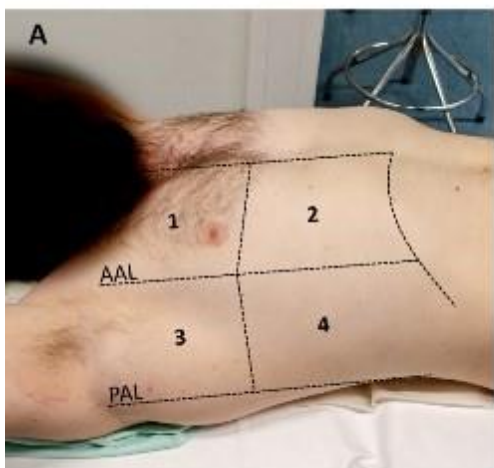


7.2 Keuhkokuumeen kaikukuvaus

Kansainvälisesti yksi käytetyimmistä ja eniten tutkituista vierikaikukuvauksen indikaatioista on keuhkokuume, jota ei kuitenkaan Suomessa ole totuttu käyttämään ensilinjan tutkimuksena. Kun potilaalla epäillään keuhkokuumetta, on kaikukuvantaminen hyvä tutkimus erityisesti lapsipotilailla ja tilanteissa, joissa röntgen-kuvantamista ei ole käytettävissä (Blaiwas 2012).

Joissakin tilanteissa kaikukuvantaminen on keuhkokuuvaa herkempi ja tarkempi tutkimus keuhkokuumeen toteamisessa. Cortellaron ym. (2012) tutkimus koostui 120 sairaalapäivystyksen keuhkokuume-epäilypotilaasta, jossa kokeneen radiologin tulkitsemana natiivikuvan sensitiivisyys keuhkokuumeen toteamisessa oli 67 % ja spesifisyys 85 %. Vastaavat lukemat kaikukuvantamiselle olivat 98 % ja 95 %. Bourcier ym. (2014) määrittivät (N = 144) natiivikuvan sensitiivisyydeksi 60 % ja spesifisyydeksi 76 % ja vastaavasti kaikukuvantamiselle 95 ja 57 %. Orson ym. (2018) tuoreessa 17 tutkimusta ja 5108 potilasta käsittävässä metaanalyyssissä kaikukuvantamisen sensitiivisyys oli 92 % ja spesifisyys 93 %.

Keuhkokuumetta tutkittaessa potilas makaa selällään. Anturiksi valitaan mieluiten mikrokonveksianturi, mutta lineaari- tai sydänanturi soveltuvat tutkimukseen myös hyvin. Kuvantamissyvyydeksi määritetään aikuispotilaalla lähtökohtaisesti 16 – 18 cm. Koko rintakehä tutkitaan järjestelmällisesti alueittain (kuva 32A). Kullakin alueelta haetaan hyvän näkymän tarjoava kylkiluuväli ja anturia kallistellaan rauhallisesti sekä horisontaali- että vertikaalisuunnassa (anturin suuntamerkki ensin kohti potilaan päätä, sitten oikealle) koko alueen läpikäymiseksi, koska keuhkokuume on useimmiten paikallinen sairaus (Blaiwas 2012).

