt Lat.
- Kindbilder: Tre varma punkter syns på kinderna framför örat (se t ex fig. 3). Punkten som var framåt (mesiala, i höjd med örsnibben och nedanför ögonvrån) kan vara Masseters infästning i okbågen (Zygomaticus). Den caudala, vid örsnibben kan vara Temporalis infästning i coronoideusutskottet. Den tredje i höjd strax över hörselgången och strax framför örat kan vara Temporalis ett stycke högre upp. Att punkt två och tre är skilda åt kan bero på okbågen som "skymmer".

M Pt Lat strålade måhända inte tillräckligt ut ovanför coronoidalutskottet, under Zygomaticus och temporalismuskulaturen, vi lät patienterna gapa endast ett par sekunder innan bilden togs. Det är tänkbart att inte strålningen är tillräcklig för att synas på bilden; strålningen kan istället tänkas värma kindvävnaden till ökad strålning vilket kräver längre tid mellan gapningen och fotograferingen. Man borde experimentera med en värmekälla i munnen (ficklampa, batteridrivet lucialjus etc) för att se hur detta fungerar.

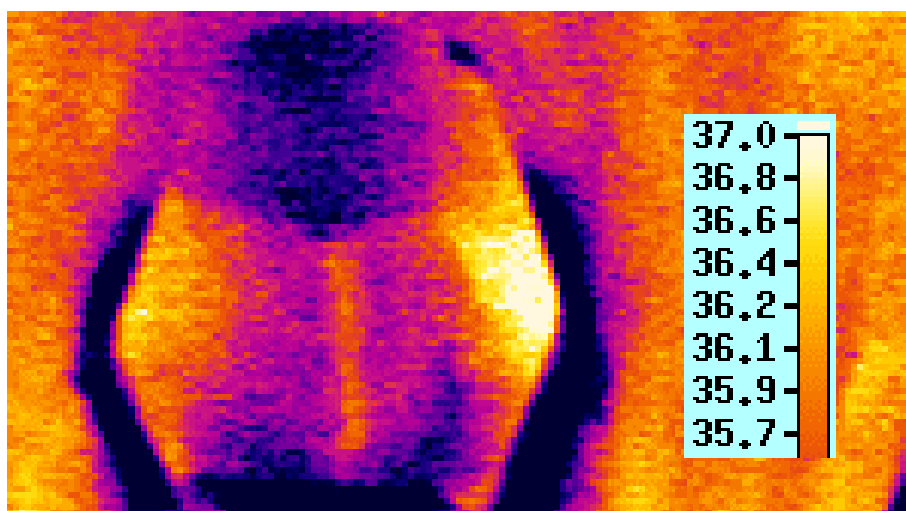
- Sväljmuskeln (M. Digastricus) lyste varm från sitt fäste i käkvinkeln (se t ex fig. 3, bakom örsnibben) på en del bilder.
- Intraorala bilder: Svårt att få lika projektion på höger och vänster sida. Nacklutning påverkar?

4.6.4 Provokation

30 sekunders protrusion ("Tryck framåt med underkäken med händerna som motstånd i 30 s"). Patienterna tryckte troligen olika hårt. Sväljmuskeln vitnade (blev varm) efter ca 20 s, men denna sitter ytligt utan någon muskel utanför. M. Pt Lat har tjockare vävnader utanför, så denna borde ge sig tillkänna efter avsevärt längre tid, om alls. Det borde vara enkelt att avgöra om det går att få M. Pt Lat synlig (varm). Sådana experiment kan utföras med friska försökspersoner.

4.7 Slutsats

Termografi är en lovande teknik för att mäta muskelspänningstillstånd i ytligt liggande muskler. En synligt högre ämnesomsättning (värme) i M Pt Lat på en av försökspatienter med kraftig enkelsidig tinnitus kan inte uteslutas, att döma av den bild som tagits in i munnen, rakt framifrån. Mätförfarandena bör standardiseras, och inverkan av omgivningstemperaturen bör utvärderas bättre.



5 Pilotförsök med EMG-mätningar

5.1 Lite om EMG-signal

Kroppens muskler styrs via nervsignaler, som är en sorts elektriska signaler som löper längs nervbanorna. Elektriciteten kommer från en ändring i nervens jonbalans, de joner som ingår är kalium (K^+) och natrium (Na^+). Nerverna grenar upp sig då de kommer till muskeln och nervsignalerna fördelas över och i muskeln. Mäter man på två ställen över en muskel kan man uppfatta en potentialskillnad, en spänning. Metoden att mäta denna spänning kallas elektromyografi (EMG).

Spänningen fångas upp med hjälp av hudelektroder. Det finns även andra metoder, t ex att sticka tunna nålar i muskeln (liktade akupunktur nålar, tunna smala som knappast känns), eller att föra in trådelektroder i muskeln (tunna trådar av platina som läggs in med hjälp av en injektionsnål).

Den signal man mäter består av ett sammelsurium av korta pulser. Vid ökat muskelarbete kommer pulsernas toppvärden att öka (medelspänningen blir större). Karakteristisk är även frekvensfördelningen. Den har i allmänhet sitt maximum vid strax under 100 Hz, och sin högsta frekvens vid runt 200 Hz. Det finns några olika sätt att ange frekvensen, t ex medelfrekvens, medelfrekvens (median), frekvens vid högsta toppen etc. I våra egna försök nedan verkar det som om det finns flera frekvenstoppar, dock endast en som är högst. Man har god nytta av olika former av slumpreduktion (t ex medelvärdesbildningar) då man använder frekvensanalys på EMG.

Frekvensfördelningen tycks vara individuell, ett värde från en försöksperson går inte att jämföra direkt med ett från en annan.

Då en muskel arbetat en tid blir den trött och detta ger sig tillkänna genom att medelfrekvensen sjunker men frekvenstoppen blir högre. Detta fenomen är emellertid lika mellan olika individer. Det är den sjunkande medelfrekvensen i en trött muskel som skulle kunna gå att använda för att avgöra om M Pt Lat på den ena sidan är störd i förhållande till den andra.

5.2 Utrustningen

5.2.1 Elektroden

Hudelektroden är specialgjorda för EMG-ändamål, de är av plast med en elektrodyta av metall på vilken man sätter en droppe elektropasta innan elektroden tejpas fast med en självhäftande yta. Vi fick några stycken av Institutionen för Rehabiliteringsmedicin på Hälsouniversitetet.

5.2.2 Elektroförstärkare

Närmast efter elektroden används i allmänhet sk elektroförstärkare. De har till främsta uppgift att göra signaler mindre känslig för störningar — signalkablarna måste dras några meter fram till registreringsutrustningen (datorn) och i allmänhet finns det gott om störkällor i form av apparater som sprider 50 Hz elektriska fält från elnätet.

Kommersiella EMG-förstärkare är dyra. Vi gjorde därför egna av enklare integrerade operationsförstärkare (TL074), och lade samtidigt in viss förstärkning samt ett enkelt lågpasfilter för att undvika sk vickning när signalen samplas in i datorn senare.

Förstärkaren använder skillnaden mellan två signaler för att bilda utsignalen. Detta innebär att signalkomponenter som är gemensamma för båda elektroden försvinner. Sådana kan t ex vara en del rörelseartefakter som när man av misstag rör på huvudet då man mäter på käkmuskeln.

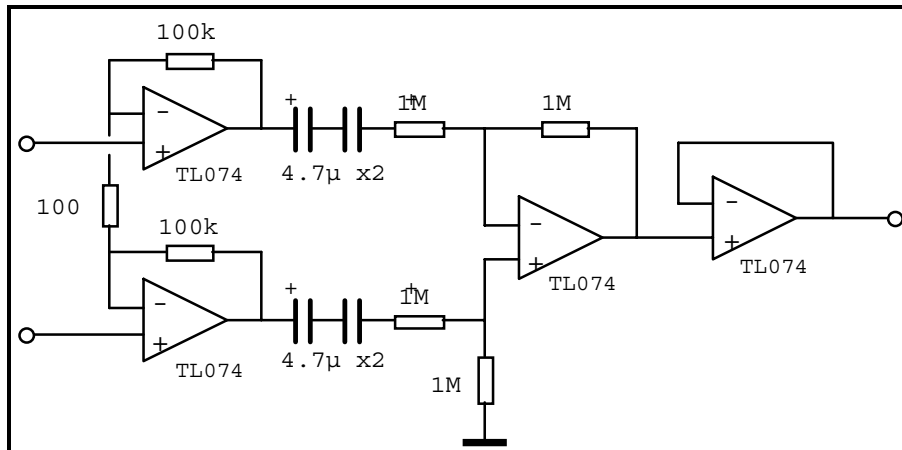


Fig. 8. Principschema för elektrod förstärkare.

