

Kan AI identifiera fosterhypoxi under förlossningen?

MIKKO TARVONEN, MATTI MANNINEN OCH STURE ANDERSSON

Sedan 1960-talet har kardiokografi (CTG) varit den viktigaste metoden för fosterövervakning under förlossning, det vill säga simultan registrering av fostrets puls och uteruskontraktioner. CTG kan visa på förändringar i fostrets puls som tyder på syrebrist, varvid ingrepp kan göras för att undvika potentiella hypoxiska fosterskador. CTG har visat sig vara känsligt för störningar och för visuell övertolkning av misstänkta hypoxiförändringar, något som lett till en ökning av operativa, ofta överflödiga, förlossningsingrepp.

Datorbaserad analys av CTG testades redan på 1980-talet, men utveckling av artificiell intelligens (AI) baserad på maskininlärning var under tidigt 2000-tal en förutsättning för en analytisk tolkning av CTG. De AI-modeller som i dag används för CTG-analys baserar sig i princip på maskinseende eller tidsserieanalys, eller i vissa fall på en hybridform av dem. Modellerna kräver stor datorkapacitet och dessutom ett stort antal, helst hundratusentals CTG-registreringar. Under senare år har kraven kunnat tillgodoses och AI-baserad CTG-analys har utvecklats till en nivå som i många fall kan jämföras med mänsklig bedömning. AI-baserad CTG-analys kan i dag ha en stödjande funktion, som kan förbättra och snabba upp diagnostiska ställningstaganden. Kliniskt beslutsfattande kräver individuell bedömning med beaktande av patientens situation, lokala förhållanden och vetenskaplig evidens.

Fosterövervakning under förlossning

Syftet med fosterövervakning under förlossning är att minska perinatal mortalitet och neurologisk långtidsmorbiditet relaterad till fosterhypoxi. Kardiokografi (CTG) är den vanligaste metoden för att övervaka ett fullgånget fosters status under förlossning. Metoden baserar sig på elektronisk registrering av fostrets puls och uteruskontraktioner. Utifrån de här parametrarna försöker man identifiera och förhindra syrebrist hos fostret.

De första försöken att elektroniskt dokumentera fetal hjärtfrekvens och uterina kontraktioner gjordes under 1950-talet (1). Under 1960-talet utvecklades CTG-metoden för kliniskt bruk av Hon, Caldeyro-Barcia och Hammacher och den första kommersiellt tillgängliga CTG-apparaten lanserades av Hewlett-Packard under sent 1960-tal. När metoden utan föregående kliniska tester infördes var det i förhoppning om att en fortgående CTG-registrering skulle möjliggöra tidig diagnos av hypoxirelaterade pulsförändringar hos fostret, vilket kunde ge obstetriker en bas för att förlösa fostret innan dess kondition försämrades med åtföljande neurologiska skador eller fetal död (figur 1) (2, 3).

