

**MIKKO TARVONEN**  
kättilö, tutkija

**VEDRAN STEFANOVIC**  
dosentti, perinatologi, kliininen  
opettaja

**RIINA JERNMAN**  
LT, perinatologi, apulaisylilääkäri

Hus Naistentaudit ja synnytykset,  
Hyks Naistenklinikka

**KIRJALLISUUTTA**

- 1 Low JA, Pickersgill H, Killen H, Derrick EJ. The prediction and prevention of intrapartum fetal asphyxia in term pregnancies. *Am J Obstet Gynecol* 2001;184:724–30.
- 2 Parer JT, King T, Flanders S, Fox M, Kilpatrick SJ. Fetal acidemia and electronic fetal heart rate patterns: is there evidence of an association? *J Matern Fetal Neonatal Med* 2006;19:289–94.
- 3 Hvidman L, Andersson CB, Holzmann M, Lindved B, Myklesstad K, Tarvonen M. *Cardiotocography. Chapter: Fetal asphyxia.* E-kirjassa: Trovik J, Knudsen UB, Gemzell-Danielsson K ym, toim. *Obstetrics and Gynecology - NFOG textbook for medical students.* Nordic Federation of Societies of Obstetrics and Gynecology. Sundhed 2021. <https://www.sundhed.dk/sundhedsfaglig/opslog-og-vaerktoejer/laere-boeger/obstetrics-gynecology/obstetrics/fetal-asphyxia/>

# Sikiön fysiologiaan perustuva kardiotokografian tulkinta

- Kardiotokografian (KTG) tulkinta synnytyksen aikana perustuu sykekuvioiden piirteiden tunnistamiseen ja sikiössä tapahtuvien fysiologisten muutosten ymmärtämiseen.
- Fysiologiaan perustuva tulkinta pyrkii selittämään tilanteita, joissa sikiö puolustautuu synnytyksen aiheuttamaa stressiä vastaan ja asteittain menettää kompensaatiokykynsä.
- Tulkinnan tavoitteena on happivajeen ehkäiseminen ja varhainen tunnistaminen. Lisäksi voidaan puuttua synnytyksen kulkuun ja minimoida tarpeettomat toimenpiteet.

Synnytyksen turvallisuutta voidaan mitata vastasyntyneen voimien mittareilla syntymähetkellä, äitiin kohdistuvien komplikaatioiden esiintyvyydellä ja synnyttäjän määrittelemänä synnytyskokemuksena. Tavallisin sikiön voimien seuranta menetelmä synnytyksen aikana on kardiotokografia (KTG), joka perustuu sikiön sykkeen ja kohdun supistusten elektroniseen rekisteröintiin. Sen avulla pyritään sikiön happivajeen ehkäisyyn ja varhaiseen tunnistamiseen (1,2).

Pohjoismaissa jaksottaista tai jatkuvaa KTG-rekisteröintiä käytetään lähes kaikissa sairaalassa tapahtuvissa synnytyksissä (3). Britanniassa ja Yhdysvalloissa sillä monitoroidaan vuosittain yhteensä lähes 4 miljoonaa synnytystä, mikä tarkoittaa 85 % synnytyksistä (4,5).

siin. Sikiön fysiologiaan perustuva tulkinta todennäköisesti mahdollistaa sikiön happivajeen varhaisen tunnistamisen, vähentää tarpeettomia toimenpidesynnytyksiä ja parantaa synnytysturvallisuutta (10–12).

## Sikiön sopeutuminen synnytykseen

Alatiesynnytyksen aiheuttama stressi valmistaa sikiötä kohdunulkoiseen elämään. Hyväkuntoinen sikiö, jolla on normaalisti kehittynyt ja toimiva istukka ja joka ei ole altistunut krooniselle happivajeelle, kykenee kompensoimaan synnytysstressiä yleensä ongelmitta (13).

Kohdun supistusten aikana istukan ja napanuoran verenkierto heikkenee merkittävästi ja kaasujenvaihto istukan ja sikiön välillä vähenee tai estyy jaksottain. Jos supistusten väli on liian tiheä tai sikiön kompensaatiomekanismit ovat puutteelliset tai loppuun kulutetut, sikiön riski altistua happivajeelle ja sen seurauksille on merkittävästi suurentunut (14). Sikiön sydämen säätelymekanismit on esitetty kuviossa (kuvio 1).

Hypoksemialla tarkoitetaan happivajeen ensimmäistä vaihetta, jolloin valtimoveren happikylläisyys on pienentynyt (15) (kuvio 2). Sen yhteydessä sikiö vähentää liikkumistaan säästäessään resurssejaan tärkeiden elimien eli aivojen, sydänlihaksen ja lisämunuaisten toiminnan ylläpitoon. Pitkäaikainen hypoksemia voi johtaa sikiön verenkierron uudelleenjakautumiseen ja kasvun hidastumiseen.

Hypoksian yhteydessä happikylläisyys on edelleen pienentynyt ja happivaje vaikuttaa sikiön perifeerisiin kudoksiin (16). Asfyksia on etenevän happivajeen vaikein taso. Sen yhteydessä sikiö käyttää anaerobista metaboliaa, ja se johtaa metaboliseen asidoosiin (17) (kuvio 2). Asfyksia vaikuttaa keskeisiin elimiin ja voi ai-

