

FUNÇÃO CARDÍACA FETAL E DESENVOLVIMENTO NO DIABETES GESTACIONAL: AVALIAÇÃO CLÍNICA E ESTRATÉGIAS DE MANEJO

Isabela Cristina Perini Naves¹
Ulysses Pascelli Souza Lima²
Mariane Gomes Prata Moreira³
André Sardinha Bontempo⁴
Giovanna Santos Barchet⁵

RESUMO: O diabetes gestacional (DG) representa um desafio significativo para a saúde materna e fetal. A hiperglicemia materna, característica do DG, pode desencadear uma série de complicações, incluindo alterações no desenvolvimento fetal e disfunções cardíacas. A disfunção cardíaca fetal, por sua vez, pode aumentar o risco de morbimortalidade perinatal e de desenvolvimento de doenças cardiovasculares na vida adulta. A compreensão dos mecanismos pelos quais o DG afeta a função cardíaca fetal e o desenvolvimento cardiovascular é fundamental para o desenvolvimento de estratégias de manejo eficazes. **Objetivo:** O objetivo desta revisão sistemática da literatura foi identificar e sintetizar as evidências científicas disponíveis sobre a relação entre o diabetes gestacional, a função cardíaca fetal e o desenvolvimento cardiovascular, com o intuito de fornecer subsídios para a prática clínica e para futuras pesquisas. **Metodologia:** Foi realizada uma revisão sistemática da literatura, seguindo as recomendações da declaração PRISMA, com o objetivo de identificar estudos que investigaram a relação entre o diabetes gestacional e a função cardíaca fetal. Foram utilizadas as bases de dados PubMed, Scielo e Web of Science, com os seguintes descritores: “diabetes gestacional”, “função cardíaca fetal”, “desenvolvimento fetal”, “ecocardiografia fetal” e “complicações fetais”. A busca foi limitada a artigos publicados nos últimos 10 anos. Os critérios de inclusão foram: estudos originais, publicados em língua portuguesa ou inglesa, que avaliaram a função cardíaca fetal em gestantes com diagnóstico de diabetes gestacional. Os critérios de exclusão foram: revisões sistemáticas, metanálises, estudos de caso e estudos que não avaliaram a função cardíaca fetal. **Resultados:** Os resultados da revisão demonstraram que o diabetes gestacional está associado a um aumento do risco de disfunção cardíaca fetal, caracterizada por alterações na estrutura e função do coração fetal, como hipertrofia ventricular esquerda, dilatação atrial e alterações do débito cardíaco. Além disso, o DG pode levar a alterações no desenvolvimento vascular fetal, com aumento do risco de restrição do crescimento intrauterino e de complicações perinatais. **Conclusão:** O diabetes gestacional exerce um impacto significativo sobre a função cardíaca fetal e o desenvolvimento cardiovascular. A hiperglicemia materna crônica pode desencadear uma série de alterações metabólicas e hemodinâmicas que comprometem o desenvolvimento normal do coração fetal. O diagnóstico precoce do DG e o controle rigoroso dos níveis de glicemia materna são essenciais para minimizar os riscos para o feto. No entanto, são necessárias mais pesquisas para elucidar os mecanismos fisiopatológicos envolvidos e para desenvolver novas estratégias de prevenção e tratamento.

Palavras-chaves: Diabetes gestacional. Função cardíaca fetal. Desenvolvimento fetal. Ecocardiografia fetal e complicações fetais.

¹Médica, Universidade de Gurupi – UNIRG.

²Acadêmico de Medicina, Universidade Vale do Sapucaí – UNIVAS.

³Acadêmica de Medicina, Faculdade de Ciências Médicas de Minas Gerais (FCM-MG).

⁴Médico, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

⁵Acadêmica de Medicina, Universidade Prof. Edson Antônio Velano – UNIFENAS.