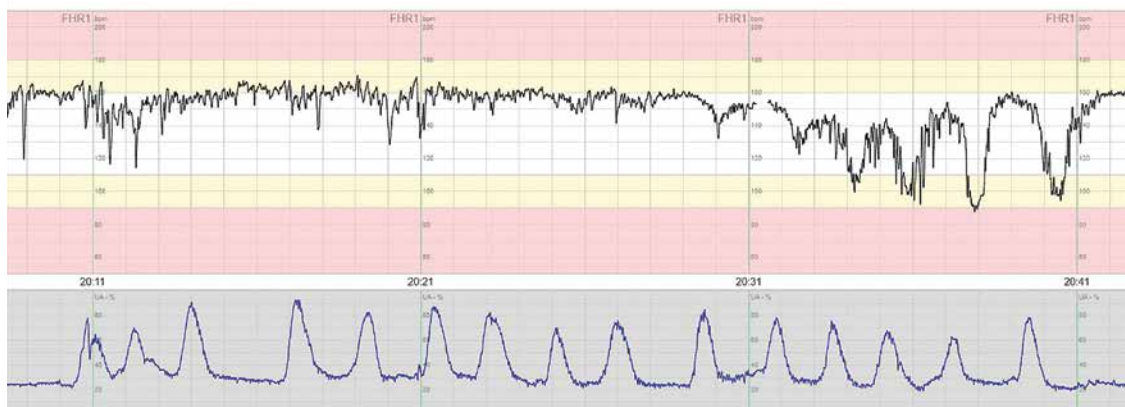
SKRIBENTERNA

Mikko Tarvonen, barnmorska, FM, forskare, HUS Kvinnokliniken

Matti Manninen, DI, ekonomie magister, doktorand vid Helsingfors universitet

Sture Andersson, professor emeritus i neonatologi, HUS Barnkliniken och Helsingfors universitet

Internationella direktiv om analys av CTG är baserade på en visuell granskning av pulskurvan för identifikation av specifika pulsförändringar. Reproducerbarheten vid analys av pulsförändringar är dock låg och stora skillnader har observerats mellan olika individer och till och med hos en och samma person vid upprepade granskning av samma registrering (4, 5). Registreringen kan också vara förknippad med tekniska problem som avbrott, störningar och oförmåga att särskilja moderns och fostrets puls (6). De här omständigheterna har lett till att antalet kejsarsnitt och andra operativa förlossningsmetoder har ökat utan signifikant positiv effekt på de nyföddas neurologiska morbiditet (7, 8).



Figur 1. CTG-registrering. Övre panelen: fostrets hjärtfrekvens. Mot slutet av registreringen ses upprepade decelerationer av hjärtfrekvensen som är inducerade av kemoreceptorer och startar efter kontraktionens maximum. Nedre panelen (tokografi): uteruskontraktioner.

En fördel med CTG är metodens känslighet. En normal CTG-registrering utesluter med stor sannolikhet en hypoxibaserad acidosis som kunde leda till neurologisk skada hos fostret (9, 10). En nyligen publicerad retrospektiv undersökning som omfattade över 300 000 fullgångna förlossningar visade att normalt CTG vid ankomsten till sjukhuset med stor sannolikhet utesluter en hjärnskada hos fostret (11). Sensitivitet och negativt prognostiskt värde var båda 100 procent och specificiteten 95 procent (11). Avvikande CTG vid ankomsten var associerat med en 11-faldig risk för existerande hjärnskada (11).

Fostrets respons på födelsestress

Stressen vid vaginal förlossning förbereder fostret för extrauterint liv. Ett friskt fullgånget foster, som har en normalt fungerande placenta och inte har utsatts för betydande syrebrist *in utero*, svarar i regel på stressen utan problem (12).

Fostrets puls påverkas av både blodtrycksförändringar och cirkulerande biokemiska faktorer. En ofta förekommande sänkning

av pulsfrekvensen är kardioprotektiv genom att den minskar hjärtmuskelnns belastning och syreförbrukning (13). Som svar på en förhöjning av blodtrycket, exempelvis i samband med kompression av navelsträngen, inducerar fostrets baroreceptorer en vagusmedierad sänkning av hjärtfrekvensen (14).

Kemoreceptorer svarar på biokemiska förändringar i cirkulationen, såsom låg syrekonzentration, lågt pH-värde och hög koldioxidnivå, genom att aktivera det sympatiska nervsystemet för att åstadkomma en redistribution av blodcirkulationen till vitala organ (12, 15). Födelsestress leder också till ökad frisättning av katekolaminer, främst noradrenalin, i binjurarna. Via betareceptorer ökar noradrenalin hjärtats pulsfrekvens, kontraktilitet och slagvolym (16). Katekolaminer inducerar också via medulla oblongata dilatation och kontraktion av blodkärl, vilket bidrar till redistribution av cirkulation till viktiga organ hos fostret, såsom hjärta, binjuror och centrala nervsystemet (17, 18).

