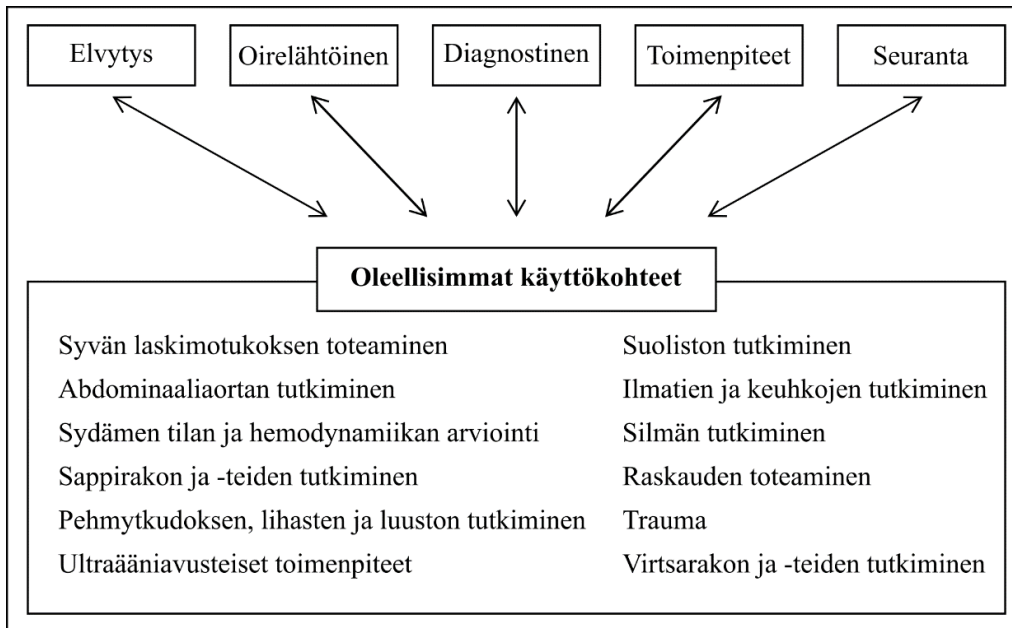


Mitä vierikaikukuvaus on?

Kaikukuvauksesta on ennustettu jo pitkään tulevaisuuden stetoskooppia, lääkärin mukana kulkevaa, helppoa ja monikäyttöistä tutkimusvälinettä (Filly 1988). Kaikukuvauslaitteiden jatkuvasti parantuessa, edullistuessa ja pienentyessä näin voi todella tapahtua (Gillman & Kirkpatrick 2012). Kaikukuvauksen edut ovat moninaiset: se on nopea, edullinen, liikuteltava, turvallinen, säteetön, monipuolinen, toistettava ja reaaliaikainen kuvantamismenetelmä. Toisaalta stetoskoopin tavoin kaikukuvantamalla tehty tutkimus on vahvasti riippuvainen tutkijan kokemuksesta ja taidoista (Lumb & Karakitsos 2015). Filly (1988) totesikin *Radiology*-lehden pääkirjoituksessaan varsin kriittiseen sävyyn ”diagnostinen sonografia todella on tulevaisuuden stetoskooppi: monien käyttämä, mutta vain harvojen ymmärtämä”.

Vierikaikukuvaus (POCUS, *point-of-care ultrasonography*) määritellään kaikukuvaustutkimuksena, joka voidaan suorittaa nopeasti ja potilasta siirtämättä esimerkiksi päivystyspoliklinikalla. Tutkimus on nopea, toistettava ja tuottaa reaaliaikaista ja dynaamista kuvaa kohteestaan (Moore & Copel 2011). Vierikaikukuvaus on usein osa päivystyspotilaan alkuvaiheen diagnostiikka. Sen tavoitteena ei ole yksityiskohtainen anatomian ja patologioiden kuvantaminen radiologin suorittaman kaikukuvauksen tapaan, vaan akuuttia hoitoa vaativien patologioiden ripeä osoittaminen (Lukkarinen & Palomäki 2016).

POCUS voidaan jakaa toimenpiteellisiin, diagnostisiin ja seuloviin käyttökohteisiin (Moore & Copel 2011). Toimenpiteellisiä käyttökohteita ovat esimerkiksi erilaiset kaikukuvausavusteiset kanylointitoimenpiteet. Diagnostisia tutkimuksia ovat selkeällä kysymyksenasettelulla lähestyttävät patologiat, esimerkiksi ilmarinnan tai syvän laskimotukoksen tunnistaminen. Samaan ryhmään kuuluvat myös erilaiset akuuttiprotokollat, kuten FAST (*focused assesment with sonography for trauma*), jonka tarkoituksena on systemaattisesti selvittää, onko traumapotilaalla todettavissa verta eri ruumiinonteloissa (Lumb & Karakitsos 2015, Lukkarinen & Palomäki 2016). Lisäksi ei-invasiivinen ja säteetön kaikukuvantaminen on hyvä vaihtoehto tiettyjen sairauksien seulontaan (Moore & Copel 2011). Yhdysvaltalaisen akuuttilääkärijärjestön ACEP:in (*American College of Emergency Physicians*) ultraääniohjeistus jakaa akuutin kaikukuvantamisen käytön viiteen laveaan kliiniseen ryhmään. Lisäksi järjestö on määritellyt akuutin kaikukuvantamisen 12 oleellisinta käyttökohdetta (*core applications*), jotka on esitetty kuvassa 1 (ACEP 2016).



