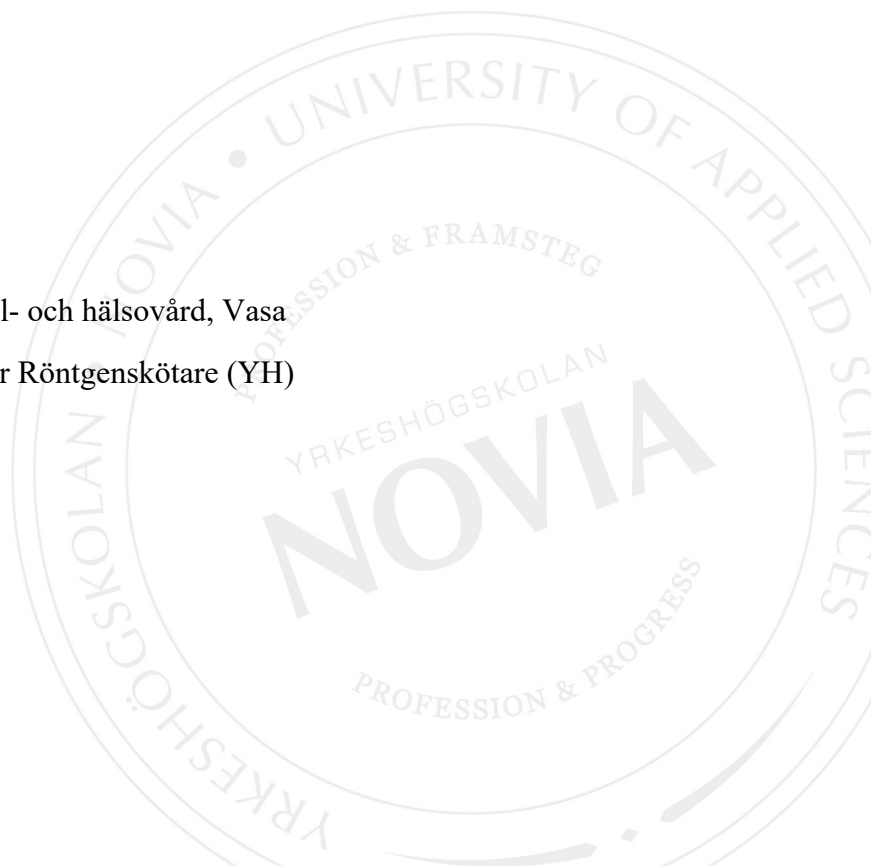


Ultraljudets olika användningsområden inom hälso- och sjukvården

**En litteraturstudie om diagnostiska
ultraljudsundersökningar och terapeutiska
ultraljudsbehandlingar**

Patrik Backman

Examensarbete inom social- och hälsovård, Vasa
Utbildningsprogrammet för Röntgenskötare (YH)
Vasa 2018



EXAMENSARBETE

Författare: Patrik Backman

Utbildning och ort: Utbildningsprogrammet för Röntgenskötare, Vasa

Inriktningsalternativ/Fördjupning:

Handledare: Katarina Vironen

Titel: Ultraljudets olika användningsområden inom hälso- och sjukvården - En litteraturstudie om diagnostiska ultraljudsundersökningar och terapeutiska ultraljudsbehandlingar.

Datum 30.10.2018

Sidantal 64

Bilagor

Abstrakt

Syftet med lärdomsprovet är att klargöra ultraljudets olika användningsområden inom hälso- och sjukvården. Examensarbetet beskriver ultraljudets bakgrund och historik, ultraljudets utveckling, olika undersöknings- och behandlingsmöjligheter, tidigare forskningar kring diagnostisk och terapeutisk ultraljudsanvändning och behandlar även ny teknik inom ultraljudsanvändningen. Målet är att delge fördjupad kunskap till röntgenskötarstuderande, röntgenskötare, vårdpersonal samt till övriga personer med intresse för ämnet ultraljud och ultraljudets användningsområden.

Forskningsfrågorna är följande: Vad är ultraljud? Hur fungerar ultraljud? Vad är skillnaden mellan diagnostiskt och terapeutiskt ultraljud? Vilka är de vanligaste undersökningarna med det diagnostiska ultraljudet och vilka är de vanligaste behandlingarna man ger med det terapeutiska ultraljudet?

Jag har svarat på dessa frågor med hjälp av kvalitativa metoder, litteraturgenomgång samt genom skriftliga intervjuer med sjukvårdspersonal med särskild yrkeskunnsighet kring det diagnostiska och det terapeutiska ultraljudet.

Språk: Svenska

Nyckelord: Diagnostiskt och terapeutiskt ultraljud, ultraljudets olika användningsområden

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Patrik Backman

Koulutus ja paikkakunta: Röntgenhoitajan koulutusohjelma, Vaasa

Suuntautumisvaihtoehto/Syventävät opinnot:

Ohjaaja(t): Katarina Vironen

Nimike: Ultraäänen eri käyttösovellukset hoitoalalla - Kirjallisuustutkimus diagnostisista ultraäänitutkimuksista ja terapeuttisista ultraäänihoidoista.

Päivämäärä 30.10.2018

Sivumäärä 64

Liitteet

Tiivistelmä

Tämän tutkimustyön tarkoituksena on selkeyttää lukijalle ultraäänen eri käyttötapoja terveydenhuollon alalla. Opinnäytetyö kuvaa ultraäänen taustaa ja historiaa, ultraäänen kehitystä, erilaisia tutkimus- ja hoitomahdollisuuksia, aikaisemmin tehdyt tutkimukset sekä uusia tutkimustietoja uusimmista teknologioista diagnostisesta ja terapeuttisesta ultraäänestä. Tavoitteena on jakaa syvällistä tietoa röntgenhoitajaopiskelijoille, röntgenhoitajille, terveydenhuollon ammattilaisille ja muille kiinnostuneille ultraäänestä ja ultraäänen eri sovelluksista.

Tutkimuskysymykset ovat seuraavat: Mitä ultraääni on? Miten ultraääni toimii? Miten diagnostinen ultraääni eroaa terapeuttisesta ultraäänestä? Mitkä ovat yleisimmät tutkimukset diagnostisella ultraäänellä ja mitkä ovat yleisimmät hoidot, jotka on annettu terapeuttisella ultraäänellä?

Olen vastannut näihin kysymyksiin kvalitatiivisella menetelmällä, tiedekirjallisuusmateriaalin keräämisellä ja terveydenhuollon ammattilaisten haastattelujen avulla, joilla on erityistä ammattitaitoa diagnostisesta ja terapeuttisesta ultraäänestä.

Kieli: Ruotsi
eri sovellukset.

Avainsanat: Diagnostinen ja terapeuttinen ultraääni, ultraäänen

BACHELOR'S THESIS

Author: Patrik Backman

Degree Programme: Radiographer, Vaasa

Specialization:

Supervisor(s): Katarina Vironen

Title: Use of ultrasound in healthcare - A literature review of diagnostic ultrasound examinations and therapeutic ultrasound treatments.

Date 30.10.2018

Number of pages 64

Appendices

Abstract

The purpose of this thesis is to clarify and raise awareness of various uses of ultrasound in healthcare. This thesis describes the background and history of ultrasound, ultrasound development, different examinations and treatment options, previous research on diagnostic and therapeutic ultrasound and also describes new technologies in the field of ultrasound use. The goal is to provide in-depth knowledge to people who are studying radiography, to radiographers, healthcare professionals and other persons with an interest in the subject of ultrasound and ultrasound applications.

The research questions are; What is ultrasound? How does ultrasound work? What is the difference between diagnostic and therapeutic ultrasound? What are the most common examinations done with the diagnostic ultrasound and what are the most common treatments given with the therapeutic ultrasound?

I have answered these questions by means of qualitative methods, literature review and through interviews with healthcare professionals with special professional skills regarding the diagnostic and therapeutic ultrasound.

Language: Swedish

Key words: Diagnostic and therapeutic ultrasound, ultrasound applications

Innehållsförteckning

| | |
|--|----|
| 1 Inledning..... | 1 |
| 2 Syfte och frågeställning..... | 2 |
| 3 Teoretisk bakgrund | 3 |
| 3.1 Ultraljudets historia och utveckling..... | 3 |
| 3.2 Användningen av ultraljud inom hälso-och sjukvården | 6 |
| 3.3 Ultraljudets användning i Finland | 12 |
| 4 Det diagnostiska och det terapeutiska ultraljudet..... | 13 |
| 4.1 Diagnostiskt ultraljud..... | 13 |
| 4.1.1 Diagnostiska ultraljudsundersökningar | 15 |
| 4.1.2 Bildtekniker med diagnostiskt ultraljud | 17 |
| 4.1.3 Ultraljudsstyrda biopsier | 18 |
| 4.1.4 Bentäthetsmätningar med ultraljud..... | 18 |
| 4.2 Terapeutiskt ultraljud | 19 |
| 4.2.1 HIFU (High-Intensity Focused Ultrasound) | 23 |
| 4.2.2 LIPU (Low-Intensity Pulsed Ultrasound)..... | 23 |
| 5 Patient och personalsäkerhet vid ultraljudsanvändning | 24 |
| 6 Tidigare forskningar..... | 26 |
| 7 Studiens genomförande | 35 |
| 7.1 Kvalitativ studie..... | 36 |
| 7.2 Litteraturgenomgång och datainsamling | 36 |
| 7.3 Intervju | 37 |
| 7.4 Analys av data..... | 38 |
| 8 Intervju om det diagnostiska och det terapeutiska ultraljudet..... | 39 |
| 8.1 Intervju med radiolog om diagnostiskt ultraljud..... | 39 |
| 8.2 Intervju med spec. utb. fysioterapeuter om terapeutiskt ultraljud..... | 41 |
| 9 Resultat | 45 |
| 10 Tolkning | 46 |
| 11 Kritisk granskning | 50 |
| 12 Diskussion | 53 |
| 13 Källförteckning..... | 54 |
| 14 Figurer | 58 |

1 Inledning

Respondenten är röntgenskötarestudent vid Yrkeshögskolan Novia i Vasa, som i sitt examensarbete valt att göra en litteraturstudie kring det diagnostiska och det terapeutiska ultraljudets olika användningsområden inom hälso- och sjukvården. Ultraljudets historia och det terapeutiska ultraljudet är ej del av läromaterialet i utbildningen till röntgenskötare. Respondenten upplever att det finns begränsad sammanställd information om de båda ultraljudstyperna och om deras olika undersöknings- och behandlingsmöjligheter. Detta trots att ultraljudsundersökningar och behandlingar med ultraljud används mycket allmänt inom hälso- och sjukvården idag. Respondenten har ej kännedom om tidigare sammanställd faktalitteratur där ultraljudshistorik, ultraljudets utveckling och de båda ultraljudstyperna och deras olika användningsområden beskrivits på ett liknande sätt som i detta examensarbete. Respondenten anser att kunskapen om de två ultraljudstypernas olikheter och användningsområden kan vara av betydelse för studerande och sjukvårdspersonal i ett patientbefrämjande syfte. Respondenten hoppas därför kunna delge innehållet i examensarbetet på ett nyttigt och informativt sätt.

Examensarbetet är en kvalitativ litteraturstudie med ihopsamlad faktainformation från olika vetenskapliga artiklar och arbeten, läroböcker och tillförlitliga internetkällor. Den fördjupade litteraturstudien beskriver ultraljudets utveckling, ultraljudets olika användningsområden, aseptik och patientsäkerhet kring ultraljudsanvändning, ny forskning och nya behandlingsmetoder inom ämnet ultraljud. Respondenten har även valt att göra en intervju med radiolog och två specialiserade fysioterapeuter för att få en bättre insikt i vanliga undersöknings- och behandlingsmetoder som utförs idag med ultraljud.

Under bilderna i examensarbetet finns figurnummering. Adresserna till de hämtade bilderna som använts i studien återfinns efter källhänvisningen under ”figurer”. Respondenten har även lagt till ”instuderingslänkar och litteratur” som sista punkt i examensarbetet. Där kan man ta del av övriga länkar och litteratur inom ämnet ultraljud.

En av de stora fördelarna med ultraljud är att ingen joniserande strålning används som vid andra radiografiska metoder. Det gör ultraljud till en trygg och lättanvänd undersökningsmetod för patienten. Ultraljudsundersökningarna kompletterar övriga röntgenundersökningar. I Finland görs årligen runt en halv miljon olika diagnostiska ultraljudsundersökningar (STUK, 2015).

2 Syfte och frågeställning

Syftet med examensarbetet är att klargöra ultraljudets olika användningsmöjligheter och ge en fördjupad information om ultraljudsanvändningen inom hälso- och sjukvården idag.

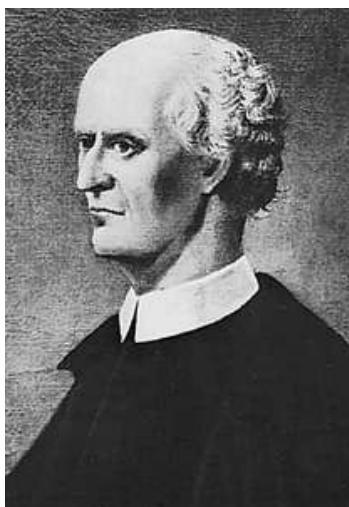
Frågeställningar:

1. Vad är ultraljud?
2. Hur fungerar ultraljud?
3. Vad är skillnaden mellan diagnostiskt och terapeutiskt ultraljud?
4. Vilka är de vanligaste undersökningarna med det diagnostiska ultraljudet och vilka är de vanligaste behandlingarna man ger med det terapeutiska ultraljudet?

3 Teoretisk bakgrund

I detta kapitel har respondenten valt att berätta om ultraljudet, ultraljudets historia och utveckling. Utöver dessa ämnen redogörs även för ultraljudets utveckling inom hälso- och sjukvården i Finland. Respondenten anser att dessa ämnen står till grund för arbetet.

3.1 Ultraljudets historia och utveckling



Ljud som överstiger frekvensen 20 000 Hz och som människoörat ej kan uppfatta benämns ultraljud. Upptäckten av ultraljudet anses ha sin början när den italienska prästen och fysiologen Lazzaro Spallanzani (1729 - 1799) år 1794 utförde de första detaljerade experimenten på fladdermöss. Han påvisade att ej hörbara ljud för människoörat (högfrekvent ultraljud) kan existera när han sökte svar på hur fladdermöss kunde navigera i mörker. Han observerade att fladdermöss kunde navigera med förtäckta öron men ej med förtäckta öron och mun (Eisenberg, 1992, s. 453).

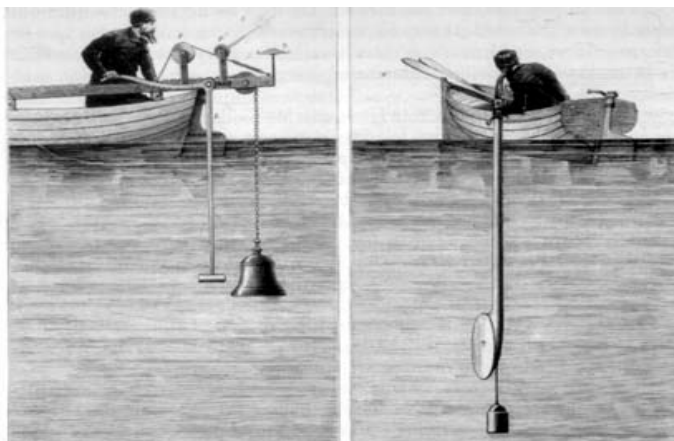
Figur 1. Lazzaro Spallanzani

Lazzaro började misstänka att fladdermössen använde sig av ljud för att navigera och bestämma avstånd. Han teoretiserade även att dessa ljud inte var hörbara för människoörat (Eisenberg, 1992, s. 453).

Schweizaren Jean Daniel Colladon lade grunden för ultraljudsgivaren genom att år 1826 göra ljudmättningsundersökningar på Genevesjön och påvisa att ljud fortplantade sig snabbare i vatten än i luft. Han gjorde mätningar med en kyrkklocka under vattnet och avfyrade krut ovan vattenytan samtidigt. Ljudhastigheten uppmättes med ett trumpetliknande instrument på en sträcka av 10 miles (Woo, 2006).

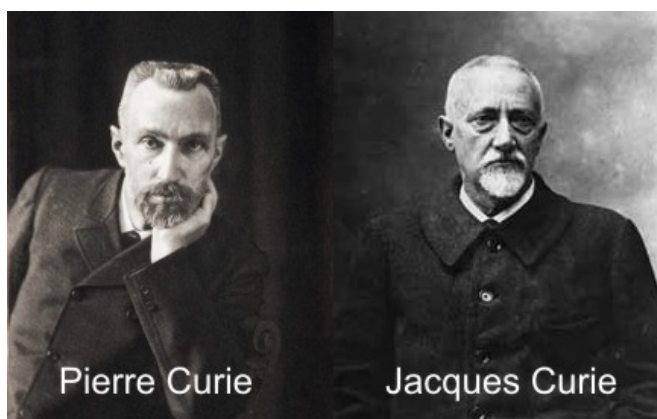


Figur 2. Jean Daniel Colladon



Figur 3. Ljudmätningar på Genevesjön år 1826

Den österrikiske fysikern Christian Andreas Doppler föreslog år 1842 att frekvensen av en ljudvåg beror på källans hastighet. Denna upptäckt blev senare känd som "Dopplereffekten". År 1876 uppfann Francis Galton en visselpipa, "The Galton whistle" som producerade ett högfrekvent ljud som var ohörbart för det mänskliga örat, ultraljud. Lord Layleigh, en fysiker från England beskrev ljudvågor som en matematisk ekvation i "The Theory of Sound" som publicerade år 1877. Boken beskrev ljud, vibrationer och vågor. Kring år 1880 upptäckte Pierre och Jacques Curie från Frankrike den piezoelektriska effekten som gjorde att man kunde producera ultraljud på ett kontrollerat sätt (Woo, 2006).



Figur 4. Pierre Curie, Jacques Curie

Gabriel Lippman, en fysiker och uppfinnare mäter matematiskt från termomatematiska principer den omvända piezoelektriska principen år 1881. År 1914 designade den canadensiska uppfinnaren Reginald Aubrey Fessenden det första fungerande sonarsystemet i USA. Det avgav ett lågfrekvent ljud och uppfanns för att upptäcka isberg. När Titanic sjönk år 1912 ledde det till ett aktivt utvecklande av sonarsystemet. Den franska fysikern Paul Langevin var den första som gjorde vetenskapliga arbeten med ultraljudstekniken i syfte för att kunna mäta vattendjup och lokalisera isberg. Han utvecklade användandet av högfrekvent ultraljud för att lokalisera ubåtar under det första världskriget (Eisenberg, 1992 s. 453).



Figur 5. Paul Langevin

År 1916 lyckades han lokalisera bottenekon och ekon från en bit metall på 200 meters avstånd. Han började 1917 använda den piezoelektriska effekten. År 1918 började han använda vacuumrör i sina förstärkare. Med hjälp av denna teknik kunde man för första gången i historien få ekon från en ubåt som låg på hela 1500 meters djup. År 1928 installerades hans ekolod för första gången i stora franska oceanfartyg börjandes med ”*le de France*” (Woo, 2006).