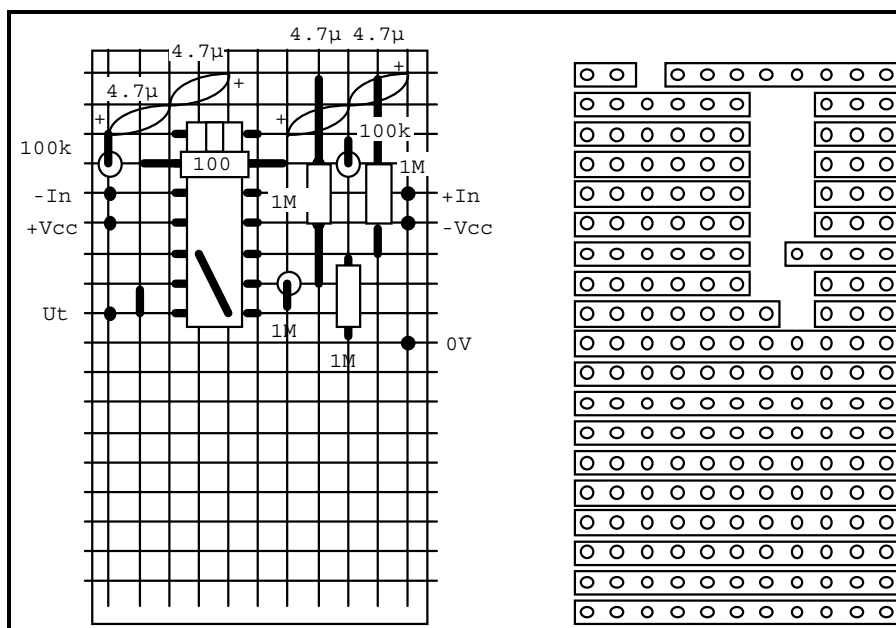


Fig. 9. Komponentplacering för Veroboardplatta.

5.2.3 Dator

Vi använde dator med en 486 DX processor, 33 MHz. Till detta använde vi ett A/D-omvandlarkort som inköpts från ELFA. För att få bättre räckvidd användes en bandkabel på några meter som gick till en anslutningsplatta från vilken kablarna till elektrod förstärkarna utgick. Anslutningsplattan placeras på lämpligt sätt vid patienten.

Anläggningen så långt vi utvecklade den bestod av fyra differentiella EMG-kanaler, dvs åtta elektroder som parvis kunde ge EMG från fyra muskler.

För jordning av patienten användes en separat elektrod i pannan.

5.2.4 Programvara

Den programvara som användes utvecklades i TurboPascal med en “toolbox” för nerdragsmenyer, GraphicsMenu.

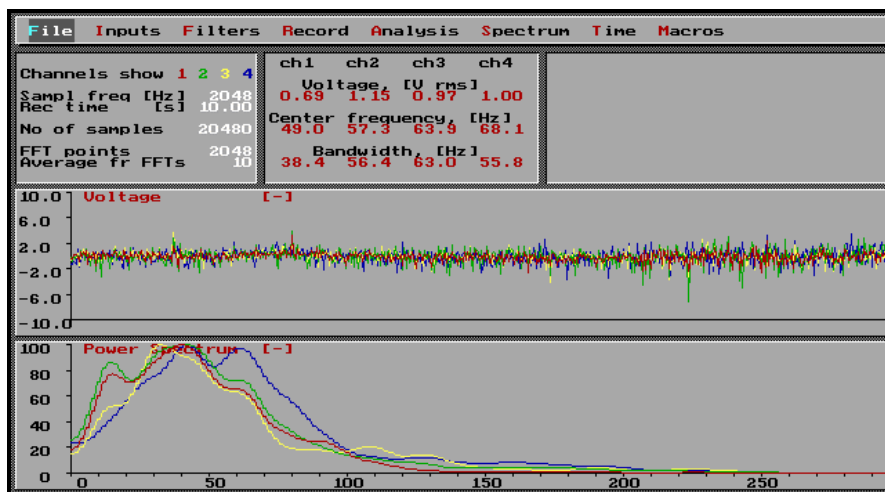


Fig. 10. “Ansiktet” på datainsamlingsprogrammet.

Innan registreringen kan programmet fungera som oscilloskop, dvs visa aktuella signaler på skärmen kontinuerligt så att man kan se att allt fungerar. Man kan välja vilka av kanalerna man vill använda. Registreringen kan göras med olika inspelningstider och samplingsfrekvenser.

Frekvensanalysen bygger på att effektspektrum som beräknas med snabb fouriertransform (FFT) där varje FFT-vektor multipliceras med sitt eget konjugat. För att minska slumpvariationer används 10 tidsperioder ur EMG-signalen (valbart), och de olika effektspektrana medelvärdesbildas. En enklare signalanalys kan därefter göras — dämpning av mycket låga frekvenser samt några olika sorters kurvutjämningar och omskalningar.

5.3 Försökspersoner

I de försök som gjordes med EMG användes endast friska försökspersoner — oss själva och kolleger.

5.4 Metod

Första steget var att försöka uppfånga en signal från M Pt Lat genom att i första hand försöka mäta utifrån (genom käkpartiet och kinden). I andra hand ämnade vi använda en elektrod inuti munnen (vi tillverkade en EMG-elektrod som fästes på ett tandborstskäp — tandborstar går bra att omforma med en varmluftsfläkt). Denna skulle hållas mot M Pt Lats fäste bakom översta kindtanden i överkäken. För att provocera M Pt Lat användes en övning där man tryckte underkäken utåt samtidigt som man tryckte emot med handen.

5.5 Resultat

Det var svårt att uppfånga en signal som verkade komma från M Pt Lat. Såvitt vi kunde se fanns mycket starka signaler från M Masseter (den stora tuggmuskeln) och M Temporalis (tinningmuskeln) som dämpade eventuella komponenter från M Pt Lat. Inte heller var det framgångsrikt att använda en elektrod inuti munnen bakom kindtanden i överkäken. Den var svår att fästa och var beroende av hur man höll elektrodytan mot tandköttet.

5.6 Slutsats

Vi fann inget sätt att direkt mäta en EMG-signal från M Pt Lat. I den mån signalkomponenten fanns, var den störd av starka signaler från intilliggande muskler.

6 Pilotförsök med EMG med störningsdämpning

I följande försök var avsikten från början att finna en metod att mäta EMG från M Pt Lat ”genom” utanpåliggande muskler med hjälp av en typ av självjusterande störningsdämpning som dämpade EMG från de utanpåliggande musklerna. Emellertid räckte inte projektiden för detta, så vi började med att försöka dämpa bort en ”lättare” störsignal, en EKG-signal från hjärtat, från EMG från en ryggmuskel.

6.1 Störningsdämpning

I vissa fall då man kan fånga upp en signal med störningar på, kan man mäta storkällan separat. Problemet uppstod tidigt i militära applikationer då man sökte efter ljudsignaler från ubåtar. Man lärde sig snart att det inte var så lätt att göra en ubåt så tyst att den inte hördes alls — snarare var det mer framgångsrikt att från stora avstånd dränka omgivningen i konstgjorda ubåtsljud under den tid ubåten skulle göra någon aktion. Man använder liknande taktik beträffande radarstörningar i flyget.

Snart uppstod naturligtvis motmedel mot detta. En av de teknologier som använts är ”adaptive noise cancelling”, självjusterande störningsdämpning. Den bygger på att man har en ”nyttig signal”, y , som är störd, och att man kan mäta störningen, u , separat. Från dessa signaler beräknar man en signal som innehåller det som är korrelerat mellan signalerna, och subtraherar detta från den nyttiga, störda signalen. I framgångsrika fall har man då den nyttiga signalen kvar.