## Sikiön fysiologiaan perustuva tulkinta pyrkii parantamaan happivajeen tunnistamista.

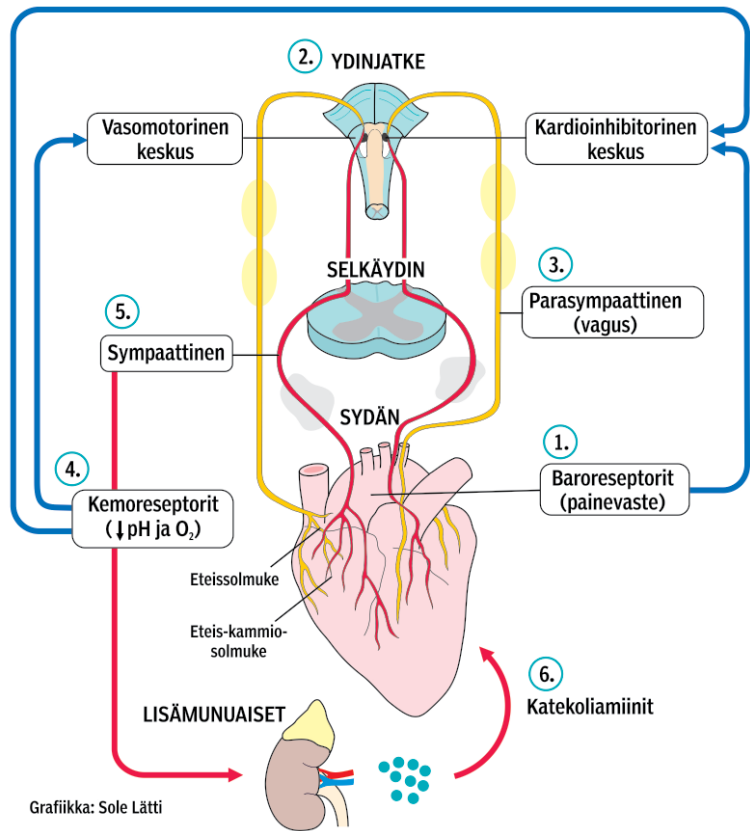
Suomessa käytössä on kansainvälinen KTG:n tulkintaohje, joka pohjautuu sykekäyrän visuaaliseen havainnointiin ja sykepiirteiden tunnistamiseen (6). Sykepiirteisiin perustuvan tulkinnan toistettavuus on heikko ja tulkinnassa on havaittu suuria eroja ammattilaisten välillä ja jopa saman asiantuntijan tarkastellessa samaa rekisteröintiä toistamiseen (7,8). Lisäksi nykyohjeistus on osaltaan johtanut keisarileikkausten ja muiden operatiivisten synnytysten lisääntymiseen ilman vaikutusta vastasyntyneiden neurologiseen sairastavuuteen (5,9).

KTG-tulkinnan tarkkuutta on pyritty parantamaan nostamalla keskiöön sikiössä tapahtuvien fysiologisten muutosten ymmärtäminen tämän reagoissa synnytyksen aiheuttamaan stres-

- 4 Macones GA, Hankins GD, Spong CY, Hauth J, Moore T. The 2008 National Institute of Child Health and Human Development workshop report on electronic fetal monitoring: update on definitions, interpretation, and research guidelines. *Obstet Gynecol* 2008;112:661–6.
- 5 Nelson KB, Sartwell TP, Rouse DJ. Electronic fetal monitoring, cerebral palsy, and caesarean section: assumptions versus evidence. *BMJ* 2016;355:i6405.



Sikiön sydämen säätelymekanismit



Grafiikka: Sole Lähti

Valtimoiden (1.) baroreseptorit ovat herkkiä verenpaineen muutosten aiheuttamalle venytykselle ja paineelle. Valtimoverenpaineen nousu johtaa baroreseptorien aktivoitumiseen ja edelleen (2.) ydinjatkeen (kardioinhibitorinen keskus) ja (3.) parasympaattisen vagushermon kautta sikiön syketaajuuden äkilliseen hidastumiseen (napanauorakompressoio; vaihtelevat hidastumat). Aortan kaaressa, kaulavaltimossa ja aivorungossa sijaitsevat (4.) kemoreseptorit reagoivat veren biokemiallisiin muutoksiin, matalaan happiosapaineeseen, matalaan pH-tasoon ja korkeaan hiiliidioksidiasapaineeseen. Sikiön autonominen hermosto vastaa kemoreseptoristimulaatioon lisäämällä (5.) sympaattisen osan aktiivisuutta. Tämä johtaa perifeeristen verisuonten supistumiseen ja ohjaa suuntaamaan verenkiertoa tärkeisiin elimiin. Hypoksemiaperäinen kemoreseptorivaste ilmenee myös parasympaattisen vagushermon kautta välittyvänä syketaajuuden laskuna (istukan vajaatoiminta, liian tiheä supistustoiminta, sikiön krooninen happivaje; myöhäiset hidastumat). Sikiön stressi johtaa (6.) katekoliimiiniin (adrenaliini ja noradrenaliini) vapautumiseen lisämunuaisista. Noradrenaliini vaikuttaa sydämen beatareseptorien kautta syketaajuuden kohoamiseen ja parantaa sydänlihaksen supistuvuutta ja iskutilavuutta. Katekoliimiini vaikuttavat myös ydinjatkeen (vasomotorinen keskus) kautta verenkierron uudelleenjakautumiseen indusoimalla verisuonten laajentumista ja supistumista.

heuttaa sekä ohimeneviä että pysyviä muutoksia sikiön tai vastasyntyneen keskushermostossa, jopa hypoksis-iskeemisen aivovaurion ja kuoleman (14,17,18).

KTG-rekisteröinnin piirteet

Perinteisesti synnytyslääkäreitä ja kätilöitä on opetettu keskittymään sikiön syketaajuuden viitearvoihin ja sykehidastumien luokitteluun (11,19). Vakioidut ja yksinkertaistetut kliiniset tulkintaohjeet ovat välttämättömiä suuntaviitoja laadukkaana kliinisen hoidon ja potilasturvallisuuden kannalta, mutta asiantunteva tulkitsija osaa katsoa myös viitearvojen taakse.

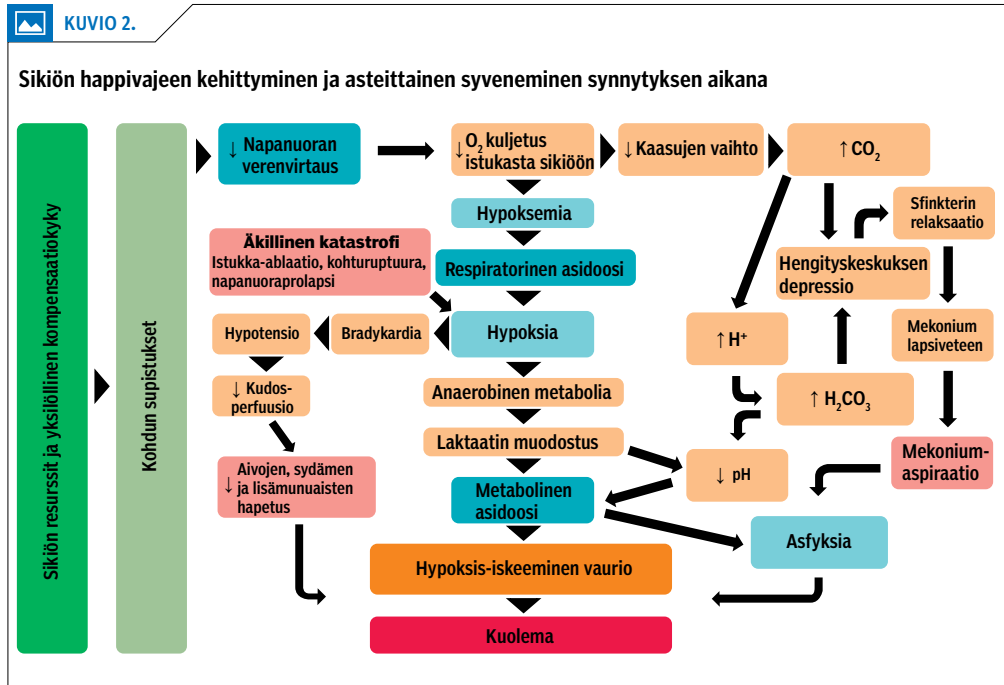
Fysiologinen KTG-tulkinta pyrkii selittämään tilanteita, joissa sikiö puolustautuu synnytykseen liittyvää stressiä vastaan ja asteittain menettää kompensaatiokykynsä (11,14,20). Pitkäaikaiselle happivajeelle altistuneen sikiön stressisignaalit saattavat olla vaikeita (11,12). Lisäksi hitaasti useiden tuntien kuluessa kehittyvä happivaje voidaan todentaa vain tarkastelemalla rekisteröinnissä esiintyviä asteittaisia muutoksia suhteessa aikaan ja alkutilanteeseen (14,20–22). Sykepoikkeavuuksille tulkintaohjeissa määritellyt viitearvot eivät huonokuntoisella sikiöllä aina ylity ja uhkaava ahdistus tila saattaa jäädä huomaamatta (11,20).