Det första RADAR-systemet (Radio Detection and Ranging) som använde elektromagnetiska vågor tillverkades år 1935 av en brittisk fysiker, Robert Watson-Watt (Woo, 2006). Tekniska förbättringar av Langevins apparatur ledde senare till utvecklandet av ekolodet, SONAR (Sound Navigation And Ranging) av den amerikanska flottan under 2: dra världskriget (Eisenberg, 1992, s. 453). År 1928 utvecklades ultraljudsvågorna inom industrin för att finna brister och sprickor i olika metalmaterial och konstruktioner med hjälp av en metallfeldetektor. Den ryske fysikern Sergei Y. Sokolov anses vara fadern för materialtestning med ultraljud (Ultrasound schools guide, 2017).



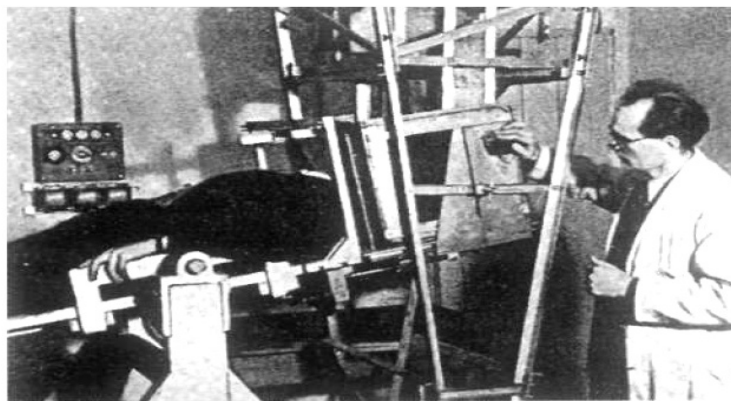
Figur 6, 7, 8: SONAR, RADAR, Metallfeldetektor

3.2 Användningen av ultraljud inom hälso-och sjukvården

På 1940 talet ansågs effekten av ultraljudet inom många medicinska områden vara ”det optimala botemedlet” mot nästan alla sjukdomar, utan egentliga vetenskapliga bevis. En viss oro fanns ändå kring vilka eventuella vävnadsskador ultraljudet kunde ge, vilket ledde till forskning och vidareutvecklandet av ultraljudet. H. Gohr och Th. Wedekind på medicinska universitetet i Köln i Tyskland presenterade år 1940 ”*Der Ultraschall in der Medizin*”, en skriftlig dokumentation av möjligheterna att förbättra diagnostisering med hjälp av ultraljud och med hjälp av eko-reflektion. De menade att det var möjligt att kunna upptäcka tumörer, övriga avvikelser i människokroppen med hjälp av ultraljudet, men kunde inte publicera övertygande bevis och resultat från sina experiment. Pionjären för diagnostiskt ultraljud var den österrikiska neurologen och psykologen Karl Theodore Dussik. I samverkan med sin bror och fysiker Friedrich Dussik använde dom ultraljud i medicinskt syfte på huvudet för att lokalisera hjärntumörer år 1942 (Woo, 2006).



Karl Theo (Theodore) Dussik
1908 - 1968



Figur 10. Dussiks ultraljudsapparatur år 1946

De introducerade hyperfonografi med en teknik som producerade det som dom trodde var ventriculogram, eller ekobilder av hjärnans ventriklar år 1947. 1948 hölls den första kongressen för ultraljud i medicin i Erlangen i Tyskland där Karl Dussik och Wolf Dieter-Keiler presenterade ultraljud i medicinsk diagnostik (Woo, 2006).



John J Wild c. 1953

Figur 11. John J Wild

John Julian Wild från England jobbade på universitetet i Minnesota. Han använde år 1949 puls-eko ultraljudet för att mäta tjockleken på tarmväggen och för att kunna diagnostisera tumörer. År 1950 publicerade Wild den första beskrivande artikeln om ultraljudsanvändning för cancerdiagnostisering i *"The use of ultrasonic pulses for the measurement of biologic tissues and the detection of tissue density changes"* (Thomas & Banerjee, 2013, s. 126).

Wild visade att det gick att få olika ekon av olika tarmskikt och påvisade även att ekon från tumörvävnad var annorlunda än de ekon som framställdes av frisk, normal vävnad. Härmed antogs ultraljud kunna upptäcka ej palperbar eller synlig vävnadsmalignitet bättre och i ett tidigare skede än någon annan tillgänglig undersökningsmetod (Woo, 2006).

George D. Ludwig
1922 - 1973

Figur 12. George D. Ludwig

År 1948 började en amerikansk professor i medicin, George D. Ludwig forska och experimentera inom ultraljud på det marin-militära forskningsinstitutet i USA. Han använde en "A-Mode" industriell feldetektorutrustning (liknande apparatur som för radar och ekolod) och experimenterade på olika djurvävnader. Han undersökte systematiskt olika karaktär av ultraljud i olika vävnader från gris och hund (Woo, 2006, Eisenberg, 1992, s. 454, 455).

Ludwig studerade akustisk impedans och muskelfysiologi och utvecklade olika frekvenser för ultraljudet och var den första att observera en ultraljudssignal från en mänsklig gallsten som opererats in i en hunds gallblåsa. Observationsrapporten var en detaljerad projektrapport på 30 sidor som offentliggjordes i oktober 1949. Rapporten var den första rapporten om användande av diagnostiskt ultraljud från USA (Woo, 2006, Eisenberg, 1992, s. 454, 455).

Ludwig fortsatte att studera överföringen av ultraljud genom levande mänsklig vävnad, genom att vinkla ultraljudsgivaren för att undvika benvävnad och kunna mäta ultraljudshastighet och akustisk impedans i muskelvävnaden. Han upptäckte att hastigheten för ljudöverföring i mjukvävnader var bestämd att ligga mellan 1490 och 1610 meter / sekund, med ett medelvärde på 1540 meter / sekund. Detta värde används fortfarande idag i modern ultraljudsapparat (Woo, 2006, Eisenberg, 1992, s. 454, 455).

År 1949 utvecklade den amerikanska radiologen Douglas Howry en puls-eko A-mode ultraljudsskanner. Med hjälp av Joseph Holmes, William Roderick Bliss och Gerald J. Posakony konstruerade Howry den första tvådimensionella B-mode ultraljudsscannern år 1951 (Thomas & Banerjee, 2013, s. 124).

Ultraljudsscannern hade B-mode linjärförening som inkluderande överlägsna omvandlare, förstärkare med bildskärm. Han introducerade sammansatt scanning för att eliminera "falska" ekon år 1951. Bilderna kallades "Sonogram". År 1953 utförde Inge Edler från Sverige och Carl Hellmuth Hertz det första framgångsrika ekokardiogrammet. John Julian Wild utvecklade i samråd med ingenjören John M. Reid den första handhållna 2-dimensionella B-mode-scannern för bröstet år 1953 (Ultrasound schools guide, 2017).

Givaren placerades direkt på bröstet med ett vattengel som mellanämne. Givaren fördes fram och tillbaka för att få ultraljudsekon i realtid. Man rapporterade om en 90 %:s tillförlitlighet i studier med att kunna särskilja benign och malign vävnad. Metoden kallades ekografi. Wild utvecklade senare även olika givare för transrektala och transvaginala undersökningar och gjorde även upptäckten om att malign vävnad härstammade från frisk vävnad (Eisenberg, 1992, s. 456).

Svensken Inge Edler och den tyske kollegan Carl Hellmuth Hertz beskrev M-mode displayen som kunde spela in hjärt-valvulär rörelse år 1954 (Ultrasound school guide, 2017, Eisenberg, 1992, s. 461).

År 1955 infördes den första tillämpningen av medicinsk doppler av den japanska fysikern Shigeo Satomura och hans team när Doppler Shift tekniker användes för att där övervaka pulsationer i ett hjärta och i perifera blodkärl (Ultrasound schools guide, 2017, Eisenberg, 1992, s. 463).

Douglas Howry började undersöka idén om att kunna skicka ultraljud direkt in i kroppen för att få reflekterade och avbildade vävnadsstrukturer. 1954 hade man utvecklat tekniken till en undersökningsmetod där patienten sänktes ner i en vattentank med en givare som roterade runt patienten 360 grader. Patienten höll i vikter för att kvarhålla sin position i vattnet under undersökningen. Givaren kunde även röra sig fram och tillbaka i en 4 tums linjär rörelse. Härmed kombinerades linjära och roterande rörelser i en och samma undersökning i ett ”korsaktigt” plan parallellt mot vattenytan. Ekona som mottogs var intensitetsmodulerade prickar på bildskärmen och fotograferades av en kamera som var placerad ovanför patienten. År 1954 utgav Hueter och Bolt boken *”SONICS - techniques for the use of sound and ultrasound in engineering and science”* och blev en av dom viktigare avhandlingarna inom ultraljudsteknik (Woo, 2006).

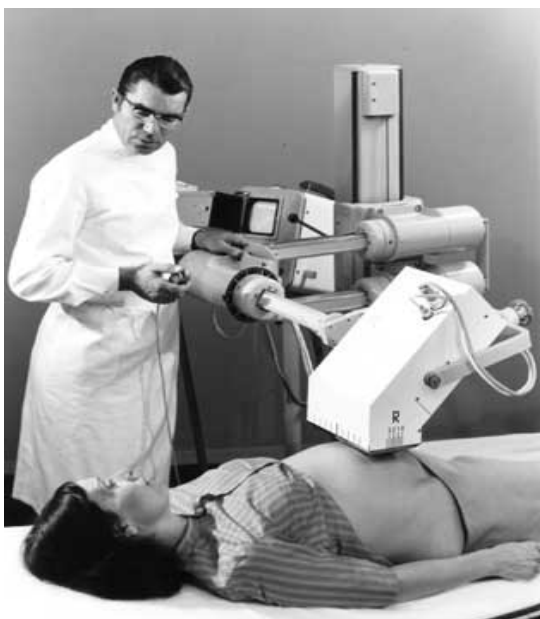


Figur 13. Pan-scanner 1957

År 1957 introducerades panscannern där givaren istället roterade i en halvcirkelformad rörelse runt patienten och krävde ej full nedsänkning av patienten under vattnet som föregångaren krävde för att identifiera en kontrollerad ljudstråle (Eisenberg, 1992, s. 456 - 458). 1957 uppfanns den första kontaktscannern för Compound B-Mode med en givare som arbetade med 2,5 MHz av Thomas Graham Brown från Scotland (Ultrasound schools guide, 2017).

År 1958 publicerade Ian Donald en artikel i en medicinsk tidskrift, *The Lancet*. Han använde ultraljud för att upptäcka buktumörer och cystor samt senare även för att upptäcka tvillinggraviditeter. Han blev härmed OB-GYN-ultraljudets fader (Ultrasound schools guide, 2017).

År 1962 utvecklades en ny sammansatt kontaktscanner av Joseph Holmes. Ingenjörerna William Wright och Ralph Meyerdirk utvecklade den första i sin sort att placeras för hand. År 1963 lanserades den första kompakta handhållna B-Mode scannern kommersiellt i USA (Woo, 2006). Samma år utvecklades en tvådimensionell ultraljudsteknik, ekoencefalografi av Marinus de Vlieger i Sverige, där man använde ultraljudet till att undersöka malignitet i huvudet (Eisenberg, 1992, s. 461).



År 1965 hölls den första internationella konferensen om diagnostiskt ultraljud i Pittsburg, Pennsylvania. År 1965 uppfann Walter Krause och Richard Soldner en realtidsavbildningsscanner. Siemens började producera realtidsscannern under namnet *Vidoson*. År 1966 kom *Design puls Doppler* -teknologin som gjorde det möjligt att identifiera blodflödet genom hjärtat. Tekniken introducerades av Don Baker, John Reid och Dennis Watkin (Ultrasound schools guide, 2017).

Figur 14. Realtidsscannern Vidoson

År 1967 utvecklade Gene Strandness, en amerikansk läkare en dopplerteknik för att kunna upptäcka perifer vaskulär sjukdom. År 1969 hölls den första världskongressen om ultraljudsdiagnostik i medicin i Wien. År 1970 bildades ASUTS, American Society of Ultrasound Technical Specialists. ASUTS blev Society of Diagnostic Medical Sonographers och senare Society of Diagnostic Medical Sonography (Ultrasound schools guide, 2017).



1972 producerade Paul Hugenholz, en känd kardiolog i samarbete med Organon Teknika "Multiscan systemet", den första kommersiella linjära arraysannern i världen (Ultrasound schools guide, 2017).

Figur 15. Oregon Multiscan, 1972

År 1973 utvecklades en ny scanningskonverterare med gråskalevisning av George Kossoff, William Garret, David Carpenter och George Radovanovitch. Samma år designade den amerikanska elingenjören Martin H. Wilcox den första kommersiella linjära realtidsscannern med bra upplösning för bukområdet. Detta år producerades även en oscillerande realtids scanningsenhet som kunde producera högupplösta realtidsbilder i 2D av James Griffith och Walter Henry. Denna 2D scanningsanordning blev ansedd som en av den mest viktiga inom utvecklandet inom sonografin. År 1974 utvecklades den första duplexpulserande dopplerscannern av Frank Barber, Don Baker och John Reid. Duplexscannern möjliggjorde 2D gråskaleavbildning för att styra ultraljudsstrålen. Samma år grundades det amerikanska registret för diagnostiska medicinska sonografer, Society of Diagnostic Medical Sonographers (SDMS). Marco Brandestini och hans team fick år 1975 fram kodade 2D blodflödesbilder i färg genom att använda ett 128-punkts multi-gate pulserande dopplersystem. 1976 utvecklade Albert Waxman de första digitala avsökningsomvandlarna med minne. Digitala scanningstransformatorer började ersätta dom analoga systemen. Det första sonografiprogrammet i skolningssyfte kom år 1981 (Woo, 2006, Ultrasound schools guide, 2017).

Quantum medical systems introducerade konceptet för realtids färgdoppler år 1983 och de första färgbilderna visades år 1984. 1985 insåg Chihiro Kasai, Koroku Namekawa och Ryozo Omoto i Tokyo, Japan att realtids färgflödesavbildning kunde vara av en praktisk möjlighet. År 1987 började Olaf von Ramm utveckla en realtids 3D volymetrisk scanner för avbildning av hjärtstrukturen och år 1989 kom den första kommersiella 3D-scannern *Combison 330* på marknaden. Samma år införde den franska professorn Daniel Lichtenstein användningen av ultraljud inom intensivvården. Efter år 1994 utvecklade och producerade Olaf von Ramm och Stephen William Smith från Duke universitet en förbättrad scanner som gav hög upplösning till 20 centimeters djup. De utvecklade i samarbete med sitt team toppmoderna "Medical Ultrasound imaging" med integrerade kretsar som kunde bearbeta signaler från flera realtidsfaser. 1996 publicerade Thomas Nelson och hans team oberoende studier på 4D med 3D rörelse på fetal ekokardiografi med sonografiska hjärt-gating metoder som tog bort rörelseartefakter som ofta uppkom med tidigare statistiska 3D-metoder (Woo, 2006, Ultrasound schools guide, 2017).

3.3 Ultraljudets användning i Finland

Professorerna Arvo Oksala och Antti Lehtinen påbörjade studier med ultraljudsundersökningar av ögat i Jyväskylä i Finland 1956. Docenten Tapio Valkeakari från Uleåborg utvecklade ultraljudanvändandet vid undersökningar av hjärnan och det allmänna ultraljudsanvändandet inom hälso- och sjukvården i Finland. Han grundade även Finlands första ultraljudssällskap den 26 november 1971. Ultraljudet utvecklades vidare inom gynekologi och obstetrik främst av Pentti Juoppila, Pertti Kirkinen och Pekka Ylöstalo från Uleåborg. År 1964 påbörjades de första gynekologiska ultraljudsundersökningarna vid Uleåborgs Universitet inom ämnet obstetrik och gynekologi (Ultraääniseura, 2018).

År 1969 användes ultraljudet i vårdundersökningar i åtminstone 4 städer i Finland. Det första medicinska ultraljudssällskapsmötet i Finland hölls den 26 november 1971 på radiologiavdelningen på Mejlans sjukhus i Helsingfors. Det radiologiska utvecklandet av ultraljud inom radiologin i Finland har främst gjorts av professor Esko Tähti från Helsingfors, professor Ilkka Suramo och professor Pekka Vuoria från Uleåborg, docent Matti Taavitsainen, Sören Bondestam och doktor Heikki Laine från Helsingfors. Många fysiker har varit delaktiga i ultraljudsutvecklingen genom regelbundna kvalitetsgranskningar (Ultraääniseura, 2018).

Ultraljudsutvecklingen inom hälso- och sjukvården i Finland har utvecklats mycket fram till år 2018. Vid Åbo Universitets-Centralsjukhus (ÅUCS), tog man sommaren 2016 i bruk en helt ny ultraljudsmetod inom cancervården, MR-HIFU. MR-HIFU står för magnetisk resonanstomografistyrkt fokuserat högintensitetsultraljud. MR-HIFU används för att behandla godartade och elakartade tumörer och ges som ett alternativ till operation, cytostatika och strålbehandling. Vid MR-HIFU ges fokuserad ultraljudsenergi till önskat kroppsområde där en värmeökning med resulterande termisk nekros (vävnadsdöd) uppstår i det behandlade målområdet. Ultraljudet förorsakar inga vävnadsskador utanför målområdet och är ett minimalt invasivt behandlingsalternativ för behandling utan kirurgi och strålbehandling. Man har idag 2 olika MR-HIFU-apparater vid ÅUCS, och är dom enda i sitt slag i Finland. Fram till 2018 har lite på 40 patienter behandlats i Åbo med gott resultat (ÅUCS, 2018, YLE, 2018).

4 Det diagnostiska och det terapeutiska ultraljudet

Det finns två olika huvudtyper av ultraljudsanvändning inom hälso- och sjukvården idag, det diagnostiska och det terapeutiska ultraljudet. Det diagnostiska ultraljudet är det ultraljud som används för avbildning av inre strukturer, för avståndsmätning, för mätning av blodflödes hastighet, för diagnostisering av olika sjukdomssymptom eller tillstånd och som komplement till övriga radiologiska undersökningar (Berglund & Jönsson, 2007, s. 38). Det diagnostiska ultraljudet använder en ljudpuls med medelintensitet mellan 1 och 1000 mW/cm². Inom medicinsk tillämpning av diagnostiskt ultraljud används frekvenserna 2 MHz till ca. 20 MHz. (Miller, 2012).

Det terapeutiska ultraljudet används inom rehabilitering och fysioterapi för att reducera smärta, inflammation, muskelspändhet, försnabba läkningsprocesser i mjukvävnader och mäts i effekten W/cm² (Speed, 2001, Miller, 2012). Frekvensområdet för terapeutiskt ultraljud är 20 kHz till 3 MHz (Conner-Kerr & Oesterle, 2017). Högsta tillåtna givna effekt enligt WHO:s stiftade säkerhetsnormer är 2 W/cm² för kontinuerligt terapeutiskt ultraljud och 3 W/cm² cm för pulserande ultraljud (Diter, 2018).