Detta kanske låter något krångligt, men har vissa fördelar jämfört med den uppenbara metoden att bara subtrahera lagom mycket av störsignalen. ”Fienden” kan använda flera storkällor utspridda på flera ställen. Detta skulle leda till tidsskillnader mellan de olika störljudkällorna som skulle göra att signalen med den uppmätta störningen skulle vara olika den störning som finns på den nyttiga signalen. Adaptive noise cancelling är mindre känslig mot detta eftersom den subtraherar en beräknad en signal utifrån korrelationen mellan störd nyttig- och störsignal. Dessutom kan störljuden förändra sig under tiden, nya källor kan tillkomma och gamla försvinna. Adaptive noise cancelling anpassar sig även till sådant genom att successivt räkna om korrelationen.

Vår idé är nu att använda denna teknik för störningsdämpning av EMG. Vi tänker oss situationen att vi har ett EMG, y , från M Pt Lat, som är stört av någon annan signal, t ex från någon av tugg- och käkmusklerna (M Massester eller M Temporalis). Kanske kan man mäta denna störsignal, u , separat genom att placera elektroder så att de tar upp störsignalen men inte den nyttiga signalen. Genom att sedan använda adaptive noise cancelling kanske man kan få fram en signal som går att använda för klinisk analys.

Det finns generella problem med störda EMG, som måhända är lättare att lösa än att ta fram signaler från M Pt Lat. Dels kan det vara överhörning från andra muskler än den som skall studeras. Ett sådant exempel är skulderbladshöjaren, M Levator Scapule, som ligger under kappmuskeln (M Trapezius). En teknik för att analysera lägre liggande muskler skulle kunna vara till stor nytta för studier av ohälsa i rygg- och nacke. Levator Scapulae och Trapezius ligger dessutom i olika riktningar, vilket torde göra det ännu enklare att hitta goda metoder för signalupptag och filtrering.

En ännu enklare problemställning kan vara störningar från 50 Hz nätbrum eller störningar från hjärtat som påverkar EMGet. Då är signalernas utseende olika, dvs att man lätt se att signalen är störd av en annan signal.

Vi beslöt att prova metoden med adaptive noise cancelling genom att försöka få bort en störsignal från hjärtat (”EKG”) från ett EMG från en ryggmuskel.

6.2 Experimentutförning

Den muskel vi valde för försöket var M Erector Spinae, djupa ryggsträckarmuskeln, som sitter på båda sidor om ryggraden, utgår från höftbenskammen och tvärvutskotten på ryggradens nedre del och fäster uppåt nackregionen. Elektrodena tejpades i höjd med skulderbladet. Normalt sättes dessa med ett par centimeters mellanrum. Det visade sig att man fick mer störning från hjärtat om man ökade detta avstånd, varför vi gjorde detta för att bättre kunna studera metodens funktion. Avståndet mellan elektrodena valdes till slut till ca 10 cm.

För att mäta hjärtsignalen användes samma elektrodplacering som för ett övervaknings-EKG, en elektrod uppåt högra nyckelbenet, och en nedanför vänster bröstmuskel.

6.3 Metod

6.3.1 Inmätning

För att åstadkomma signaler gjorde några "rygglyft", med försökspersonen liggande på mage lyftes ryggen under ca 5 sekunder uppåt, med armarna utsträckta framåt för att öka belastningen något. Därefter vila i ca 5 sekunder och nytt rygglyft osv.

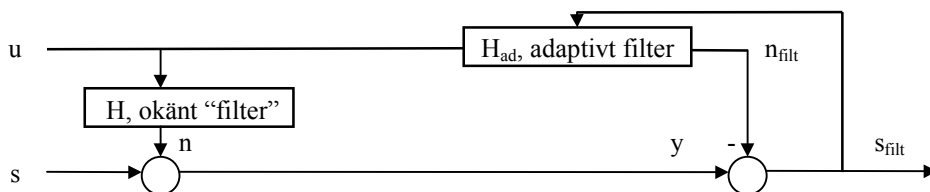
Signalerna mättes in med vår EMG-utrustning. Samplingsfrekvensen var 512 Hz och mättid 63 s.

6.3.2 Adaptive noise cancelling

Algoritmen för störningsdämpningen valdes och provades av dr Svante Gunnarsson på avd för Reglerteknik, ISY, Linköpings tekniska högskola. Den beräkningsmiljö som användes var MATLAB, ett av standardprogram för beräkningar med avancerad matematik och stora datamängder. Till detta användes System Identification Toolbox, en av de samlingar med problemorienterade beräkningsrutiner som säljs tillsammans med MATLAB.

Den teknik som används i denna typ av filtrering bygger på sk blackbox-modeller. Något förenklat anser man att utsignalen från ett system beror på tidigare utsignaler, på tidigare insignaler samt på slumpvariationer, brus.

Man tillverkar ett modellbaserat filter, som tar fram n_{filt} , den del av störningen u som är korrelerad med den nyttiga störda signalen y . Denna "renodlade" störning drar man ifrån den nyttiga, störda signalen och får i framgångsrika fall den nyttiga, s , kvar.



Den modell som valdes att hantera problemet var en ARX modell, där man ansätter följande principiella samband mellan utsignal och insignal till ett system:

$$y(t) + a_1 y(t-1) + \dots + a_n y(t-n) = b_1 u(t-k) + \dots + b_m u(t-k-m) + e(t) + c_1 e(t-1) + \dots + c_i e(t-i)$$

där

y är värden på aktuellt och tidigare utsignaler från modellen

u är värden på tidigare insignaler från modellen

e är bruset.

Utsignalen blev alltså

$$y_{\text{nyttig}} = y - y_{\text{filt}}$$

För att filtret ska kunna beräknas under tiden man mäter signalen (det gjorde inte vi) användes en rekursiv ARX metod, som endast håller en del av signalen "i minnet" och resten av erfarenheten av signalen samlas i modellen.

Som jämförelse till ovanstående metod använde vi en enkel subtraktionsmetod och ansatte

$$y_{\text{nyttig}} = y - a u$$

6.4 Resultat, störningsdämpning

Storleken på modellen valdes till $n=0$, $m=7$ och $k=1$ (se formeln ovan). Storleken avgörs genom att man studerar hur mycket av signalen som inte går att förklara med modellen — modellstorleken ökas tills kvarvarande brusmängd inte längre minskar. Nedan ses signalerna — störningssignal, ursprunglig signal, efter enkel subtraktion och efter adaptive noise cancelling.

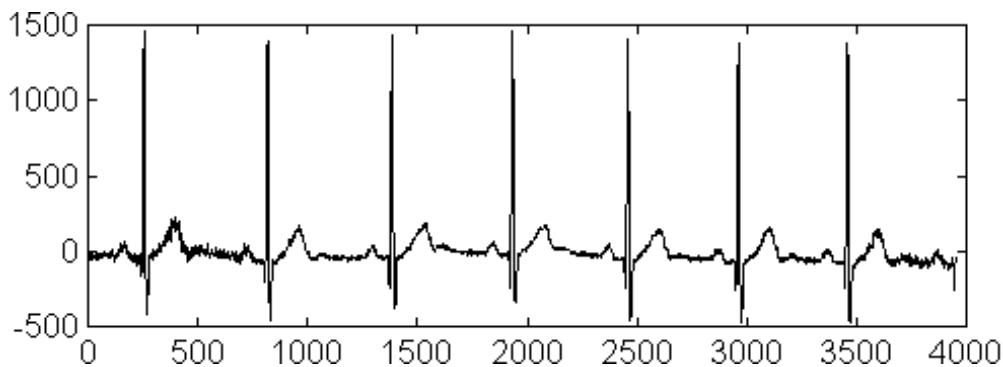


Fig. 11. Störningssignal från hjärtat ("EKG").