Kuva 1. Akuutin kaikukuvantamisen jako viiteen määritelmälliseen ryhmään ja kaikukuvantamisen 12 oleellista käyttökohdetta mukailien ACEP:in (2016) kaikukuvantamisohjeistuksesta.

Vierikaikukuvauksen edut

Vierikaikukuvantaminen on nopea, toistettava, säteetön, edullinen ja monipuolinen diagnostinen työkalu. Sen käyttö päivystyspisteissä nopeuttaa oleellisen kliinisen tiedon saantia, lyhentää hoitoaikoja ja parantaa potilaiden tyytyväisyyttä (Sohoni ym. 2014, Sabath & Singh 2016, Buerger & Clark 2017). Myös hoidon komplikaatioiden, sairaalahoitopäivien ja tietokonetomografiatutkimusten määrä näyttää vähenevän, mikä parantaa paitsi hoidon tuloksia myös sen kustannustehokkuutta (Melniker ym. 2016). Invasiivisten toimenpiteiden tukena kaikukuvaus vähentää merkittävästi niistä johtuvia komplikaatioita (Arienti & Camaggi 2011). Erityisen käyttökelpoista vierikaikukuvantaminen näyttää olevan sellaisissa päivystyspisteissä, joissa mahdollisuus muuhun kuvantamiseen on päivystysaikana rajallinen (Sabath & Singh 2016).

Vierikaikukuvauksella on lukuisia sovelluskohteita, ja osaavan klinikon käsissä se haastaa kalliimmat ja hitaammat kuvantamistutkimukset myös tarkkuudessa. Vierikaikukuvaus parantaa merkittävästi diagnostista tarkkuutta auskultoimalla ja palpoimalla tapahtuvaan kliiniseen tutkimukseen nähden (taulukko 1). Esimerkkejä vierikaikukuvantamalla hyvin tunnistettavista patologioista ovat ilmarinta, keuhkopöhö, keuhkokuume (Volpicelli ym. 2012), monet murtumat (Kozaci ym. 2015, Kilic ym. 2016), appendisiitti (Cochon ym. 2016), syvä laskimotukos (Pomero ym. 2013), vatsa-aortan aneurysma, kolestaasi ja kolekystiitti sekä erilaiset nestekertymät (Beltrán & García-Casasola 2014).

Taulukko 1. Potilaan kliinisen tutkimisen ja vierikaikukuvantamisen diagnostinen tarkkuus joissakin patologi-oissa. Mukaillen Bhagran ym. (2016) katsausartikkelista. Sens. = sensitiivisyys, Spes. = spesifisyys, h.ä. = hengityssänet.

| Patologia | Kliininen tutkimus | | | POCUS | | |
|-------------------|---------------------|---------|---------|-----------------------------|---------|---------|
| | Löydös | Sens. % | Spes. % | Löydös | Sens. % | Spes. % |
| Pleuraneste | Perkussio | 89 | 81 | Pleuranesteen osoittaminen | 93 | 96 |
| | Hiljentyneet h.ä. | 88 | 83 | | | |
| Pneumonia | Auskultaatio-löydös | 19 – 67 | 82 – 94 | Konsolidaatio-kuvio | 94 – 95 | 90 – 96 |
| | Bronkiaaliset h.ä. | 14 | 96 | | | |
| Hepatomegalia | Perkussio | 61 – 92 | 30 – 43 | Hepatomegalia | 82 | 90 |
| | Palpaatio | 39 – 71 | 56 – 85 | | | |
| Splénomegalia | Perkussio | 25 – 85 | 32 – 94 | Splénomegalia | 100 | 74 |
| | Palpaatio | 18 – 78 | 89 – 99 | | | |
| Askitesneste | Inspektio | 73 – 93 | 44 – 70 | Askitesnesteen osoittaminen | 96 | 82 |
| | Nesteaalto | 50 – 80 | 82 – 92 | | | |
| Syvä laskimotukos | Pohkeen turvotus | 61 – 67 | 69 – 71 | Kompressio-tutkimus | 96 | 97 |
| | Homanin oire | 10 – 54 | 39 – 89 | | | |
| | Wellsin pisteet | 38 – 87 | 71 – 99 | | | |

Vierikaikukuvauksen haitat ja riskit

Vierikaikukuvauksen tarkkuus ja käyttökelpoisuus riippuu tutkimuksen tekijän kokemuksesta ja taidoista muiden kliinisten tutkimusten tapaan. Kaikututkimuksia tekevien ja tulkitsevien kliinikoiden tulisi olla tehtävään riittävästi koulutettuja (Buerger & Clark 2017). Suomalaisessa erikoislääkärinkoulutuksessa haasteena on toisinaan riittämätön seniorituki, henkilökohtainen arkuus kaikukuvauksen soveltamisessa käytäntöön ja omaehtoisen harjoittelun vähäisyys ajanpuutteen vuoksi (Lukkarinen & Palomäki 2016).