4.1 Diagnostiskt ultraljud

Det diagnostiska ultraljudets syfte är att skapa och återge bilder på ekon som återges på en bildskärm som möjliggör tydning. Det diagnostiska ultraljudet använder en ljudpuls med medelintensitet mellan 1 och 1000 mW/cm². Medicinsk tillämpning av diagnostiskt ultraljud används inom frekvenserna 2 MHz till ca. 20 MHz. (Miller, 2012).



Figur 16. Diagnostiskt ultraljud

Det diagnostiska ultraljudet används för avbildning och diagnostisering och är en mycket vanlig undersökningsmetod inom sjukvården idag. Ultraljudet medför ingen strålning för patienten, så ultraljudet är en trygg och lättanvänd undersökningsmetod (STUK, 2015).

Det diagnostiska ultraljudet används allmänt inom hälso- och sjukvården vid undersökningar av olika inre organ, blodkärl, muskler, senor och leder. Hela kroppen kan undersökas med undantag från lungor, skelett och mag-tarmkanal. Vid mammografier utgör ultraljudsundersökningen en mycket viktig del av den helhetliga undersökningen tillsammans med nativbilderna av bröstet. Ultraljudsstyrd biopsi kan även göras med ultraljud i samband med mammografin (VCS, 2015).

I litteraturen kan man inom olika områden även ta del av att det diagnostiska ultraljudet används som hjälpmedel vid NMR-bilder (nukleär magnetisk resonans), vid angiografier, blodprovstagningar, kanylinsättningar, vid inplantering av guldkorn i prostatan för prostatacancerpatienter före strålbehandling, som hjälpmedel vid ryggmärgsbedövningar, vid bentäthetsmätningar, inom tandvården, vid biopsier, abscesser, vid olika blodkärlsingrepp och övriga specifika vårdåtgärder.

Ultraljudsundersökning av hjärtat kan göras för att undersöka hjärtmuskeln och hjärtklaffarnas funktion, och med hjälp av intravaskulärt ultraljud (IVUS) kan insidan av hjärtats kranskärl undersökas noggrannare. Under graviditet följs fosterutvecklingen med ultraljudsundersökningar för att uppskatta graviditetens längd, babyns mående, storlek, kön, antal samt för att mäta navelsträngens flöde och se moderkakans läge (VCS, 2015).

Ultraljudet har idag även blivit en viktig undersökningsteknik vid skador i mjukvävnader och ligament, speciellt runt axelled, armbåge, hand och handled, höft, knä, fot, vrist. Ultraljud används som komplement till MRI-undersökningar vid diagnostisering av olika inflammatoriska tillstånd runt leder som reuma, synovit och artrit, men även vid övriga osteologiska tillstånd, speciellt vid undersökningar på barn. Ultraljud och MRI är komplementära tekniker, och ultraljudets huvudsyfte är att hjälpa till att svara på specifika frågor kring den enskilda patientproblematiken i de fall där MRI ej anses nödvändigt. Patienterna föredrar de snabba och billiga ultraljudsundersökningarna vid misstanke om olika skador i senor, muskler, nerver, ligament och bursor istället för att behöva göra mera krävande och dyrare MRI-undersökningar (Beggs, 2013).

4.1.1 Diagnostiska ultraljudsundersökningar

Ultraljudsundersökningarna utförs av en röntgenläkare, radiolog på röntgenavdelningen. På några sjukhus i Finland utför sonografer även vissa ultraljudsundersökningar i samråd med en radiolog. En sonograf är en röntgenskötare med specialkompetens kring det diagnostiska ultraljudet (Oguji, 2013).

De vanligaste ultraljudsundersökningarna som görs med diagnostiskt ultraljud är fosterdiagnostik, obstetrik och gynekologiundersökningar, punkteringar, abscesser, kortison eller kontrastmedelsinjektioner i leden, undersökningar av sköldkörteln, spottkörteln och testikeln, undersökning av urinorganen, undersökningar av olika ledområden, allmänna buk- och extremitetsundersökningar samt blodkärlsundersökningar med doppler ultraljud. Vid blodkärlsundersökningar undersöks främst halsartärer, njurartär, nedre och övre extremiteters vener samt undersökning av artär- eller venportar. Därtill görs ultraljudsstyrda biopsier (VCS, 2015, HNS, Carovac, 2011).

Olika storlekar på ultraljudsgivare används beroende på vilken vävnad och på vilket djup man vill undersöka. Frekvenserna kan i stort sett delas in i följande; 2,5 till 5 MHz för buk och hjärtundersökningar av vuxna. 5 till 9 MHz för motsvarande undersökningar på barn. 7 till 15 MHz för ytliga strukturer. 10 till 20 MHz för ögonundersökningar (Aspelin & Pettersson, 2008, s. 57 - 59).

För att ljudvågorna ska kunna sprida sig behövs ett medium att sprida sig i. Ljud kan ej spridas i vacuum. Vid olika ultraljudsundersökningar och behandlingar sänds korta ljudstötter med olika frekvenser in i kroppen från ultraljudsgivaren (piezoelektrisk typ och även kallad probe, ultraljudshuvud / ultraljudsgivare). Givarmaterialets tjocklek inuti proben ändras i takt med att den pålagda elektriska signalen ändras och sänder ut en ljudsignal i vävnaden (sändning). Med hjälp av ett mellanämne (vattenbaserat gel) sprider sig ljudet i kroppen. Mellanämnet appliceras mellan huden och ultraljudsgivaren. En spänning alstras (mottagning) när materialet utsätts för den återreflekterande tryckvågen från vävnaden eller materialet och återges sen tillbaks till givaren som mekaniska vibrationer (pulsekometoden). Proben fungerar både som givare och som mottagare (Aspelin & Pettersson, 2008, s. 57 - 59).

Diagnostiskt ultraljud använder frekvenserna 2 MHz till ca. 20 MHz. Högre frekvens ger en högre upplösning. Ljudets utbredningshastighet i vävnaden har en medelhastighet på 1540 m/s. Små avbildningsfel kan dock uppstå eftersom olika vävnad har olika ljudhastighet. Normalt sprider sig ljudimpulsen med en hastighet mellan 1450 och 1600 m/s. Ett undantag är benstrukturer där ljudets utbredningshastighet är 2500 - 4700 m/s. I lungor och tarm med gasfyllda utrymmen är ljudets utbredningshastighet 340 m/s. (Aspelin & Pettersson, 2008, s. 57 - 59).

Upplösningen beror på frekvens och ultraljudsstrålens bredd. Frekvensen påverkar våglängden som i sin tur reglerar vilken upplösningen man får i djupled. Upplösningen i breddriktning påverkas av ultraljudsstrålens och givarens diameter och dess fokuseringsgrad. Strålbredden kommer att öka efter ett visst djup och avstånd från givaren. Detta kallas diffraktion. För att förenkla kan man säga att ljudpulsens form kan liknas med en droppe som ändrar sin volym beroende på inträngningsdjup och fokusering. Upplösningen varierar i stort sätt som droppformen varierar. Upplösningen för ultraljudet bestäms av pulsens form och volymens utbredning. Idag har man med hjälp av elektronisk fokusering fått denna ”droppform” att bli liten vilket utnyttjas på bästa tänkbara sätt i dagens linear array- och phased array-teknik. Genom att välja höga frekvenser på ultraljudet skapas en smal ljudstråle med ett skarpt fokus ytligt i vävnaden men med sämre upplösning på djupet p.g.a. ökad ljudabsorption. Här är intensitetsförlusten även beroende av vävnadsabsorption av olika vävnader som ben, muskler, fett och bindväv. Vävnadsabsorptionen varierar mellan 0,04 till 0,8 (1/cm* MHz) (Aspelin & Pettersson, 2008, s. 57 - 59).

Till det diagnostiska ultraljudet har dom senaste åren utvecklats kontrastmedel för att ytterligare kunna förbättra informationen i ultraljudsbilderna. Kontrastmedlet för ultraljud är små stabila mikrobubblor som man injicerar i blodbanan. Gas har en helt annan akustisk impedans än blodkropparna och reflekterar därför en förstärkt ultraljudsintensitet och ger en förbättrad bildkvalité. Mikrobubblorna gör det möjligt att upptäcka mycket små blodflöden. Användandet av mikrobubblor används idag för att förbättra möjligheterna vid diagnostisering och behandling av olika cancerformer (Aspelin & Pettersson, 2008, s. 64).

4.1.2 Bildtekniker med diagnostiskt ultraljud

Det enklaste och äldsta ultraljudet kallades för *A-Mode* (A-scan, amplitude modulation). A-Mode börjades användas på 1950-talet. A-mode var en 1 dimensionell undersökningsteknik där man använde givare med en kristall. Ekona återgavs på oscilloskop och mätte tid (djup) och intensitet (amplitud). A-Mode används mycket sällan i dagsläget (World Health Organisation, 2011, s. 11).

B-Mode (brightness modulation) var en liknande teknik som A-Mode, men ekona återskapades och visades som punkter med olika gråskaleljusstyrkor beroende på signalintensiteten (World Health Organisation, 2011, s. 12).

M-mode, *TM-mode* *M-mode* eller *TM-mode* (time motion) används för att undersöka rörliga strukturer, ex. hjärtklaffrörelser (World Health Organisation, 2011, s. 12).

B-Scan, *2D*. Är en teknik där flera endimensionella linjer i ett plan arrangerats så att man kan bygga upp en tvådimensionell (2D B-Scan) ultraljudsbild (World Health Organisation, 2011, s. 13).

C-Mode ultraljud (compound) baseras på en teknik där man adderar bilder på varandra och tar bilder ur olika vinklar för att kunna få en bättre bildupplösning (Aspelin & Pettersson, 2008, s. 60).

Tredimensionella (3D) och *fyrdimensionella* (4D) ultraljudstekniker används idag och kräver en mycket snabb datainsamling. Givaren flyttas mekaniskt eller manuellt vinkelrätt mot undersökningsområdet. Data från undersökningsområdet bearbetas med hög hastighet så att informationen kan visas i realtid på skärmen (World Health Organisation, 2011, s. 14).

Tekniken kallas "den fyrdimensionella tekniken" eller 4D ($4D = 3D + \text{realtid}$). 3D visualisering kan visas på olika sätt, ex. genom vyer över hela undersökningsområdet eller som enskilda bilder av specifika områden och ytor. Man kan även välja 2D bilder (2D B-Scan) i vilket plan som helst (World Health Organisation, 2011, s. 14).

B-flow är en speciell teknik som kan användas för att visa rörelse utan att förlita sig på Doppler-effekten. Tekniken är effektiv vid visning av blodkärlens inre yta, men ger ingen information om flödes hastighet som dopplermetoden (World Health Organisation, 2011, s. 14).

Dopplerteknik är en metod som används vid blodflödesmätningar i blodkärl. Pulserande dopplertekniker som används är kontinuerlig doppler, pulserande doppler, spektral doppler, färgdoppler och power doppler (World Health Organisation, 2011, s. 15 - 18).

4.1.3 Ultraljudsstyrda biopsier

Biopsi är ett vävnadsprov som kan tas från kroppens organ. Ultraljudsstyrd biopsi används ofta för att få vävnadsprovet från rätt ställe samt för att undvika komplikationer vid nålpunktion. Vävnadsprov tas oftast med hjälp av finnålsbiopsi (FNB) eller grovålsbiopsi (GNB). Här används nålar av olika tjocklek och längd. Biopsier görs även med hjälp av kniv, tång eller kanyl. Biopsi är en viktig del vid diagnostisering främst av olika tumörsjukdomar. Vävnadsprovet läggs i formaldehydlösning och skickas till ett patologiskt laboratorium där det bearbetas och undersöks i mikroskop för att finna eventuella sjukliga förändringar i vävnaden. Detta kallas histopatologisk diagnostik (Vårdhandboken, 2018).

4.1.4 Bentäthetsmätningar med ultraljud

Bentäthetsmätningar vid osteoporosisstanke kan även göras enkelt med ultraljud. Bentätheten mäts via hälbenet (Calcaneus). Idag finns olika professionella bentäthetsmättningsapparater på marknaden för detta ändamål. En apparat är SONOST 3000. Bentäthetsmätningar med ultraljud är smärtfria för patienten, enkla, snabba samt kostnadseffektiva i jämförelse med övrig bentäthetsmättningsapparat (Bittium Biosignals Oy, 2017).

Vid bentäthetsmätningar med ultraljud används heller ingen skadlig strålning som vid DEXA-mätning. Mätningen tar endast 15 sekunder. Felmarginalen uppges bara vara 1,5%. Man rekommenderar SONOST 3000 för allmänna konditionstest, äldrevården, för rehabiliteringsbruk, för arbetshälsovården, för läkarcentraler m.fl. (Bittium Biosignals Oy, 2017).



SONOST-3000

Figur 17. Bentäthetsmättningsapparat, Sonost-3000

4.2 Terapeutiskt ultraljud

Det terapeutiska ultraljudet har ett helt annat syfte än det diagnostiska ultraljudet, och är det



ultraljud som används inom rehabilitering och fysioterapi för att reducera smärta, inflammation, muskelspändhet och för att försnabba olika läkningsprocesser i mjukvävnader (Speed, 2001, Miller, 2012). Terapeutiskt ultraljud omfattar ett frekvensområde från 20 kHz till 3 MHz och mäts i effekten W/cm². Det terapeutiska ultraljudet kan ges som kontinuerligt eller pulserande ultraljud (Conner-Kerr & Oesterle, 2017).

Figur 18. Terapeutiskt ultraljud

Redan år 1930 publicerades en artikel om de fysiska, kemiska och biologiska effekterna av ultraljud. Där noterades förändringar i biologisk vävnad inkluderande förändringar i makromolekyler, mikrober, celler och organ och man insåg att ultraljud kunde användas för att värma biologisk vävnad (Conner-Kerr & Oesterle, 2017). Ultraljud med låg effekt på ca. 1 MHz (terapeutiskt ultraljud) har applicerats inom fysioterapi sedan 1950-talet för tillstånd som tendinit och bursit (Miller, 2012).

Vetenskapliga framsteg och förbättrade vårdmetoder gjorde det möjligt att effektivt kunna behandla Ménières sjukdom och Parkinsons sjukdom med fokuserat ultraljud. På 1970-talet började det terapeutiska ultraljudet användas allmänt inom fysioterapi och forskningen fortsatte inom neurokirurgin och cancervården (Miller, 2012).

Terapeutiskt ultraljud består av ohörbara högfrekventa mekaniska vibrationer. De högfrekventa mekaniska vibrationerna skapas när en generator producerar elektrisk energi som omvandlas till akustisk energi genom en piezoelektrisk kristall som finns i ultraljudshuvudet / ultraljudsgivaren. Ultraljudsvågorna överförs från den handhållna ultraljudsgivaren till vävnaden genom anpassade kopplingsmedier som appliceras mellan ultraljudsgivaren och huden. Vanligaste kopplingsmediet är ultraljudsgel, men vatten och olika oljor kan även användas. Kopplingsmediet bör ha en akustisk impedans som liknar ultraljudsgivarens, bör ha liten ultraljudsabsorption, förbli fritt från luftbubblor och tillåta en god rörlighet av ultraljudsgivaren på hudytan (Speed, 2001).

Kopplingsmediet (ultraljudsgelen) kan även innehålla övriga föreningar för att förbättra behandlingen (ex. kylgel, medicin). Ultraljudsapplikation kan hjälpa till att främja transporten av ett ämne till huden, en metod som kallas sonofores. Läkemedel, såsom lidokain och kortisol har använts i stor utsträckning inom idrottsmedicin (Miller, 2012).

Energien i ultraljudsstrålen kan varieras genom olika storlekar på ultraljudsgivaren samt via förändring av vågamplitud och intensitet (W/cm^2). Större diameter på ultraljudsgivaren producerar en mer fokuserad ultraljudsstråle. Ultraljudsstrålens energi fördelas ojämnt och är störst nära ultraljudsgivarens yta. Mängden energi som når en specifik plats i vävnaden är beroende på ultraljudets frekvens, intensitet, amplitud, focus, ultraljudsstrålens form samt genom vilka vävnader ultraljudsstrålen färdas. Låg absorption med hög penetration av ultraljudsvågor kan ses i vävnader som innehåller hög vattenhalt såsom fettvävnad (Speed, 2001). Högre absorption med större värmeökningen sker i de vävnader som innehåller kollagen och har proteininnehållande fibrer. Den resulterande värmeökningen i vävnaden leder till ett ökat blodflöde som ger förbättrad sårhäkning och mobilitet (Miller, 2012).

Dom flesta terapeutiska ultraljudsapparater är inställda på 1 eller 3 MHz. Lågfrekventa ultraljudsvågor har större penetrationsdjup, men är mindre fokuserade. Ultraljudsvågor med en frekvens på 1 MHz absorberas huvudsakligen av vävnader belägna på 3 - 5 cm:s djup och rekommenderas för djupare vävnadsskador och för patienter med mera subkutant fett. En frekvens på 3 MHz rekommenderas för ytliga skador på 1 – 2 cm:s djup. Ultraljudsvågornas vävnadshastighet beror på vävnadens akustiska impedans och densitet (Speed, 2001).

Inom modern rehabilitering kan terapeutiskt ultraljud ges av hälso- och sjukvårdspersonal med terapeutisk ultraljudsutbildning. Det kan vara specialyrkesutbildade massörer, fysioterapeuter, ergoterapeuter, kiropraktorer, podiatriker och läkare. Tyvärr finns idag begränsade bevis på det terapeutiska ultraljudets befrämjande fysiologiska effekter. Detta beror på att få väldokumenterade, kontrollerade och standardiserade, omfattande vetenskapliga studier gjorts på människor med det terapeutiska ultraljudet (Conner-Kerr & Oesterle, 2017).

Terapeutiska ultraljudsbehandlingar ges för att uppnå värmeökning i vävnaderna, mekanisk verkan via cellmembranen, smärtstillande och muskelavslappnande effekt. Det terapeutiska ultraljudet ges som kontinuerligt eller pulserande ultraljud. Pulserande ultraljud ges när man vill undvika värmeökning i vävnaden (ex. vid olika inflammationstillstånd). Högsta tillåtna givna effekt enligt WHO:s stiftade säkerhetsnormer är 2 W/cm² för kontinuerligt ultraljud och 3 W/cm² cm för pulserande ultraljud. I ansiktet är behandlingseffekten begränsad till max 0,5 W/cm². Pulslängd och pausförhållande ställs mellan 1:5, 1:10, 1:20. Behandlingstiden varierar beroende på område. Det terapeutiska ultraljudet används för akuta och kroniska smärttillstånd, idrottsskador, vid sträckningar och stukningar i muskler och ligament, tennisarmbåge (epicondylitis), vid behandling av bältros (zoster), smärttillstånd i ryggen såsom ryggskott (lumbago) och övriga myalgier (muskeloskeletal besvär) och neuralgier (nervrelaterad smärta), behandling av fantomsmärta efter amputationer, behandling av smärtsam ärrvävnad, bursit (slemsäcksinflammation), behandling av svårläkta bensår, bindvävssjukdomar såsom dupuytrens kontraktur, olika smärt- och inflammationstillstånd i axelleden såsom exempelvis periathritis humeroscapularis (Diter, 2018). Vanliga behandlingsproblematiker som även behandlas är artros (smärta från ledförslitning) och reumatisk smärta (Speed, 2001).