En uterin sammandragning kan förorsaka en betydande försämring av blodcirkulationen i placenta och navelsträngen, vilket innebär en tillfällig minskning eller ett avbrott av gasutbytet

HUVUDBUDSKAP:

- Kardiotokografi (CTG) som registrerar fostrets hjärtfrekvens och uteruskontraktioner är den vanligaste metoden för övervakning av fostret under förlossningen.
- CTG:s styrka ligger i dess stora känslighet för hypoxiska förändringar i fostrets puls, men dess tillförlitlighet försämras dels av felaktigt positiva fynd, dels av stora skillnader i obstetrikers tolkningar.
- Under senare år har datorbaserade analysmetoder utvecklats för kardiotokografi. Metoderna har visat lovande resultat vid identifiering av hotande fetalhypoxi och kan bidra till större precision och mindre variation vid tolkning av CTG.

mellan placenta och fetus. Om intervallen mellan sammandragningarna är för korta eller om fostrets kompensationsmekanismer är otillräckliga eller förbrukade, leder detta till en signifikant ökad risk för fetal hypoxi och eventuella komplikationer (19).

Med *hypoxemi* avses det första skedet av syrebrist när syresaturationen i artärblodet minskar (20). Vid hypoxemi minskar fostrets rörelser, vilket sparar resurser för att uppehålla funktionen i hjärna, hjärta och binjurar. En längre period av relativ hypoxemi kan leda till minskad tillväxt hos fostret. Vid hypoxi har syresaturationen sjunkit och syrebristen påverkar fostrets perifera vävnader (16). *Asfyxi* är den allvarligaste nivån av hypoxi, när fostret måste ta hjälp av anaerob metabolism som leder till metabol acidosis (21). Asfyxi påverkar centrala organ och kan orsaka både övergående och bestående skador i centrala nervsystemet hos fostret eller det nyfödda barnet, t.ex. hypoxisk-ischemisk encefalopati (HIE), eller i svåra fall fostrets eller det nyfödda barnets död (22, 23).

Åtgärder vid tecken på ökad fetal stress

Den primära åtgärden för att under förlossningen förbättra tillståndet hos ett foster som visar tecken på ökad stress är inte akut kejsarsnitt eller instrumentell vaginal förlossning, utan metoder som syftar till att förbättra fostrets intrauterina tillstånd (24). Tillvägagångssätt som används är exempelvis att föderskan ändrar ställning för att befria en inklämd navelsträng, att hypotension korrigeras, att för intensiva sammandragningar reduceras eller att föderskan ges febernedsättande läkemedel (25). Effekten av åtgärderna och en korrigering av fostrets tillstånd bör kontrolleras med normalisering av CTG.

AI-baserad CTG-analys

Datorbaserad analys av CTG utvecklades på 1980-talet av Dawes och Redman för att underlätta identifiering av avvikande fetala pulskonfigurationer och för att möjliggöra en idealisk tidpunkt för förlossningen. De första analytiska metoderna var baserade på pulsens basfrekvens och på dess variationer, accelerationer och decelerationer samt en strävan efter att kopiera tolkningar gjorda av sakkunniga obstetriker (26). Metoderna använde sig dock inte av datadriven teknik och försöksdesignen var inte optimal (27, 28).

Utvecklandet av maskininlärning (*machine learning*) och djup maskininlärning (*deep*

learning) under 2000- och 2010-talen möjliggjorde bland annat en betydande förbättring av maskinseende (*machine vision*) med utnyttjande av konvolutionsnätverk (*convolutional network*) och analys av tidsserier (*time series*) (29).

Teknik för CTG-analys baserad på djup maskininlärning kan i princip delas in i maskinseende, tidsseriemodeller och hybridmodeller. Maskinseendemodeller tolkar en CTG-registrering i form av bilder. Modellerna är relativt omfattande och kräver stor datorkapacitet. En vidareträning av modellerna kräver också ett relativt stort datamaterial. Tidsseriemodeller undersöker hur CTG-signalen förändras kronologiskt och de kan analysera trender, specifika händelser och olika fenomen. Under senare år har hybridmodeller blivit vanligare. I dem kombineras bland annat konvolutionsnätverk, som identifierar specifika förändringar och egenskaper, och tidsserier som noterar tidsmässiga faktorer (30).