Toisaalta jo varsin vähäinen, muutamien päivien tai jopa tuntien mittainen koulutus parantaa kaikukuvausdiagnoosiin tarkkuutta merkittävästi (Kelm ym. 2015, Greenstein ym. 2016, Todsén ym. 2016). Myös verkkomateriaaliin ja itsenäiseen harjoitteluun perustuva koulutus näyttää tuottavan hyviä tuloksia (Fuchs ym. 2018). Opittujen taitojen ylläpitäminen ja kehittäminen vaatii kuitenkin vierikaikukuvauksen säännöllistä käytännön harjoittelua (Kelm ym. 2015).

Lanton ja Parviaisen (2016) mukaan suomalaiset sairaalaradiologit eivät vastusta vierikaikukuvantamisen osittaista siirtymistä hoitaville lääkäreille. Julkisen sektorin radiologipula huomioiden tämä voidaan nähdä suotuisana kehityksenä. Moni radiologi on myös valmis opettamaan kaikukuvantamista muiden erikoisalojen kollegoille.

Väärä positiivinen tai negatiivinen löydös voi syntyä klinikosta, potilaasta tai laitteistosta johtuvista syistä. Jos löydökset ovat epävarmat tai riittävän selkeää kaikukuvanäkymää ei saada, ei tulkintoja tule tehdä, vaan

on syytä pyytää radiologinen ultraäänitutkimus tai käyttää muita kuvantamiskeinoja. Muiden kuvantamistutkimusten tapaan myös vierikaikukuvantamalla voidaan havaita sattumalöydöksiä. Nämä voivat vaikuttaa merkittävästi potilaan hoitoon, usein negatiivisestikin turhien kokeiden ja interventioiden muodossa (Shephard 2017).

Schumacherin ym. (2012) katsausartikkelissa koottiin 35 perusterveydenhuollon yleislääkärien ja geriatrien vierikaikukuvantamista käsittelevää tutkimusta. Artikkeleista 30 viittasi vierikaikukuvantamisen etuihin ja 12 haittoihin. Taulukko 2 kokoaa tutkimusten tulokset ja havainnollistaa vierikaikukuvantamisen etuja ja haittoja lähinnä perusterveydenhuollossa. Selvästi merkittävin haitta on käyttäjän kokemattomuudesta johtuva epävarmuus vierikaikukuvantamisessa.

Taulukko 2. Vierikaikukuvantamista perusterveydenhuollossa käsittelevissä 35 tutkimuksessa mainitut kaikukuvantamisen edut ja haitat Schumacherin ym. (2012) katsausartikkelin mukaan.








| Edut (mainittu 30 tutkimuksessa) | Haitat (mainittu 12 tutkimuksessa) |
|---|--|
| 18 x diagnostisen tarkkuuden paraneminen | 7 x käyttäjän kokemattomuudesta johtuva tutkimuksen epävarmuus |
| 14 x diagnoosin nopeutuminen | 2 x kustannusrajoite |
| 8 x hoidon turvallisuuden paraneminen | 1 x huoli hoitovirheistä |
| 6 x hoidon kustannusten väheneminen | 1 x huoli steriliteetistä |
| 6 x laitteiston helppo liikuteltavuus | 1 x muu haitta |
| 5 x kaikukuvantamisen oppimisen helppous | 1 x huoli väärästä negatiivisesta tuloksesta (AAA) |
| 2 x potilaiden tyytyväisyyden paraneminen | |

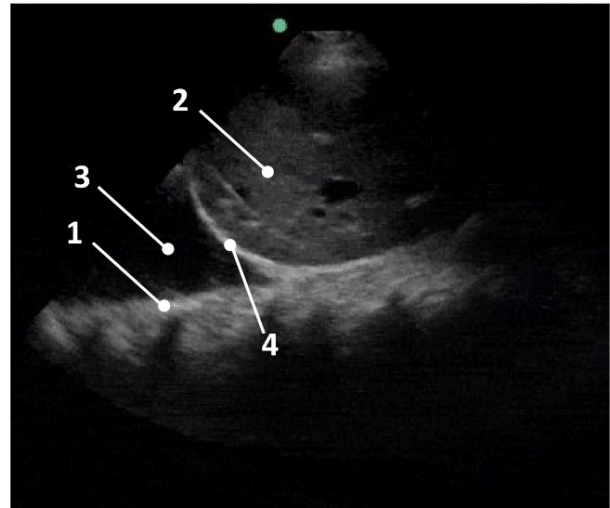
VIERIKAIKUKUVAUKSEN PERUSTEITA

Kaikukuvantamisen fysiikkaa

Ultraääni on ääntä, jonka taajuus on ihmisen kuulokynnyksen (20 – 20 000 Hz) yläpuolella. Lääketieteellisessä kaikukuvantamisessa käytettävän ultraäänen taajuus on yleensä 2 – 15 MHz. Ultraääni tuotetaan hyödyntämällä pietsosähköistä ilmiötä. Ultraäänilaitteen anturin kärjessä on kiteitä, jotka värähtelevät ultraääntä tuottaen, kun niihin johdetaan sähköä. Kudoksesta takaisin heijastuvat ääniaallot aiheuttavat kiteisiin osuesaan jälleen värähtelyä, josta tuotetaan ruudulla nähtävä kaikukuva. Mitä voimakkaampi palaava kaiku on, sitä kirkkaampi kuva ruudulle muodostuu. Kaiun palaamiseen kuluvasta ajasta ultraäänilaitte määrittää kohteen syvyyden (Noble & Nelson 2011, Ma ym. 2014).