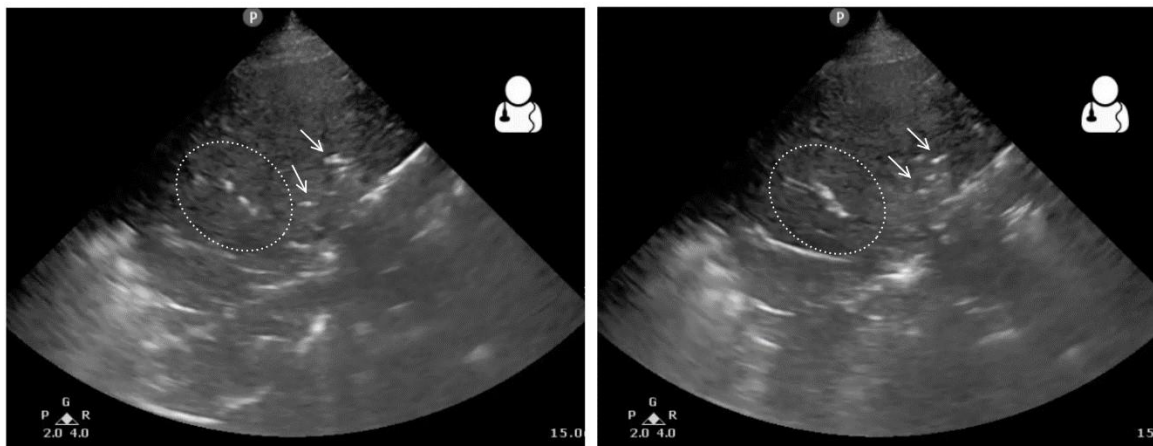


Kuva 32. A) Keuhkokuumetta tutkittaessa rintakehä jaetaan neljään alueeseen, ja tutkimus suoritetaan järjestelmällisesti kullekin alueelle. Tutkimus tulee laajentaa myös rintakehän posterioripuolelle BLUE-protokollan mukaisesti ns. PLAPS-pisteeseen (ks. tarkemmin alempana, kuva 35). AAL = anteriorinen aksillaarilinja, PAL = posteriorinen aksillaarilinja. B) Kaikukuvan keskellä nähdään keuhkokuumeeseen viittaava, maksakudosta muistuttavasta konsolidaatio. Konsolidaatiossa nähdään kirkkaita ilmabronkogrammeja (nuolet) ja sen päällä pleuranestekertymä (N). Lähde: The POCUS Atlas.

Keuhkokuume todetaan havaitsemalla konsolidaatio eli paikallinen nestekertymä keuhkokudoksessa (kuva 32B). Konsolidaatio havaitaan kaikukuvantamalla vain, jos se koskettaa pleuraa. Hyvin varhainen keuhkokuume voi olla lokalisoitunut keuhkojen keskelle niin, että sitä ei nähdä ultraäänellä. Kriittisesti sairaiden potilaiden kohdalla konsolidaatio kuitenkin ulottuu pleuraan 98 % tapauksista. (Lichtenstein & Mezière 2008). Toisinaan konsolidaatio voi olla hankala erottaa atelektaasista (eli kokoon painuneesta keuhkokudoksesta). Pneumoniseen konsolidaatioon viittaavat seuraavat kaikulöydökset (Blaivas 2012, Lichtenstein ym.

2009):

- Konsolidaatio nähdään yleensä maksakudoksen kaltaisena (*hepatization*) pleurarajapintaan rajautuvana muutoksena.
- Konsolidaation ja ilmatäyteen keuhkon rajapinta on usein epäsäännöllinen (*shred sign*).
- Konsolidaation yhteydessä voidaan nähdä pleuranestettä tummana juovana.
- A-viivoja ei nähdä konsolidaation kohdalla.
- Keuhkokuumeeseen viittaa vahvasti ilman aiheuttama kirkaskaikuinen haarova tai pistemäinen ”dynaaminen ilmabronkogrammi” (*dynamic air bronchogram*), joka liikkuu konsolidaation sisällä hengityksen tahtiin (kuva 33).



Kuva 33. Molemmat kuvat edustavat samaa näkymää eri ajanhetkinä konsolidaatiosta. Konsolidaation keskellä nähdään kirkaskaikuinen dynaaminen ilmabronkogrammi, joka laajenee potilaan hengittäessä sisään (ympyröity). Kuvassa nähdään myös pistemäisiä ilmabronkogrammeja (nuolet), jotka nekin liikkuvat tai vaihtavat paikkaa hengityksen mukaan. Lähde: www.ultrasoundoftheweek.com.