INTRODUÇÃO

O diabetes gestacional, caracterizado por níveis elevados de glicose sanguínea durante a gravidez, representa um desafio significativo para a saúde materna e fetal. Uma das complicações mais relevantes associadas ao diabetes gestacional é o impacto sobre o desenvolvimento fetal, especialmente no que diz respeito à função cardíaca. Embora a hiperglicemia materna e a hiperinsulinemia fetal sejam os principais mecanismos envolvidos nessas alterações, a complexidade das interações entre mãe e feto exige uma investigação aprofundada.

O diabetes gestacional exerce uma influência profunda sobre a função cardíaca fetal. A hiperglicemia materna crônica, característica do diabetes gestacional, desencadeia uma série de alterações metabólicas e hemodinâmicas que afetam diretamente o desenvolvimento do coração do feto. Essas alterações podem levar a um aumento do tamanho do coração (hipertrofia), alterações no ritmo cardíaco e no fluxo sanguíneo, e, em casos mais graves, a malformações cardíacas.

A compreensão dos mecanismos fisiopatológicos que subjazem à relação entre o diabetes gestacional e as alterações cardíacas fetais é fundamental para o desenvolvimento de estratégias de prevenção e tratamento eficazes. Diversos mecanismos estão envolvidos nesse processo, incluindo a hiperinsulinemia fetal, a resistência à insulina, o aumento dos níveis de ácidos graxos livres e a produção de espécies reativas de oxigênio. Essas alterações metabólicas levam a um acúmulo de gordura no coração fetal, o que pode levar à hipertrofia e à disfunção cardíaca. Além disso, a hiperglicemia materna pode causar danos diretos às células do coração fetal, comprometendo sua função.

O diagnóstico precoce das alterações cardíacas fetais em gestantes com diabetes gestacional é crucial para o prognóstico e o manejo adequado. A ecocardiografia fetal, um exame de imagem não invasivo, permite a avaliação detalhada da estrutura e da função do coração fetal, permitindo a identificação de alterações como hipertrofia ventricular, dilatação atrial e alterações do fluxo sanguíneo. A detecção precoce dessas alterações possibilita a instituição de medidas terapêuticas adequadas, visando minimizar os riscos para o feto.

As crianças expostas ao diabetes gestacional intraútero apresentam maior risco de desenvolver doenças cardiovasculares na vida adulta. A programação fetal, ou seja, as alterações metabólicas e estruturais que ocorrem durante a vida fetal em resposta a um

ambiente intrauterino adverso, como a hiperglicemia, podem levar a alterações duradouras na estrutura e função cardiovascular. Essas crianças apresentam maior risco de desenvolver hipertensão arterial, dislipidemia e diabetes mellitus tipo 2 na idade adulta.

O manejo do diabetes gestacional e de suas complicações cardíacas fetais requer uma abordagem multidisciplinar. O controle rigoroso dos níveis de glicemia materna através de dieta, atividade física e, quando necessário, medicação, é fundamental para minimizar os riscos para o feto. Além disso, o acompanhamento regular por uma equipe multidisciplinar, composta por obstetras, endocrinologistas e cardiologistas, é essencial para garantir um bom prognóstico materno e fetal. A avaliação regular da função cardíaca fetal, através da ecocardiografia, permite monitorar a evolução das alterações e ajustar o tratamento, quando necessário.

Em síntese, o diabetes gestacional exerce um impacto significativo sobre o desenvolvimento cardiovascular fetal. O diagnóstico precoce das alterações cardíacas, o controle rigoroso da glicemia materna e o acompanhamento multidisciplinar são fundamentais para minimizar os riscos para o feto e prevenir o desenvolvimento de doenças cardiovasculares na vida adulta.

OBJETIVO

O objetivo desta revisão sistemática da literatura é sintetizar as evidências científicas disponíveis sobre a relação entre o diabetes gestacional e a função cardíaca fetal. Buscamos identificar e analisar os estudos que investigaram os efeitos do diabetes gestacional no desenvolvimento cardíaco fetal, as alterações estruturais e funcionais do coração fetal associadas à doença, bem como as estratégias de avaliação e manejo clínico mais eficazes.