Kohteesta muodostuvan kaikukuvan kirkkaus riippuu ensisijaisesti väliaineen ominaisuuksista. Ultraääni kulkee parhaiten homogeenisessä ja tiheässä väliaineessa, kuten nesteessä, joka tuottaa lähes mustan kaikukuvan. Kaikukuvan kirkkaus onkin läheisessä yhteydessä kudoksen vaimennuskertoimeen, joka kuvaa ultraääniaaltojen vaimenemisnopeutta tietyssä kudoksessa (kuva 2). Vaimenemista tapahtuu myös erilaisten kudosten välisissä rajapinnoissa, ja nämä kuvantuvat usein varsin kirkkaina (pallea kuvassa 2). Ultraääni etenee erittäin huonosti ilmassa sironnan vuoksi. Tämän vuoksi geelin käyttäminen on tärkeää: pienikin ilmamäärä potilaan ihon ja anturin välissä heikentää kaikukuvan laatua merkittävästi (Noble & Nelson 2011, Ma ym. 2014).

| | | |
|---|----------------|------|
|  | Ilma | 4500 |
|  | Luu (1) | 870 |
|  | Lihäs | 350 |
|  | Maksakudos (2) | 90 |
|  | Rasvakudos | 60 |
|  | Veri | 9 |
|  | Neste (3) | 6 |



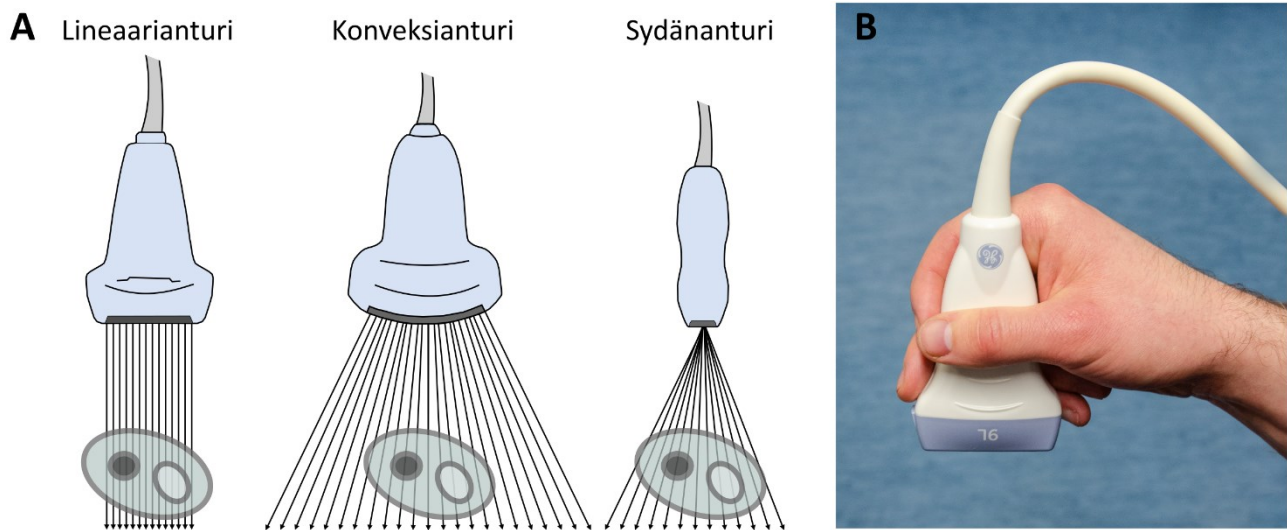
Kuva 2. Vaimennuskertoimia biologisille väliaineille. Mitä suurempi väliaineen vaimennuskerroin on, sitä kirkkaamman kuvan se tuottaa. Oikealla potilaan oikean ylävatsan kaikukuva, jossa nähdään maksakudosta (2), kirkaskaikuista selkärankaa (1) ja patologisena löydöksenä tummakaikuista pleuranestettä (3). Myös pallea (4) kuvantuu kirkkaana (Noble & Nelson 2011). Kaikukuva: The POCUS Atlas.

Ultraäänen taajuus vaikuttaa sen kuvantamisominaisuuksiin. Korkeataajuisinen ultraääni tuottaa resoluutioltaan eli erottelukyvyltään tarkkaa kuvaa. Toisaalta se myös menettää kudoksessa energiaansa nopeasti. Sillä voidaan mielekkäästi kuvantaa vain melko pinnallisia kohteita. Matalampitaajuisista ultraääntä käytettäessä resoluutio on heikompi, mutta se läpäisee kudoksia paremmin ja soveltuu hyvin syvempien kohteiden kuvantamiseen (Noble & Nelson 2011).

Ultraäänianturit

Ultraäänilaitteisiin on saatavilla useita erilaisia anturityyppejä, jotka eroavat toisistaan käyttötarkoituksen, koon, muodon, kiteiden määrän ja asemoinnin sekä ultraäänitaajuuksien suhteen. Vierikaikukuvauksessa käytetyimmät anturit ovat konveksi- eli vatsa-anturi ja lineaari- eli pinta-anturi (Noble & Nelson 2011, Ma ym. 2014).