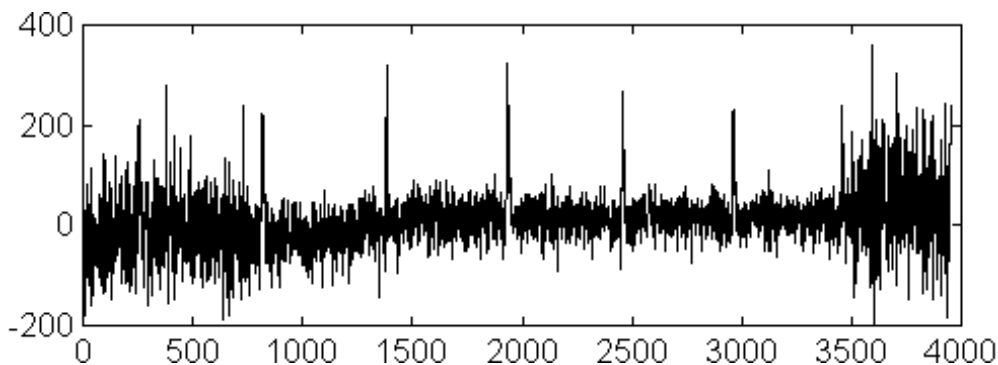


Fig. 12. Ursprunglig, störd, signal.

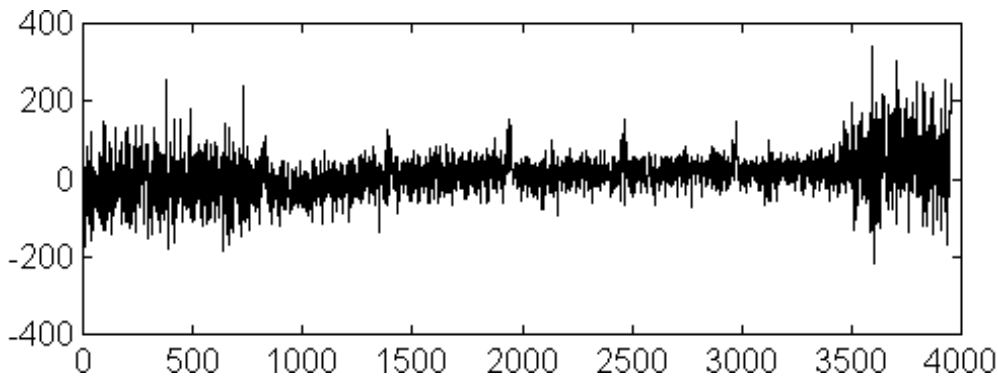


Fig. 13. Signal efter att del av störnsignalen subtraherats.

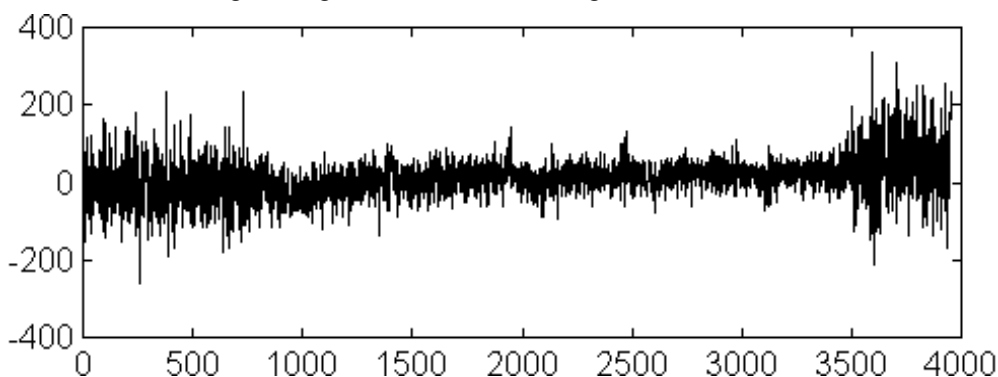


Fig. 14. Signal efter adaptive noise cancelling.

De två sistnämnda signalerna (fig. 13 och fig. 14) ser ganska lika ut. Om signalerna studeras i frekvensplanet erhålles följande effektspektra, där en klar skillnad ses vid de lägsta frekvenserna.

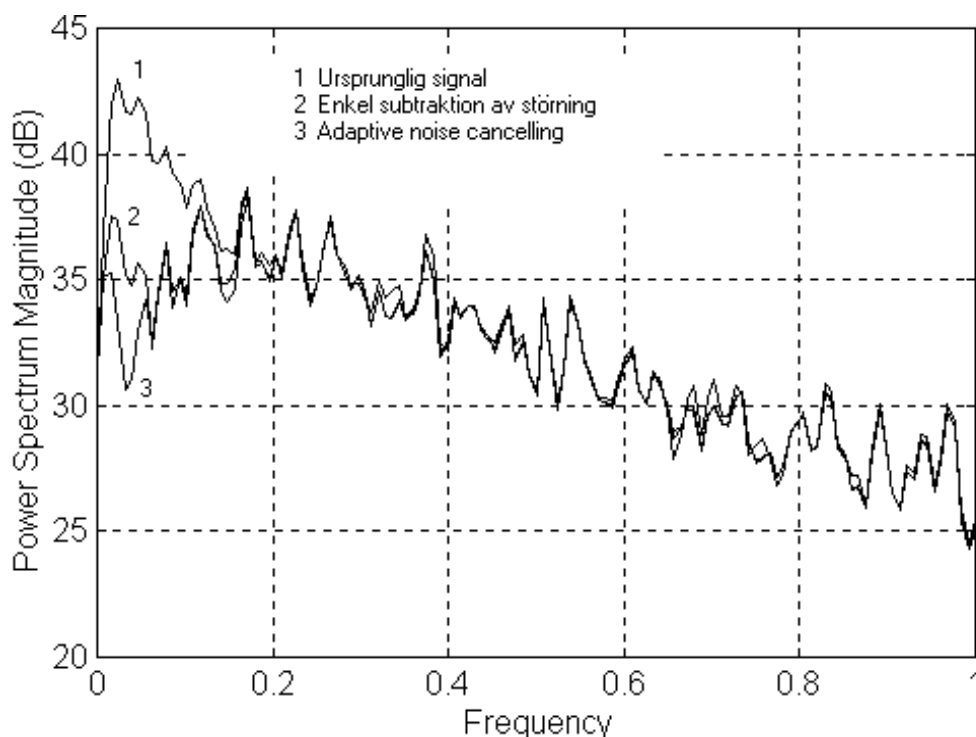


Fig. 15. Effektspektra från de tre signalerna (frekvensen 1 motsvarar 256 Hz).

6.5 Studie av glömskefaktorn

Genom att använda ett adaptivt (självjusterande) filter blir detta mindre känsligt för ändringar i förutsättningarna, t ex om i detta fallet hjärtats läge, vinkel eller avstånd relativt EMG-elektroden på muskeln skulle ändras. Kanske skulle detta kunna inträffa vid övningar av typen rygglyft, då man liggande på mage böjer ryggen uppåt kraftigt.

För att få filtret lagom följsamt använder man en sk glömskefaktor, som styr i hur snabbt modellen skall ändra sig om signalerna antyder att dynamiken förändras. En glömskefaktor med värdet 0 kommer att "överge" modellen snabbt till förmån för den modell som identifierats under de senaste sampelerna, en glömskefaktor med värdet 1 kommer successivt att få stabilare och stabilare modellparametrar, när filtreringen är slut kommer varje del av signalen att ha bidragit lika mycket till parametrarnas värde. Om det visar sig att modellparametrarna har i stort sett samma värde under filtreringen behövs strängt taget ingen adaptiv metod, utan man kan nöja sig med en enklare.

Nedan (fig. 17) ses modellparametrarnas (7 st) värden under en 30 s period. Glömskefaktorn har här satts till 0.9995. För jämförelsens skull presenteras även den signal som givit upphov till parametrarna (fig. 16). Den signal som använts i störningsdämpningsexperimentet (fig. 12) ligger mellan sampel 3000 och 7000.