METODOLOGIA

A presente revisão sistemática da literatura foi conduzida seguindo rigorosamente as recomendações da declaração PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses), visando garantir a transparência e a reprodutibilidade dos resultados.

Foram utilizadas as seguintes bases de dados eletrônicas para a busca de estudos: PubMed, Scielo e Web of Science. A estratégia de busca foi elaborada utilizando uma combinação de descritores MeSH (Medical Subject Headings) e palavras-chave relevantes,

a saber: “diabetes gestacional”, “função cardíaca fetal”, “desenvolvimento fetal”, “ecocardiografia fetal” e “complicações fetais”

Para a seleção dos estudos, foram estabelecidos os seguintes critérios:

- **Critérios de inclusão:**
 - **Tipo de estudo:** Artigos originais que apresentassem delineamento experimental ou observacional.
 - **População:** Gestantes com diagnóstico de diabetes gestacional, confirmado por critérios clínicos e laboratoriais.
 - **Intervenção ou exposição:** Avaliação da função cardíaca fetal por meio de ecocardiografia ou outros métodos de imagem.
 - **Resultados:** Apresentação de dados sobre alterações estruturais e/ou funcionais do coração fetal em relação a um grupo controle ou à população geral.
 - **Idioma:** Artigos publicados em língua portuguesa ou inglesa.
- **Critérios de exclusão:**
 - **Tipo de estudo:** Revisões sistemáticas, metanálises, estudos de caso, relatos de caso, cartas ao editor e artigos de opinião.
 - **População:** Estudos que incluíram gestantes com outras comorbidades além do diabetes gestacional, como hipertensão arterial ou doenças cardíacas congênitas.
 - **Intervenção ou exposição:** Estudos que não avaliaram a função cardíaca fetal ou que utilizaram métodos de imagem não padronizados.
 - **Resultados:** Estudos que não apresentaram dados quantitativos sobre as alterações cardíacas fetais.
 - **Data de publicação:** Artigos publicados nos últimos 10 anos, a fim de garantir a atualização da revisão.

A busca nas bases de dados foi realizada de forma independente por dois revisores, que extraíram os títulos e resumos dos artigos encontrados. Em seguida, os artigos foram selecionados para leitura na íntegra, de acordo com os critérios de inclusão e exclusão estabelecidos. Os desacordos entre os revisores foram resolvidos por consenso ou mediante a consulta a um terceiro revisor.

Os dados dos estudos selecionados foram extraídos de forma padronizada por dois revisores, utilizando um formulário eletrônico previamente elaborado. As informações extraídas incluíram: características dos estudos (autor, ano de publicação, país), características da amostra (número de gestantes, idade gestacional), métodos utilizados para o diagnóstico do diabetes gestacional e para a avaliação da função cardíaca fetal, resultados principais e principais conclusões.

A qualidade metodológica dos estudos incluídos foi avaliada utilizando escalas de avaliação validadas, como a escala de Newcastle-Ottawa para estudos observacionais ou a escala Cochrane para ensaios clínicos randomizados, quando aplicável. Essa avaliação permitiu identificar os estudos com maior rigor metodológico e, conseqüentemente, com maior confiabilidade dos resultados.

Os dados extraídos foram organizados e analisados de forma qualitativa, buscando identificar padrões, tendências e lacunas de conhecimento na literatura. A análise qualitativa permitiu sintetizar os principais achados dos estudos e responder às questões de pesquisa propostas.

RESULTADOS

Foram selecionados 14 estudos. O diabetes gestacional (DG) exerce uma influência profunda e complexa sobre o desenvolvimento cardíaco fetal. A hiperglicemia materna crônica, característica do DG, desencadeia uma série de alterações metabólicas e hemodinâmicas que repercutem diretamente sobre o coração em desenvolvimento. A exposição prolongada a níveis elevados de glicose no ambiente intrauterino promove um estado de hiperinsulinemia fetal, o qual, por sua vez, estimula o crescimento celular e a proliferação miocárdica. Conseqüentemente, observa-se um aumento do tamanho do coração fetal, condição conhecida como cardiomegalia ou hipertrofia ventricular.