Vid terapeutisk ultraljudsbehandling används ultraljudsgel som kopplingsmedium mellan ultraljudsgivaren och huden. Ultraljudshuvudet förs i en cirkelrörelse över den skadade eller smärtsamma mjukvävnaden. Det terapeutiska ultraljudets syfte är att värma sensor, muskler och annan vävnad för att förbättra blodflödet och påskynda läkning (Miller, 2012). Behandlingstiden varierar beroende på område, men i regel behandlas ett område lika stort som handflatan under 3 - 10 min. (Diter, 2018).



Figur 19. Terapeutisk ultraljudsbehandling

I en vetenskaplig och medicinsk sammanställd forskningsstudie av Conner-Kerr & Oesterle, 2017; "*Current perspectives on therapeutic ultrasound in the management of chronic wounds: a review of evidence*" kan man ta del av en samling vetenskapliga studier på det terapeutiska ultraljudet. Litteraturen ger stöd för det moderna terapeutiska ultraljudet som använder lågfrekvent ultraljud (kiloherz, kHz). Långvågs-ultraljud verkar ha bättre effekt på läkningstiden i olika sårtyper, smärtnivåer och vid modulering av proinflammatoriska cytokiner i jämförelse med de äldre högfrekventa (megahertz) ultraljudsapparaterna (Conner-Kerr & Oesterle, 2017).

Dom kliniska fördelarna för patienten från terapeutiska ultraljudsbehandlingar inom fysioterapi är fortfarande oklara. Patientriskerna av terapeutiskt ultraljud anses låga när ultraljudsbehandlingarna utförs korrekt och av utbildad person inom hälso- och sjukvården (Miller, 2012).

Under 1980 och 1990 -talet försökte man att utveckla olika ultraljudsmetoder för att värma större vävnadsområden i ett cancerterapeutiskt syfte, hypertermi. Den här formen av hypertermi involverade enhetlig uppvärmning av en cancertumör till ungefär 42-45 grader celcius under 30 till 60 minuter. Hypertermin ansågs ha en effektiv effekt på tumörstillväxten. I kliniska undersökningar där hypertermi använts med eller utan strålbehandling har en blygsam effekt kunnat påvisas. Metoden utvecklades ej till utbredd klinisk användning, men fördelarna med hypertermisk cancerbehandling används idag inom HIFU (Miller, 2012).

4.2.1 HIFU (High-Intensity Focused Ultrasound)

Vid HIFU ansluts en signalgenerator till en fokuseringsgivare, som producerar mycket höga lokala intensiteter på mera än 1 kW/cm² med 0,5 till 7 MHz ultraljud vid fokuspunkten. Lesionen som produceras i vävnaden är vanligen några millimeter i längd och diameter. Metoden är godkänd av FDA (Food and Drug Administration) i USA. Terapeutisk högintensiv fokuserad ultraljudsapplikation vid behandling av sjukdom är ett aktivt forsknings- och utvecklingsområde idag tillsammans med övriga icke-ioniserande energimodaliteter. Icke-ioniserande energimodaliteter är ultraljud, radiofrekvens, laser och mikrovågor. HIFU undersöks nu för terapeutisk modulering av nervkonduktivitet. HIFU används för behandling av godartad prostata hyperplasi och prostatacancer och har genom uppföljda studier bedömts som ett lönsamt alternativ för behandling av prostatacancer (Miller, 2012).

4.2.2 LIPU (Low-Intensity Pulsed Ultrasound)

LIPU har terapeutiska tillämpningar med en pulserande frekvens, men ligger inom området för diagnostiskt ultraljud med exempelvis 1,5 MHz och ett medelvärde på 30 mW/cm²:s intensitet. LIPU används för att påskynda läkning av benfrakturer. Vid behandling med LIPU behandlas skadestället 20 min. / gång flera gånger per dag under en period av månader. Behandlingsprocessen verkar säker och effektiv men är långsam. Användningen av LIPU har begränsats att användas endast för behandling av svårläkta frakturer. De biofysikaliska verkningarna med denna applikation är ännu osäker (Miller, 2012).

5 Patient och personalsäkerhet vid ultraljudsanvändning

I detta kapitel kommer respondenten att behandla patientbemötande och trygghet i vården, patient- och användarsäkerhet vid ultraljudsundersökningar och behandlingar. Dessa valdes för att respondenten anser att dessa är viktiga teman för att patienten ska kunna uppleva en trygg och helhetlig vård.

Bemötande handlar om hur man uppträder, behandlar och tar emot patienter. Bemötandet har stor betydelse inom vården för att patienten ska kunna känna trygghet i den givna vårdsituationen. Om man bemöter en patient fel kan det leda till negativa konsekvenser för patienten och för patientens anhöriga (Fossum, 2013, s. 33 - 37).

Studier påvisar att patienter anser att brister i bemötandet beror på okunnighet bland personalen, att personalen är osäker eller saknar bedömningsförmåga. Hjälpsamhet, vänlighet och god människosyn, värme och respekt och någon form av kvalitet och innehåll är viktiga faktorer för det optimala patientbemötandet (Fossum, 2013, s. 33 - 37).

Alla har rätt till ett gott professionellt bemötande oavsett kön, ålder och religion, sexuell läggning, funktionshinder eller sin sociala ställning. Dessa regler gäller i alla situationer för vårdare, patienter och anhöriga (Pellinor, 2015).

Det terapeutiska ultraljudet kan vid felanvändning orsaka vävnadsskada för patienten och därför bör försiktighet vid olika patientbehandlingar beaktas. Regelbunden kontrollmätning av den terapeutiska ultraljudsapparaturens uteffekt krävs. Kunnighet om det terapeutiska ultraljudets korrekta användning, fysiologiska påverkan, funktion samt fysiologi och anatomikunskaper krävs för att uppnå en effektiv, säker behandling. Den som ger terapeutiskt ultraljud har liten exponeringsrisk av apparaturen och behöver ingen särskild skyddsutrustning eftersom ultraljudsvågorna leds dåligt i luft. Enkla försiktighetsåtgärder bör dock följas för optimerad användar- och patientsäkerhet (Miller, 2012).

Det diagnostiska ultraljudet anses allmänt säkert, men gränsvärdena för uteffekten från ultraljudsgivare är fortfarande under övervägande. Man är ej ense om hur länge uteffekten får överstiga 100 mW/cm². Den största uteffekten för diagnostiskt ultraljud är oftast i färgdoppler-mode där upp till 1000 mW/cm² kan förekomma (Aspelin & Pettersson, 2008, s. 64 - 65).

Gränsvärdet på högsta tillåtna temperaturökning i vävnaden är + 2 grader Celcius (Thermal Index, TI, Thermal Index Bone, TIB, Thermal Index Soft Tissue, TIS). Man har även gränsvärden för Mechanical Index, MI (har för avsikt att uppskatta potentialen för mekaniska oönskade bieffekter i vävnaden). Man rekommenderar ett MI under 1,0 enligt ALARA-principen (As Low As Reasonable Achievable). MI-värdet visas på displayen på ny diagnostisk ultraljudsapparat (Aspelin & Pettersson, 2008, s. 64 - 65).

En viktig sak att tänka på vid ultraljudsanvändningen och i det helhetliga vårdarbetet är aseptiken. Aseptik innebär att man försöker förhindra att infektioner sprids genom att skydda människor från att bli smittade av mikrober. Man bör förhindra att mikroberna sprider sig till vårdinstrument, patient, personal och till omgivningen (Karhumäki, Jonsson & Saros, 2010, s. 59).

Med sjukhushygien menas grundhygien, dvs. noggrann handtvätt, att man noggrant tvättar och rengör arbetsredskap, har en ren omgivning och att man arbetar aseptiskt. Man är själv ansvarig över att ens arbete är aseptiskt, att man arbetar efter en aseptisk ordningsföljd enligt sterila grunder och föreskrivna instruktioner (Karhumäki, Jonsson & Saros, 2010, s. 59).

Ultraljudet används rutinmässigt vid olika biopsier, aspirationer, olika dränageprocedurer och vid interventionella och intraoperativa procedurer. Det är här speciellt viktigt att arbeta utifrån ett aseptiskt förhållningssätt för att skydda patienten från möjliga infektioner. Patienten kan infekteras från kontakt med miljön, utrustning eller personal. Steril utrustning med sterila handskar, sterila kläder, ansiktsmask och ögonskydd bör användas. Till patientförberedelserna hör att hudområdet där ingreppet ska utföras rengörs med antibakteriell lösning. Den antibakteriella lösningen hålls över sterila kompresser som läggs i en steril skål. Huden rengörs genom en cirkelrund rörelse med början från punktionsställets mitt och rengörs utåt till hudområdena runt om. All eventuell hårväxt bör rakas bort före rengöring av huden. Hudområdet runt det desinficerade området täcks in med sterila dukar. Alla sterila föremål bör öppnas och hanteras så att dom ej rör i osterila ytor och så att dom förblir sterila under hela ingreppet. Sterilt ultraljudsgel och ett särskilt sterilt skydd över ultraljudsproben och slangen används vid samtliga ultraljudsstyrda ingrepp och punktioner (Curry & Tempkin, 2016, s. 22).

6 Tidigare forskning

Respondenten har valt att söka tidigare forskning från bl.a Pubmed, SpringerLink, Biomed central. Sökorden respondenten använt för det terapeutiska ultraljudet är: "Therapeutic ultrasound", "Therapeutic ultrasound AND Pain", "Therapeutic ultrasound treatments", "Diagnostic ultrasound", "Diagnostic ultrasound AND Examinations", "Diagnostic ultrasound AND Treatment", "Ultrasound AND Cancer", "Ultrasound AND Vascular Ultrasound", "Radiotherapy AND Ultrasound", "Ultrasound AND Anesthesia", "Ultrasound AND Drug delivery". Alla sökord begränsades med tillgänglig fulltext samt referensgranskad mellan årtalen 2008 - 2018. Sökorden varierades för att hitta flera relevanta artiklar inom ämnet. Det fanns få väldokumenterade, kontrollerade och standardiserade, omfattande vetenskapliga studier gjorda på människor med det terapeutiska ultraljudet. Kring det diagnostiska ultraljudet fanns mycket forskning och sökorden gav många träffar. Sökningen omfattade samtliga forskning gjorda på människor och djur. Sökningen rangordnades efter relevans. Respondenten har valt att lyfta ny forskning och nya användningsmöjligheter med ultraljud inom hälso- och sjukvården.

Rutjes (2010) har i sin artikel *Therapeutic ultrasound for osteoarthritis of the knee or hip* undersökt det terapeutiska ultraljudets effekt på smärta vid knäartros. Den systematiska litteraturgranskningen i denna artikel gjordes med material publicerat fram till 23 juli 2009. Osteoartritis eller artros är den vanligaste orsaken som leder till ledsmärta och fysisk funktionsnedsättning hos äldre. Terapeutiskt ultraljud är en av flera fysioterapeutiska modaliteter som används för att ge smärtlindring och förbättra ledmobilitet vid artros (Rutjes, 2010).

Studier som inkluderades var randomiserade eller kvasi-randomiserade kontrollerade studier som jämfördes med en grupp patienter som ej fått terapeutiskt ultraljud. 5 undersökningar med endast knäartros valdes för granskning. Av dessa fick 2 patienter pulserande ultraljud, 2 patienter fick kontinuerligt ultraljud och 1 patient behandlades med både pulserande och kontinuerligt ultraljud. Undersökningens metodkvalitet samt rapportering var dock svag. Ultraljudsbehandlingen gav dock effekt på smärta. För funktion fann man även en förmån för ultraljud, en skillnad i funktionspoäng på -1,3 enheter på en standardiserad WOMAC invaliditetsskala som sträckte sig från 0 till 10. Säkerheten utvärderades också i två olika försök på totalt 136 patienter och inga biverkningar eller allvarliga biverkningar inträffade eller upptäcktes i försöken (Rutjes, 2010).

Resultaten av undersökningen visar att terapeutiskt ultraljud kan vara till nytta för patienter med knäartros för att reducera smärta och förebygga ledmobilitet. Hur stor påverkan terapeutiskt ultraljud har på smärtlindring och funktion är ändå osäkert. Terapeutiskt ultraljud används i stor utsträckning inom fysioterapin för sina potentiella fördelar för knäsmärta för att förbättra rörlighet och funktion, vilket ändå kan vara kliniskt relevant. För att få mera klara och tillförlitliga resultat bör flera specifika undersökningar göras på det terapeutiska ultraljudet (Rutjes, 2010).

Lunds Universitet (2016) har i artikeln *Ny ultraljudsmetod ger bättre bild av kärhälsa* redovisat forskningsstudier om ett nytt och mera träffsäkert sätt att med hjälp av ultraljud skilja på farliga och ofarliga plack i blodkärlen. Med hjälp av den nya tekniken kan man lättare avgöra riskerna för stroke och hjärtinfarkt och slippa onödiga operationer. Man har upptäckt att det finns en tämligen enkel matematisk beräkning som kan användas för att tolka ultraljudsignalen. Det här gör det möjligt att se om det rör sig om farliga eller ofarliga plack i halspulsådern. Hittills har man opererat blodkärl på patienter om blodflödet hämmats i alltför hög grad och om placken varit för stora. För att kunna veta om placken är instabila behöver man förutom plackens storlek känna till celltyp samt blodkärlets flödes hastighet. Ofarliga plack består mestadels av bindväv och glatt muskulatur. Farliga plack består av fett, lipider och makrofager. I dom farliga placken förekommer även blödningar. Hjärt- och kärlsjuka och diabetespatienter är den patientgrupp som anses kunna ha störst nytta av den nya metoden. Metoden är dessutom billig och helt ofarlig för patienterna. Före innovationen kan tillämpas av ultraljudstillverkare krävs större och noggrannare utvärderingar. Tekniken inom det europeiska forskningssamarbetet Summit undersöks och involverar 1 500 patienter (Lunds Universitet, 2016).

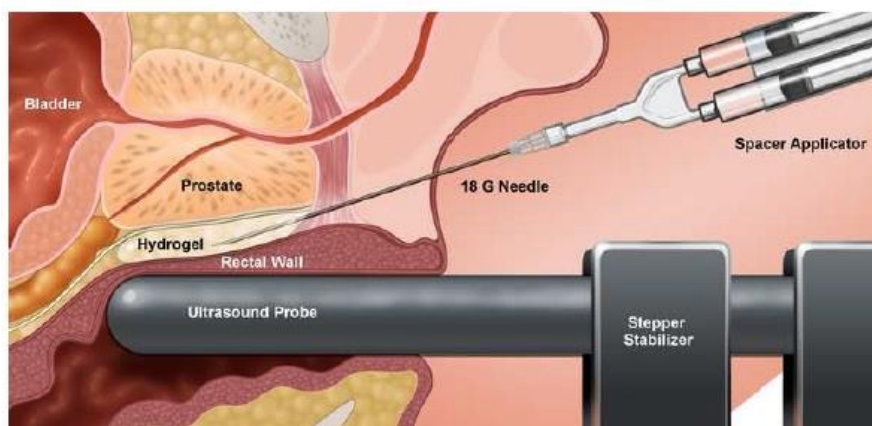
Lai (2016) har i sin artikel *Breast tumor response to ultrasound mediated excitation of microbubbles and radiation therapy in vivo* forskat i hur mikrobubblor kan förbättra strålbehandlingens effekt på bröstcancerpatienter in vivo. Mikrobubblor utvecklades ursprungligen för att förbättra ultraljudsavbildningen i olika ultraljudsundersökningar och har gett en förbättrad kvalitet på diagnostisk bildbehandling. Mikrobubblorna når ett intravenöst stabilt tillstånd som kvarstår flera minuter. Omfattande forskning har gjorts för att utveckla stabila, biokompatibla mikrobubbelbaserade kontrastmedel som är säkra för kliniska bildbehandlingstillämpningar. Mikrobubblorna har påvisats ha additiv antitumör och antivaskulära effekter i kombination med strålning (Lai, 2016).

Resultaten från studien indikerade tumörcellapoptos, vaskulärt läckage, minskning av tumörvaskulaturen, en försening i tumörtillväxten och en helhetlig tumörstörning. I studien undersöktes möss med bröstcancertumören MDA-MB-231. Mössen utsattes för ultraljud efter intravenös injektion av mikrobubblor i olika koncentrationer och strålning vid olika doser (0,2 och 8 Gy). Mössen avlivades efter 12 och 24 timmar efter behandling för histopatologisk analys. Fördröjningen i tumörtillväxten bedömdes upp till 28 dagar efter behandlingen. Mikrobubblor i kombination med strålning framkallade synergistiska antitumör- och antivaskulära effekter som verkade som ett strålningshöjande medel i blodkärlen hos brösttumören. Studien påvisar att ultraljudsdrivna mikrobubblor kan användas som en ny specifik riktad behandlingsform för bröstcancerpatienter där man önskar höja strålningens effekter till den enskilda cancertumören (Lai, 2016).

Ny forskning inom strålningsonkologi har fokuserat på att störa endotelceller från tumörvaskulaturen med hjälp av akustiskt stimulerade mikrobubblor. Användningen av mikrobubblor har i kombination med strålning även visat sig förstärka strålningsskador genom samtidig celldödssignalering från skadade endotel och av tumörceller. Man har kliniska bevis för att stress på plasmamembranet hos endotelceller kan orsaka ASMA-signalering som driver apoptotisk celldöd. Resultaten från denna studie påvisade försumbar celldöd när 2 Gy strålning gavs ensam i jämförelse med obehandlade djurtumörer som påvisade central tumörnekros. Ökad celldöd var övervägande synlig vid 8 Gy och ultraljud-mikrobubbelbehandlade tumörer. Stråldosen gavs vid 12 och 24 timmar. Den histologiska analysen påvisade ökat tumörsvår när högre stråldoser administrerades 24 timmar efter. Tumörstörningen var 15+- 4% för 2 Gy och ökade till 29+- 4% för en 8 Gy stråldos vid 24 timmar. Exponering för ultraljudsdrivna mikrobubblor orsakade ensam celldöd 10 +- 2% till 26 +- 5% (PCM <0,05). Kombinationsbehandlingar med mikrobubblor och strålning resulterade i betydande synergistiska effekter vid celldöd. Dessa observerades främst i tumörens centrala region (Lai, 2016).