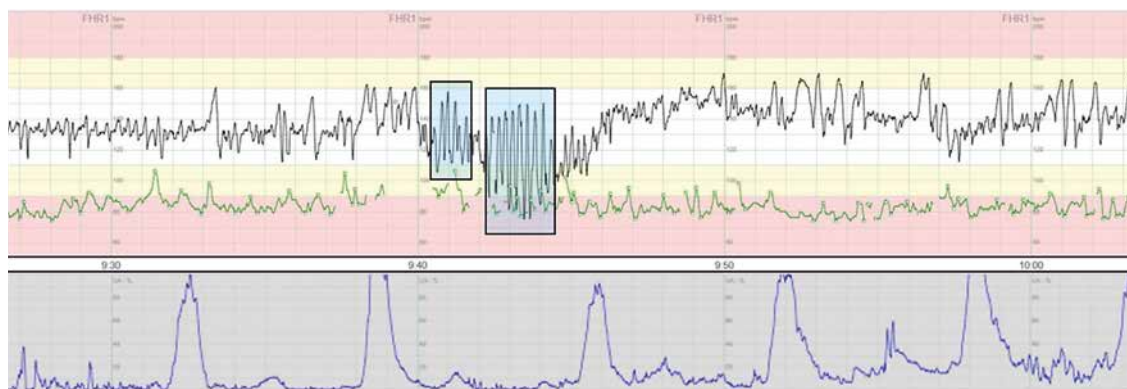
Existerande AI-analysmetoder för CTG har uteslutande baserats på en totalbedömning av CTG-registrering i förhållande till analyserade hypoximarkörer. Den infallsvinkeln förutsätter tillgång till en massiv mängd CTG-analyser och stor datorkapacitet. Det är sällan kraven har kunnat tillgodoses.

McCoy et al. publicerade tidigare i år den hittills sannolikt bästa studien rörande AI-analys av CTG. Där gav deras bästa modell en area under ROC-kurvan (*receiver operating characteristic*) på 0,87 för en kombination av navelarteriellt pH-värde under 7,05 och BE under -11 mekv/l. Deras studie byggde på ett ursprungligt patientmaterial omfattande 124 777 förlossningar, av vilka 10 182 kunde användas för slutgiltig analys, 7 644 (75 %) för träning av modellen och 2 549 (25 %) som testgrupp (31).

Ökad pulsvariation (sicksackmönster) hos fostret

Pulsvariabiliteten hos fostret återspeglar en fortgående interaktion mellan de parasympatiska och sympatiska autonoma nervsystemen (2). Normala gränser för pulsvariation är en amplitudförändring på 5–25 slag i minuten. Minskad variabilitet, under 5 slag/min, och ökad variabilitet, över 25 slag/min – så kallat sicksack eller saltatorisk puls, är båda avvikande fynd (figur 2) (33).

I en serie publikationer har vår grupp visat att ökad pulsvariation under förlossningen korrelerar med syrebrist hos fostret. I en



Figur 2. CTG-registrering. Övre panelen: fostrets och moderns (grön) hjärtfrekvens. Nedre panelen: uterina sammandragningar (tokografi). I övre panelen ses under de första och sista 10 minuterna normal fetal hjärtfrekvens, som avbryts av två sekvenser (inramade) med patologiskt ökad frekvensvariation, så kallat sicksack.

kohort som omfattade 5 150 förlossningar kunde vi i navelblod konstatera en klart signifikant korrelation av sicksackförändringar med acidosis i navelartärblod och med förhöjd koncentration av erytropoetin, som indikator på hypoxi. Sicksackepisoder i mer än två minuter förekommer vid cirka 11 procent av fullgångna graviditeter och de kan associeras med allvarliga komplikationer hos nyfödda, bland annat med ökat behov av intensivvård och hypoglykemi under de första 24 timmarna postnatalet (10, 34).