7.3 Keuhkopöhön kaikukuvaus

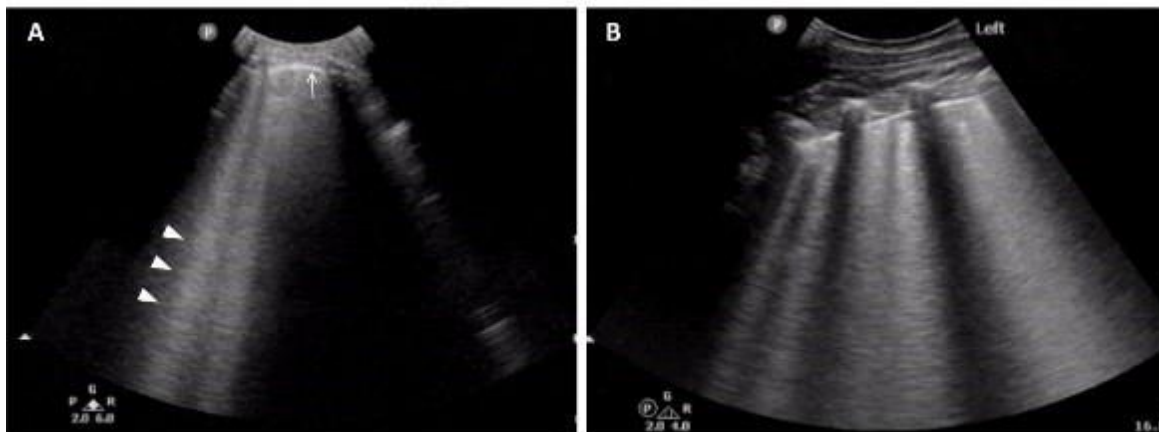
Keuhkopöhö on toinen yleinen keuhkopatologia, jonka arviointiin on perinteisesti käytetty keuhkojen natiivikuvausta. Vierikaikukuvantamisen edut keuhkokuvaan nähden ovat jälleen selvät: tutkimus on nopea, se voidaan tehdä siirtämättä potilasta ja tutkimuksen tekemiseen riittää yksi koulutettu henkilö. Myös diagnostinen tarkkuus on kaikukuvantamalla selvästi parempi. Al Deebin ym. (2014) meta-analyysissä vierikaikukuvantamisen sensitiivisyys oli 94 % ja spesifisyys 92 % akuutin kardiogeenisen keuhkopöhön toteamisessa. Samassa katsauksessa kolmessa eri lähdetutkimuksissa keuhkokuvan sensitiivisyys vaihteli välillä 14 – 68 % ja spesifisyys 53 – 96 %. Pivettan ym. (2019) tuoreessa tutkimuksessa 518 potilasta, joilla epäiltiin akuuttia sydämen vajaatoimintaa, satunnaistettiin kahteen diagnostiseen ryhmään. Toinen ryhmä tutkittiin kliinisen tutkimuksen lisäksi vierikaikukuvantamalla. Toisen ryhmän diagnostiikassa käytettiin kliinistä tutkimusta, keuhkokuvausta ja natriureettista peptidiä (P-proBNP). Vierikaikukuvausryhmässä akuutin sydämen vajaatoiminnan diagnostiikan sensitiivisyys oli 94 %, spesifisyys 96 % ja tutkimukseen kulunut aika 5 min. Keuhkokuvaryhmässä sensitiivisyys oli 85 %, spesifisyys 89 % ja tutkimukseen kului aikaa 105 min.

Kaikukuvantamalla keuhkopöhö voidaan havaita usein jo ennen oireiden (hengenahdistus, perifeerinen turvotus) kehittymistä, ja löydösten runsaus korreloi tilan vaikeusasteen kanssa

varsin hyvin. Hoidon seuranta voidaan helposti toteuttaa kaikukuvantamalla ilman toistuvia natiivikuvia. Kaikukuvantamalla voidaan tutkia myös sydänfunktio, joka on usein oleellista vajaatoimintapotilaiden hoidossa (Agricola ym. 2005).