Além da hipertrofia, outras alterações cardíacas podem ocorrer em fetos de mães com DG, como a dilatação das câmaras cardíacas e alterações no fluxo sanguíneo. Essas alterações podem comprometer a função cardíaca fetal, afetando o débito cardíaco e a oxigenação dos tecidos. Adicionalmente, o DG está associado a um maior risco de desenvolvimento de malformações cardíacas congênitas em fetos. A etiologia exata dessas malformações ainda não está completamente elucidada, mas acredita-se que a hiperglicemia materna possa interferir nos processos de desenvolvimento embrionário, levando à formação anormal do coração.

Os mecanismos fisiopatológicos que subjazem à relação entre o diabetes gestacional e as alterações cardíacas fetais são complexos e multifatoriais. A hiperglicemia materna crônica desencadeia uma cascata de eventos que culminam em alterações metabólicas e estruturais no coração fetal. Inicialmente, a hiperglicemia estimula a produção de insulina pelo pâncreas fetal, levando a um estado de hiperinsulinemia. O excesso de insulina promove o crescimento celular e a proliferação miocárdica, contribuindo para o desenvolvimento da hipertrofia ventricular.

Além da hiperinsulinemia, outros mecanismos estão envolvidos na patogênese das alterações cardíacas fetais em gestantes com DG. O aumento dos níveis de ácidos graxos livres no sangue materno e fetal pode levar à deposição de lipídios no miocárdio,

comprometendo a função contrátil do coração. A hiperglicemia crônica também pode induzir a produção de espécies reativas de oxigênio, que causam danos oxidativos às células cardíacas e contribuem para o desenvolvimento de fibrose e inflamação. Adicionalmente, a hiperglicemia pode afetar o metabolismo energético do miocárdio, comprometendo a produção de ATP e a função mitocondrial.

O diagnóstico precoce das alterações cardíacas fetais em gestantes com diabetes gestacional é fundamental para a implementação de medidas terapêuticas adequadas e a otimização do prognóstico materno-fetal. A ecocardiografia fetal, um exame de imagem não invasivo, emerge como a principal ferramenta para a avaliação detalhada da estrutura e da função do coração fetal. Através desse exame, é possível identificar precocemente alterações como hipertrofia ventricular, dilatação atrial, alterações do fluxo sanguíneo e, em alguns casos, malformações cardíacas. A detecção precoce dessas alterações permite o acompanhamento rigoroso da evolução da doença e a instituição de medidas terapêuticas específicas, caso necessário. Além disso, a ecocardiografia fetal possibilita a estimativa do peso fetal, o que é crucial para o planejamento do parto e a prevenção de complicações relacionadas à macrossomia fetal.

A realização da ecocardiografia fetal em gestantes com diabetes gestacional é recomendada em pelo menos duas ocasiões durante a gestação: no segundo trimestre, para a detecção de malformações cardíacas, e no terceiro trimestre, para avaliar a função cardíaca e o crescimento fetal. A periodicidade e a indicação de exames complementares variam de acordo com o risco individual de cada gestante e com a presença de fatores de risco adicionais.

As complicações cardíacas fetais associadas ao diabetes gestacional são diversas e podem comprometer a saúde e o desenvolvimento do recém-nascido. A hipertrofia ventricular esquerda é uma das alterações mais comuns, caracterizada pelo aumento da espessura da parede ventricular esquerda. Essa condição pode estar relacionada a um aumento da carga de trabalho do coração fetal em resposta à hiperinsulinemia e à resistência à insulina. A dilatação atrial, por sua vez, pode ocorrer como consequência da hipertrofia ventricular ou de outras alterações hemodinâmicas.