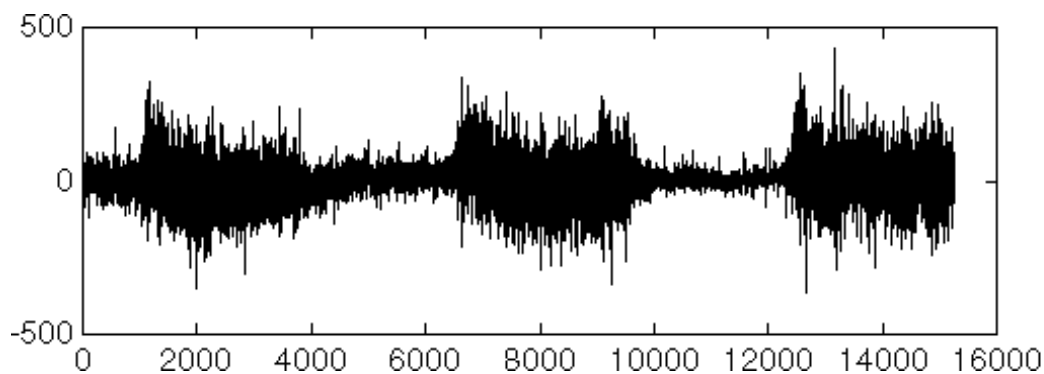


Fig. 16. EMG-signal under 30 s arbete (rygglyft).

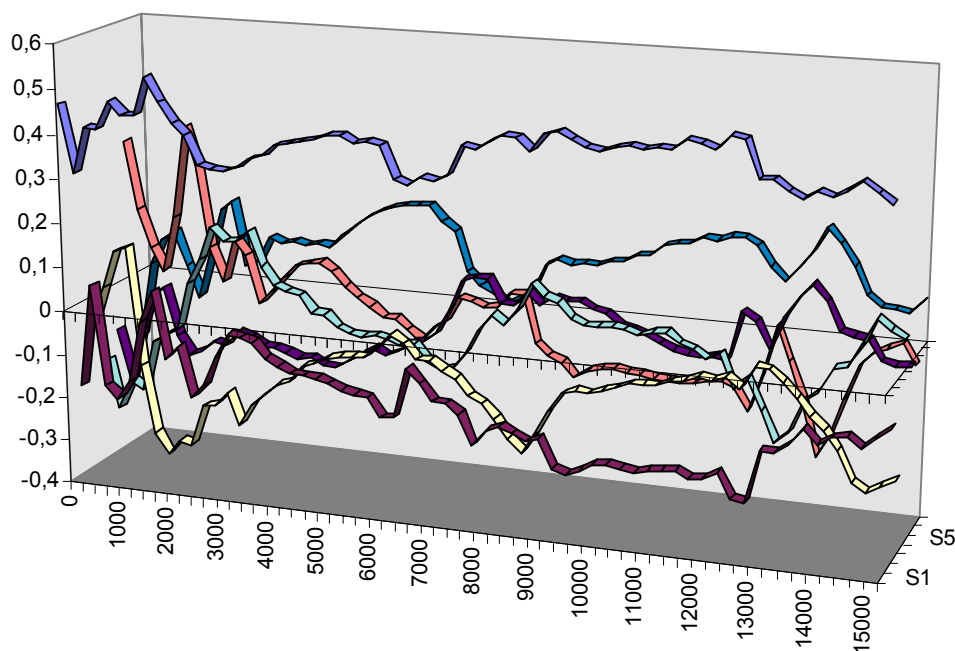


Fig. 17. Modellparametrar (7 st) under 30 s arbete (rygglyft).

6.6 Diskussion

Både den enkla subtraktionsmetoden och adaptive noise cancelling dämpar störningen avsevärt vid låga frekvenser. Den senare metoden är dock ytterligare några decibel bättre i det allra lägsta frekvensområdet.

I fig.17 ses en viss inledande "oro" i modellparametrarna under ca 2500 sampel. Detta kan bero på insvängningen av modellen eller någon initial rörelse hos försökspersonen (lade sig tillrätta, rörde huvudet). Man ser en antydning till att modellparametrarna varierar mer under belastningsfasen. Huruvida en sådan variation kräver en adaptiv modell eller om en enklare är tillräckligt bra får avgöras av den kliniska frågeställningen.

Den metod som användes i detta experiment var ganska tidskrävande, någon minut för 4000 sampel i MATLAB för Windows95. Datorn var en Pentium 133 MHz, 40 MB RAM. Vill man göra filtreringen samtidigt som mätningen finns det mindre beräkningskrävande algoritmer än rekursiv minsta kvadrat som användes här.

6.7 Slutsats

Metoden med adaptiv noise cancelling använd på ett EMG stört av signal från hjärtat fungerar bra och är bättre än en enkel statisk signalsubtraktion.

7 Parallella resultat

Under projektets gång har Assar Bjorne lyckats intressera institutionen för Bettfysiologi vid Göteborgs universitet för de resultat han uppnått i kliniska behandling av Menieres sjukdom. Han har därför blivit antagen som doktorand för att huvudsakligen studera de klinisk förutsättningarna och resultaten.

Den forskning han bedriver går ut på att visa att Menieres sjukdom med symptomtriaden yrsel, tinnitus och hörselnedsättning, som ca 50.000 personer i Sverige lider av, har en tvärdisciplinär orsak och inte beror på ett organfel i örat. I två läroböcker i ämnet [2, 12] som bygger på omfattande genomgångar av den internationella forskningen slår författarna noga fast att orsaken till Menieres sjukdom fortfarande är okänd. I dessa två läroböcker medverkar nästan 200 forskare inom örondisciplinen, varför man får utgå ifrån att man även slagit fast att orsaken inte står att finna i örats hörsel- och balansorgan. Eftersom Menieres sjukdom är såpass vanligt förekommande och de drabbade personerna får en så starkt nedsatt livskvalitet och är så kostsamt för samhället har man t ex i Japans Ministry of Health and Welfare beslutat att forskning avseende sjukdomstillståndet tillsammans med 42 andra sjukdomstillstånd med okänd orsak prioriteras alldeles speciellt ekonomiskt [2].

7.1 Assar Bjornes forskningsarbeten

I det första delarbetet [13], som är publicerat, visas att 31 patienter med av öronläkare fastslagen diagnos Menieres sjukdom har avsevärt mer symptom, som smärtor i käkarna, smärtor vid gapning och tuggning, smärtor från tinningarna och kliniska tecken på muskulära spänningstillstånd i tuggapparaten (funktionsstörningar i tuggapparaten) än ett ålders- och könsmatchat kontrollmaterial (se Appendix B).

Nästa delarbete föreligger i manus för publikation, där visas att 24 av de 31 patienterna med Menieres sjukdom i det första delarbetet (bortfall 7 patienter) också hade avsevärt mer symptom och kliniska tecken på ett muskulärt spänningstillstånd (funktionsstörningar) i nacken än sina 24 ålders- och könsmatchade kontrollpersoner. Studien visar överraskande och helt nya fynd, nämligen att 75% av Menierespatienterna hade återkommande smärtor och besvär ifrån nacken och skuldrorna och smärtor uppe på huvudet, jämfört med kontrollmaterialet som angav besvär ifrån nacken och skuldrorna i bara 25%.

I dessa båda studier går det att visa att patienter med Menieres sjukdom inte bara har yrsel, tinnitus och hörselnedsättning, utan också att de i mycket stor omfattning har smärtor i käklederna, smärtor vid gapning och tuggning, smärtor från tinningarna, uppe på huvudet och smärtor i nacken och skuldrorna. 75% av patienterna kan också manipulera sin yrsel genom rörelser i de övre nacklederna. De kan utlösa yrsel genom rotationsrörelser åt höger och vänster och bakåtlutning av huvudet.

I det tredje och fjärde delarbetet beskrivs behandlingen av Menierespatienternas muskulära spänningstillstånd i tuggapparaten och nacken, och den mycket goda behandlingseffekten som uppnås. Behandlingseffekten följs upp, med halvårskontroller under en treårsperiod och visar på en bestående mycket god lindring av patienternas symptom och kliniska tecken på funktionsstörning i tuggapparaten och nacken, samt på Menieres sjukdom.

I det femte delarbetet, där alla data är insamlade, går det att påvisa en anmärkningsvärd ekonomisk vinst vid denna nya behandling av patienter med Menieres sjukdom. Under de tre åren före behandlingen hade de 24 patienterna med Menieres sjukdom varit sjukskrivna drygt 1500 dagar och efter behandlingen under den treåriga uppföljningsperioden hade de minskat sina sjukskrivningsdagar till bara 275 dagar totalt. Om vi antar att en sjukskrivningsdag kostar individ och samhälle 335 kr kostar de 24 Menieressjuka patienterna under de tre åren före behandlingen ca 500.000 kr och under den treåriga uppföljningsperioden efter behandlingen ca 92.000 kr.