Keuhko muodostuu miljoonista ilmatäyteisistä alveoleista, joita erottaa hyvin ohut kudosseinämä. Koska ilma johtaa ultraääntä huonosti, terve keuhko tuottaa hyvin niukan kaikukuvan. Ilmatäyteisen keuhkon kaikukuvassa nähdään usein A-viivoja eli horisontaalisia kaikuartefakteja, jotka ovat pleurarajapinnan kerrannaiskaikuja ilmatäyteisessä keuhkokudoksessa. Lisäämällä kaikonäkymän syvyyttä voidaan nähdä useita säännöllisin välimatkoin toistuvia A-viivoja. A-viivojen katoaminen viittaa keuhkofysiologian mahdollisesti patologiseen muutokseen. (Noble & Nelson 2011)

Kun nestettä tihkuu keuhkoverenkierron ulkopuolelle esimerkiksi akuutin sydämen vajaatoiminnan aiheuttamassa keuhkopöhössä, alveolien välinen eli interstitiaalinen tila täyttyy nesteellä. Nestepitoinen keuhko johtaa ultraääntä tervettä keuhkoa paremmin. Tämä näkyy kaikukuvassa runsaina B-viivoina, komeetanpyrstön tai lasersäteen kaltaisina kaikuartefakteina, jotka syntyvät ultraääniaaltojen heijastuessa nestepitoisessa interstitiaalisessa tilassa (kuva 34) (Noble & Nelson 2011). B-viiva saa alkunsa pleurarajapinnasta, liikkuu hengityksen mukana (*lung sliding*), peittää A-viivat alleen ja ulottuu kirkkaana säteenä kaikukuvan alalaitaan saakka. Terveessä keuhkossa nähdään usein yksittäisiä B-viivoja, mutta kolmen tai useamman B-viivan samanaikainen ilmaantuminen yhteen kylkiluuväliin viittaa keuhkoödeemaan, kun myös *lung sliding* on nähtävissä (Lichtenstein 2015). Keuhkoödeeman hankaloituessa B-viivojen määrä lisääntyy ja ne alkavat yhtyä toisiinsa. Vaikeassa keuhkopöhössä voidaan nähdä lähes kirkkaan valkoinen, B-viivojen täyttämä keuhko. B-viivojen määrä korreloikin melko hyvin keuhkoödeeman vaikeusasteen kanssa. Lisäksi interstitiellisiin nesteeseen viittaavat kaikukuvan B-viivat ilmaantuvat näkyviin huomattavasti aiemmin kuin esimerkiksi Kerleyn B-viivat natiivithorax-kuvassa ja usein jo ennen selvien oireiden kehittymistä (Agricola ym. 2005).



Kuva 34. A) Kylkiluuvälissä nähdään kaksi B-viivaa (nuolenkärjet), joka on normaalilöydös. Nuoli osoittaa pleurarajapinnan. B) Kylkiluuvälissä nähdään useita, toisiinsa yhtyneitä B-viivoja eli lähes ”valkoinen keuhko”, joka viittaa vaikeaan keuhkoödeemaan. Lähde: The POCUS Atlas.