Konveksianturissa kiteet on järjestetty konveksille kaarelle ja muodostuva kaikukuva laajenee kohti syvempiä rakenteita (kuva 3A). Konveksianturia käytetään yleensä vatsan alueen kuvantamiseen. Käytettävät taajuudet ovat suhteellisen matalia (2 – 8 MHz), jolloin kudosläpäisevyys on riittävä syvien rakenteiden kuvantamiseksi (Noble & Nelson 2011, Ma ym. 2014).



Kuva 3. A) Tavallisimmat anturityypit ja niiden luomat kaikukuvaprojektiot. B) Tukeva ja hienovaraiset liikkeet salliva ote anturista.

Lineaarianturissa kiteet on järjestetty suoraan linjaan. Kuva muodostuu anturin levyisenä suorakaiteena. Lineaarianturia käytetään lähinnä pinnallisten kohteiden kuvantamiseen sekä ultraääniavusteisissa toimenpiteissä. Lineaarianturit mahdollistavat korkeiden taajuuksien (4 – 18 MHz) käytön, jolloin pinnallisia rakenteita voidaan kuvantaa korkealla resoluutiolla (Noble & Nelson 2011, Ma ym. 2014).

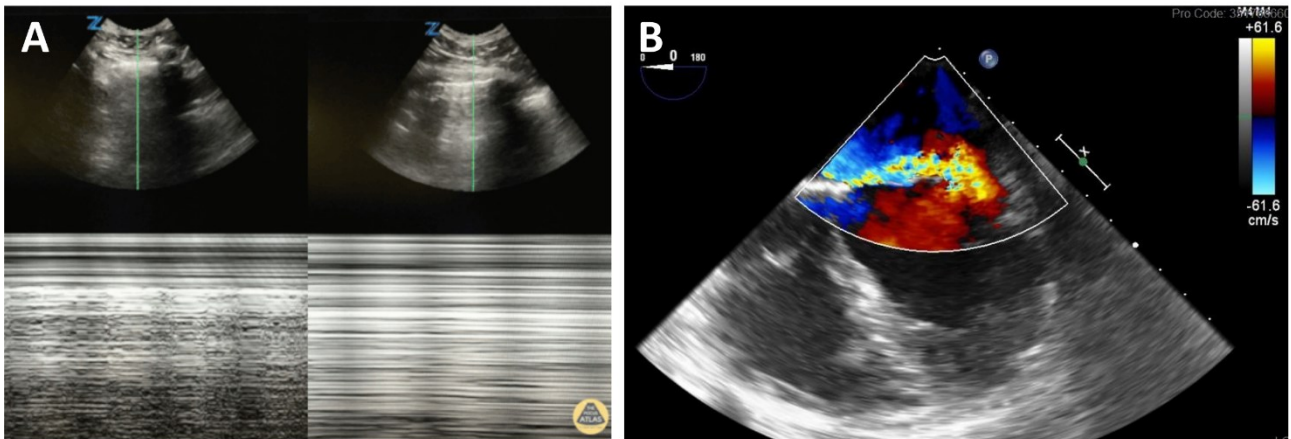
Sydämen kuvantamiseen käytetään *phased array*- eli sydänanturia. Kiteet on järjestetty tiiviisti ja anturin pää on pieni, jolloin on mahdollista kuvantaa sydäntä kylkiluuväleistä. Ultraääniallot luovat sektorimaisen kaikukuvan, jossa sydän kuvantuu lähes kokonaisuudessaan (Noble & Nelson 2011, Ma ym. 2014).

Hyvä ja tukeva ote anturista on tärkeä, sillä tutkittavan kohteen löytäminen vaatii usein melko hienovaraisia liu'utus-, kierto- tai kallistusliikkeitä. Kun kohde löytyy, anturi täytyy pystyä pitämään paikallaan. Hyvässä perusotteessa kolme ensimmäistä sormea pitelevät anturia kynäotteen tapaan, ja loput sormet sekä kämmensyrjä vakauttavat otteen potilaan ihoa vasten (kuva 3B).

Ultraäänilaitteen kuvantamistilat ja asetukset

Ultraäänilaitteissa on useita vaihtoehtoisia kuvantamistiloja, joista vierikaikukuvantamisen kannalta tärkeimmät ovat (Noble & Nelson 2011, Ma ym. 2014):

- *B-mode*-tila (*brightness*) on ultraäänilaitteen normaalinäkymä, reaaliaikainen kaksikulotteinen harmaan sävyissä toistuva leikekuva anturin alla olevasta kudoksesta.
- *M-mode*-tilassa (*motion*) voidaan tarkkailla erilaisten rakenteiden liikettä. Käyttäjä asettaa *M-moden* kapean kuvantamissäteen tutkittavan rakenteen kohdalle, jolloin laite piirtää säteen kohdalta palaavat kaiut kuvan y-akselille, ja x-akseli edustaa aikaa (kuva 4A). Tätä voidaan hyödyntää muun muassa ilmarinnan ja sydämen toiminnan arvioinnissa.
- *Color doppler* -toiminnolla voidaan tarkastella erilaisia virtauksia (kuva 4B). Kun ultraääni heijastuu liikkuvasta kohteesta, sen taajuus muuttuu (Doppler-ilmiö). *Color doppler* -tilassa tämä taajuusmuutos kuvannetaan väreinä, yleensä punaisena ja sinisenä. Väri riippuu siitä, onko virtaus kohti vai pois päin anturista. Toimintoa voidaan käyttää muun muassa verisuonirakenteiden tunnistamisessa ja sydämen läppävuotojen arvioinnissa.