Våra fynd tyder på att patologiskt ökad pulsvariation, sicksack, i CTG fungerar som tidig signifikant indikator på fetal hypoxi (10, 33). Forskningsrön från både humanstudier och djurförsök visar att en kortvarig sicksackförändring fungerar som indikator för placentadysfunktion och därmed som tidig varningssignal för försämrat tillstånd hos fostret (33).

AI-analys av ökad pulsvariation (sicksack)

I ett pågående projekt undersöker vår grupp om pulsförändringar av typen sicksack kan fungera som bas för AI-analys av CTG. I ett material omfattande 4 988 vaginala förlossningar vid fullgången tid har en algoritm baserad på maskinseende nära nog identisk förmåga att identifiera sicksackförändringar jämfört med erfarna obstetrikers visuella analys (Cohens kappakoefficient 0,98) (35). Vi har tillgång till detaljerade data från en kohort omfattande 317,126 förlossningar vid HUS mellan 2005 och 2024 och vårdanmälningsdiagnoser (Hilmo) för föderskor och barn. Utifrån dessa data har vi utvecklat en AI-algoritm

baserad på en hybridmodell för tidsserier som identifierar hypoxiska sicksackavvikelser i CTG. Vårt projekt syftar till att klarlägga hur ofta en hypoxidiagnos kan ställas snabbare med AI och i vilken utsträckning anknyttande terapeutiska åtgärder kan reducera akut och kronisk morbiditet hos fostret och det nyfödda barnet, om AI-algoritmen är integrerad i sjukhusets kliniska datasystem.

Begränsningar i AI-medierad CTG-analys

Trots att utvecklingen av AI-baserade modeller har avancerat innebär integrering av dem i kliniskt beslutsfattande betydande utmaningar. AI kan inte, och ska inte, ersätta obstetriker och barnmorskor utan dess roll är att stödja deras arbete exempelvis genom att snabba upp diagnostiken och minska arbetsmängden. Kritiskt beslutsfattande kräver även i framtiden individuell bedömning baserad på vetenskaplig evidens, med beaktande av moderns situation och önskemål.

Användningen av AI begränsas av flera faktorer. För det första beror algoritmernas precision på kvaliteten på den inmatade informationen, vilket betyder att data som är defekta eller fattas försvagar modellens tillförlitlighet. För det andra är modellerna ofta specifika för den population som de bygger på och kan därför inte direkt tillämpas på olika befolkningsgrupper. För det tredje bygger AI-forskningsresultat nästan uteslutande på förlossningsvård i utvecklade länder med sina vådrutiner och resurser, vilket begränsar möjligheterna att direkt utnyttja dem i medel- och låginkomstländer. Internationella multicenterstudier kommer att krävas för att

säkerställa modellernas generaliserbarhet, kulturella lämplighet och pålitlighet i olika hälso- och sjukvårdssystem och populationer. Bakgrunden både för forskare och för data kan vara förenad med oavsiktlig partiskhet, till exempel beroende på socioekonomiska, etniska eller språkmässiga faktorer, vilket är något som kan försvaga AI-modellernas noggrannhet och nytta i praktiskt kliniskt bruk. AI-modeller baserade på historiska CTG-data har, när de har testats i realtid i praktiska kliniska situationer, inte till alla delar kunnat infria de förhoppningar som ställts på noggrannhet gällande både positivt och negativt prediktionsvärde.

Största delen av fetala pulsförändringar som uppträder under förlossning är benigna. Tolkningen av fostrets pulskurva är baserad på identifiering av specifika mönster av puls-förändringar och kombineras med bedömning av fostrets fysiologiska reaktioner och individuella kompensationskapacitet. En analys av CTG bör därför alltid ske mot bakgrund av den kliniska helhetsbilden. Hänsyn till existerande riskfaktorer för modern, fostret och förlossningen som en del av en AI-baserad CTG-tolkning kan i idealfallet reducera onödig intervenering i förlossningens förlopp samtidigt som tolkningen förhindrar uppkomsten av hypoxiska fosterskador.