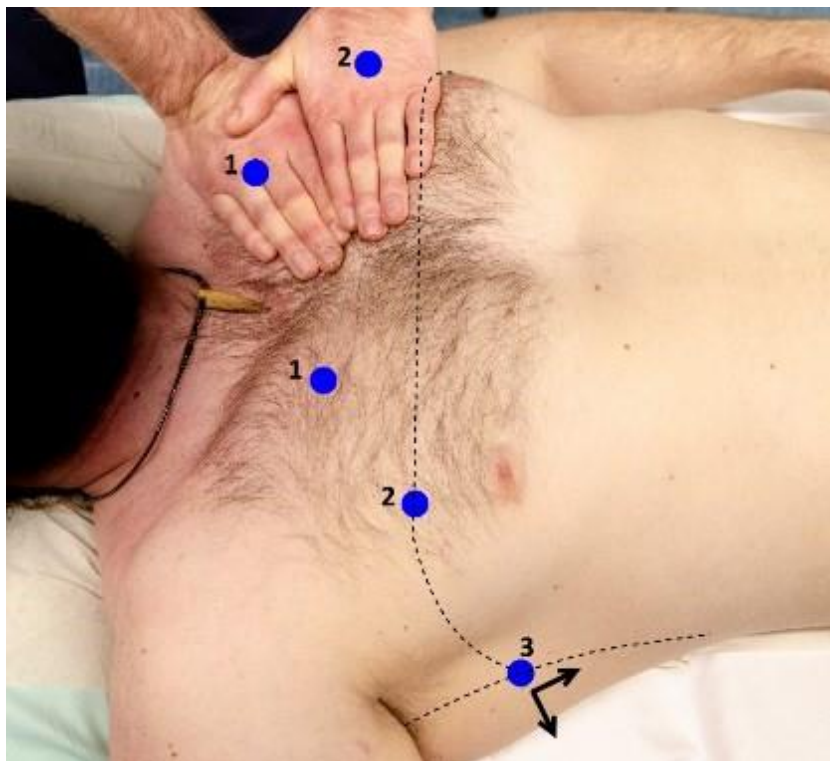
7.4 BLUE-protokolla

BLUE-protokolla (*bedside lung ultrasound in emergency*) on kehitetty kriittisesti sairaan potilaan akuutin hengitysvajauksen pikaiseen selvittelyyn. Protokollaa käyttäen voidaan todeta suurin osa akuuteista henkeä uhkaavista keuhkoperäisistä syistä, jotka ovat hengitysvajauksen taustalla. Protokollan tarkkuus on yli 90 %. Näitä ovat keuhkopöhö, keuhkoembolia, keuhkokuume, ilmarinta tai keuhkohtaumataudin tai astman pahenemisvaihe. BLUE-protokollan käytön perinteisten kuvantamismenetelmien sijaan on osoitettu lyhentävän hengitysvajauspotilaan hoidon aloittamiseen vaadittavaa aikaa jopa puolella (Seydhosseini ym. 2017). Tutkimuksen suorittamiseksi tulee hallita laskimotukosten ultraäänidiagnostiikka sekä edellä esitetyt keuhkon normaalit ja patologiset ultraäänilöydökset: *lung sliding*, A- ja B-viivat, pleuranesteen ja konsolidaation toteaminen, *strathosphere sign* ja *lung point*.

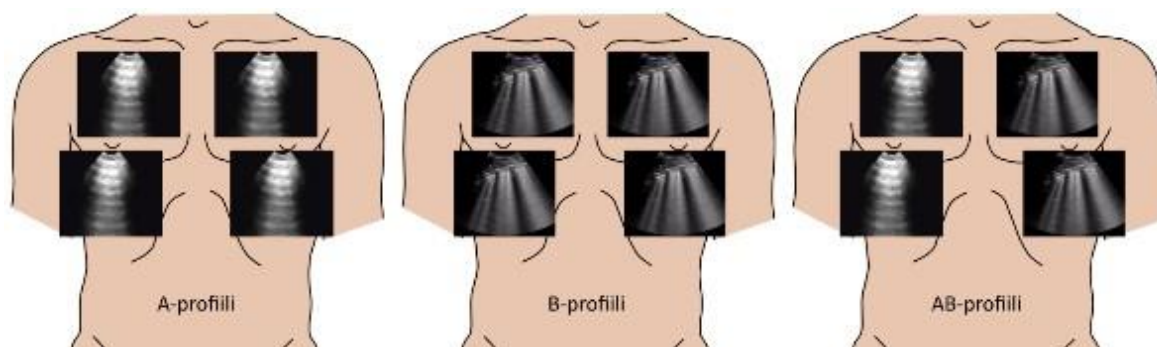
(Lichtenstein 2015).