Kuva 4. A) *M-mode*a voidaan käyttää mm. ilmarinnan diagnostiikassa. Vasemmassa paneelissa normaali löydös, jossa pleuralehtien liike piirtää hiekkarantaa muistuttavan *M-moden* kuvan. Oikeassa paneelissa ilmarintalöydös, ns. *barcode sign*. Kuva: The POCUS Atlas. B) Color doppler -toimintoa voidaan käyttää erilaisten virtausten arviointiin. Kuvassa mitraalivuoto. Kuva: Jayanth Keshavamurthy, Radiopaedia.org, rID: 49315.

Ultraäänilaitteessa on myös useita asetuksia, joilla kuvaa voidaan kohdistaa ja optimoida halutun näkymän löytämiseksi. Asetusten nimissä ja niiden sijainnissa laitteen hallintapaneelilla on jonkin verran laitekohtaista vaihtelua. Keskeisimpiä asetuksia on listattu alla (Noble & Nelson 2011, Ma ym. 2014):

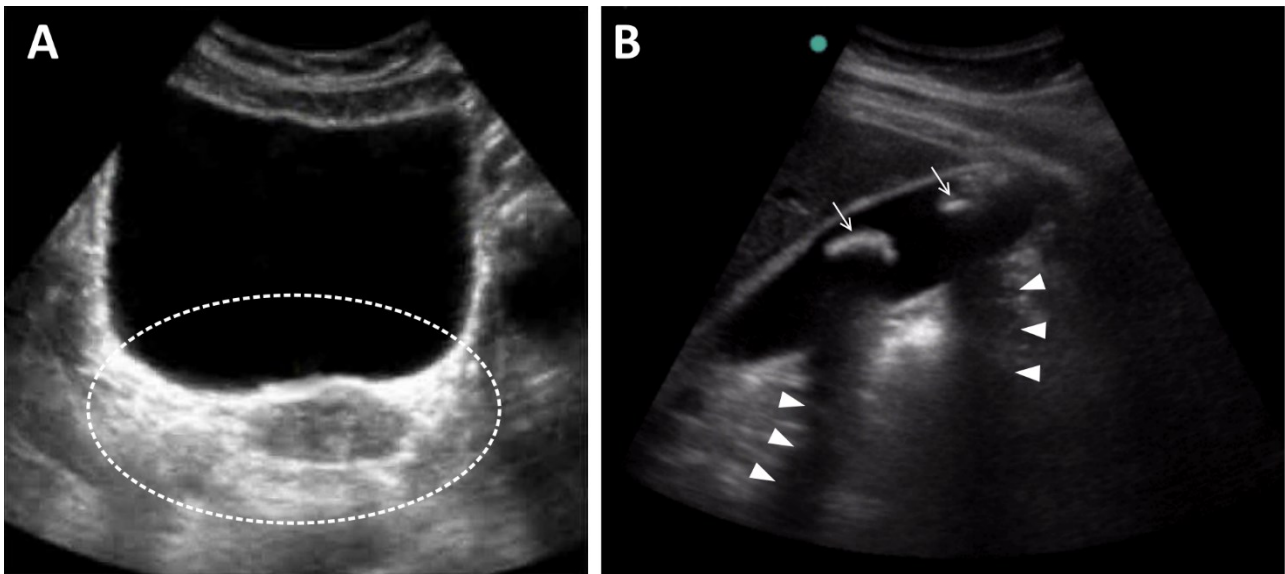
- *Depth*-asetuksella säädetään kaikukuvan näkymän syvyyttä kudoksessa. Kaikukuvan sivulla näkyy yleensä mitta-asteikko, jonka avulla voidaan arvioida rakenteiden kokoa ja syvyyttä.
- *Freeze*-toiminnolla voidaan pysäyttää kaikukuva lähempää tarkastelua varten. Useimmat laitteet tallentavat kaikukuvaa painallusta edeltäviltä sekunneilta, jolloin sitä voidaan myös selaila.
- *Measure*-toiminnolla voidaan pysäytettyyn kuvaan asettaa kaksi pistettä, joiden välimatkan laite ilmoittaa. Toiminnolla voidaan arvioida erilaisten rakenteiden ja patologioiden kokoa, esimerkiksi vatsa-aortan aneurysman halkaisijaa tai askiteskerroksen paksuutta. Useissa laitteissa on toimintoja myös pinta-alojen määrittämistä varten ja valmiita ohjelmia esimerkiksi virtsarakon tilavuuden määrittämiseen.
- *Gain*-asetuksella säädetään koko kaikukuvan kirkkautta.
- *TGC (time gain compensation)* mahdollistaa kuvan kirkkauden säätämisen eri syvyyksillä. Syvemmistä kudoksista palaavat kaiut ovat vaimentuneet pinnallisia enemmän. Tästä syystä kaikukuva tummenee asteittain syvemmälle mentäessä, vaikka väliaine pysyisi homogeenisena. Useimmat ultraäänilaitteet kompensoivat tätä ilmiötä automaattisesti lisäämällä alakentän kirkkautta. *TGC*-toiminnolla käyttäjä voi itse säätää eri syvyyksien kirkkautta.
- *Zoom*-toiminnolla voidaan suurentaa jotakin kuvan osaa. Tämä ei kuitenkaan paranna suurennoksen resoluutiota.
- *Focus*-toiminnolla voidaan säätää kuvan korkeimman tarkkuuden (*focal zone*) syvyyttä. Kaikukuvan sivulla näkyy yleensä nuoli tai viiva osoittamassa korkeimman tarkkuuden kohtaa.
- *Frequency*-asetuksella käyttäjä voi valita anturin lähettämän ultraäänin taajuuden. Esimerkiksi vatsa-anturi voi olla säädettävissä 2 – 4 MHz taajuudelle. Korkeamman taajuuden ultraääni tuottaa suuremman resoluution ja puhtaamman kuvan, mutta sen kudosläpäisevyys on heikompaa kuin matalataajuuden ultraäänin. Suositeltavaa on valita korkein mahdollinen taajuus, jolla saavutetaan kuvantamisen kohteen kannalta riittävä syvyys.
- *Optimization*-toiminnolla ultraäänilaitte pyrkii automaattisesti optimoimaan näkymän säätäen kaikkia ylläolevia asetuksia. Tämä on usein hyvä lähtökohta, jota käyttäjä voi edelleen hienosäätää.
- *Presettings* eli ennako- tai valmisasetukset ovat laitteen valmistajan tiettyyn kuvantamistarkoitukseen optimoituja asetuksia. Esimerkiksi sydänasetuksessa kuvataajuus (*frame rate*) on korkea, mikä