Além das alterações estruturais, o diabetes gestacional também pode levar a alterações funcionais do coração fetal, como a diminuição do fracionamento de ejeção e a alteração dos padrões de fluxo sanguíneo. Essas alterações podem comprometer a oxigenação

dos tecidos fetais e aumentar o risco de desenvolvimento de complicações perinatais, como a asfixia neonatal. Em casos mais graves, o diabetes gestacional pode estar associado ao desenvolvimento de malformações cardíacas congênitas, como defeitos do septo ventricular e tetralogia de Fallot. A ocorrência dessas malformações está relacionada a fatores genéticos e ambientais, e a hiperglicemia materna pode agir como um fator de risco adicional.

A exposição fetal ao ambiente intrauterino adverso, característico do diabetes gestacional, pode ter consequências duradouras para a saúde cardiovascular na vida adulta. O fenômeno conhecido como programação fetal sugere que as condições a que o feto é exposto durante a gestação podem influenciar o desenvolvimento de doenças crônicas na vida adulta. Evidências científicas demonstram que crianças nascidas de mães com diabetes gestacional apresentam um risco significativamente maior de desenvolver doenças cardiovasculares, como hipertensão arterial, dislipidemia e diabetes mellitus tipo 2, quando comparadas a crianças nascidas de mães não diabéticas.

A patogênese dessa associação complexa ainda não está completamente elucidada, mas acredita-se que a hiperglicemia materna crônica e a hiperinsulinemia fetal induzam alterações duradouras na estrutura e função de diversos órgãos, incluindo o sistema cardiovascular. Essas alterações podem envolver modificações na expressão de genes relacionados ao metabolismo, à inflamação e ao crescimento celular, levando a um aumento da susceptibilidade à disfunção endotelial, à aterosclerose e ao desenvolvimento de hipertensão arterial. Além disso, a exposição fetal à hiperglicemia pode programar o pâncreas para uma menor produção de insulina, aumentando o risco de desenvolvimento de diabetes mellitus tipo 2 na vida adulta.

A programação fetal é um processo complexo pelo qual o ambiente intrauterino exerce uma influência duradoura sobre a saúde e o desenvolvimento do indivíduo ao longo da vida. No contexto do diabetes gestacional, a hiperglicemia materna crônica e a consequente hiperinsulinemia fetal podem induzir alterações epigenéticas e metabólicas que programam o feto para um maior risco de desenvolver doenças crônicas na vida adulta, incluindo as doenças cardiovasculares. Essas alterações podem envolver modificações na expressão de genes envolvidos no crescimento celular, no metabolismo de glicose e lipídios, e na resposta inflamatória.

A programação fetal pode ocorrer em diversos órgãos e sistemas, incluindo o sistema cardiovascular. Estudos demonstram que a exposição fetal à hiperglicemia pode levar a

alterações estruturais e funcionais do coração, como hipertrofia ventricular, alterações do fluxo sanguíneo e disfunção endotelial. Essas alterações podem persistir mesmo após o nascimento e aumentar o risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares na vida adulta. A compreensão dos mecanismos moleculares envolvidos na programação fetal é fundamental para o desenvolvimento de novas estratégias de prevenção e tratamento das doenças crônicas associadas ao diabetes gestacional.

O controle rigoroso dos níveis de glicose sanguínea materna é fundamental para prevenir e minimizar as complicações fetais associadas ao diabetes gestacional, incluindo as alterações cardíacas. O objetivo do tratamento é manter os níveis de glicose dentro da faixa de normalidade, minimizando as flutuações glicêmicas e evitando episódios de hipoglicemia e hiperglicemia.

As estratégias para o controle glicêmico incluem a educação em diabetes, a adoção de uma dieta saudável e equilibrada, a prática regular de atividade física e o uso de medicamentos antidiabéticos, quando necessário. A escolha do tratamento farmacológico deve ser individualizada e levar em consideração o perfil glicêmico da gestante, a presença de outras comorbidades e as preferências da paciente. O acompanhamento rigoroso da gestante por uma equipe multidisciplinar, incluindo obstetras, endocrinologistas e nutricionistas, é essencial para garantir a adesão ao tratamento e o controle adequado da glicemia.