BLUE-protokollassa keuhkoja kuvannetaan tarkasti määritetyistä kuudesta ns. BLUE-pisteestä, jotka on esitetty kuvassa 35. Tämä mahdollistaa tutkimuksen hyvän toistettavuuden (vrt. EKG:n elektrodien paikat rintakehällä). Antureista parhaiten tutkimukseen soveltuva on jälleen mikrokonveksianturi. Lähtökohtaisesti tutkitaan ylempi ja alempi BLUE-piste molemmista keuhkoista ja näiden pohjalta arvioidaan mihin BLUE-profiiliin löydökset sopivat (kuva 36). Viimeisenä tutkitaan PLAPS-pisteen määrittämä posterolateraalinen alue, josta etsitään vain PLAPS:ia (*posterolateral alveolar and/or*

pleural syndrome) eli keuhkokonsolidaatiota ja/tai nestettä keuhkon pinnalla (kuva 37), joka viittaa vahvasti keuhkokuumeeseen (Lichtenstein 2015).



Kuva 35. BLUE-protokollassa kuvannettavat kuusi standardisoitua BLUE-pistettä potilaan rintakehällä. Kaksi kämmentä (kooltaan suunnilleen potilaan kämmeniä vastaavat) asetetaan rintakehälle seuraavasti: ylempi V-sormi juuri solisluun alapuolelle, sormen kärki keskilinjaan rintalastan päälle. Toinen käsi asetetaan aivan ensimmäisen käden rinnalle siten, että Iisormet ovat vierekkäin. Ylempi BLUE-piste on tällöin ylempään kämmen etu- ja keskisormen tyvessä (1) ja alempi BLUE-piste alemman kämmen keskellä (2). Näiden pisteiden tuntumasta haetaan mahdollisimman hyvän keuhkonäkyvyyden tarjoava kylkiluuväli. Posterolateraalinen ns. PLAPS-piste (*posterolateral alveolar and/or pleural syndrome point*) on leikkauspisteessä, jonka muodostavat keskiaksillaarilinja ja alemman käden pikkusormesta kylkeen jatkuva suora linja (3). PLAPS-piste on käytännössä rajapiste, josta tutkimusta jatketaan (nuolet) posteriorisuuntaan niin paljon kuin mahdollista (kunnes patjan reuna tulee vastaan) ja kaudalisemmin, kunnes kaikukuvaan ilmaantuu vatsaontelo (yleensä kahden kylkiluuvälin jälkeen) (Ma ym. 2014, Lichtenstein 2015).



Kuva 36. BLUE-protokollan kolme perusprofiilia. A-profilissa nähdään terveen keuhkon löydökset eli *lung sliding* ja A-viivat. B-profilissa nähdään runsaasti B-viivoja. A/B-profilissa toisessa keuhkossa on A-profilin ja toisessa B-profilin kuva. Kuva mukailien lähdettä Lichtenstein & Mezière 2008. Kaikukuvien lähteet: The POCUS Atlas ja David Carroll, Radiopaedia.org, rID: 61382.



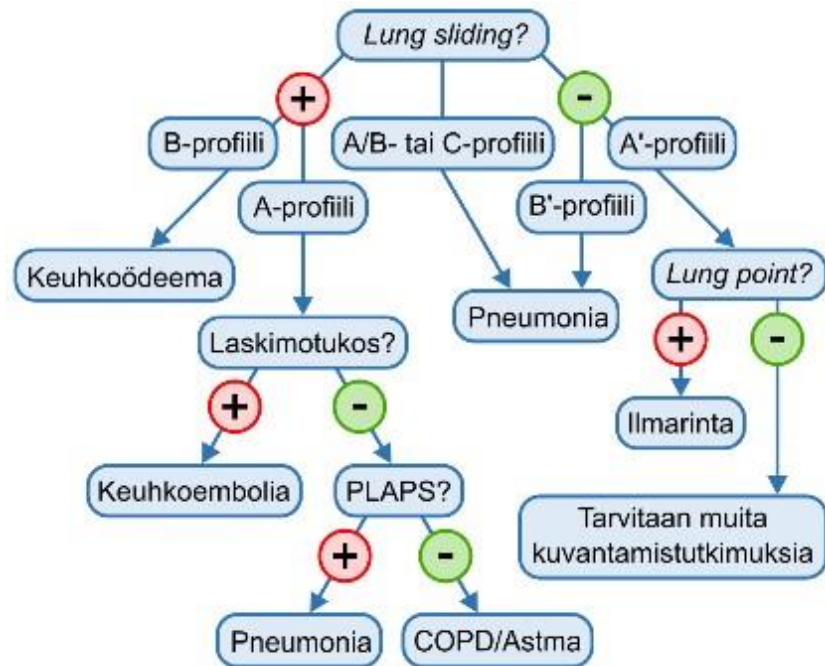
Kuva 37. Esimerkki keuhkokuumeeseen viittaavasta PLAPS-löydöksestä oikean keuhkon alaosissa, jossa nähdään maksa (M), pallea (nuolenkärjet), pleuranestettä (nuolet) sekä maksakudosta muistuttava keuhkokonsolidaatio (K). Lähde: Ian Bickle, Radiopaedia.org, rID: 59328