Gynekologian ja obstetriikan maailmanjärjestön (Figo) vuonna 2015 julkaiseman ohjeistuksen mukaan sikiön normaali sykkeen perustaso on 110–160 lyöntiä/min ennen laskettua aikaa (< 40+0 raskausviikkoa) (6) ja 110–150 lyöntiä/min sen jälkeen (≥ 40+0 raskausviikkoa) (23) (kuva 1).

Vakaa sikiön sykkeen perustaso viittaa sydänlihaksen positiiviseen energiatasapainoon ja normaaliin aerobiseen aineenvaihduntaan (12,24). Parasympaattinen osa kypsyy verrattain myöhään ja tulee vähitellen hallitsevaksi 34. raskausviikon jälkeen, ja siksi hyväkuntoisella ennenaikaisella sikiöllä sykkeen perustaso voi olla normaalin viitearvon yläpuolella (24,25). Vastaavasti lasketun ajan ylittäneellä sikiöllä sykkeen perustason voidaan olettaa olevan matalampi (vagaalinen dominanssi). Tämä voi ajoittain ilmetä sikiön sykkeen perustasona normaalin viiterajan alapuolella (11,24). Muilta piirteiltään normaalissa KTG-rekisteröinnissä kumpikaan löydös ei vaadi toimenpiteitä.

Sen sijaan tilannetta, jossa lasketun ajan ohittaneella sikiöllä perustason syketaajuus on yli 150 lyöntiä/min, ei pidä pitää normaalina löydöksenä, ennen kuin toisin on todistettu (20,23). Lasketun ajan ohittaneen sikiön happivajeen portaittainen syveneminen on esitetty kuvassa (kuva 2).

- 6 Ayres-de-Campos D, Spong CY, Chandraran E, for the FIGO Intrapartum Fetal Monitoring Expert Consensus Panel. FIGO consensus guidelines on intrapartum fetal monitoring: Cardiotocography. *Int J Gynecol Obstet* 2015;131:13–24.
- 7 Rhöse S, Heinis AM, Vandenbusche F, van Drongelen J, van Dillen J. Inter- and intra-observer agreement of non-reassuring cardiotocography analysis and subsequent clinical management. *Acta Obstet Gynecol Scand* 2014;93:596–602.
- 8 Sabiani L, Le Dü R, Loundou A ym. Intra- and interobserver agreement among obstetric experts in court regarding the review of abnormal fetal heart rate tracings and obstetrical management. *Am J Obstet Gynecol* 2015;213:856.e1–8.
- 9 Devane D, Lalor JG, Daly S, McGuire W, Cuthbert A, Smith V. Cardiotocography versus intermittent auscultation of fetal heart on admission to labour ward for assessment of fetal wellbeing. *Cochrane Database Syst Rev* 2017;1:CD005122.
- 10 King T, Parer J. The physiology of fetal heart rate patterns and perinatal asphyxia. *J Perinat Neonatal Nurs* 2000;14:19–39; quiz 102–3.
- 11 Ugwumadu A. Are we (mis) guided by current guidelines on intrapartum fetal heart rate monitoring? Case for a more physiological approach to interpretation. *BJOG* 2014;121:1063–70.
- 12 Ayres-de-Campos D, Arulkumaran S. FIGO Intrapartum Fetal Monitoring Expert Consensus Panel. FIGO consensus guidelines on intrapartum fetal monitoring: Physiology of fetal oxygenation and the main goals of intrapartum fetal monitoring. *Int J Gynaecol Obst* 2015;131:5–8.
- 13 Sarvilinna N, Isaksson C, Kokljuschkin H, Timonen S, Halmesmäki E. Sikiön voimnin seuranta synnytyksen aikana. *Duodecim* 2016;132:1336–44.
- 14 Turner JM, Mitchell MD, Kumar SS. The physiology of intrapartum fetal compromise at term. *Am J Obstet Gynecol* 2020;222:17–26.
- 15 Bhide A, Johnson J, Räsänen J, Acharya G. Fetal heart rate variability with hypoxemia in an instrumented sheep model. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2019;54:786–90.
- 16 Giussani DA. The fetal brain sparing response to hypoxia: physiological mechanisms. *J Physiol* 2016;594:1215–30.
- 17 Gunn AJ, Bennet L. Fetal hypoxia insults and patterns of brain injury: insights from animal models. *Clin Perinatol* 2009;36:579–93.



Keskimääräinen sykkeen vaihtelevuus määritellään 1 minuutin aikaikkunassa; normaali amplitudi 5–25 lyöntiä/min (6). Vähentynyt vaihtelevuus (alle 5 lyöntiä/min) ja korostunut vaihtelevuus (yli 25 lyöntiä/min eli siksak-kuvio tai saltatorinen muutos) ovat poikkeavia löydöksiä (6,26,27).