Karsh (2017) har i artikeln *Absorbable Hydrogel Spacer Use in Prostate Radiotherapy: A Comprehensive Review of Phase 3 Clinical Trial Published Data* tagit fram dom senaste tekniska förbättringarna i behandlingen av prostatacancer såsom bildstyrd intensitetsmodulerad strålbehandling (IG-IMRT). Den intensitetmodulerade strålbehandlingen har förbättrat precision och resultat av prostatastrålbehandlingen generellt. Trots dessa förbättringar kan biverkningar och funktionsnedsättningar kring sexualitet, urinering och patientens tarmfunktion uppkomma från strålbehandlingen. För att kunna reducera bieffekterna har man utvecklat Space OAR, en absorberbar hydrogel för att kunna skapa ett större avstånd mellan prostatan och tjocktarmen. Space OAR reducerar oönskade negativa biverkningar från strålbehandlingen. I denna vetenskapliga artikel har man sammanfattat kliniska undersökningar som har gjorts med den nya Space OAR system hydrogel-tekniken. Patientsäkerheten har beaktats vid applikationen av hydrogelen för tjocktarmen och prostatan, kvaliteten av inplanteringen och resultatet av den sammanlagda reducerade stråldosen. Akut- och långtidsaspekter av toxicitet beaktades och dess påverkan på tjocktarm, urineringsorgan och påverkan på den helhetliga sexualiteten. Med hjälp av transrektal ultraljudsstyrning och en 15cm x 18G nål injicerades Salin för att expandera det perirectala området i Denonvillers utrymme (fettvävnad bakom denonvillers fascia) under direkt visualisering av ultraljud. Vid korrekt nålplats injicerades hydrogelvätskeprekursorerna som effektivt separerade ändtarmen från prostatan (Karsh, 2018).

Sammanfattningen av resultaten i studien påvisade att appliceringstekniken av hydrogelen är säker och vältolererad av patienterna, relativt lätt att utföra för vårdpersonal som har erfarenhet av transrektala eller transperinala prostataförfaranden. Den minimerar de komplikationsproblem som ofta uppkommer efter strålbehandlingen och ger en bättre helhetlig livskvalité för patienterna (Karsh, 2018).



Figur 20. Injicering av hydrogelvätska under transrektal ultraljudsstyrning.

Kokki (2008) har i sin artikel *Ultraäänien käyttö puudutuksissa* lyft fram hur viktigt ultraljudet är som avbildningsmetod inom dom flesta medicinska områdena och att det använts aktivt inom bl.a. anesthesiologin, hjärtkirurgin, olika punktioner och vid olika blodkärlsngrepp. Kokki hävdar att ultraljudet är ett väldigt viktigt hjälpmedel vid inlärandet av hur perifer bedövning görs i praktiken och underlättar svåra bedövningar och förbättrar patientsäkerheten. Den första dokumenterade användningen av ultraljud som hjälpmedel i anesthesin publicerades år 1978. Enligt Kokki underlättar och förbättrar ultraljudsanvändningen anesthesin både vid inläringen och praktiskt i utförandet. Ultraljudet är enligt Kokki ett ovärderligt hjälpmedel för att lokalisera olika vävnadsstrukturer och för att följa bedövningsnålen i vävnaden. Ultraljudet kräver god kunskap kring ultraljudsanvändning inom anesthesin och kring anatomi och fysiologi. Ultraljudsanvändning inom anesthesin kräver även ett gott och utvecklat samspel mellan det visuella och det praktiska arbetet som görs med båda händerna. Ultraljudsassisterad anesthesi anses underlättande under alla omständigheter (Kokki, 2008).

Ultraljudets användning inom anesthesin förbättrar betydligt patientsäkerheten när man kan se omkringliggande vävnad. Detta medför att man bättre kan undvika oönskade nålstick i nerver samt punkteringar till blodkärl, lungsäck, bukhåla och övrig omkringliggande vävnad. Tillförlitliga undersökningsresultat om att ultraljudet skulle göra anestesigenomförandet mera framgångsrikt eller minska på bedövningsmedelsdos finns tyvärr ej att tillgå, men ultraljudsstyrd anesthesi underlättar dock arbetet för både patient och läkare, särskilt vid behandling av barn (Kokki, 2008).

Företaget **Rivianna Medical** har 2017 utvecklat ett nytt trådlöst, kompakt, lätt och handhållet ultraljudssystem för spinal och epiduralanesthesi, *Accuro 3D spinal navigation technology*. Accura 3D spinal navigationsteknik tar bort osäkerheten och riskerna som kan uppstå med blind nålvägledning vid epidural och spinalanesthesi. Accura 3D är världens första ultraljudsbaserade system som har utvecklats för att underlätta spinal och epiduralanesthesi med 3D navigering av ryggraden. Den har automatisk detektering av djup och epidurallokalisation, vilket förbättrar effektiviteten, ger ökad trygghet för patienterna samtidigt som ett bättre vårdförtroende skapas (Rivanna Medical, 2017).

Tiouririn (2017) har gjort en kontrollstudie kring den nya teknologin där syftet var att utvärdera bildhanteringsprestandan och noggrannheten hos en automatiserad lumbal-rygggradsdatorstödd detektion (CAD algoritm) på människor. Studien godkändes vid Universitetet i Virginia, USA av institutionens granskningsråd. Avbildningsprestandan utvärderades genom avbildning av 68 frivilliga personer med kroppsmassaindexet mellan 18,5 och 48 kg/m. Noggrannheten, känsligheten och specificiteten av ryggraden CAD-algoritmen bedömdes genom att jämföra algoritmens resultat med grund-sanningssegmenteringar av neuraxialanatomi som tillhandahålls av radiologer. Resultatet visade att CAD-algoritmen upptäckte epiduralmellanrummet med en känslighet på 94,2% (95% konfidensintervall, 85,1 - 98,1%) och en specificitet av 85,5% (Tiouririne, 2017).

Accuro 3D uppmätte djupet med en felmarginal på ca $\pm 0,5$ cm jämfört med mätningar som gjordes manuellt med 2-dimensionella ultraljudsbilder. Kotornas centrumlinje upptäcktes med en känslighet av 93,9% (95% CI, 85,8% -97,7%) och specificitet 91,3% (95% CI, 83,6% -96,9%). Sidopositionen inom ultraljudsbilden mättes med $\pm 0,3$ cm:s felmarginal. Benbildningsförbättringsläget bildade bilder med 5,1- till 10-faldig förbättrad benkontrast i jämförelse med ett jämförbart handhållet ultraljudsavbildningssystem. Resultaten av studien visar möjligheterna av CAD vid realtidstolkning av ultraljudsbilder (Tiouririne, 2017).



Figur: 21. Accuro 3D Spinal Navigation Technology

Nisbet (2017) har i sin artikel *Combined effects of scanning ultrasound and a tau-specific single chain antibody in a tau transgenic mouse model* gjort en undersökning där hon påvisar att ultraljudsbehandling i kombination med immunterapi är en lovande behandlingsmetod på sikt för personer med Alzheimers sjukdom. Alzheimers sjukdom är en form av demens som kännetecknas av korttidsminnesförlust och som gradvis förvärras med tiden. Alzheimer kännetecknas av påbyggnad av proteinerna Beta-amyloid som extracellulära plack och hyperfosforylerad tau som neurofibrillära tanglar som orsakar synaptisk och neuronal degeneration (Ising et al., 2015; Nisbet et al., 2015). Genom att reducera tau-nivåer upphäver man Beta-amyloid-medierad toxicitet (Ittner et al., 2010), vilket gör tau till ett attraktivt terapeutiskt mål i Alzheimers sjukdom (Boutajangout et al., 2011; Yanamandra et al., 2013; Castillo-Carranza et al., 2014; Ittner et al., 2015). Tau-proteinerna deltar i den naturliga processen som används för att transportera näringsämnen från neurokärnan till synapsen. För alzheimerpatienterna har tau-proteinerna trasslat ihop sig till en spiral vilket medför att transportfunktionen påverkas negativt. Immunisering med Tau-antikroppar har visat sig vara effektiva i flera prekliniska modeller (Nisbet, 2017).

Man har emellertid uppskattat att endast ca. 0,1% av perifert administrerade anti-Beta-amyloida antikroppar kommer in i hjärnan (Levites et al., 2006; Golde, 2014), vilket gör det utmanande för de terapeutiska möjligheterna med antikroppsbaseade behandlingar av neurodegenerativa sjukdomar. Man har tidigare påvisat att man kan öppna upp blod - hjärnbarriären genom upprepat fokuserat ultraljud i scanningsläge (Leinenga och Götz, 2015), men anti-tau terapier medför större utmaningar, eftersom de även måste korsa neuroncellmembranet för att kunna påverka tau. Man har genererat ett anti-tau; scFv, RN2N som är specifik för 2N-isoformen av tau. När leverans kombineras med skannande ultraljud får man ett avsevärt ökat RN2N-upptag till hjärnan och till neuronerna och en bättre terapeutisk effekt (Nisbet, 2017).

Haki (2016) har i sin doktorsavhandling vid Umeå Universitet forskat i *The effect of pressure afterload due to aortic coarctation on left ventricular function in children*. Med hjälp av en nyare form av ekokardiografi har man nu möjlighet att bättre kunna undersöka hjärtmuskulaturen på spädbarn. Den nya metoden är en icke-invasiv metod som gör det möjligt att i tidigt skede identifiera medfödd påverkan på hjärtfunktion hos barn som opererats för förträngning av stora kroppspulsådern. Ultraljudsmetoden är enligt Jashari Haki den bästa metoden för att utreda om det finns fortsatt påverkan på hjärtfunktionen efter en operation och man kan redan under operationstillfället upptäcka tidig och asymptomatisk påverkan på hjärtmuskeln. En fördröjd åtgärd vid påverkan är associerad med ogynnsamma konsekvenser för hjärtfunktionen och kan leda till hjärtsvikt, förhöjt blodtryck och förtjockning av hjärtväggen. Oupptäckta milda förändringar har tidigare oftast blivit diagnostiserade senare under barndomsåren eller först i vuxen ålder när dom symptomatiska besvären uppkommit (Haki, 2016).

Ibrahimi (2015) har i sin doktorsavhandling på Umeå Universitet, Sverige gjort en studie där han i detalj studerat den systematiska naturen hos ateroskleros genom att utvärdera sjukdomsburden mot symptomatiska artärer och bestämma förhållandet mellan subklinisk ateroskleros och väl etablerad sjukdom hos samma artär, vilka sedan jämfördes med lokala plack med systematisk börda av aterosklerosjukdom. Man kunde genom en systematisk granskning och meta-analys även utvärdera statinernas effekt på karotidplack. Uppmätta ultraljudsbaserade texturer av karotidplacksegenskaper (GSM, JBA, entropi och grovhet), ytans morfologi, IMT och IM-GSM användes som metod för undersökningen. För plackfunktionens extraktion användes ett särskilt anpassat forskningsprogram för mjukvaran. För meta-analysen användes den omfattande version 3 Meta-Analysis-programvaran. Ateroskleros är en inflammatorisk sjukdom som kan generaliseras, lokaliseras och manifesteras i ett system i artärernas väggar. Ultraljudsbaserade mätningar av dessa kan ge information om potentiellt instabila plack-lesioner. Konventionella karotid-IMT och IM-GSM ultraljudsundersökningar är viktiga åtgärder för subklinisk ateroskleros för att kunna förutsäga framtida ischemiska händelser såsom hjärtinfarkt och stroke. I den här undersökningen gjordes 4 olika delstudier där den 4:e delstudien innefattade en Meta-analys av 9/580 studier som inkluderande 566 patienter med 7,2 månaders ultraljudsuppföljning efter påbörjad statinbehandling (Ibrahimi, 2015).

Sammanfattningsvis kunde konstateras att symtomatiska patienter har en liknande plackmorfologi, liknande texturella sårbarhetsegenskaper i det kontralaterala karotidsystemet som hos asymtomatiska patienter. Vid asymtomatiska patienter reflekterade mätningarna av proximal sjukdom distal patologi och antalet drabbade artärer. Statinterapin i delstudie 4 påvisade en minskning av LDL-kolesterolet och gav en bättre plack-stabilitet och optimerad kontroll av arteriell inflammation. Detta kunde påvisas genom arteriell echogenicitet och hsCRP-förändringar (Ibrahimi, 2015).

Liu (2014) har i sin artikel *Combining Microbubbles and Ultrasound for Drug Delivery to Brain Tumors: Current Progress and Overview* undersökt mikrobubblornas potential att förbättra leveranser av olika terapeutiska medel till hjärntumörer. Hon har granskat de nuvarande prekliniska studierna som påvisat effekten av FUS (fokuserat ultraljud) och MB (mikrobubblor) -underlättad läkemedelsbaserad leveransteknik vid hjärntumörsbehandling. Här granskas även nyutvecklade multifunktionella mikrobubblor för FUS (fokuserat ultraljud) -inducerad BBB-öppning (öppning av blod-hjärnbarriären) vid hjärntumörterapi (Liu, 2014).

Resultaten visade att mikrobubblor fungerar utmärkt som ett diagnostiskt kontrastmedel till ultraljudsavbildning men har även bra potential för läkemedelstransport till hjärnan i kombination med fokuserat ultraljud. Lipid-shell mikrobubblor reagerar starkt på ultraljud, vilket gör att mikrobubblor och fokuserat ultraljud kan öppna blod-hjärnbarriären med kommersiella diagnostiska MB-skivor. Utformningen av multifunktionella MB-skivor har ytterligare ökat potentialen i denna behandlingsmetod genom att integrera blod-hjärnbarriärsöppningen med samtidig läkemedelsfrisättning, aktiv inriktning och terapeutiska egenskaper. MB-FUS BBB-öppning är en lovande metod för att icke-invasivt och lokalt förbättra den riktade leveransen av terapeutiska medel i CNS-tumörområden och kan ge förbättrad behandlingseffekt av kemoterapi. TMZ och BCNU är redan kliniskt godkända kemoterapeutiska läkemedel för behandling av hjärntumörer. Detta tyder på att den förbättrade leveransen som uppnåtts genom MB-FUS BBB-öppning med dessa läkemedel är kliniskt relevant. Misstanke om onödiga biverkningar vid felanvändning av fokuserat ultraljud och överdosering av mikrobubblor har tillkännagivits. Ytterligare forskning hoppas kunna ge svar på kvarstående oklarheter kring MB-FUS BBB-öppning och användning (Liu, 2014).

7 Studiens genomförande

Respondenten har samlat information kring ämnet ultraljud i en kvalitativ litteraturstudie för att kunna delge kunskap åt personer med särskilt intresse för ämnet ultraljud. Användningsmöjligheterna med ultraljud inom hälso- och sjukvården har alltid intresserat respondenten, och han har tidigare arbetat många år inom fysioterapin. Respondenten har tilläggsskolning på terapeutiskt ultraljud. Respondenten upplevde att begränsad sammanställd faktalitteratur fanns att tillgå om de olika ultraljudstyperna och deras olika undersöknings- och behandlingsmöjligheter.

Respondenten började med en allmän genomgång av den tillgängliga faktalitteraturen. Informationen har respondenten samlat från böcker, tidskrifter, vetenskapliga artiklar och arbeten som behandlat ämnet ultraljud. Till kapitlet tidigare forskningar användes artiklar som stöder intervjuerna och är relevanta för studien. Respondenten har även haft samarbete med radiologer och specialiserade fysioterapeuter för att kunna ta del av kunskap inom ämnet. Respondenten har valt att göra en kompletterande intervju med radiolog och två specialiserade fysioterapeuter. Bland informanterna fanns två män och en kvinna.

I intervjufrågorna om det terapeutiska ultraljudet samarbetade två personer. Intervjufrågor standardiserades efter relativ hög grad av strukturering med möjlighet att öppet formulera intervjusvaren. Informanterna var väldigt upptagna i sitt arbete och hade begränsad tid. Kontakten mellan respondenten och informanterna upprätthölls därför via telefonkontakt och via e-post för att underlätta för samtliga parter.

Intervjufrågorna sammanställdes på svenska och finska enligt informanternas modersmål och utvecklades för att kunna ge stöd åt innehållet i studien, svar på frågor kring ämnet ultraljud och för att bestyrka evidensen i det helhetliga examensarbetet. Respondenten har använt tidigare kunskap, observationer, faktalitteratur och vetenskapliga forskningar för att sammanställa intervjun på ett deduktivt sätt. Intervjufrågorna och svaren presenteras i examensarbetet i kapitel 8 i sin ursprungliga form med lätt redigerad textuppstrukturering. Informanterna har givit sitt medgivande till att intervjuerna delges i examensarbetet.

7.1 Kvalitativ studie

En forskningsprocess startar med en allmän genomgång av litteraturen. I en litteraturstudie gör man en beskrivande bakgrund eller beskriver en specifik kunskapsnivå inom ett särskilt område. Dom valda studierna beskrivs och analyseras i den allmänna litteraturstudien. För pålitlig slutsats av artiklarna krävs en kvalitetsbedömning (Forsberg & Wengström, 2008, s. 29 – 30).

7.2 Litteraturgenomgång och datainsamling

Med kvalitativa studier syftar man på forskningsprocesser som innehåller beskrivande data och kan vara ord som människan själv skrivit eller talat samt olika observerade beteenden. Genom kvalitativa metoder försöker man finna beskrivningar, kategorier eller modeller för att kunna beskriva olika fenomen i individens omvärld (Olsson & Sörensen, 2007 s. 65).

Den kvalitativa studiemetoden har som avsikt att undersöka personers egna erfarenheter av ett fenomen. Varje enskild person skapar egna upplevelser, och i en kvalitativ studie finns inga absolut rätta eller felaktiga svar. Data samlas in genom observation eller intervjuer. Resultatet kan ej tolkas siffermässigt när det handlar om ord och beskrivningar, utan man kan endast tolka och analysera innehållet, och på så sätt skapa insikt och förståelse för ett fenomen (Henricson, 2012, s. 130).

Forskaren borde före påbörjandet av den kvalitativa studien fundera över vilka egna kunskaper och erfarenheter hen har inom ämnet. En klar plan före arbetets påbörjan underlättar forskarens roll i skapandet och genomförandet av studien, utan att de egna erfarenheterna påverkar studieresultaten. Forskaren bör vid datainsamlingen och analysen vara anpassningsbar, flexibel och följsam (Henricson, 2012, s.132 - 133).

7.3 Intervju

Intervjuns syfte är att genom frågor få kunskap om informantens värld. Man bör före undersökningen klargöra syfte och problemområde för att få ett bra intervjuresultat. Man bör veta vad och varför det bör klargöras före man funderar på hur man går tillväga. Det är viktigt att redan i början fundera igenom alla faser av den kvalitativa intervjuundersökningen; förverkligandet, analyseringen, redovisningen av resultaten och om man har respekterat de etiska aspekterna. Det är bra att tänka på att skapa ett samarbetsvilligt klimat under intervjuerna för att få de bästa möjliga resultaten. En dialog kräver minst 2 personer och informanten skall känna sig betydelsefull och få möjlighet att prata till punkt. Informationen skall vara pålitlig, bör ha giltighet, och får inte påverkas av främmande faktorer så att informanten svarar på det som intervjuaren är ute efter (Olsson & Sörensen, 2011, s.132).

En intervju är antingen kvalitativ eller kvantitativ. Det här är beroende på olika grader av standardisering samt hur intervjufrågorna är uppstrukturerade. En hög grad av standardisering innebär att intervjuaren inte kan ändra på situationen mellan informanterna och ställer frågorna i exakt samma ordning och ordalydelse. Orsaken till att använda sig av en standardiserad intervju är att minska på intervjuarens inflytande på intervjun (Olsson & Sörensen, 2011, s. 133).