helpottaa sydämen liikkeen arviointia. Tämä kuitenkin huonontaa jossain määrin kuvanlaatua. Usein on mahdollista myös luoda omia valmisasetuksia.

Artefaktit

Artefakti on kuvailmiö ilman anatomista korrelaatiota. Kaikukuvantamisessa artefaktien taustalla voi olla käytettävä laitteisto, käyttäjävirhe, fysiologiset tai kuvantamistekniset syyt. Artefaktit ovat merkittävä virhetulokintojen lähde ja niiden yleisyys on syytä tiedostaa. Aito anatominen kohde näkyy yleensä useasta suunnasta kuvannettuna. Artefakteja voidaan käyttää myös hyödyksi joidenkin patologioiden tunnistamisessa. Yleisiä artefakteja ovat kaikukirkastuma, kaikukatve ja peilikuva-artefakti.

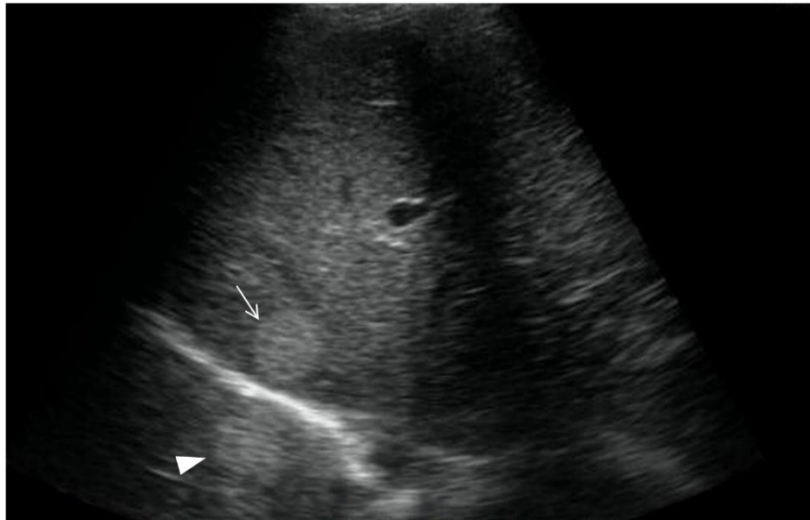
Kun ultraääni kulkee heikosti vaimentavan rakenteen läpi, rakenteen takana olevasta kudoksesta palaavat kaiut ovat voimakkaita ja näkyvät poikkeuksellisen kirkkaina kaikukuvassa. Esimerkki kaikukirkastumasta ovat virtsarakon posterioriset rakenteet (kuva 5A). Kaikukirkastumaa voidaan käyttää hyväksi erilaisten patologisten nestekertymien kuten verenvuotojen ja nivelnestekertymien tunnistamisessa (Noble & Nelson 2011, Ma ym. 2014).



Kuva 5. A) Katkoviivalla ympäröity kaikukirkastuma virtsarakon posterioripuolella. Kuva: www.radiologyassistant.nl. B) Kaksi pinnaltaan kirkaskaikuista suurta sappikiveä (nuolet) jättävät alleen kaikukatveet (nuolenkärjet). Sappirakon posterioripuolella nähdään myös kaikukirkastumaa. Kuva: The POCUS Atlas.

Kaikukatve syntyy, kun ultraääniaallot kohtaavat ääntä voimakkaasti vaimentavan ja heijastavan kohteen. Tällöin kohteen taakse syntyy tumma varjo ja usein kohteen pinta näkyy samasta syystä kirkaskaikuisena (kuva 5B). Muun muassa luurakenteet ja sappikivet tuottavat kaikukatveja (Noble & Nelson 2011, Ma ym. 2014).