Sikiön sykkeen vaihtelevuus heijastaa jatkuvaa vuorovaikutusta parasympaattisen ja sympaattisen hermoston välillä. Akseleraatiot eli sykkeen hetkelliset nopeutumukset (amplitudi perustasolta yli 15 lyöntiä/min yli 15 sekunnin ajaksi ja paluu perustasolle) liittyvät usein sikiön liikkeisiin, ja niiden esiintyminen on merkki hyvin happeutuneesta somaattisesta hermostosta (6). Autonomisen ja somaattisen hermoston kypsymättömyyden takia ennenaikaisilla sikiöillä sykkeen vaihtelevuus ja hetkelisten nopeutumien esiintyvyys ja kesto ovat usein vähäisempiä kuin täysiaikaisilla (12,25).

Lääkeaineista muun muassa äidin supistuskivun hoidossa käytetyt opioidit, sikiön keuhkojen kypsymättömyyden takia käytetyt kortikosteroidit ja neuroprotektiona käytetty magnesiumsulfaatti vähentävät sikiön sykkeen vaihtelevuutta (6,25). Opioidien keskushermostovaikutus voi saada aikaan pseudosinusoidaalisen, hain hampaita

muistuttavan sykekuviota. Se on verrattain yleinen ja useimmiten vaaraton löydös (28). Harvinaiselle, sikiön vaikeaan anemiaan yhteydessä olevalle sinusoidaaliseen sykekuviolle on ominaista pyöreä, perustason molemmin puolin aaltoileva siniaalto, ja vaihtelevuus puuttuu lähes kokonaan (29). Kuvion taustalla on todennäköisesti voimakas arginiinivasopressiinin erityys ja samanaikainen autonomisen hermoston toiminnan häiriintyminen hypoksian seurauksena (29).

Sykepiirteiden lisäksi KTG:n tulkinnessa huomiota kiinnitetään kohdun supistusten kesto, tiheyteen ja sykemuutosten ajoittamiseen suhteessa supistuksiin. Normaali supistustiheys on alle 6 supistusta 10 minuutin aikaikkunassa (6).

### Sykehidastumat kertovat taustasyystä

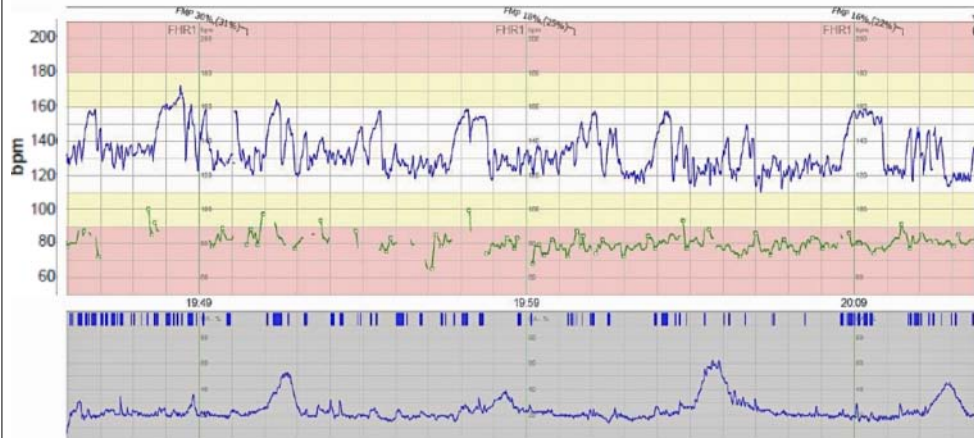
Syketaajuuden hidastaminen on sikiölle keino suojella sydäntään vähentämällä sydänlihaksen työmäärää ja hapenkulutusta (30,31). Hidastumien esiintyminen kohdun supistusten yhteydessä viittaa johonkin seuraavista syistä:

1) Napanuorassa virtaavan veren kulku hetkellisesti vähenee tai estyy, jolloin hidastumat ovat piirteiltään välittömiä, teräviä ja syviä ja niiden suhde supistuksiin vaihtelee (31,32).

- 18 Frey HA, Liu X, Lynch CD ym. An evaluation of fetal heart rate characteristics associated with neonatal encephalopathy: a case-control study. *BJOG* 2018;125:1480-7.
- 19 Ayres-de-Campos D. Electronic fetal monitoring or cardiotocography, 50 years later: what's in a name? *Am J Obstet Gynecol* 2018;218:545-6.
- 20 Jia YJ, Chen X, Cui HY, Whelehan V, Archer A, Chandrharan E. Physiological CTG interpretation: the significance of baseline fetal heart rate changes after the onset of decelerations and associated perinatal outcomes. *J Matern Fetal Neonatal Med* 2019;18:1-6.
- 21 Low JA, Victory R, Derrick EJ. Predictive value of electronic fetal monitoring for intrapartum fetal asphyxia with metabolic acidosis. *Obstet Gynecol* 1999;93:285-91.
- 22 Vintzileos AM, Smulian JC. Decelerations, tachycardia, and decreased variability: have we overlooked the significance of longitudinal fetal heart rate changes for detecting intrapartum fetal hypoxia? *Am J Obstet Gynecol* 2016;215:261-4.
- 23 Ghi T, Di Pasquo E, Dall'Asta A ym. Intrapartum fetal heart rate between 150 and 160 bpm at or after 40 weeks and labor outcome. *Acta Obstet Gynecol Scand* 2021;100:548-54.
- 24 Amorim-Costa C, Gaio AR, Ayres-de-Campos D, Bernardes J. Longitudinal changes of cardiotocographic parameters throughout pregnancy: a prospective cohort study comparing small-for-gestational-age and normal fetuses from 24 to 40 weeks. *J Perinat Med* 2017;45:493-501.
- 25 Afors K, Chandrharan E. Use of continuous electronic fetal monitoring in a preterm fetus: clinical dilemmas and recommendations for practice. *J Pregnancy* 2011;2011:848794.
- 26 Tarvonen M, Hovi P, Sainio S, Vuorela P, Andersson S, Teramo K. Intrapartum zigzag pattern of fetal heart rate is an early sign of fetal hypoxia: a large obstetric retrospective cohort study. *Acta Obstet Gynecol Scand* 2021;100:252-62.
- 27 Tarvonen M, Hovi P, Sainio S, Vuorela P, Andersson S, Teramo K. Factors associated with intrapartum ZigZag pattern of fetal heart rate: A retrospective one-year cohort study of 5150 singleton childbirths. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* 2021;258:118-25.
- 28 Murphy KW, Russell V, Collins A, Johnson P. The prevalence, aetiology and clinical significance of pseudo-sinusoidal fetal heart rate patterns in labour. *Br J Obstet Gynaecol* 1991;98:1093-101.