Det finns dessvärre dålig kunskap om hur många patienter med bara yrsel och bara tinnitus som i själva verket går in i Menieresgruppen i Sverige. I en mycket försiktig beräkning kan man anta att ca 10% av Sveriges 85.000 patienter med invalidiserande tinnitus skulle vara sjukskrivna heltid så skulle det kosta strax över någon miljard kronor i välfärdsluster för samhället (direkta och indirekta kostnader). Om man även räknar med dem som har misstänkt Menieres sjukdom (dåligt definierad grupp från sjukvårdens synvinkel) stiger uppskattningen till kanske 3-5 miljarder kronor.

7.2 Annan forskning

Samband mellan tugg- och nackfunktionen och samband mellan muskelspänningar i tuggapparaten och nacken är visat i många studier, bl a i en avhandling av Anton de Wijer i Utrecht 1995.

I början av 1980-talet visade neurologen Ottar Sjaastad orsaken till en mycket svår typ av huvudvärk, den cervicogena huvudvärken. Han fann att andra nacknerven var inklämd av nackmuskeln vid denna typ av huvudvärk och att huvudvärken lindrades vid en bedövningsinjektion av nacknerven. Personer med den muskelspänningsaltrade huvudvärken kunde utlösa huvudvärken vid nackrörelser. Vid samma nackrörelser kunde de också utlösa yrsel, vilket Assar Bjorne också funnit att 75% av de undersökta patienterna med Menieres sjukdom kunde. Några av de Menieressjuka beskriver också sin huvudvärk som en cervicogen sådan. Kan det vara så att patienter med cervicogen huvudvärk och patienter med symptomen vid Menieres sjukdom som har muskulära spänningstillstånd i tuggapparaten och nacken egentligen har variationer av symptom beroende på muskulära spänningstillstånd i dessa områden?

7.3 Stort intresse från allmänheten.

Beroende på de goda behandlingsresultaten som Assar Bjorne kunnat visa i forskningen har han också omsatt dessa i en allt effektivare behandling av ca 700 patienter med Menieres sjukdom som remitterats eller sökt kliniken i Ystad. De goda resultaten har lett till att ett inlägg om forskningen rapporterats i Vetandets Värld på P1 96-09-21. Efter detta inlägg har mängder av personer med Menieres sjukdom eller invalidiserande tinnitus sökt kliniken från i stort sett hela Sverige. När inlägget även sändes ut på P4 i Hallands radion ringdes Vetandets Världs redaktion, vetenskapsredaktionen i Uppsala, ned av över 200 personer med besvären under den första timmen efter sändningen.

8 Diskussion av projektet

Efter att ha arbetat med projektet, diskuterat med olika specialister och tagit del av mängder av textmaterial har det utkristalliserat sig några områden som förtjänar att diskuteras.

8.1 Tänkbara orsaker till tinnitus av oklar orsak.

Om man frågar specialister av olika slag om den trolig orsaken till subjektiv tinnitus får man många olika förslag. En teori är att det är hörselorganet som fungerar felaktigt, några av hörselcellerna sänder ut signaler som inte har sitt ursprung i ljudvågor som fångas i hörsnäckan. En annan teori föreslår att det rör sig om någon sorts parallellfenomen till fantomsmärta, alltså förmågan att ha känsel i t.ex. ett amputerat ben där man tänker sig att det fortfarande går nervimpulser från de avkapade nervbanorna.

Vi har tagit fasta på följande punkter då vi själva funderat över en tänkbar förklaring.

1. Tinnitus är ofta högfrekvent, ett pip, sus, eller tjut.
2. Tinnitus tycks kvarstå efter att innerörat funktion förstörts.
3. Tinnitus går ofta att påverka genom att manipulera käkmuskulaturen [5].
4. Tinnitus är relativt känsligt för placeboeffekter.
5. Tinnitus försvinner tillfälligt vid bedövning av M Pt Lat.
6. Tinnitus är korrelerat med ömhet i M Pt Lat.
7. Tinnitus förekommer på samma sida som ömheten i M Pt Lat.
8. Tinnitus lindras varaktigt (>3 år) vid stabilisering av bettfunktionen.

Punkt 1 antyder att det är osannolikt att en mekanisk vibration skulle vara orsaken. Patienterna upplever ljud på ett flertal kHz, och även om några med stark tinnitus skulle uppleva lägre frekvenser ("dån") så finns de högre frekvenserna också med. Brummanden och knäppningar ("dieselmotor" etc) har dock ofta muskulära förklaringar, men då tillhör de inte denna typ av tinnitus (subjektiv).

Punkt 3 antyder att tinnitus på något sätt skulle vara knutet till käkmuskulaturen. 30-50% av personer med tinnitus kan manipulera sin tinnitus genom rörelser med underkäken, framför allt genom att skjuta underkäken maximalt framåt och i sidled [5]. Patientens tinnitus ökar efter ett antal sekunder. Detta antyder att spänningen i musklerna skulle ha med saken att göra.

Punkt 4 skulle kunna antyda att tinnitus är kopplat till stress. Vilken sorts behandling som helst som leder till att patienten upplever sig väl mottagen och "sedd" torde leda till en sänkning av stressnivån och positiva förväntningar på behandlingen. Särskilt skulle detta kunna gälla behandling av alternativmedicinsk karaktär, eftersom den då är på patientens eget initiativ.

I ett nummer av Time sommaren 96 [14] hade man ett specialtema om andlighet och hälsa. Artikeln var sprungen ur ett stort allmänintresse (med åtföljande ekonomiska potential). Där nämns kort en bok om sjukdomar och de tankemönster som författaren menar har orsakat sjukdomarna [15]. Käkmuskulaturen hör samman med "ambition" och "aggression", egenskaper som sägs ligga förvånansvärt nära varandra. Spända käkmuskler orsakas enligt författaren av en vilja att vara till lags och en vilja till kontroll som tillsammans gör det svårt att uttrycka känslor av t.ex. missnöje, förbittring och ilska. På sikt somatiseras detta till huvudvärk eller käkledsstörningar. Ett tillstånd av avslappning som följer med en behandling man upplever som positiv skulle kunna leda till en avslappning av käkmuskulaturen varvid besvären minskar. Dock är aktiviteten i käkmuskulaturen i stor utsträckning reflexmässig, så problemen tenderar ofta att återkomma efter några månader.

Punkt 5 antyder att orsaken kan vara sensoriska signaler från M Pt Lat. Det har dock visat sig i olika studier att Lidocaine (det bedövningsmedel som använts) har haft en gynnsam effekt på tinnitus även då det injicerats på andra ställen varför viss vaksamhet bör iaktas inför att det är just M Pt Lat som är den intressanta muskeln.

Punkt 6, 7 och 8 förstärker dock misstanken att orsaken skulle vara någon muskulär störning.

Punkten 2 indikerar att upphovet till tinnitus inte har något med hörselorganet att göra, förklaringen bör sökas längre in. Nedanstående kapitel diskuterar förutsättningarna för detta.

8.1.1 Mer fysiologi

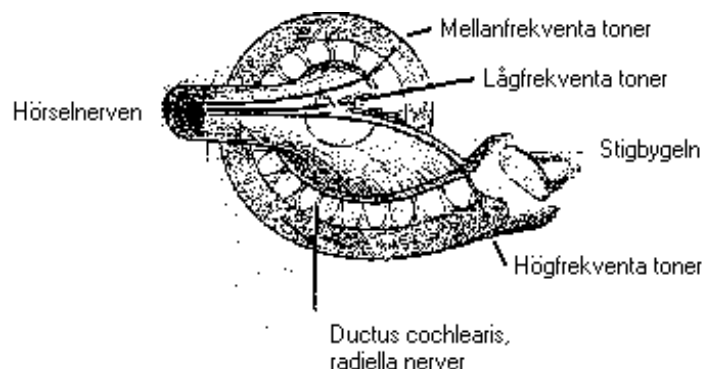


Fig. 18. Hörselorganet, snäckan och hörselnerven.