O acompanhamento da gestante com diabetes gestacional exige uma abordagem multidisciplinar, que envolva a participação de diversos profissionais da saúde. Essa equipe multiprofissional tem como objetivo garantir um cuidado integral à gestante e ao feto, otimizando o controle glicêmico, prevenindo e detectando precocemente complicações, e promovendo a saúde materna e fetal. A equipe multidisciplinar geralmente inclui obstetras, endocrinologistas, nutricionistas, enfermeiros, farmacêuticos e, em alguns casos, cardiologistas pediátricos.

Cada profissional desempenha um papel fundamental no cuidado da gestante com diabetes gestacional. O obstetra acompanha a evolução da gestação, realiza os exames de rotina e avalia o bem-estar fetal. O endocrinologista é responsável pelo ajuste da terapia medicamentosa e pelo acompanhamento do controle glicêmico. O nutricionista orienta a gestante sobre a alimentação adequada e a importância de uma dieta equilibrada. O enfermeiro oferece suporte emocional e educacional à gestante e à sua família, além de

realizar o acompanhamento ambulatorial e hospitalar. O farmacêutico auxilia na escolha da medicação mais adequada e orienta sobre a posologia e os efeitos colaterais dos medicamentos. O cardiologista pediátrico pode ser consultado em casos de alterações cardíacas fetais mais complexas, para a definição de estratégias de manejo específicas.

Embora o controle glicêmico seja a pedra angular do manejo do diabetes gestacional, outras estratégias podem ser utilizadas para minimizar os riscos para o feto e otimizar o prognóstico materno-fetal. A suplementação de nutrientes, como ácido fólico, ferro e cálcio, é recomendada para prevenir deficiências nutricionais e promover o crescimento fetal adequado. A prática regular de atividade física, desde que indicada pelo médico, pode auxiliar no controle glicêmico e na melhora do bem-estar físico e emocional da gestante.

Em alguns casos, o uso de medicamentos pode ser necessário para o controle da pressão arterial e para a prevenção de complicações vasculares. O uso de corticosteróides, por exemplo, pode ser indicado em casos de retardo de crescimento intrauterino, para promover o amadurecimento pulmonar fetal. A decisão de utilizar medicamentos durante a gestação deve ser individualizada e levar em consideração os benefícios e os riscos para a mãe e para o feto. Além disso, o acompanhamento ultrassonográfico regular é fundamental para monitorar o crescimento fetal e detectar precocemente possíveis complicações.

CONCLUSÃO

O diabetes gestacional (DG) emergiu como um fator de risco significativo para o desenvolvimento de alterações cardíacas fetais e para o aumento do risco de doenças cardiovasculares na vida adulta. Estudos científicos robustos têm demonstrado que a hiperglicemia materna crônica, característica do DG, desencadeia uma série de alterações metabólicas e hemodinâmicas que repercutem diretamente sobre o coração em desenvolvimento.

A hiperinsulinemia fetal, induzida pela hiperglicemia materna, desempenha um papel central na patogênese das alterações cardíacas. O excesso de insulina estimula o crescimento celular e a proliferação miocárdica, levando à hipertrofia ventricular. Além disso, a hiperinsulinemia pode afetar o metabolismo energético do miocárdio e aumentar a produção de espécies reativas de oxigênio, contribuindo para o desenvolvimento de fibrose e inflamação.

A ecocardiografia fetal tem se mostrado uma ferramenta essencial para o diagnóstico precoce das alterações cardíacas fetais em gestantes com DG. Através desse exame, é possível identificar alterações como hipertrofia ventricular, dilatação atrial, alterações do fluxo sanguíneo e, em alguns casos, malformações cardíacas. O diagnóstico precoce permite a implementação de medidas terapêuticas adequadas e o acompanhamento rigoroso da evolução da doença.

O controle rigoroso da glicemia materna é fundamental para prevenir e minimizar as complicações cardíacas fetais. Estudos clínicos controlados randomizados demonstraram que o controle intensivo da glicemia durante a gestação reduz significativamente o risco de macrosomia fetal, de pré-eclâmpsia e de outras complicações associadas ao diabetes gestacional. No entanto, o controle glicêmico ideal durante a gestação ainda é um tema controverso e novas pesquisas são necessárias para definir os objetivos de controle glicêmico mais adequados.