1 KUVA 1.

### Ulkoisella doppleranturilla toteutettu KTG-rekisteröinti



Sikiön sykekäyrässä (ylempi sininen käyrä) on normaali perustaso ja sykevaihtelu. Akseleraatioita esiintyy. Ei sykehidastumia. Normaali supistustiheys (alempi sininen käyrä). Sikiön ennusteen kannalta ei ole merkityksellistä, seuraatko sykettä synnytyksen aikana ulkoisella vaihtokundisäisellä (scalp-elektrodi) rekisteröintitavalla. KTG-rekisteröinnin tulee kuitenkin olla laadultaan riittävän hyvä, jotta mahdolliset sykehidastumat, muutokset sykevaihtelussa ja liian tiheät supistukset voidaan tunnistaa. Useimmat KTG-monitorit piirtävät samanaikaisesti myös äidin pulssikäyrää (vihreä käyrä) sekaannusten välttämiseksi.

Arviolta yli 80 % synnytyksenaikaisista sykehidastumista on vaihtelevia (4,6,30,32).

2) Sikiö on jo altistunut hypoksemialle tai hypoksialle istukasta sikiöön päin kulkevan runsashappisen verenvirtauksen häiriintymisen vuoksi, jolloin hidastumien alku suhteessa kohdun supistuksiin on viivästynyt (supistuksen huipun jälkeen alkava tasainen ja hidas syketaajuuden lasku ja hidas palautuminen perustasolle) (6,30,32,33). Arviolta 10 % synnytyksenaikaisista sykehidastumista on myöhäisiä (2,6,9,30).

3) Sikiön pään puristuminen synnytyskanavassa supistuksen yhteydessä johtaa kallonsisäisen paineen nousuun ja refleksistä johtuvaan, ei-happivajeperäiseen syketaajuuden laskuun ja palautumiseen, jonka kuvio on symmetrinen supistuskuvion kanssa (6,12,30). Arviolta 5–10 % synnytyksenaikaisista sykehidastumista on varhaisia (6,9,30).

KTG-tulkinnan haasteellisuutta kuvastaa se, että yleisimmässä eli napanuoran puristumisesta johtuvissa vaihtelevissa hidastumissa tulkintojen yhteneväisyys on kaikkein vähäisin (7,8,32). Synnytyksen hoidon asiantuntijat tulkitsevat usein vaihtelevat hidastumat hyvänlaatuisiksi varhaisiksi hidastumiksi, vaikka hidastumien fysiologinen syy ja merkitys sikiön hyvinvoinnille eroavat toisistaan (30,31).

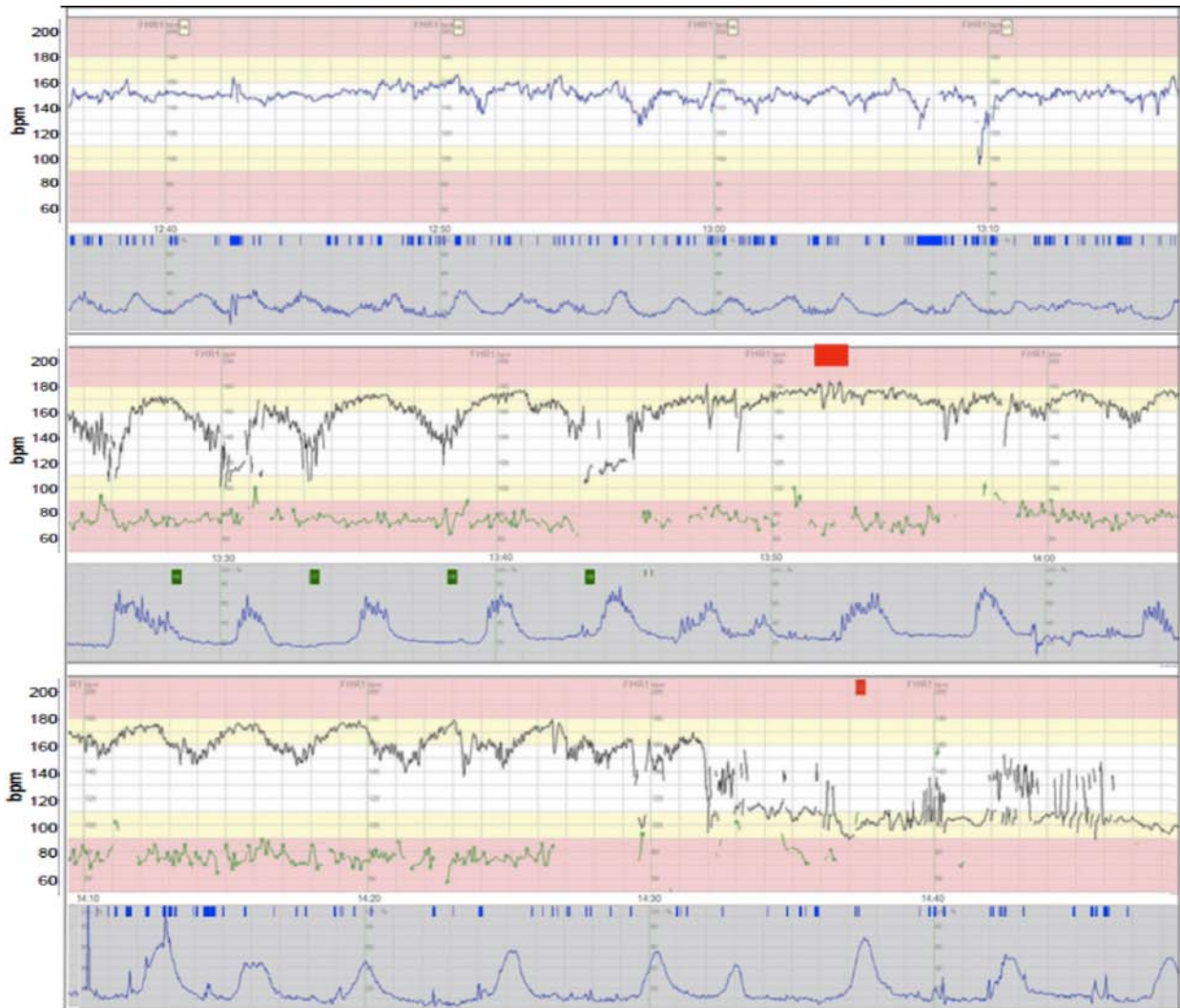
Arviolta 10 % synnytyksenaikaisista sykehidastumista on myöhäisiä (2,6,9,30).