Genom att utnyttja en CTG-analys som simultant beaktar riskfaktorer för föderskan, fostret och förlossningsförloppet kan längre utvecklade AI-baserade modeller komma att minimera uppkomsten av hypoxiska fosterskador och samtidigt reducera onödig intervenering, och därmed bidra till att förverkliga Willibald Pschyrembels (1901–1987) maxim ”Man muss in der Geburtshilfe viel wissen, um wenig zu tun” (I förlossningsvården måste man veta mycket för att [kunna] göra litet).

Författarna tackar för stöd från Finska Läkaresällskapet och Stiftelsen för pediatrik forskning samt för statlig finansiering för hälsoforskning på universitetsnivå.

Mikko Tarvonen
mikko.tarvonen@hus.fi

Inga bindningar

Matti Manninen
matti.manninen@helsinki.fi

Inga bindningar

Sture Andersson
sture.andersson@helsinki.fi

Inga bindningar

Referenser

1. Malmström T. The parturiometer, a tocographic device II. Acta Obstet Gynecol Scand Suppl 1958;7:36 (suppl): 397–9.
2. 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.
3. Parer JT, Ikeda T. A framework for standardized management of intrapartum fetal heart rate patterns. Am J Obstet Gynecol 2007;197:26.e1-26.e266.
4. Rhöse S, Heinis AM, Vandenbussche 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.
5. Sabiani L, Le Dû R, Loundou A, d’Ercole C, Bretelle F, Boubli L, Carcopino X. 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.
6. Tarvonen M, Markkanen J, Tuppurainen V, Jernman R, Stefanovic V, Andersson S. Intrapartum cardiotocography with simultaneous maternal heart rate registration improves neonatal outcome. Am J Obstet Gynecol 2024;230:379.e1-379.e12.
7. 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;26:1:CD005122.
8. Peters LL, Thornton C, de Jonge A, Khashan A, Tracy M, Downe S, Feijen-de Jong EI, Dahlen HG. The effect of medical and operative birth interventions on child health outcomes in the first 28 days and up to 5 years of age: A linked data population-based cohort study. Birth 2018;45:347–57.
9. 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.
10. 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.
11. Tarvonen M, Jernman R, Stefanovic V, Tuppurainen V, Karikoski R, Haataja L, Andersson S. Hypoxic-ischemic encephalopathy following intrapartum asphyxia: is it avoidable? Am J Obstet Gynecol 2025;S0002-9378(25)00305-9. doi: 10.1016/j.ajog.2025.04.073. Förhandspublicerad online.
12. Lear CA, Wassink G, Westgate JA, Nijhuis JG, Ugwumadu A, Galinsky R, Bennet L, Gunn AJ. The peripheral chemoreflex: indefatigable guardian of fetal physiological adaptation to labour. J Physiol 2018;596:5611–23.
13. Lear CA, Kasai M, Booth LC, Drury PP, Davidson JO, Maeda Y, Magawa S, Miyagi E, Tomoaki I, Westgate JA, Bennet L, Gunn AJ. Peripheral chemoreflex control of fetal heart rate decelerations overwhelms the baroreflex during brief umbilical cord occlusions in fetal sheep. J Physiol 2020;598:4523–36.
14. Jia YJ, Ghi T, Pereira S, Gracia Perez-Bonfils A, Chandraran E. Pathophysiological interpretation of fetal heart rate tracings in clinical practice. Am J Obstet Gynecol 2023;228:622–44.
15. Wood CE, Keller-Wood M. Current paradigms and new perspectives on fetal hypoxia: implications for fetal brain development in late gestation. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol 2019;317:R1–R13.
16. Giussani DA. The fetal brain sparing response to hypoxia: physiological mechanisms. J Physiol 2016;594:1215–30.
17. Olofsson P. Umbilical cord pH, blood gases, and lactate at birth: normal values, interpretation, and clinical utility. Am J Obstet Gynecol 2023;228:S1222–S1240.
18. Chandraran E, Kahar Y, Pereira S, Fieni S, Ghi T. Rational approach to fetal heart rate monitoring and management during the second stage of labor. Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol 2025;305:159–69.
19. Evans MI, Britt DW, Worth J, Mussalli G, Evans SM, Devoe LD. Uterine contraction frequency in the last hour of labor: how many contractions are too many? J Matern Fetal Neonatal Med 2022;35:8698–705.
20. 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.
21. Gunn AJ, Bennet L. Fetal hypoxia insults and patterns of brain injury: insights from animal models. Clin Perinatol 2009;36:579–93.