Vid en standardiserad intervju är svaren oftast enligt fasta svarsalternativ. För att undvika misstolkning av intervjufrågorna kan man använda en hög grad av strukturering, där frågorna är formulerade så att frågorna uppfattas på samma sätt av de olika informanterna. Vid en låg grad av strukturering kan informanten tolka frågorna fritt (Olsson & Sörensen, 2011, s. 133).

7.4 Analys av data

Vid en kvalitativ analys sorterar man och undersöker det insamlade materialet. Forskaren organiserar sitt material och delar in det i olika kategorier, söker efter mönster och gör en slutlig sammanfattning. Den kvalitativa analysens syfte är att få fram någon slags betydelse ur en stor mängd data. Analysen kan beskriva olika fenomen som sociala föreställningar, erfarenhet eller interaktioner. Man kan även välja att jämföra fall, hitta liknelser och olikheter eller fokusera på liknelsernas och olikheternas orsaker. Ett ytterligare alternativ är att skapa en teori om fenomenen (Fejes & Thornberg, 2015, s. 34 - 35).

En innehållsanalys görs för att vetenskapligt analysera dokument med fokus på innehållet i en kommunikation. Kommunikationen kan t.ex. vara en intervju och kan t.ex. handla om en persons egna upplevelse av ett särskilt ämne. Kommunikationsinnehållet i intervjun bör begränsas för att kunna få önskat svar. Syftet är att hitta ett samband t.ex. i det mänskliga beteendet och en teori om det (Olsson & Sörensen, 2007, s. 129).

Respondenten har valt att ej göra någon renodlad innehållsanalys, eftersom han anser det svårt att göra en modifierad innehållsanalys av intervjusvaren. Istället har respondenten valt att sammanställa intervjusvaren i en kort resumé. Intervjun om det diagnostiska ultraljudet gjordes på svenska och besvarades 30.10.2017 av radiolog. Intervjun om det terapeutiska ultraljudet gjordes på finska och besvarades 25.5.2018 av två specialiserade fysioterapeuter.

Intervjufrågorna och svaren redovisas här nedan på deras ursprungliga språk och form som dom besvarats av informanterna till respondenten. Frågorna har markerats med fet stil och svaren har redovisats direkt under frågeställningen. Informanternas namn och deras hem- och arbetsort har respondenten valt att hålla anonymt för att ej lämna rum för missstolkningar och för att ej kränka enskilda individers åsikt. Intervjusvaren förstördes efter avslutat arbete.

8 Intervju om det diagnostiska och det terapeutiska ultraljudet

I detta kapitel presenterar respondenten intervjufrågorna och svaren. Respondenten sammanställde 10 frågor om det diagnostiska ultraljudet och 11 frågor om det terapeutiska ultraljudet. Detta för att litteraturen kring det terapeutiska ultraljudet var mer begränsad. Intervjufrågorna sammanställdes på svenska och finska enligt informanternas modersmål och frågorna har markerats med fet stil för en bättre åskådlighet. Intervjufrågor standardiserades efter relativ hög grad av strukturering med möjlighet att öppet formulera intervjusvaren.

8.1 Intervju med radiolog om diagnostiskt ultraljud.

1. Vilka är de vanligaste utförda ultraljudsundersökningarna som görs med diagnostiskt ultraljud?

Svar: Bukultraljud, övre-nedre-hela buken samt njurar och urinvägar är de klart vanligaste. Vanliga är också bröstultraljud, framförallt på de ställen där man kan ta mammografibilder. Axlar, hals och scrotum. Djup ventrombosundersökningar är vanliga på akut sjukhus.

2. Vilka är dom mest användbara frekvenserna med det diagnostiska ultraljudet och för vilka undersökningar tillämpas olika frekvenser?

Svar: För ytliga undersökningar används givare med hög frekvens, minst 5 Mhz men ofta 7,5 Mhz och högre. Dessa finns i linjära givare. Till bukar och djupare undersökningar används konvexa givare med en frekvens på ca 3 Mhz.

3. Vika ultraljudsundersökningar görs allmänt mera sällan?

Svar: Mera sällsynta undersökningar är t.ex. ytliga leder såsom fingrar, artär dopplerundersökningar, penis ul, ögon.

4. Hur mycket används doppler vid ultraljudsundersökningarna samt vid vilka särskilda undersökningar kan doppler underlätta/bestyrka diagnostisering?

Svar: Själv använder jag dopplern nästa vid alla undersökningar för att påvisa eller utesluta blodflöde i olika strukturer. Dopplern används för att underlätta / bestyrka diagnos vid t.ex. djupa ventromber, tromboflebiter. Vid bedömning av stenosgraden i carotisartärerna eller artärgrafter, främst i nedre extremiteternas artärer (opererade patienter). I viss mån kan doppler hjälpa när man överväger skillnaden mellan en potentiell malign eller benign tumör, nästa var som helst i kroppen.

5. Vilka är dom vanligaste kompletterande vidareundersökningarna vid specifika fynd/avvikelser med diagnostiskt ultraljud?

Svar: Oftast om man ser något avvikande eller misstänkt i bukultraljud så går man vidare med CT. Vid tex skador på rotator cuffen i axeln så blir nästa steg i utredningen ofta en MRI av axeln. Vid misstänkta maligna tumörer i bröstet så går man vidare med grovnålsbiopsi.

6. Hur stor är tillförlitligheten med det diagnostiska ultraljudet?

Svar: Kan inte exakt säga hur tillförlitlig ultraljudsdiagnostiken är i procent och den varierar mycket på olika undersökningar. Tex vid gallsten är den 100% säker, såsom vid hydronefros. Men vid hydronefros ser man ganska ofta inte orsaken till avflödeshindret, endast själva fyndet. Även hög tillförlitlighet när man ska skilja på en malign eller benign tumör i bröstet eller i mjukdelarna. Tillförlitligheten är också klart beroende av vem som utför ultraljudet, framförallt erfarenheten.

7. Vilka är dom vanligaste biopsierna som görs med hjälp av diagnostiskt ultraljud?

Svar: Ytliga biopsier med FNB, GNB eller punktion från olika förändringar i bröstet. FNB från sköldkörtel och hals. Djupare biopsier framförallt från levern men även från andra organ. Även vid insättning av olika dräner i bukhålan används ultraljudsledning.

8. Hur vanlig är användningen av kontrastmedel (ex. SonoVue) med diagnostiskt ultraljud idag och vid vilka undersökningar kan kontrastmedel till fördel användas för bättre bildtydning?

Svar: Kan inte uttala mej mycket i denna fråga. Har själv aldrig utfört en ul med iv kontrast. men har sett nån enstaka och då var det leverförändringar man undersökte, hemangiom.

9. Hur tillförlitligt och använt är diagnostiskt ultraljud (Sonost) vid bentäthetsmätning i jämförelse med DEXA-undersökning i Finland?

Svar: Har ingen som helst erfarenhet eller kännedom om bentäthetsmätning med ultraljud men kan tänka mej att det inte har någon chans mot DEXA-mätningar.

10. Vilka utvecklings- och användningsmöjligheter ser du med det diagnostiska ultraljudet med tanke på ny forskning?

Svar: Har ej heller mycket att säga om denna fråga. Allmänt kan man dock påstå att det är MR som man utvecklar och satsar mest på inom diagnostisk radiologi.

8.2 Intervju med spec. utb. fysioterapeuter om terapeutiskt ultraljud.

1. Mitä terapeutinen ultraääni on ja koska terapeutinen ultraäänihoito on yleistynyt kuntoutusalalla Suomessa?

Vastaus: Ultraääneksi kutsutaan ääniaaltoja, joiden värähtelytaajuus on suurempi kuin ihmiskorva pystyy erottamaan eli suurempi kuin 20 000 Hz. Eräs ultraäänien vanhimpia käyttötapoja on kaikuluotaus. Lääketieteessä ultraääntä käytetään hoitotarkoituksiin ja sairauksien toteamiseen. Ultraääntä on käytetty fysioterapian puolella jo yli 50 vuotta

2. Kuinka tavallinen terapeutinen ultraääni on fysioterapeutin työssä Suomessa?

Vastaus: Melkein poikkeuksetta jokaisessa fysioterapian hoitoyksikössä, terveystieteissä tai sairaaloissa on käytössä ultraäänilaitte.

3. Terapeutisen ultraäänen hoitoindikaatiot?

Vastaus: Amputaatiotyngän fantomikivut, artroosit, kivuliaat arvet, bursitis, dupuytren kontraktuura, epikondyliitit, herpes zoster, lumbago, myalgia, neuralgia, nyrjähdykset, periarthritis humeroscapularis, reumaattinen särky, säärihaavojen kovettuneet reunat yms., urheiluvammat, venähdykset.

4. Terapeutisen ultraäänen kontraindikaatiot?

Vastaus: Akuutit tulehdukset, ihomuutokset, kuume, osteoporoosi, pahanlaatuiset kasvaimet, raskaus, sydämen tahdistin, tuberkuloosi.

5. Mikä ero on jatkuvalla tai sykkivällä ultraäänellä ja missä hoitotilanteissa niitä käytetään?

Vastaus: Jatkuva (continuous) ultraääni on keskeytymätöntä eli siinä ei ole taukoja. Se muodostuu samantehoisista toisiaan seuraavista ääni-impulsseista.

Jaksottainen (pulsoiva, pulsed) ultraääni muodostuu samantehoisista ääni-impulsseista joiden välillä on taukoja. Jaksottaisella ultraäänellä ultraäänen vaikutus vaimenee tauon aikana ja sen ansiosta lämpövaikutus alenee huomattavasti, mutta muut biologiset vaikutukset säilyvät lähes ennallaan. Jatkovaa ultraääntä käytettäessä korostuu lämpövaikutus sekä kaikki siitä johtuvat biologiset seuraukset.

6. Tietyt ihoalueet mihin ei voida käyttää terapeutista ultraääntä?

Vastaus: Keskushermoston alue, takaraivon ja selkäytimen alue, sydämen alue, silmän alue, kivesten alue.

7. Miten terapeutinen ultraääni vaikuttaa kudoksiin? (fysiologinen kudosaikutus, lämmönnousu ja kudossyvyys johon terapeutinen ultraääni vaikuttaa).

Vastaus: Kun ultraäänipää värähtelee miljoona kertaa sekunnissa (1 MHz:n taajuus);

- paine ultraäänen kohteena olevassa kudoksessa vaihtuu miljoona kertaa sekunnissa,
- värähtelevät hiukkaset, kuten esim. solutumat liikkuvat miljoona kertaa sekunnissa edestakaisin ultraäänisäteiden etenemissuunnassa
- jokaisen hiukkasen liike kiihtyy miltei käsittämättömällä tavalla
- ultraääni muuttuu edetessään leviämisteinään käyttämiä nestemäisiä ja pehmeitä kudoksia pitkin kitkan vaikutuksesta osittain lämmöksi (absorboituu).

Mitä mekaanisia vaikutuksia ultraäänellä on?

- Kohteena olevan kudoksen hiukkasten värähtely niiden alkuperäisen lepoaseman molemmin puolin.
- Kyseisten osasten liikkeen huomattava kiihtyminen.
- Solujen tilavuuden muutokset, jotka riippuvat käytetystä tehosta. Vaihtelut ovat suuruusluokaltaan +/- 0,02 % ja ne aiheuttaa kudoksessa kulloinkin esiintyvä paine.

Kudoshiukkasten liikesuunta vaihtuu kahdesti jokaisen jakson aikana. Siitä seuraa että miljoonan hertsin taajuudella esiintyy 2 miljoonaa suunnanvaihdosta sekunnissa.

Mitä ovat fysikaaliset-kemialliset (biologiset) vaikutukset?

- Verisuonten laajeneminen
- Hyperemia
- Solukalvojen läpäisykyvyn kasvu
- Aineenvaihdunnan vilkastuminen
- Imunestekierron vilkastuminen
- Kudosten pH-arvon muuttuminen emäksisempään suuntaan
- Jännittyneiden lihasten tonuksen aleneminen
- Kipujen lievittyminen
- Tulehdusten hillitseminen

Lämpövaikutus ja sen erikoispiirteitä ultraäänen yhteydessä.

Lämpövaikutus ilmenee:

- paikallisella lämpötilan kohoamisena kohteena olevan kudoksen ympäristössä
- erityisen tehokkaana eri aineiden rajapinnoilla johtuen äänen heijastumisesta (varo periostikivun ilmenemistä).
- tehokkaana lähi- ja kaukokentän raja-alueella; siellä energiatiheys on suurin
- voimakkuudeltaan eri asteisena eri kudokset mikä johtuu kudosten erilaisista ominaisuuksista. Tämä ilmenee selvästi kudosten ns. puoliutumissyvyyksissä.

8. Mikä on Shockwave ultraääni ja miten se erottuu tavallisesta terapeuttisesta ultraäänestä? (Hz, fysiologinen ero).

Vastaus: Shockwave ei ole ultraääntä. Se on matalataajuista paineaaltovärähtelyä. Shockwave-paineaaltolaitteella hoidetaan kehon kipualueita paineen avulla. Paineaaltohoidon vaikutuksesta kipualueen aineenvaihdunta vilkastuu, kipu lievittyy ja krooninen tulehdus vähenee.

9. Mikä on korkein suositeltu W/cm² terapeuttisessa ultraäänihoidossa ja mikä on sallittu W/cm² jota saa käyttää?

Vastaus: Tämän hetken ultraääni standardin mukaisesti suurin sallittu antoteho on pulsoivana 3 W/cm² ja jatkuvana 2 W/cm².

10. Onko terapeuttinen ultraääni tehokas jo vaan itsessään, tai voiko ultraäänihoitoon yhdistää myös muita hoitomuotoja niin että saa tehokkaamman kokonaisuhoitoon? (esim. hierontaa, TNS, DIDY, venytys tai treeniohjelmat).

Vastaus: Ultraäänihoito on tehokas hoito yksistäänkin. On myös mahdollista yhdistää ultraääni ja TNS sekä interferenssi (kahden elektrodin keskitaajuusvirta). Tällöin hoitoa voidaan tehostaa kahdella eri hoitomuodolla.

11. Mitä uusia kehitys ja käyttömahdollisuuksia näet terapeuttisessa ultraäänessä tulevaisuudessa kuntoutusalalla?

Vastaus: Kehitämme parasta aikaa uutta ultraäänilaitetta ja terapiamuotoa. Projekti on tällä hetkellä vielä kesken, joten emme voi asiasta vielä antaa informaatiota.

9 Resultat

Respondenten berättar i detta kapitel om resultaten från de två intervjuerna. Svarena från varje enskild fråga i de två intervjuerna har sammanställts i två korta resuméer. Inledningstexten markerades med fet stil för att förtydliga intervju samt ultraljudstyp. Innehållet i resuméerna representerar det som respondenten ansåg vara det viktigaste och väsentligaste från intervjuvaren av de två intervjuerna. De båda intervjuerna behandlas anonymt och svaren förstörs efter avslutat arbete.

Från intervjun av det diagnostiska ultraljudet framgick att dom vanligaste utförda ultraljudsundersökningarna är bukultraljud, undersökning av njurar och urinvägar, bröstultraljud, undersökning av axlar, hals, scrotum samt djup ventrombosundersökning. Dom vanligaste använda frekvenserna för ytliga diagnostiska ultraljudsundersökningar med linjära givare är 5 Mhz eller högre och ca. 3 Mhz med konvexa givare för djupare undersökningar.

Doppler används allmänt i undersökningarna för att kunna påvisa eller utesluta blodflöde i olika strukturer, underlätta/bestyrka diagnos vid olika tillstånd och symptom samt för att i viss mån hjälpa till att överväga skillnaden mellan en potentiell malign eller benign tumör. Den procentuella tillförlitligheten med enbart ultraljudsundersökning varierar beroende på undersökningar, tolkarens kunskap och erfarenhet av de olika ultraljudsundersökningarna. De diagnostiska ultraljudsundersökningarna anses ha hög tillförlitlighet vid gallstensundersökningar och vid hydronefros (avflödes hinder från njurarna som ger urinansamling i njuren), samt vid diagnostisering av benign eller malign tumör (godartad eller elakartad tumör) i bröstet eller i mjukdelarna.

Dom vanligaste biopsierna som görs med diagnostisk ultraljudsledning är finnålsbiopsi (FNB), grovnålsbiopsi (GNB), punktioner vid olika vävnadsförändringar i bröstet. Finnålsbiopsier (FNB) tas från sköldkörtel och hals. Grovnålsbiopsier (GNB) med diagnostisk ultraljudsledning tas från lever, övriga djupare organ. Ultraljudsledning används även vid insättning av olika dräner i bukhålan.

Från intervjun av det terapeutiska ultraljudet framgick att det terapeutiska ultraljudet används mycket allmänt idag i Finland inom fysioterapi och rehabiliteringen. Det terapeutiska ultraljudet används på dom flesta fysikaliska vårdinrättningarna, på hälsovårdscentraler och på sjukhus. Det terapeutiska ultraljudet har ett brett användningsområde vid olika smärttillstånd och kan användas för att lindra och behandla bl.a. fantomsmärta efter amputationer, artros, smärtsam ärrbildning, bursit, epicondylit, bältros, ryggskott, olika myalgier och neuralgier, stukningar, reumatisk värk, olika idrottsskador samt subakuta inflammationstillstånd i vävnader.

Terapeutiskt ultraljud får ej användas vid akuta inflammationstillstånd, hudförändringar, vid feber, osteoporos, elakartade tumörer, graviditet, tuberkulos eller ifall patienten har pacemaker. Terapeutiskt ultraljud får ej heller ges till områden kring CNS, bakhuvud och ryggrad, till hjärtregion, områden kring ögat eller till könsorganen. Enligt nuvarande ultraljudsstandard är den högsta tillåtna uteffekten från terapeutiskt ultraljud 3 W/cm² vid pulserande ultraljud och 2 W/cm² vid kontinuerligt ultraljud. Det terapeutiska ultraljudet anses som effektiv behandlingsform.

10 Tolkning

För att få helhetlig nytta från en studie krävs förståelsen av data och förnuftiga slutsatser och helheten bör kunna ses ur ett bredare perspektiv. Går det att dra slutsatser bortom den målgrupp som studerats eller finns en vidare vetenskaplig betydelse i resultatet. Frågor som bör ställas efter en studie är ; Vad betyder resultaten, kan man dra slutsatser utav studien och vilka följder leder det till? Har frågeställningarna besvarats och har nya frågor uppkommit under studiens gång? För att kunna dra slutsatser på resultatet bör frågeställningen gå att svara på, validiteten och reliabiliteten av variablerna är av hög grad, en databearbetning bör vara gjord och bakomliggande variabler bör vara kontrollerade för att inte inverka negativt på forskningsresultaten (Olsson & Sörensen, 2011, s. 256 – 257).