Hörsnäckan. Hörsnäckan har sin ingång efter mellanörats ben. Dessa ben fortplantar vibrationer från trumhinnan, som skapar stående vågor inuti snäckan. De stående vågorna består av sk noder och bukar, dvs områden med tryckvariationer eller svaga rörelser i vätskan längs vägen in till mitten av snäckan. Det är dessa som uppfattas av hörselcellerna. Ljusa högfrekventa toner har kort avstånd mellan bukar och noder, mörka lågfrekventa toner har långt avstånd. Hörselcellerna för de höga frekvenser sitter nära ingången till snäckan, och för de låga frekvenserna sitter nära mitten av snäckan (det torde vara något mer komplicerat än så, eftersom en hög ton hinner skapa fler bukar och noder som även uppfattas av hörselceller längre in i snäckan).

Hörselnerven. Varje hörselcell sitter kopplad till sin egen neuron i hörselnerven. Hörselnerven ser därför ut som en rulltårta, med nerverna från de yttersta hörselcellerna längst ut i rulltårtan och de från mitten längst in. Hörselnerven är därför frekvensuppdelad (tonotop), med de högsta frekvenserna längst ut i höljet på rulltårtan och de lägsta frekvenserna längst in mot mitten av rulltårtan. Hörselnerven går in mot hjärnstammen, och övergår där i en kärna (Nucleus Cochlearis) för omkoppling av signalerna.

Hörselkärnorna. I Nucleus Cochlearis, både dorsalis och ventralis, förgrenar sig signalen även till motsatt sida fram till sin nästa omkopplingsstation, Nucleus olivaris och vidare upp till Colliculus caudalis. Därifrån går signalen fortfarande frekvensuppdelad, ut mot tinningloben, Gyri temporales transversi och Planum temporale. Någonstans därefter börjar själva tolkningen av hörselintrycken, dvs första stegen mot förmågan att känna igen ljud, röster, musik mm.

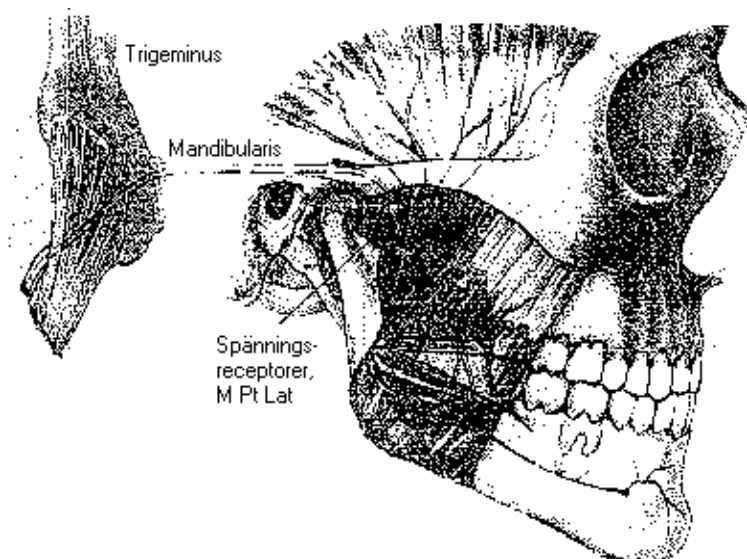


Fig. 19. M Pt Lats spänningsreceptor, N Trigeminus och dennas motoriska kärna.

M Pt Lat. Denna muskel styr viktiga aspekter av bettfunktionen, den är ansvarig för all framglidning och sidorörelser av underkäken och gör tuggfunktionen så effektiv som möjligt. Muskeln sköter reflexmässigt

justeringen av bittet så att ett jämviktsläge uppnås där kraften är jämnt fördelad över hela tuggytan. Denna justering sker även i sömnen, då hyperaktivitet i tuggmuskulaturen förekommer hos alla under drömsömnen. 70% pressar tänder under drömsömnen, 30% pressar tunga.

N Trigeminus. N Trigeminus (trillingnerven) är en sk sensorisk nerv som i huvudsak för tillbaka känselintryck från ansiktet. Trigeminus har även en motorisk gren, som styr bl a spänningen i M Pt Lat. Spänningstillståndet i M Pt Lat och andra käkmuskler skickas tillbaka genom tredje grenen av N Trigeminus, N Mandibularis, och når till sist N Trigeminus motoriska kärna i hjärnstammen.

8.1.2 En spekulativ hypotes

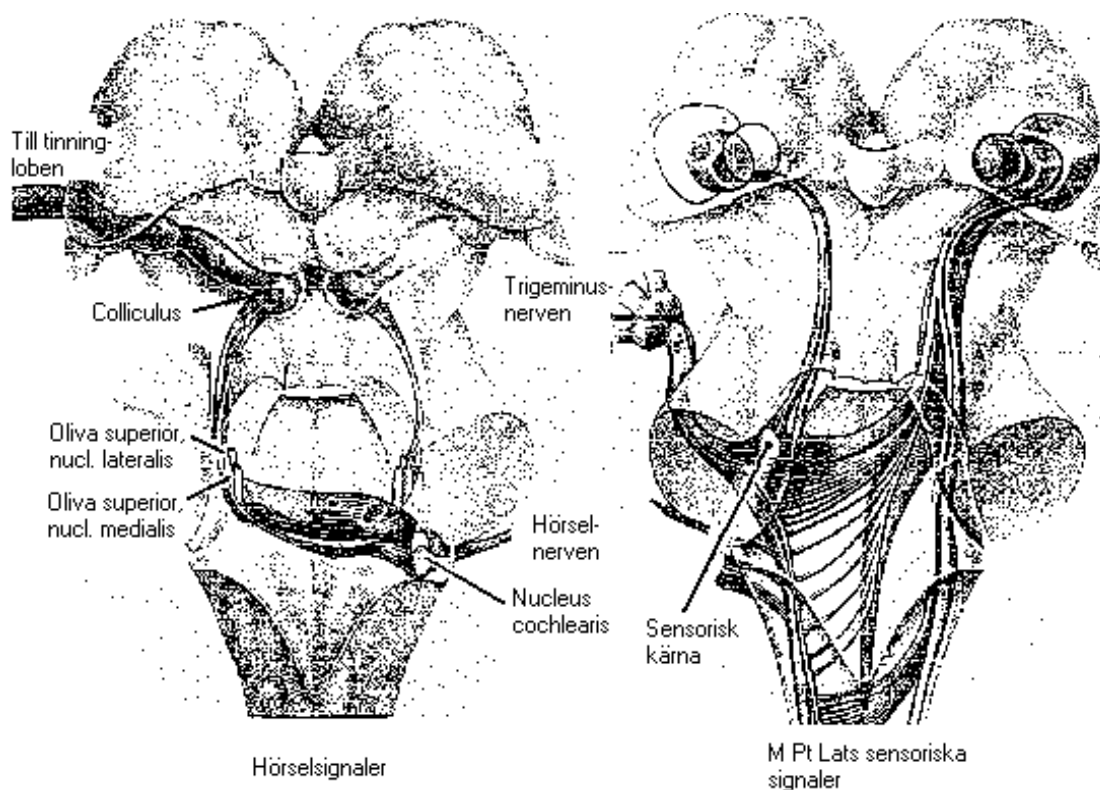


Fig. 20. Hörselbanorna och M Pt Lats sensoriska banor.

En hypotes som presenterar sig är att det sker någon sorts överkoppling vid de ställen där signalerna från hörseln går parallellt med signalerna från M Pt Lats spänningsreceptorer i hjärnstammen (se fig. 20). Detta stämmer relativt väl med spänningar och störningar i käkmuskulaturen (punkt 3 och 4), att dessa är associerade med M Pt Lat (punkt 5, 6, 7 och 8). Trigeminsnerven har inte någon förbindelse med innerörat. Därför känns det logiskt att muskelspänningssignalen uppfattas i längre in längs hörselbanorna, dvs att kopplingen mellan M Pt Lats sensoriska signaler och hörselupplevelsen ligger *efter* hörselorganet men *innan* tolkningen av hörselintrycken (punkt 2).