3) Sikiön pään puristuminen synnytyskanavassa supistuksen yhteydessä johtaa kallonsisäisen paineen nousuun ja refleksistä johtuvaan, ei-happivajeperäiseen syketaajuuden laskuun ja palautumiseen, jonka kuvio on symmetrinen supistuskuvion kanssa (6,12,30). Arviolta 5–10 % synnytyksenaikaisista sykehidastumista on varhaisia (6,9,30).

KTG-tulkinnan haasteellisuutta kuvastaa se, että yleisimmässä eli napanuoran puristumisesta johtuvissa vaihtelevissa hidastumissa tulkintojen yhteneväisyys on kaikkein vähäisin (7,8,32). Synnytyksen hoidon asiantuntijat tulkitsevat usein vaihtelevat hidastumat hyvänlaatuisiksi varhaisiksi hidastumiksi, vaikka hidastumien fysiologinen syy ja merkitys sikiön hyvinvoinnille eroavat toisistaan (30,31).

Subakuutin hypoksian yhteydessä KTG:ssa esiintyy toistuvia yli 90 sekuntia kestäviä sykehidastumia, joiden välissä syketaajuus on alle 30 sekuntia normaalilla perustasolla (20,30,35).

Sikiön happivajeen portaittainen syveneminen



Ylimmäinen rekisteröinti: KTG sairaalaan saapessa raskausviikolla 41+4. Vihreä lapsivesi. Sykkeen perustaso 150 lyöntiä/minuutti. Supistusten jälkeen toistuvia matala-amplitudisia (noin 10 lyöntiä/min) sykehidastumia. Vaihtelevuus 5–10 lyöntiä/min. 4–5 supistusta 10 minuutin rekisteröintijaksossa. Arvot täyttävät FIGO:n tulkintaohjeen normaalin KTG:n kriteerit. Sikiön fysiologian huomioiva KTG:n tulkitsejä kuitenkin tiedostaa, että sykkeen vaihtelevuus lisääntyy raskauden keston myötä ja lasketun ajan ohittaneella sikiöllä vaihtelevuus voi säilyä normaalina happivajeelle altistumisesta huolimatta ja vähentyä vasta asfyksian viimeisessä vaiheessa. Pitkäkestoisesta happivajeesta kärsivälle sikiölle on tyypillistä, ettei KTG-tulkintaohjeen raja-arvo hidastumien syvyydestä aina täyty. Tällöin sykkeen perustaso on usein raskauden kestolle ominaista korkeampi, vaikka se ei ylittäisikään normaalin viitearvon ylärajaa. Mikäli sikiön stressin merkkeihin ei reagoita ajoissa, hypoksia syvenee.

Keskimmäinen ja alimmainen rekisteröinti: Hetkeä myöhemmin saman sikiön KTG:ssa esiintyy sydämen tiheälyöntisyys (katekoliamiinien tulva lisämunuaisista) ja myöhäisiä hidastumia (valtimoveren matalaan pH-arvoon ja happiosapaineeseen reagoineet kemoreseptorit) seuraa vaihtelevuuden väheneminen (keskushermoston asidoosi) ja asfyksian viimeisessä vaiheessa sydämen preterminaalinen harvalyöntisyys (sydänlihaksen lopullinen dekompenaatio) ja lopulta vaihtelevuuden täydellinen katoaminen.

- 29 Modanlou HD, Murata Y. Sinusoidal heart rate pattern: Reappraisal of its definition and clinical significance. *J Obstet Gynaecol Res* 2004;30:169–80.
- 30 Westgate JA, Wibbens B, Bennet L, Wassink G, Parer JT, Gunn AJ. The intrapartum deceleration in center stage: a physiologic approach to the interpretation of fetal heart rate changes in labor. *Am J Obstet Gynecol* 2007;197:236.e1–11. doi: 10.1016/j.ajog.2007.03.063.
- 31 Lear CA, Galinsky R, Wassink G ym. The myths and physiology surrounding intrapartum decelerations: the critical role of the peripheral chemoreflex. *J Physiol* 2016;594:4711–25.
- 32 Rei M, Tavares S, Pinto P ym. Interobserver agreement in CTG interpretation using the 2015 FIGO guidelines for intrapartum fetal monitoring. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* 2016;205:27–31.
- 33 Harris JL, Krueger TR, Parer JT. Mechanisms of late decelerations of the fetal heart rate during hypoxia. *Am J Obstet Gynecol* 1982;144:491–6.
- 34 Esplin MS. The golden hours of fetal heart rate monitoring: systematic approach to the critical times of labor and delivery. *Clin Obstet Gynecol* 2020;63:668–77.
- 35 Chandran E, Evans S, Krueger D, Pereira S, Skivens S, Zaima A. Physiological CTG Interpretation. *Intrapartum Fetal Monitoring Guideline* 2018. <https://physiological-ctg.com/guideline/guideline.html>
- 36 Cahill AG, Caughey AB, Roehl KA, Odibo AO, Macones GA. Terminal fetal heart decelerations and neonatal outcomes. *Obstet Gynecol* 2013;122:1070–6.
- 37 Goodlin RC. History of fetal monitoring. *Am J Obstet Gynecol* 1979;133:323–52.
- 38 Alfirevic Z, Devane D, Gyte GM, Cuthbert A. Continuous cardiotocography (CTG) as a form of electronic fetal monitoring (EFM) for fetal assessment during labour. *Cochrane Database Syst Rev* 2017;2:CD006066.
- 39 McIntyre S, Taitz D, Keogh J, Goldsmith S, Badawi N, Blair E. A systematic review of risk factors for cerebral palsy in children born at term in developed countries. *Dev Med Child Neurol* 2013;55:499–508.
- 40 Nelson KB, Blair E. Prenatal factors in singletons with cerebral palsy born at or near term. *N Engl J Med* 2015;373:946–53.
- 41 Nakao M, Okumura A, Hasegawa J ym. Fetal heart rate pattern in term or near-term cerebral palsy: a nationwide cohort study. *Am J Obstet Gynecol* 2020;223:907.e1–13. doi: 10.1016/j.ajog.2020.05.059

Sikiön valtimoveren pH-arvo laskee tällöin keskimäärin 0,01 yksikköä 2–3 minuutissa (40). Subakuutin hypoksian yleisin aiheuttaja on sikiön yksilölliseen kompensatiokykyyn nähden liian tiheä kohdun supistustoiminta (20,35).