-
22. Frey HA, Liu X, Lynch CD, Musindi W, Samuels P, Rood KM, Thung SF, Bakk JM, Cheng W, Landon MB. An evaluation of fetal heart rate characteristics associated with neonatal encephalopathy: a case-control study. *BJOG* 2018;125:1480–7.
 23. Turner JM, Mitchell MD, Kumar SS. The physiology of intrapartum fetal compromise at term. *Am J Obstet Gynecol* 2020;222:17–26.
 24. Simpson KR. Intrauterine resuscitation during labor: review of current methods and supportive evidence. *J Midwifery Womens Health* 2007;52:229–37.
 25. Fieni S, Morganelli G, Chandharan E, Dall'Asta A, Ghi T. Intrauterine fetal resuscitation: from maternal repositioning to the latest pharmacological strategies. *J Matern Fetal Neonatal Med* 2025;38:2502977. doi: 10.1080/14767058.2025.2502977.
 26. Dawes GS, Redman CWG, Smith JH. Improvements in the registration and analysis of fetal heart rate records at the bedside. *BJOG* 1985; 92: 317–25.
 27. Bhide A, Meroni A, Frick A, Thilaganathan B. The significance of meeting Dawes-Redman criteria in computerised antenatal fetal heart rate assessment. *BJOG* 2024;131:207–12.
 28. Davis Jones G, Albert B, Cooke W, Vatish M. Performance evaluation of computerized antepartum fetal heart rate monitoring: Dawes-Redman algorithm at term. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2025;65:191–7.
 29. Krizhevsky, A., Sutskever, I., Hinton, G. E. ImageNet classification with deep convolutional neural networks. *NeurIPS Advances in Neural Information Processing Systems* 25 NeurIPS 2012;25:1097–105.
 30. Francis F, Luz S, Wu H, Stock SJ, Townsend R. Machine learning on cardiotocography data to classify fetal outcomes: A scoping review. *Comput Biol Med.* 2024;172:108220
 31. McCoy JA, Levine LD, Wan G, Chivers C, Teel J, La Cava WG. Intrapartum electronic fetal heart monitoring to predict acidemia at birth with the use of deep learning. *Am J Obstet Gynecol* 2025;42:181–8.
 32. Dalton KJ, Dawes GS, Patrick JE. The autonomic nervous system and fetal heart rate variability. *Am J Obstet Gynecol* 1983;146:456–62.
 33. Tarvonen MJ, Lear CA, Andersson S, Gunn AJ, Teramo KA. Increased variability of fetal heart rate during labour: a review of preclinical and clinical studies. *BJOG* 2022;129:2070–81.
 34. 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.
 35. Tarvonen M, Manninen M, Lamminaho P, Jehkonen P, Tuppurainen V, Andersson S. Computer vision for identification of increased fetal heart variability in cardiotocogram. *Neonatology* 2024;121:460–67.

Summary

Can AI Predict Non-reassuring Fetal Status during Labor?

Cardiotocography (CTG) is the main method of fetal monitoring during labor, with the intention to detect changes in fetal heart rate indicative of hypoxia. The first computerized interpretations of CTG were implemented in the 1980s. However, the development during the last 20 years of deep learning models based on machine vision or time series analysis, or their combination is a prerequisite for AI based analysis of CTG. Recently some AI based interpretations of CTG have reached impressive performance in identifying fetal hypoxia. The use of AI as support of human decision making may enter the clinical field in the coming years.