Kvar är fenomenet att det ofta är högfrekventa tjust som patienten upplever (punkt 1). Detta skulle kunna förklaras av att det är i det yttre varvet av hörselnerven ("rulltårtan") som överkopplingen sker om den sker innan de första kärnorna (den kan knappast ske i de inre delarna utan att de yttre också påverkas), eller i de nedre delarna av Nucleus Cochlearis (både ventralis och dorsalis) om överkopplingen sker där. Eller sker överkopplingen nära de banor som leder högfrekventa signaler uppåt mot Colliculus. När hörselsignalerna leds ut mot tinningloben är det mindre sannolikt att någon påverkan av det här slaget sker, då strukturerna inte längre ligger intill varandra.

Det finns mycket små möjligheter att undersöka denna hypotes för oss lekmän. Man kan tänka sig att en patologisk kartläggning eller analys med positronemissionstomografi skulle kunna visa var en eventuell överhörning sker.

9 Framtida tänkbara projektområden

Några av följande områden ser vi som möjliga fortsättningar på detta projekt. En vändning som arbetet tagit under projektets gång är att även innefatta nackstörningar och Menieres sjukdom. I de följande förslagen avses därför muskler i både käk- och nackområdena.

- **Bättre studie av hur värmekameror förmår avbilda muskelstörningar (käk- och nackfunktion)**
- **Fortsatta studier med EMG och adaptive noise cancelling**
 - EMG från den undre av två korslagda muskler (t.ex. M Levator Scapule under M Trapezius)?
 - EMG från nackrosetten innanför M Erector Spinae i nacken?
 - EMG från käkmuskler innanför tuggmusklerna, t.ex. M Pt Lat innanför M Masseter och M Temporalis?

10 Tillkännagivanden

Professor Ingemar Lundström, Institutionen för Fysik och Mätteknik, Linköpings tekniska högskola har bidragit med förslag på problemlösningar diskuterat vetenskapliga förutsättningar för projektet. Förmågan och viljan att sätta sig in i en komplex och kontroversiell frågeställning delvis utanför den egna forskningsspecialiteten bör speciellt omnämnas.

Ett antal personer har bidragit mycket till projektet med insikter, kunskaper och förslag på lösningar på olika problem. Sten Trolle, Solaris Nova AB och senare Forskarpatent i Linköping AB var den som skapade de första kontakterna mellan Assar Bjerne och LiU.

Ett antal personer på Hälsouniversitetet i Linköping har under ett flertal kontakter breddat perspektiven på problemet: Professor Stig Arlinger, docenterna Lars Ödkvist och Torbjörn Ledin, institutionen för oto-rhino-laryngologi har tillhandahållit litteratur och givit synpunkter på tinnitus, behandling och tänkbara orsaker. Dr Eva Bäckman Inst f Klinisk Neurovetenskap har satt oss in kliniska aspekter på EMG i muskler. Professor Björn Gerdle, dr Bjarne Månsson och forskningsingenjör Peter Syvertsson, avdelningen för Rehabiliteringsmedicin har givit oss kunskaper om EMG från rygg- och nackmuskler och dessutom hjälpt oss med utrustning och praktiska råd.

Från Linköpings tekniska högskola har vi fått hjälp med utvärdering av Laser-dopplermethoden av Hans Pettersson, institutionen för medicinsk teknik. Vi har fått litteratur och synpunkter på "klinisk" signalbehandling av EMG-signaler av tekn. lic Håkan Linderhed, avd f Industriell ergonomi, IKP. Ett stort arbete har lagts ner av dr Svante Gunnarsson på att studera hur adaptive noise cancelling bäst ska göras.

Från andra högskolor har vi också fått stöd och råd. Tekn. lic Thomas Blomberg på institutionen för byggnadsfysik vid Lunds tekniska högskola förtjänar ett varmt tack för att han offrade av sin semester för att hjälpa oss med värmekameraexperimenten. Prof Bo Wahlberg, institutionen för reglerteknik vid KTH i Stockholm har givit synpunkter på signalfiltrering och dessutom initierat ett examensarbete i ett angränsande forskningsfält, modellering av vissa delar av balanssystemet tillsammans med Karolinska Institutet.

Vi är varmt tacksamma för medverkan av de patienter som ställde upp som försökspersoner, samt personalen på Assar Bjornes tandläkarklinik i Ystad under olika kliniska försök.

Tomas Aronsson vid NUTEK skall ha stort tack för råd, stöd, och inte minst tålamod!

11 Referenser

1. Lyttkens L. Tinnitus — utredning, handläggning och behandling. *Läkartidningen* 1989; 86; 625-628.
2. Kitahara M. Meniere's disease. Tokyo: Springer, 1990.
3. Hallpike CS, Cairns H. Observations on the pathology of Meniere's syndrome. *J Laryngol Otol* 1938;53:625-655.
4. Lindberg P. Assessment of Tinnitus Aureum. A behavioural approach to the evaluation of symptoms and the effects of intervention [thesis]. Uppsala, Sweden: University of Uppsala, 1989.
5. Rubinstein B. Tinnitus and craniomandibular disorders. Is there a link? [thesis]. *Swed Dent J Suppl* 1993;95:1-46.
6. Chiancaglini R, Loretti P, Radaelli G. Ear, nose and throat symptoms in patients with TMD: The association of symptoms according to severity of arthropathy. *J Orofacial Pain* 1994;8:293-296.
7. Bjerne A. Tinnitus Aureum as an effect of increased tension in the lateral pterygoid muscle [letter]. *Otolaryngology Head & Neck Surgery* 1993;109:969.
8. Institute of hearing research. Epidemiology of tinnitus. In: Evered D, Lawrenson G (eds). *Ciba Foundation Symposium 85: Tinnitus*. London: Pitman Medical, 1981:16-25.
9. Hagberg C, Agerberg G, Hagberg M. Regression analysis of electromyographic activity of masticatory muscles versus bite force. *Scand J Dent Res* 1985;93:396-402.
10. Gross BD, Lipke DP. A Technique for Percutaneous Lateral Pterygoid Electromyography. *Electromyogr. Clin. Neurophysiol.* 1979; 19; 47-55.
11. Kortklippt. *Forskning och framsteg* 1993: nr 7; s55.
12. Pfaltz CR. *Controversial aspects of Meniere's disease*. Stuttgart, Germany: Georg Thieme, 1986.
13. Bjerne A, Agerberg G. Craniomandibular disorders in patients with Meniere's disease: A controlled study. *J Orofacial Pain* 1996;10:28-37.
14. van Biema D. Emperor of the soul. *Time* 1996; 147 no 26, p41-44.
15. Hay, LL. *Du kan hela Ditt liv*. (sv övers.) Orsa: Energica förlag, 1989.

Appendix A: Tinnitus Aureum as an effect of increased tension in the lateral pterygoid muscle.

Letter to the editor publicerat i Otolaryngology Head & Neck Surgery 1993; 109:969.

Appendix B: Craniomandibular disorders in patients with Meniere's disease: A controlled study.

Artikel publicerad i Journal of Orofacial Pain 1996;10:28-37.

Appendix C: MATLAB-körningar.

För den som är intresserad av att själv experimentera med störningsdämpning enligt metoden ovan, använde vi följande tillvägagångssätt. Y är störst EMG, U är störning med hjärtsignalen. Båda var 32256 samplar långa.

```
% Välj ett lagom stycke av signalen, vi valde 3001:7000
% Tag bort ev konstant och trend ur signalerna
y=dtrend(Y(3001:7000,1));
u=dtrend(U(3001:7000,2));

% Rita resultatet
subplot(211)
plot(y)
title('Störd nyttig')
subplot(212)
plot(u)
title('Störning')
```

```
% Beräkna filtrerad signal, n=0, m=7 och k=1 (se texten). Lambda=1 i detta exempel (glömskefaktorn)

[theta, yfilt, P]=rarx([y u],[0 7 1],'ff',1);
yf = y - yfilt;

% Välj signaler då filtret blivit stabilt
zy = y(51:4000);
zu = u(51:4000);
zyf= yf(51:4000);

% Rita upp resultatet
subplot(211)
plot(zy)
title('Ursprunglig signal')
subplot(212)
plot(zyf)
title('Filtrerad signal')
```

```
% Utför enkel subtraktion

a = u\y;
ys = y - a * u;

zys = ys(51:4000);

% Rita upp resultatet
subplot(311)
plot(zy)
title('Ursprunglig signal')
subplot(312)
plot(zys)
title('Subtraherad signal')
subplot(313)
plot(zyf)
title('Filtrerad signal')
```