### KTG on epätarkka työkalu

Edward Hon, Roberto Caldeyro-Barcia ja Konrad Hammacher toivat KTG-rekisteröinnin potilaskäyttöön 1960-luvun lopulla. Heitä ohjasi toive, että jatkuva KTG-rekisteröinti ja sikiön happivajeeseen liittyvien sikiön sykemuutosten varhainen havaitseminen antaisivat synnytyslääkärille tarvittavan tiedon päättää synnytys, ennen kuin sikiön voimien heikkeneminen johtaisi neurologiseen vaurioon (37).

Kliinisessä käytössä KTG-rekisteröinnin kyky erotella hypoksiasta kärsivä sikiö hyväkuntoisesta on kuitenkin osoittautunut heikoksi, ja jopa 99,8 % synnytyksen aikana patologisiksi luokitelluista sykemuutoksista on hypoksis-iskeemisen aivovaurion suhteen väärää positiivisia (38). Tutkimusnäyttö viittaa siihen, että parhaimmillaankin vain joka seitsemäs CP-vamma olisi estettävissä asiantuntevammalla KTG-rekisteröinnin tulkinalla ja että valtaosa CP-vammaan johtaneista tapahtumista ajoittuu synnytystä edeltävään raskausaikaan (39-41).

Vaikka harvinaiset, arvaamattomat ja äkilliset katastrofit, kuten istukan irtoaminen, napanuoran esiinluiskahdus tai kohdun repeäminen, ovat voimakkaasti yhteydessä sikiön huonokuntoisuuteen, 75 % synnytyksenaikaisesta happivajeesta johtuvista vaurioista tapahtuu vähitellen kohdun supistusten vaikutuksesta (41).

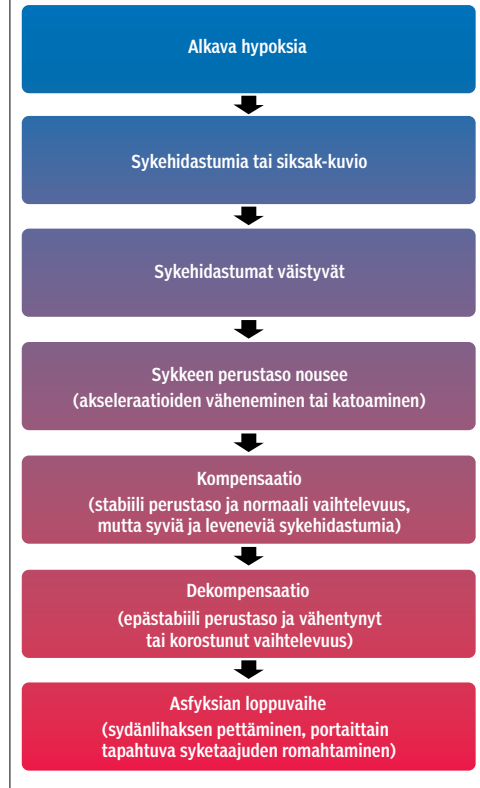
### Herkkä työkalu seulontaan

KTG-rekisteröinnin etuna on menetelmän suuri herkkyys. Jos rekisteröinti on piirteiltään normaali, on happivajeesta johtuvan, neurologisille vaurioille altistavan metabolisen asidoosin esiintyminen erittäin epätodennäköistä (12,26).

Vastikään julkaistussa 4 988 täysiaikaisen synnytyksen kohorttitutkimuksessa Helsingin yliopistollisessa sairaalassa 77,2 % synnytyksen aktiivisen vaiheen KTG-rekisteröinneistä sisälsi poikkeavia tai patologisia sykemuutoksia (26). Matalaa napavaltimoveren pH-arvoa (< 7,10) tai emäsylimääräarvoa (< –12,0) ei todettu yhdelläkään vastasyntyneistä, joiden sykekäyrä oli ollut normaali (26). Normaali synnytyksenaikainen KTG-rekisteröinti sulki pois sikiön metabolisen

KUVIO 3.

### Sikiön kompensatiokyky ja sen menettäminen KTG-rekisteröinnissä havaittavina muutoksina synnytyksen aikana



asidoosin 100 %:n ja hapenpuutteeseen liittyvät vaikeat vastasyntyneen komplikaatiot 99,4 %:n herkkyydellä (26).

Jotta KTG-rekisteröinti voisi synnytyksen aikana vaikuttaa myönteisesti syntyvän lapsen terveyteen ja ehkäistä happivajeen aiheuttamia vaurioita, olisi seuraavien tekijöiden toteuduttava:

1) Ennen synnytyksen käynnistymistä sikiö on hyväkuntoinen ja neurologiset vauriot syntyvät vasta synnytyksen aikana. Synnytyksenaikaisen KTG-rekisteröinnin avulla voidaan ehkäistä vain sellaisia sikiön happivajeesta johtuvia neurologisia vaurioita, jotka tapahtuvat synnytyksen kuluessa (21,34). Rekisteröinnin hyötyjä hypoksis-iskeemisen aivovaurion ehkäisyssä voidaan luotettavasti arvioida vain sellaisessa satunnaistetussa etenevässä tutkimusasetelmassa, jossa sikiön sykekäyrä synnytyksen käynnistytessä on normaali. Tällaista tutkimusnäyttöä on

toistaiseksi vähän. Jos sikiön sykereregisteröinnissä esiintyy jo synnytyssairaalaaan saapuessa poikkeavia tai patologisia piirteitä, on aiemman asfyksiatapahtuman mahdollisuus pidettävä mielessä (18,34). Sikiön voinnin varmistaminen on tällöin ensisijaisen tärkeää ja synnytyksen nopeaa päättämistä lisävaurioiden ehkäisemiseksi tulee harkita. Voinnin varmistamiseen voidaan käyttää sikiön tarjoutuvan osan ihosta otettavaa pH- tai laktaattinäytettä (13).

## Sykekäyrä tulee aina tulkita kliinistä kokonaiskuvaa vasten.

2) KTG-rekisteröinnillä mitattava tauti on happivajeen aiheuttama vaurio sikiön aivoissa. Vastasyntyneet voivat syntyä monista eri syistä huonokuntoisina. Tällaisia välittömään syntymän jälkeiseen vointiin vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi keskisuus, infektiot, sydänvial ja muut epämuodostumat sekä aineenvaihdunnalliset sairaudet. Näistä syistä johtuvaa vastasyntyneen kliinistä huonokuntoisuutta ei pidä sekoittaa happivajeesta johtuvaan ja napaveren metabolisen asidoosin sisältävään asfyksiaan (1,21). Vaikka KTG-rekisteröinnissä voidaan ajoittain havaita sikiön muuhun vointiin välillisesti liittyviä muutoksia, kuten infektion yhteydessä esiintyvä sydämen tiheälyöntisyys (takykardinen KTG), on rekisteröinti parhaimmillaankin vain sikiön happivajeeseen liittyvän sairastavuuden uhan mittari (17,21,34).