Ultraäänitekniikan ominaisuuksien takia tietyt ultraääniaaltoja voimakkaasti heijastavat rakenteet tuottavat peiliartefaktin kyseisen rakenteen posterioriselle puolelle. Tyypillinen peiliartefaktin synnyttäjä on pallea (kuva 6) (Noble & Nelson 2011, Ma ym. 2014).



Kuva 6. Maksakudosta ja siinä näkyvä pyöreä metastaasi (nuoli), josta kirkaskaikuinen pallea luo peiliartefaktin (nuolenkärki) pallean posterioripuolelle, missä todellisuudessa on ilmatäyteistä keuhkokudosta. Kuva: Ayush Goel, Radiopaedia.org, rID: 26560.

Lähteet

ACEP (American College of Emergency Physicians). Ultrasound Guidelines: Emergency, point-of-care, and clinical ultrasound guidelines in medicine. ACEP 2016.

Arienti V, Camaggi V. Clinical applications of bedside ultrasonography in internal and emergency medicine. *Internal and Emergency medicine* 2011;6:195 – 201.

Beltrán L, García-Casasola G. Ultrasonography managed by internists: The stethoscope of 21st century? *Revista Clínica Española* 2014;214:155 – 60.

Bhagra A, Tierney D, Sekiguchi H, Soni N. Point-of-care ultrasonography for primary care physicians and general internists. *Mayo Clinic Proceedings* 2016;91:1811 – 27.

Buerger AM, Clark KR. Point-of-care ultrasound: a trend in health care. *Radiologic Technology* 2017;89:127 – 138.

Cochon L, Esin J, Baez A. Bayesian comparative model of CT scan and ultrasonography in the assessment of acute appendicitis: results from the Acute Care Diagnostic Collaboration project. *American Journal of Emergency Medicine* 2016;34:2070 – 73.

Filly R. Ultrasound: The stethoscope of the future, alas. *Radiology* 1988;167:400.

Fuchs L, Gilad D, Mizrakli Y ym. Self-learning of point-of-care cardiac ultrasound – Can medical students teach themselves? *PLoS One* 2018;13:e0204087.

Greenstein YY, Littauer R, Nasimhan M, Mayo PH, Koenig SJ. Effectiveness of a critical care ultrasonography course. *Chest* 2016;151:34 – 40.

Kelm DJ, Ratelle JT, Azeem N ym. Longitudinal ultrasound curriculum improves long-term retention among internal medicine residents. *Journal of Graduate Medical Education* 2015;7:454 – 457.

- Kilic T, Yesilaras M, Atilla O, Turgut A. The accuracy of point-of-care ultrasound as a diagnostic tool for patella fractures. *American Journal of Emergency Medicine* 2016;34:1576 – 78.
- Kozaci N, Ay M, Akcimen M, Sasmaz I, Turhan G, Boz A. The effectiveness of bedside point-of-care ultrasonography in the diagnosis and management of metacarpal fractures. *American Journal of Emergency Medicine* 2015;33:1468 – 72.
- Lantto E & Parviainen H. Kohdennettu kaikukuvaus klinikon työn tukena. *Duodecim* 2016;132:759 – 60.
- Lukkarinen T, Palomäki A. Kaikukuvaus akuuttilääkärin työkaluna. *Duodecim* 2016;132:761 – 6.
- Lumb P, Karakitsos D. *Critical Care Ultrasound*. Philadelphia: Elsevier Saunders 2015.
- Ma OJ, Mateer JR, Reardon RF ym. *Ma and Mateer's Emergency Ultrasound*, 3. painos. New York: McGraw-Hill Education / Medical 2014.
- Melniker LA, Leibner E, McKenney MG ym. Randomized clinical trial of point-of-care, limited ultrasonography for trauma in the emergency department: The first sonography outcomes assessment program trial. *Annals of Emergency Medicine* 2006;48:227 – 235.
- Moore C, Copel J. Point-of-Care Ultrasonography. *The New England Journal of Medicine* 2011;364:749 – 57.
- Noble VE, Nelson B. *Manual of Emergency and Critical Care Ultrasound*, 2. painos. Cambridge: Cambridge University Press 2011.
- Pomero F, Dentali F, Borretta V ym. Accuracy of emergency physician-performed ultrasonography in the diagnosis of deep-vein thrombosis: a systematic review and meta-analysis. *Thrombosis and Haemostasis* 2013;109:137 – 45.
- Sabath B, Singh G. Point-of-care ultrasonography as a training milestone for internal medicine residents: the time is now. *Journal of Community Hospital Internal Medicine Perspectives* 2016;6:33094.
- Schumacher SM, Leone AF, Rao V ym. Point of care ultrasound by primary care physicians and geriatricians: Old adults, new technology, potential benefits and burdens. *Gerontology & Geriatric Research* 2012;1:1 – 5.
- Shephard M. *A Practical Guide to Global Point-of-Care Testing*, 1. painos. CSIRO Publishing 2017.
- Sohoni A, Bosley J, Miss J. Bedside ultrasonography for obstetric and gynecologic emergencies. *Critical Care Clinics* 2014;30:207 – 226.
- Todsen T, Jensen ML, Tolsgaard MG ym. Transfer from point-of-care Ultrasonography training to diagnostic performance on patients – a randomized controlled trial. *The American Journal of Surgery* 2016;211:40 – 5.
- Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, ym. International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Med* 2012;38:577–91.