I följande kapitel kommer respondenten att tolka intervju svaren utgående från den teoretiska bakgrunden och tidigare forskningar. Respondentens frågeställningar: ”Vad är ultraljud?”, ”Hur fungerar ultraljud?”, ”Vad är skillnaden mellan diagnostiskt och terapeutiskt ultraljud?”, ”Vilka är de vanligaste undersökningarna med det diagnostiska ultraljudet och vilka är de vanligaste behandlingarna man ger med det terapeutiska ultraljudet?”

Första forskningsfrågan lyder; Vad är ultraljud?

”Människoörat kan uppfatta ljud från ca. 20 Hz till ca. 20 000 Hz. Ljud som överstiger frekvensen 20 000 Hz benämns ultraljud” (Eisenberg, 1992, s. 453).

”Det finns två olika huvudtyper av ultraljud som används inom hälso- och sjukvården idag, det diagnostiska och det terapeutiska ultraljudet. Det diagnostiska ultraljudet är det ultraljud som används för avbildning av inre strukturer, för avståndsmätning, för mätning av blodflödes hastighet, för diagnostisering av olika sjukdomssymptom eller tillstånd och som komplement till övriga radiologiska undersökningar” (Berglund & Jönsson, 2007, s. 38).

”Det terapeutiska ultraljudet är det ultraljud som används inom rehabilitering och fysioterapi för att reducera smärta, inflammation, muskelspändhet och för att för snabba olika läkningsprocesser i mjukvävnader” (Speed, 2001, Miller, 2012).

I fråga 1 i intervjun om det terapeutiska ultraljudet framkom att; ”Ultraääneksi kutsutaan ääniaaltoja, joiden värähtelytaajuus on suurempi kuin ihmiskorva pystyy erottamaan eli suurempi kuin 20 000 Hz. Eräs ultraäänien vanhimpia käyttötapoja on kaikuluotaus. Lääketieteessä ultraääntä käytetään hoitotarkoituksiin ja sairauksien toteamiseen. Ultraääntä on käytetty fysioterapian puolella jo yli 50 vuotta”.

Andra forskningsfrågan lyder; Hur fungerar ultraljud?

Vid olika ultraljudsundersökningar och behandlingar sänds korta ljudstötter med olika frekvenser in i kroppen med hjälp av ett mellanämne mellan huden och en givare av piezoelektrisk typ. Ultraljudspulsen reflekteras från olika gränssytor tillbaka till givaren och är mekaniska vibrationer. För att ljudvågorna ska kunna sprida sig behövs ett medium att sprida sig i. Ljud kan ej spridas i vacuum. Ultraljudspulsen reflekteras mot de olika vävnaderna i kroppen och återges sen tillbaks till givaren. Ljudets utbredningshastighet i vävnaden har en medelhastighet på 1540 m/s. Normalt sprider sig ljudimpulsen med en hastighet mellan 1450 och 1600 m/s (Aspelin & Pettersson, 2008, s. 57 - 59).

Tredje forskningsfrågan lyder; Vad är skillnaden mellan diagnostiskt och terapeutiskt ultraljud?

”Det diagnostiska ultraljudets syfte är att skapa och återge bilder på ekon som återges på en bildskärm som möjliggör tydning”. Det diagnostiska ultraljudet använder en ljudpuls med medelintensitet mellan 1 och 1000 mW/cm². Medicinsk tillämpning av diagnostiskt ultraljud används inom frekvenserna 2 MHz till ca. 20 MHz.” (Miller, 2012).

”Det terapeutiska ultraljudet har ett helt annat syfte än det diagnostiska ultraljudet, och är det ultraljud som används inom rehabilitering och fysioterapi för att reducera smärta, inflammation, muskelspändhet och för att försnabba olika läkningsprocesser i mjukvävnader” (Speed, C. A., 2001, Miller, 2012).

”Terapeutiskt ultraljud omfattar ett frekvensområde från 20 kHz till 3 MHz och mäts i effekten W/cm². Det terapeutiska ultraljudet kan ges som kontinuerligt eller pulserande ultraljud” (Conner-Kerr & Oesterle, 2017).

Fjärde forskningsfrågan lyder; Vilka är de vanligaste undersökningarna med det diagnostiska ultraljudet och vilka är de vanligaste behandlingarna man ger med det terapeutiska ultraljudet?

”Det diagnostiska ultraljudet används allmänt inom sjukvården vid undersökning av olika inre organ, blodkärl, muskler, senor och leder. Hela kroppen kan undersökas med undantag från lungor, skelett och mag-tarmkanal” (VCS, 2015).

”De vanligaste ultraljudsundersökningarna som görs med diagnostiskt ultraljud är fosterdiagnostik, obstetrik och gynekologiundersökningar, punkteringar, abscesser, kortison eller kontrastmedelsinjektioner i leden, undersökningar av sköldkörteln, spottkörteln och testikeln, undersökning av urinorganen, undersökningar av olika ledområden, allmänna buk- och extremitetsundersökningar samt blodkärlsundersökningar med doppler ultraljud” (VCS, 2015, HNS, Carovac, 2011).

I intervjun om det diagnostiska ultraljudet framkom även att de vanligaste ultraljudsundersökningarna var bukultraljud (övre-nedre-hela buken), njurar, urinvägar. Vanliga var även bröstultraljud, axlar, hals, scrotumundersökningar samt djup ventrombosundersökning på sjukhus.

I kapitlet 6, ”tidigare forskningar” lyfte **Kokki** (2008) i sin artikel *Ultraäänien käyttö puudutuksissa* fram hur viktigt det diagnostiska ultraljudet är som avbildningsmetod inom dom flesta medicinska områden och att det använts aktivt inom bl.a. anesthesiologin, hjärtkirurgin, olika punktioner och vid olika blodkärlsingrepp. Kokki hävdar att ultraljudet är ett väldigt viktigt hjälpmedel vid inlärandet av hur perifer bedövning görs i praktiken och underlättar svåra bedövningar och förbättrar patientsäkerheten. Enligt Kokki underlättar och förbättrar ultraljudsanvändningen anestesin både vid inläringen och praktiskt i utförandet. Ultraljudet är enligt Kokki ett ovärderligt hjälpmedel för att lokalisera olika vävnadsstrukturer och för att följa bedövningsnålen i vävnaden. Ultraljudsassisterad anesthesi anses underlättande under alla omständigheter (Kokki, 2008).

”Det terapeutiska ultraljudet används för att behandla akuta och kroniska smärttillstånd, idrottsskador, vid sträckningar och stukningar i muskler och ligament, tennisarmbåge (epicondylitis), vid behandling av bältros (zoster), smärttillstånd i ryggen som ryggskott (lumbago) och övriga myalgier (muskeloskeletala besvär) och neuralgier (nervrelaterad smärta). Vanliga behandlingsproblematiker som även behandlas är artros (smärta från ledförslitning), reumatisk smärta (Speed, CA., 2001), behandling av fantomsmärta efter amputationer, behandling av smärtsam ärrvävnad, bursit (slemsäcksinflammation), behandling av svårläkta bensår, bindvävssjukdomar såsom dupuytren's kontraktur, olika smärt- och inflammationstillstånd i axelleden såsom exempelvis periathritis humeroscapularis” (Diter, 2018).

I kapitel 6, ”Tidigare forskningar har **Rutjes** (2010) i sin artikel *Therapeutic ultrasound for osteoarthritis of the knee or hip* undersökt det terapeutiska ultraljudets effekt på smärta vid knäartros. Resultaten av undersökningen visade att terapeutiskt ultraljud kan vara till nytta för patienter med knäartros för att reducera smärta och förebygga ledmobilitet (Rutjes, 2010).

I intervjun om det terapeutiska ultraljudet framkom att användningen av det terapeutiska ultraljudet är mycket allmänt inom fysioterapin och att det finns på de flesta fysikaliska vårdinrättningar, på hälsovårdsstationer och på sjukhus i Finland.

11 Kritisk granskning

Respondenten kommer i detta kapitel att kritiskt granska examensarbetet och göra egna reflektioner utgående från Larssons (1994) kvalitetskriterier och metoder ur boken kvalitativ metod och vetenskapsteori (Starrin & Svensson, 1994). De kriterier respondenten valt är intern logik, innebördsrikedom och etiskt värde.

Intern logik

Intern logik används flitigt, ofta i samband med publicering av artiklar och vid bedömning av doktorsavhandlingar. Av bedömaren krävs ingen djupare sakkunskap, men enligt Howre och Eisenhart bör harmoni mellan datainsamling, forskningsfrågor och analysteknik uppnås så att alla enskilda delar bildar en helhet. Forskningsfrågorna bör vara styrande för datainsamlingstekniker och analyser (Starrin & Svensson, 1994, s.168 - 170).

Examensarbetets syfte var att delge fördjupad kunskap om ultraljudets historia och utveckling, om olika ultraljudstyper, olikheterna mellan de olika ultraljudstyperna och deras olika användningsområden inom hälso- och sjukvården idag. Respondenten sammanställde fyra olika forskningsfrågor kring ämnet ultraljud. Respondenten har besvarat forskningsfrågorna genom att jämföra informanternas svar mot vetenskapliga fakta som fanns att tillgå. Respondenten har tagit med tidigare forskning kring de aktuella ämnena för en fullständigare förståelse.

Frågeställningarna krävde att mer än en insamlingsmetod används. Respondenten har i sitt examensarbete använt sig av böcker, internet, vetenskapliga artiklar samt intervjuer som datainsamlingsmetod. Litteraturen som fanns att tillgå inom ämnet ultraljud var begränsad och medförde därför ett mycket tidskrävande och utmanande arbete.

Respondenten anser ändå att han i examensarbetet lyckats skapa en informationsrik helhet, där samtliga enskilda delar bygger upp en sammanfogad struktur. Respondenten anser att den omfattande teoretiska bakgrunden behövs för att läsaren lättare ska kunna förstå utvecklingen inom ultraljudets olika enskilda delar. Tidigare forskning kring ämnet ultraljud kompletterade förståelsen kring ultraljudets helhetliga användningsområden inom hälso- och sjukvården.

Innebördsrikedom

Innebördsrikedomen är en avgörande kvalitet för examensarbetet. Innebördsrikedomen bör utforma ett ämne på ett sådant sätt att nytt innehåll och nya grenar kan bildas (Starrin & Svensson, 1994, s. 172 - 173).

Enligt Geertz kan innebördsrikedomen förklaras som utförlig. För att analysen ej ska mista sin betydelse och man ska förstå vad beskrivningen betyder bör den vara tillräckligt utförlig framförd (Starrin & Svensson, 1994, s. 172 - 173).

Den fenometriska traditionen har en liknande tankegång. Här anser man att kategorierna som redogör för uppfattningarna bör vara innebördsrika och att man bör kunna ta tillvara det väsentliga utan att ge texten för många nya nyanser. Det är viktigt att framhäva det unika fenomenet som det är utan att påverkas av tidigare fördomar och teorier (Starrin & Svensson, 1994, s. 172 - 173).

Trots att ultraljudet används mycket allmänt inom hälso- och sjukvården idag upplevde respondenten att det fanns begränsad fördjupad kunskap kring ultraljudets funktion, olika ultraljudstyper och ultraljudets olika användningsområden.

Respondenten har försökt att följa innebördsrikedomens normer i sitt examensarbete, helhetligt och utförligt försökt beskriva ultraljudets historia, utveckling, ultraljudets olika användningsmöjligheter samt nya behandlingsmetoder på ett strukturerat och kategoriserat sätt. Respondenten har ej kännedom om tidigare studier där faktamaterialet sammanställts på ett liknande sätt som i respondentens examensarbete. Respondenten hoppas därför kunna skapa nytt inbördesrikt material och klargöra ämnet ultraljud.

Etiskt värde

Med etiskt värde väger man intresset för ny kunskap mot kravet av individskydd. Etiken har en stor inverkan på den vetenskapliga forskningen. I studien får ej förekomma lögn eller falskheter. Innehållet i texten får ej heller vara forskarens egna, personliga uppfattning om ämnet. Det är viktigt att integriteten bevaras för samtliga av de personer som deltagit i studien (Starrin & Svensson, 1994, s. 171 - 172).

Som standardmetod anonymiserar man individerna, institutionerna och platserna så att de blir oidentifierbara. Till det etiska värdet hör även slutsatser och tolkningar som forskarna gör utgående från sina forskningar (Starrin & Svensson, 1994, s. 171 - 172).

Respondenten anser att examensarbetet uppfyller det etiska kriteriet. Respondenten har följt Trankells checklista (Starrin & Svensson, 1994, s. 171 - 172) och har ej döljt information, ej lagt till irrelevanta saker, ej dragit egna slutsatser utav materialet, respondenten har lagt lika stor vikt vid de olika svaren och har ej anpassat svaren efter egna syften.

Informanternas namn och deras hem- och arbetsort har respondenten valt att hålla anonymt för att ej lämna rum för misstolkningar och för att ej kränka enskilda individers åsikt.

Intervjufrågorna och svaren presenteras i examensarbetet i ursprunglig form och på informanternas modersmål med lätt redigerad textuppstrukturering för att ej ge plats för misstolkningar. Intervjusvaren har efter sammanställt examensarbete förstörts. Examensarbetet baserar sig på fakta från böcker och vetenskapligt material.

12 Diskussion

I detta kapitel kommer respondenten att allmänt diskutera examensarbetet i sin helhet. Han kommer att analysera de olika delarna i arbetet och diskutera hur man kunde arbeta vidare på ämnet ultraljud. Syftet med examensarbetet var att delge läsaren fördjupad kunskap kring ultraljudsanvändning och att klargöra ultraljudets olika användningsmöjligheter inom sjukvården.

Respondenten har försökt att sammanställa informationen i examensarbetet på ett lättöverskådligt och lättläsligt sätt. Ämnet ultraljud var ett svårt och krävande ämne och insamlingen och sammanställningen av relevant och tillförlitligt material var mycket tidskrävande. Respondenten upplever ändå att studien varit mycket lärorik och att han lyckats delge ett bra och strukturerat innehåll med god reliabilitet i studien. Informanterna i intervjun var specialiserade inom enskild ultraljudstyp och intervjuvaren bestyrker evidensen i examensarbetet. Respondenten upplever att han skapat och besvarat relevanta forskningsfrågor och på ett bra sätt lyckats klargöra information om olika ultraljudstyper och deras användningsområden. Den teoretiska bakgrunden är ganska omfattande, men respondenten anser att den är en viktig del i examensarbetet för att läsaren lättare ska kunna förstå ultraljudets utveckling inom alla olika delområden.

Ultraljudsutvecklingen inom samtliga delområden har skapat de användningsmöjligheter vi har idag med ultraljudet. Respondenten valde att fördjupa sig inom två ultraljudstyper som används aktivt idag inom hälso- och sjukvården, och där har respondenten även tagit med personal- och patientsäkerhet, aseptik vid ultraljudsanvändning. För att göra det lättare för läsaren att förstå möjligheter och användningsområden som vi har idag med ultraljudet har respondenten delgett ny forskning kring ämnet ultraljud. Under kapitlet ”studiens genomförande” och i senare kapitel har respondenten redogjort för de olika forskningsmetoderna som använts vid genomförandet av studien.

För att forska vidare inom ämnet kunde man studera mera ingående kring det terapeutiska ultraljudet, utreda specifika hälsobefrämjande hälsoaspekter av det terapeutiska ultraljudets vävnadspåverkan och effektivitet vid enskilda behandlingar och patientproblematiker. Man kunde studera möjligheterna kring effektiverad användning av det diagnostiska ultraljudet inom hälso- och sjukvården samt hur det kunde vara befrämjande för patienterna vid allmänna patientundersökningar, diagnostiseringar, olika injektioner etc. och hur den helhetliga vårdkvalitén kunde befrämjas genom detta.

13 Källförteckning

Aspelin, P., Pettersson, H. (2008). *Radiologi*. Lund: Studentlitteratur.

Berglund, E. & Jönsson, B-A. (2007). *Medicinsk Fysik*. Lund: Studentlitteratur.

Beggs, I., 2013. *Musculoskeletal Ultrasound*. [Online] <https://ezproxy.novia.fi:2268/lib/novia-ebooks/reader.action?docID=2031664&query=> [hämtat: 23.5.2018].

Bittium Biosignals Oy, 2017. *Sonost 3000*. [Online] <http://luuntiheys.fi/sonost-mittalaite/> [hämtat: 24.5.2018].

Carovac, A., 2011. *Application of Ultrasound in Medicine* [Online] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3564184/pdf/AIM-19-168.pdf> [hämtat: 24.5.2018].

Conner-Kerr, T. & Oesterle, ME. 2017. *Current perspectives on therapeutic ultrasound in the management of chronic wounds: a review of evidence* [Online] <https://www.dovepress.com/current-perspectives-on-therapeutic-ultrasound-in-the-management-of-ch-peer-reviewed-fulltext-article-CWCMR> [hämtat: 1.9.2018].

Curry, R., A., Tempkin, B., B, 2016. *Sonography, Introduction to Normal Structure and function, fourth edition*. Elsevier.

Diter Oy, 2018. *Ultraääni*. [Online] <http://www.diter.com/www/tuotteet/fysioterapia/ultraaani> [hämtat: 27.5.2018].

Eisenberg, L. (1992). *Radiology, an illustrated History*. St. Louis, Missouri.

Fejes, A. & Thornberg, R. (2015) *Handbok i kvalitativ analys*. Stockholm: Liber

Forsberg, C. & Wengström, Y. (2008) *Att göra systematiska litteraturstudier*. Stockholm: Natur och kultur.

Fossum, B. (2013). *Kommunikation-Samtal och bemötande i vården*. Lund: Studentlitteratur.

Haki, J. 2016. *The effect of pressure afterload due to aortic coarctation on left ventricular function in children*. [Online] <http://umu.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1049236&dswid=-6941> [hämtat: 19.5.2018].

Henricsson, M. (2012). *Vetenskaplig teori och metod: Från idé till examination inom omvårdnad*. Lund: Studentlitteratur.

Hirvonen, K. Karhumäki, T. & Tuominen, E. (2008) *Välinehuolto*. Helsinki: Duodecim.

HNS, (u.å.). *Ultraljudsundersökning och ultraljudsstyrda ingrepp*. [Online] <http://www.hus.fi/sv/sjukvard/bilddiagnostik-och-fysiologi/information-om-undersokningar/ultraljudsundersokningar/Sidor/default.aspx> [hämtat: 24.5.2018].

Ibrahimi, P., 2015. *Patterns of non-invasive imaging of carotid atherosclerosis*. [Online] <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:866167/FULLTEXT02.pdf> [hämtat:19.5.2018].

Karhumäki, Jonsson & Saros. (2010). *Mikrobit hoitotyön haasteena*. Edita Publishing Oy.

Karsh, L., I., 2018. *Absorbable Hydrogel Spacer Use in Prostate Radiotherapy: A Comprehensive Review of Phase 3 Clinical Trial Published Data* [Online] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S009042951731213X> [hämtat: 17.9.2018].

Kokki, H., 2008. *Ultraäänien käyttö puudutuksissa* [Online] http://www.finnanest.fi/files/ultraaanen_kokki.pdf [hämtat: 19.5.2018].