3) Tautiprosessi – tässä tapauksessa happivajeen syveneminen – tapahtuu synnytyksen aikana portaittain ja sikiö ilmaisee happivajeen vaikeutumisen asteittain tavoilla, jotka voidaan todeta KTG-rekisteröinnissä esiintyvistä syke- ja muutosista. Tämä mahdollistaa sikiön vointia parantavien tai synnytyksen päättämiseen johtavien toimenpiteiden oikean ajoittamisen, ennen kuin peruuttamaton neurologinen vaurio on tapahtunut (11,12,18). Mikäli tämä toteutuu, rekisteröinnissä esiintyvien sikiön stressisignaalien oikeaan tulkintaan perustuva oikea-aikainen puuttuminen estää tai ainakin vähentää neurologisia vaurioita (5,18,21).

Ensisijainen menetelmä stressin merkkejä osoittavan sikiön voinnin parantamiseksi syn-

nytyksen aikana ei useimmiten ole synnytyksen päättävä toimenpide vaan pyrkimys vaikuttaa kohdunsisäiseen ympäristöön (13,42). Tällaisia menetelmiä ovat esimerkiksi synnyttäjän asennon vaihto puristuneen napanuoran vapauttamiseksi, alentuneen verenpaineen korjaaminen, liian tiheiden supistusten hillitseminen tai kuumetta alentavan lääkkeen antaminen synnyttäjälle (42). Toimenpiteiden teho ja sikiön voinnin paraneminen tulee todentaa normaalisti palautuvasta KTG-rekisteröinnistä.

### Lopuksi

Suurin osa synnytyksen aikana todetuista sykkeen muutoksista on vaarattomia. Sikiön sykekäyrän tulkinta perustuu sykekuvioiden piirteiden tunnistamiseen ja sikiön fysiologisten reaktioiden ja yksilöllisen kompensatiokyvyn hahmottamiseen. Sykekäyrä tulee aina tulkita kliinistä kokonaiskuvaa vasten. Sikiön fysiologian sisällyttäminen osaksi KTG-tulkintaa voi parhaimmillaan vähentää tarpeetonta puuttumista synnytyksen kulkuun ja ehkäistä happivajeesta johtuvien vaurioiden esiintymistä.

Tulevaisuus näyttää, miten tekoälyn nopeasti kehittyvät sovellukset palvelevat tietokoneavusteista KTG-tulkintaa, kun massadata mahdollistaa aiempaa suurempien sähköisten sykekäyräarkistojen analysoinnin rinnakkain synnyttäjien taustamuuttujien kanssa.

Vuonna 2017 HUS Naistenklinikka otti käyttöön strukturoidun, sykekäyrän piirteisiin ja sikiön fysiologisiin muutoksiin perustuvan KTG-koulutusohjelman ja syksyllä 2020 KTG-tentin synnytyslääkäreille ja kätilöille. Koulutuksiin osallistuminen ja tentin läpäisy ovat edellytys synnytyssalissa työskentelylle. KTG-koulutusten vaikuttavuutta mitataan jatkossa teorian ja tulkintataitojen kehittymistä kartoittavilla testeillä sekä synnyttäjän ja syntyvän lapsen hyvinvoinnin mittareilla. Kannustamme muita sairaanhoitopiirejä samaan käytäntöön.

Kansallinen tulkintaohje auttaisi yhtenäistämään terminologiaa ja minimoimaan klinikko-kohtaiset vaihtelut sikiön sykeseurannan käytänteissä. Ohjeistuksen tulisi ottaa kantaa sikiön valvonnan periaatteisiin sekä vähäisen että suuren riskin synnytyksissä ja painottaa kokonaisvaltaisen KTG-tulkinnan merkitystä. ●

### SIDONNAISUUDET

Mikko Tarvonen: Apurahat (Olga ja Vilho Linnamon säätiö, Lastentautien tutkimussäätiö), luontopalkkiot (useat sairaanhoitopiirit ja sairaalat, Tampereen, Jyväskylän ja Metropolia ammattikorkeakoulu, Suomen Kätilöliitto, Rigshospitalet Kööpenhamina, Landspítali Reykjavík, Mehiläinen Länsipohja Oy, Medidyne Oy), Suomen Perinatologisen Seuran KTG-asiantuntijaryhmän jäsen.  
Vedran Stefanovic:  
Ei sidonnaisuuksia.  
Riina Jermman: Suomen Perinatologisen Seuran KTG-asiantuntijaryhmän jäsen.

### ENGLISH SUMMARY

Intrapartum cardiotocography – the aspect of fetal physiology

**MIKKO TARVONEN, VEDRAN  
STEFANOVIC, RIINA JERNMAN**

**MIKKO TARVONEN**  
Midwife, Researcher  
Gynecology and Obstetrics, HUS  
Women's Hospital

# Intrapartum cardiotocography – the aspect of fetal physiology

Cardiotocography (CTG), an electronic recording of fetal heart rate (FHR) and uterine contractions, is the most common fetal surveillance method during labour. The interpretation of CTG recording is based on the identification of FHR patterns. Ideally, intrapartum fetal surveillance should predict and recognize imminent fetal hypoxia before neurological damage occurs. In Finland, CTG tracings have been generally interpreted by visual evaluation of the FHR features. However, reproducibility of the pattern recognition is low. Wide differences have been observed in intra- and interobserver agreement among obstetric experts regarding the assessment of abnormal CTG features. Changes in intrapartum FHR are affected by many other factors besides fetal hypoxia, which makes intrapartum CTG recording a highly sensitive but poorly specific screening method for fetal compromise. Physiological CTG interpretation seeks to evaluate situations where the fetus copes with labour stress but gradually loses its ability to compensate it. Baroreceptors, chemoreceptor-mediated parasympathetic nervous system, cerebral cortex, brainstem, adrenal glands and myocardial function affect fetal oxygenation and FHR changes. In addition to preventing and identifying imminent fetal distress, physiological CTG interpretation may reduce unnecessary operative and invasive interventions during labour. Furthermore, physiological FHR evaluation takes into account the overall clinical picture. In 2017, Helsinki University Hospital introduced a structured CTG training programme based on fetal physiological changes, and in autumn 2020, a mandatory CTG exam was introduced for all obstetricians and midwives working with parturients.