Keuhkopatologian määrittäminen etenee BLUE-protokollan vuokaavion mukaisesti kaikukuvantamalla määritettyyn profiiliin pohjautuen (kuva 38). Profiilit on määritelty seuraavasti (Lichtenstein 2015, Lichtenstein & Mezière 2008):

- A-profilissa nähdään kauttaaltaan terveen keuhkon löydökset eli pleurarajapinnan liikkeenä tai väreilynä näyttäytyvä *lung sliding* sekä A-viivoja. Tällöin etsitään

laskimotukosta kompressiotekniikalla alaraajalaskimoista. Lichtensteinin alkuperäisessä BLUE-artikkelissa kehoitettiin tutkimaan kattavasti myös ylävartalon suuria laskimoita, mutta koska näiden tutkiminen on varsin haastavaa ja toisaalta niiden tukokset ovat harvinaisia, käytännön työssä riittää alaraajojen tutkiminen (Ma ym. 2014). Tukoksen löytyminen viittaa vahvasti hengitysvajauksen taustalla olevaan keuhkoemboliaan. Mikäli tukosta ei nähdä, tutkitaan PLAPS-pisteen rajaama alue potilaan kyljessä ja selkäpuolella (tarkempi ohjeistus kuvassa 35). PLAPS:in löytyminen viittaa posterioriseen keuhkokuumeeseen, sen puuttuminen eli normaalilöydöksinen profiili hengitysvajauspotilaalla COPD:n tai astman pahenemisvaiheeseen.

- B-profiilissa nähdään kauttaaltaan *lung sliding* ja runsaasti B-viivoja, jotka viittaavat keuhkopöhöön.
- A/B-profiilissa toisessa keuhkossa on A-profiilin ja toisessa B-profiilin löydökset. *Lung sliding* saattaa puuttua. Tämä viittaa keuhkokuumeeseen hengitysvajauksen taustalla.
- C-profiilissa keuhkojen etuosista löytyy konsolidaatio tai vähintään paksu, epätasainen pleurarajapinta. Tämä löydös viittaa anterioriseen keuhkokuumeeseen.
- B'-profiilissa nähdään runsaasti B-viivoja ilman *lung slidingia*. Tämä viittaa interstitielliseen keuhkokuumeeseen (*inflammatory interstitial syndrome*), jossa tulehdustilan aiheuttama fibriinimuodostus liimaa pleurakalvot liikkumattomiksi.
- A'-profiilissa *lung slidingia* ei nähdä. *Lung pointin* löytyessä on ilmarintadiagnoosi varmistettu. Mikäli *lung pointia* ei löydy, on tutkimuksia jatkettava muilla kuvantamismenetelmillä.



Kuva 38. BLUE-protokollan vuokaavio, jolla voidaan todeta akuutin hengitysvajauksen taustasy s yli 90 % tarkkuudella (Lichtenstein & Mezière 2008).