Lai, P., 2016. *Breast tumor response to ultrasound mediated excitation of microbubbles and radiation therapy in vivo* [Online] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27226983> [hämtat: 19.5.2018].

Liu, H-L., 2014. *Combining Microbubbles and Ultrasound for Drug Delivery to Brain Tumors: Current Progress and Overview* [Online] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3936295/> [hämtat: 17.9.2018].

Lunds Universitet, 2016. *Ny ultraljudsmetod ger bättre bild av kärhälsa*. [Online] <https://www.lu.se/article/nya-ultraljudsmetod-ger-battre-bild-av-karhalsa> [hämtat: 19.5.2018].

Miller, D., L., 2012. *Overview of Therapeutic Ultrasound Applications and Safety Considerations*. [Online] <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.7863/jum.2012.31.4.623/full> [hämtat: 20.5.2018].

Nisbet, RM., 2017. *Combined effects of scanning ultrasound and a tau-specific single chain antibody in a tau transgenic mouse model*. [Online] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28379300> [hämtat: 19.5.2018].

- Oguji, C., 2013. Sonografereiden konsultointikäytännöt. [Online] <http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/67455/sonografereiden+konsultointikaytannot.pdf?sequence=1> [hämtat 1.9.2018].
- Olsson, H. & Sörensen, S., (2007) *Forskningsprocessen – Kvalitativa och kvantitativa perspektiv*. Stockholm: Liber.
- Olsson, H., & Sörensen, S. (2011). *Forskningsprocessen: Kvalitativa och kvantitativa perspektiv* (3. uppl.). Stockholm: Liber.
- Pellinor, H. (2016) *Bemötande i vården*. 1177. [Online]. <https://www.1177.se/Jonkopings-lan/Regler-och-rattigheter/Bemotande-i-varden/> [hämtat: 10.6.2018].
- Rivanna Medical, 2017. The Accuro 3D spinal navigation technology [Online] <http://rivannamedical.com/> [hämtat: 19.5.2018].
- Rutjes, AW., 2010. *Therapeutic ultrasound for osteoarthritis of the knee or hip*. [Online] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20091539> [hämtat: 19.5.2018].
- Speed, C., A., 2001. Therapeutic ultrasound in soft tissue lesions. [Online] <https://academic.oup.com/rheumatology/article/40/12/1331/1787872> [hämtat: 1.6.2018].
- Starrin, B & Svensson, P. (1994). *Kvalitativ metod och vetenskapsteori*. Lund: Studentlitteratur.
- STUK, 2015. Ultraljud. [Online] <http://www.stuk.fi/web/sv/teman/stralning-i-halsovarden/ultraljud> [hämtat: 23.5.2018].
- Thomas, A., M., K. & Banerjee, A., K. (2013). *The History of Radiology*. United Kingdom: Oxford University Press.
- Tiouririne, M. 2017. *Imaging Performance of a Handheld Ultrasound System with Real-Time Computer-Aided Detection of Lumbar Spine Anatomy: A Feasibility Study*. [Online] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28230717> [hämtat: 19.5.2018].
- Ultrasound Schools Guide, 2017. *The History of Ultrasound* [Online]. <http://ultrasound-schoolsguide.com/history-of-ultrasound> [hämtat: 26.5.2018].
- Ultraääniseura, 2018. [Online] <http://ultraaaniseura.fi/yhdistys> [hämtat: 22.5.2018].

Umeå Universitet, 2016. *Ultraljud upptäcker hjärtfel efter kirurgisk korrektion på spädbarn*. [Online] <https://www.forskning.se/2016/12/19/ultraljud-upptacker-hjartfel-efter-kirurgisk-korrektion-pa-spadbarn/> [hämtat: 19.5.2018].

Umeå Universitet, 2015. *Effekten av kolesterolsänkande medicin kan mätas med ultraljud*. [Online] <https://www.forskning.se/2015/11/20/effekten-av-kolesterolsankande-medicin-kan-matas-med-ultraljud/> [hämtat: 19.5.2018].

Vasa Centralsjukhus, 2015. *Ultraljudsundersökningar*. [Online] https://www.vaasankeskussairaala.fi/sv/for_patienter/vard-och-undersokningar/undersokningar/rontgenundersokningar/ultraljudsundersokningar/ [hämtat: 24.5.2018].

Vasa Centralsjukhus, 2015. *Ultraljudsundersökning av blodkärl*. [Online] https://www.vaasankeskussairaala.fi/sv/for_patienter/vard-och-undersokningar/undersokningar/rontgenundersokningar/ultraljudsundersokningar/ultraljudsunders-av-blodkarl/ [hämtat: 24.5.2018].

Vårdhandboken, 2018. *Biopsier*. [Online] <http://www.vardhandboken.se/Texter/Biopsier/Oversikt/> [hämtat: 24.5.2018].

World Health Organisation, 2011. *Manual of diagnostic ultrasound, second edition*. [Online] http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43881/9789241547451_eng.pdf;sequence=1 [hämtat: 9.7.2018].

Woo, J., 2006. *A short History of the development of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*. [Online] <http://www.ob-ultrasound.net/history1.html> [hämtat: 26.5.2018].

Yle Uutiset, 2018. HIFU-ultraäänihoito poistaa kasvaimia ilman kirurgiaa tai sädehoitoa. [Online] <https://yle.fi/uutiset/3-9992307> [hämtat: 18.8.2018].

ÅUCS, 2018. MR-HIFU. [Online] <http://www.vsshp.fi/sv/hoito-ja-tutkimukset/Sidor/mr-hifu-terapia.aspx> [hämtat: 18.8.2018].

ÅUCS, 2016. *Ultraäänihoitoa naisten yleisiin kasvaimiin*. [Online] <http://www.vsshp.fi/fi/sairaanhoitopiiri/media-tiedotteet-aviestinta/tiedotteet/Sivut/Uusi%20HIFU-hoito.aspx> [hämtat: 18.8.2018].

14 Figurer

Figur 1. <https://www.britannica.com/biography/Lazzaro-Spallanzani>

Figur 2. <http://www.genesis-ultrasound.com/ultrasound-sonography.html>

Figur 3.

https://www.researchgate.net/figure/Drawing-of-Jean-Daniel-Colladon-1802-1893-a-Swiss-physicist-and-his-assistant_fig2_274262868

Figur 4. <http://ultrasoundconnection.com/word-day-piezoelectric/>

Figur 5. <http://www.ob-ultrasound.net/langevin.html>

Figur 6, 7, 8. <http://www.ob-ultrasound.net/history1.html>

Figur 9, 10. <http://www.ob-ultrasound.net/history1.html>

Figur 11. <http://www.ob-ultrasound.net/jjwildbio.html>

Figur 12. <http://www.ob-ultrasound.net/ludwig.html>

Figur 13. <http://www.ob-ultrasound.net/panscanner.html>

Figur 14.

https://www.siemens.com/press/en/presspicture/?press=/en/pp_med/2005/somed200510_01_in_1328279.htm

Figur 15. http://www.ob-ultrasound.net/linear_organon.html

Figur 16. http://nusatoolsindo.com/index.php?route=product/product&product_id=77

Figur 17. <http://luuntiheys.fi/sonost-mittalaite/>

Figur 18.

https://www.fysiosupplies.nl/media/catalog/product/cache/1/image/650x650/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/i/n/intelect_mobile_combo/intelect-mobile-combo-djo-benelux-32.jpg

Figur 19.

<https://www.bristol.ac.uk/news/2015/july/skin-healing.html>

Figur 20. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S009042951731213X>

Figur 21. <https://www.itnonline.com/content/stanford-trial-demonstrates-accuracy-accuro-image-guided-epidural-system>

Instuderingslänkar och litteratur

Agah, M., 2008. *Effekter av akupunktur och ultraljud vid triggerpunktrelaterad smärta*. [Online] <http://tu.diva-portal.org/smash/get/diva2:1030392/FULLTEXT01.pdf> [hämtat: 5.7.2018].

Alexandrov, A., V., *Neurovaskular Examination: The Rapid Evaluation of Stroke Patients Using Ultrasound Waveform Interpretation*. [Online] <https://ezproxy.novia.fi:2268/lib/novia-ebooks/reader.action?docID=1179726&query=> [hämtat: 23.5.2018].

American Institute of Ultrasound in Medicine, 2013. *Ostetric Ultrasound Examinations*. [Online] <http://www.aium.org/resources/guidelines/obstetric.pdf> [hämtat: 20.6.2018].

Barnett, Stanley, B., 2000. *International recommendations and guidelines for the safe use of diagnostic ultrasound in medicine*. [Online] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301562900002040> [hämtat: 4.6.2018].

Bertaglia, A., (u.å.). *Ultrasound therapy*. [Online] https://www.physio-pedia.com/Ultrasound_therapy [hämtat: 5.7.2018].

Binder, A., 1985., *Is therapeutic ultrasound effective in treating soft tissue lesions?* [Online] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1418052/pdf/bmjcred00434-0028.pdf> [hämtat: 24.5.2018].

Binte, A., 2017. *Noninvasive real-time characterization of non-melanoma skin cancers with handheld optoacoustic probes*. [Online] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213597917300113> [hämtat: 2.7.2018].

Biostock, 2017. *Ultraljud och immunterapi visar framsteg i Alzheimers sjukdom*. [Online] <https://www.biostock.se/2017/04/ultraljud-och-immunterapi-visar-framsteg-i-alzheimers-sjukdom/> [hämtat: 19.5.2018].

Boyratz, I., 2015. *Comparison of High-Intensity Laser Therapy and Ultrasound Treatment in the Patients with Lumbar Discopathy*. [Online] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4390181/> [hämtat: 23.10.18].

Brown, M., R., D., 2015. *The use of high-intensity focused ultrasound as a novel treatment for painful conditions—a description and narrative review of the literature*. [Online] <https://academic.oup.com/bja/article/115/4/520/239923> [hämtat: 28.10.2018].

Buxton, S., 2016. *Effects of therapeutic ultrasound on pain, physical functions and safety outcomes in patients with knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis*. [Online] <https://www.physiospot.com/research/effects-of-therapeutic-ultrasound-on-pain-physical-functions-and-safety-outcomes-in-patients-with-knee-osteoarthritis-a-systematic-review-and-meta-analysis-2/> [hämtat: 5.7.2018].

Cosby, K., S., 2013. *Practical Guide to Emergency Ultrasound*. [Online] <https://ezproxy.novia.fi:2268/lib/novia-ebooks/reader.action?docID=3417859&query=> [hämtat: 24.5.2018].

Eriksson, I., 2014. *Datortomografi med kontrast eller ultraljud med kontrast för att upptäcka endoläckage efter endovaskulär aneurysmrekonstruktion (EVAR)*. [Online] <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1024134/FULLTEXT02> [hämtat: 3.7.2018].

Fanet, H., 2014. *Medical Imaging Based on Magnetic Fields and Ultrasounds*. [Online] <https://ezproxy.novia.fi:2268/lib/novia-ebooks/reader.action?docID=1650829&query=> [hämtat: 23.5.2018].

Fantinati, M., S., 2016. *Low intensity ultrasound therapy induces angiogenesis and persistent inflammation in the chronic phase of the healing process of third degree burn wounds experimentally induced in diabetic and non-diabetic rats*. [Online] http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-86502016000700463&script=sci_arttext [hämtat: 3.7.2018].

Fish, P. (1990). *Diagnostic Medical Ultrasound*. Trowbridge, Wiltshire: Redwood books.

Fredriksson, J., 2017. *Ultraljud bakom vinnande teknik*. [Online] <http://www.vvsforum.se/nyheter/2017/maj/ultraljud-bakom-vinnande-teknik/> [hämtat: 5.4.2018].

Hau-Li Lu, 2014. *Combining Microbubbles and Ultrasound for Drug Delivery to Brain Tumors: Current Progress and Overview* [Online] <http://www.thno.org/v04p0432.htm> [hämtat: 19.5.2018].

HUS, (u.å.) *Ultraljudsundersökningar* [Online] <http://www.hus.fi/sv/sjukvard/sjukvardstjanster/hjartsjukdomar/kardiologi/beskrivningar-av-de-vanligaste-ingreppen/Sidor/Ultraljudsundersokning.aspx> [hämtat: 26.6.2018].

Inge Edler and Carl Hertz, *History of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology* (u.å.) [Online] <http://www.ob-ultrasound.net/ingehertz.html> [hämtat: 17.9.2017].

Izadifar, Z., 2017. *Applications and Safety of Therapeutic Ultrasound: Current Trends and Future Potential*. [Online] <https://sciforschenonline.org/journals/clinical-research/article-data/CLROA-3-117/CLROA-3-117.pdf> [hämtat: 3.7.2018].

ITN, 2018. *ASE Opens Enrollment for ImageGuideEcho Registry*. [Online] <https://www.itnonline.com/content/ase-opens-enrollment-imageguideecho-registry> [hämtat: 28.6.2018].

ITN, 2018. *Light and Ultrasound Waves Allow More Precise Excision of Skin Cancer Tumors*. [Online] <https://www.itnonline.com/content/light-and-ultrasound-waves-allow-more-precise-excision-skin-cancer-tumors> [hämtat: 28.6.2018].

ITN, 2018. *New International Report Provides Comprehensive Guide to Imaging in Chagas Heart Disease* [Online] <https://www.itnonline.com/content/new-international-report-provides-comprehensive-guide-imaging-chagas-heart-disease> [hämtat: 26.6.2018].

ITN, 2017. *Pentax Medical Launches New Slim Linear Ultrasound*. [Online] <https://www.itnonline.com/content/pentax-medical-launches-new-slim-linear-ultrasound-endoscope> [hämtat: 2.7.2018].

ITN, 2018. *SonoSim Launches Cloud-Based OB-GYN Ultrasound Training Modules*. [Online] <https://www.itnonline.com/content/sonosim-launches-cloud-based-ob-gyn-ultrasound-training-modules> [hämtat: 28.6.2018].

Jonsson, E., 2014. *Flebografi eller ultraljud vid diagnostik av djup ventrombos i ben?* [Online] https://gupea.ub.gu.se/bitstream/2077/36069/1/gupea_2077_36069_1.pdf [hämtat: 2.7.2018].

Jurkovic, D., 2009. *Gynaecological Ultrasound in Clinical Practice: Ultrasound Imaging in the Management of Gynaecological Conditions*. [Online] <https://ezproxy.novia.fi:2268/lib/novia-ebooks/reader.action?docID=3399995&query=> [hämtat: 24.5..2018].

Jogenstrand, T., Rosfors, S. (2002). *Klinisk fysiologisk kärldiagnostik*. Lund: Studentlitteratur.

Kaartinen, E., 2016. *Ultraäänihoidon vaikutus sääriluun rasisuurumien paranemiseen*. Lappi: Opinnäytetyö sosiaali-, terveys- ja liikunta-ala, fysioterapian koulutusohjelma, Fysioterapeutti (AMK). [Online] http://theseus32-kk.lib.helsinki.fi/bitstream/handle/10024/114423/Kaartinen_Eemeli.pdf?sequence=1 [hämtat 17.9.2017].

Laurikainen, M., Lintunen, J., 2014. *Arpikudoksen fysioterapia* [Online] <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/83098/Arpikudo.pdf?sequence=1> [hämtat: 24.5.2018].

Leskinen, J., 2015. *Ultrasound Stimulation Of Bone and Cartilage-Interactions in Common In Vitro and Tissue Engineering Configurations*. Kuopio: Dissertations in Forestry and Natural Sciences. University Of Eastern Finland. [Online] http://epublications.uef.fi/pub/urn_isbn_978-952-61-1683-9/urn_isbn_978-952-61-1683-9.pdf [hämtat 17.9.2018].

Nofiele, J.I.T., 2013. *Ultrasound-Activated Microbubble Cancer Therapy: Ceramide Production Leading to Enhanced Radiation Effect in vitro* [Online] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4527482/> [hämtat: 26.6.2018].

Nygren, S., & Funk, E., 2012. *Datortomografi eller ultraljud vid frågeställningen akut appendicit*. [Online] <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:530540/FULLTEXT02> [hämtat: 2.7.2018].

Olsson, M., 2015. *Ultrasound Safety*. [Online] <https://www.kth.se/social/files/55599f8af276547dc1a737b5/Ultrasound%20safety%202015.pdf> [hämtat: 16.6.2018].

Pirhonen, P., 2015. *Ultraäänen käyttö ensihoidossa*. [Online] http://epublications.uef.fi/pub/urn_nbn_fi_uef-20150649/urn_nbn_fi_uef-20150649.pdf [hämtat: 2.7.2018].

- Potilaan lääkärilehti, 2016. *Ultraäänihoito voi parantaa erektiota.* [Online] <http://www.potilaanlaakarilehti.fi/uutiset/ultraaanihoito-voi-parantaa-erektiota/> [hämtat:18.8.2018].
- Salo, P., Kettunen, J., *Terapeuttisen ultraäänien vaikutus kipuun polven nivelrikossa.* [Online] <http://www.kaypahoito.fi/web/kh/suositukset/suositus.jsessionid=9A241559530F6389F11F3924B8315542?id=nak07886> [hämtat:20.5.2018].
- ScienceDirect, 2012. *Medical ultrasound.* [Online] <https://www.sciencedirect.com/topics/biochemistry-genetics-and-molecular-biology/medical-ultrasound> [hämtat: 18.6.2018].
- Society and College of Radiographers and British Medical Ultrasound Society, 2015. *Guidelines For Professional Ultrasound Practice.* [Online] https://www.sor.org/sites/default/files/document-versions/2017.11.28_scor_bmus_guidelines_final_2.pdf [hämtat: 18.6.2018].
- Suri, J., S., 2008. *Advances in Diagnostic and Therapeutic Ultrasound Imaging.* [Online] <https://ezproxy.novia.fi:2268/lib/novia-ebooks/reader.action?docID=456880&query=> [hämtat: 24.5.2018].
- Szabo, T., L., 2013. *Diagnostic Ultrasound Imaging: Inside Out.* [Online] <https://ezproxy.novia.fi:2268/lib/novia-ebooks/reader.action?docID=1578341&query=> [hämtat: 23.5.2018].
- Terveystalo, U.Å. *Erektiohäiriön ultraäänihoito.* [Online] <https://www.terveystalo.com/fi/Palvelut/Urologia/Tutkimukset-ja-toimenpiteet/Erektiohairion-ultraaanihoito/> [hämtat: 18.8.2018].
- Viklund, M., 2014. *Ultraljud: Fysik och diagnostik.* [Online] https://www.kth.se/social/upload/54077ed1f27654283f2369a6/sk1114__FRL4_ultraljud_2014.pdf [hämtat: 17.9.2017].
- Watson, T., 2008. *Ultrasound in contemporary physiotherapy practice.* [Online] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0041624X0800036X> [hämtat: 3.7.2018].
- Watson, T., 2015. *Therapeutic ultrasound.* [Online] http://www.electrotherapy.org/assets/Downloads/Therapeutic_Ultrasound_2015.pdf [hämtat: 14.7.2018].

Wong, RA., 2007. *A survey of therapeutic ultrasound use by physical therapists who are orthopedic certified specialists*. [Online] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17553923> [hämtat: 5.7.2018].