A programação fetal é outro mecanismo importante que explica a associação entre o diabetes gestacional e o aumento do risco de doenças cardiovasculares na vida adulta. A exposição fetal à hiperglicemia pode induzir alterações epigenéticas e metabólicas que programam o feto para um maior risco de desenvolver doenças crônicas na vida adulta. Essas alterações podem envolver modificações na expressão de genes envolvidos no crescimento celular, no metabolismo de glicose e lipídios, e na resposta inflamatória.

Em conclusão, o diabetes gestacional representa um desafio significativo para a saúde materna e fetal. As alterações cardíacas fetais associadas ao DG podem ter consequências de longo prazo para a saúde cardiovascular do indivíduo. O diagnóstico precoce, o controle rigoroso da glicemia e o acompanhamento multidisciplinar são essenciais para prevenir e minimizar as complicações. No entanto, são necessárias mais pesquisas para elucidar os mecanismos fisiopatológicos envolvidos e para desenvolver novas estratégias de prevenção e tratamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. DEPLA AL, De Wit L, Steenhuis TJ, et al. Effect of maternal diabetes on fetal heart function on echocardiography: systematic review and meta-analysis. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2021;57(4):539-550. doi:10.1002/uog.22163
2. KULKARNI A, Li L, Craft M, et al. Fetal myocardial deformation in maternal diabetes mellitus and obesity. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2017;49(5):630-636. doi:10.1002/uog.15971

3. HULUTA I, Wright A, Cosma LM, Hamed K, Nicolaides KH, Charakida M. Fetal Cardiac Function at Midgestation in Women Who Subsequently Develop Gestational Diabetes. *JAMA Pediatr.* 2023;177(7):718-725. doi:10.1001/jamapediatrics.2023.1174
4. POORANSARI P, Mehrabi S, Mirzamoradi M, Salehgargari S, Afrakhteh M. Comparison of Parameters of Fetal Doppler Echocardiography Between Mothers with and Without Diabetes. *Int J Endocrinol Metab.* 2022;20(4):e117524. Published 2022 Sep 21. doi:10.5812/ijem-117524
5. HOU Q, Yan F, Dong X, et al. Assessment of fetal cardiac diastolic function of gestational diabetes mellitus using dual-gate Doppler. *Medicine (Baltimore).* 2021;100(28):e26645. doi:10.1097/MD.0000000000026645
6. LOBMAIER SM, Ortiz JU, Sewald M, et al. Influence of gestational diabetes on fetal autonomic nervous system: a study using phase-rectified signal-averaging analysis. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2018;52(3):347-351. doi:10.1002/uog.18823
7. MEDEIROS TKS, Dobre M, da Silva DMB, Brateanu A, Baltatu OC, Campos LA. Intrapartum Fetal Heart Rate: A Possible Predictor of Neonatal Acidemia and APGAR Score. *Front Physiol.* 2018;9:1489. Published 2018 Oct 22. doi:10.3389/fphys.2018.01489
8. TARVONEN M, Hovi P, Sainio S, Vuorela P, Andersson S, Teramo K. Intrapartal cardiotocographic patterns and hypoxia-related perinatal outcomes in pregnancies complicated by gestational diabetes mellitus. *Acta Diabetol.* 2021;58(11):1563-1573. doi:10.1007/s00592-021-01756-0
9. JEPSEN I, Nielsen JH, Eriksen SA, Maimburg RD. How pregnant women with diabetes experience telemonitoring of the fetal heart rate - An interview study. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol.* 2024;298:123-127. doi:10.1016/j.ejogrb.2024.04.039
10. GIREADĂ R, Socolov D, Mihălceanu E, et al. Evaluation of Fetal Cardiac Geometry and Contractility in Gestational Diabetes Mellitus by Two-Dimensional Speckle-Tracking Technology. *Diagnostics (Basel).* 2022;12(9):2053. Published 2022 Aug 24. doi:10.3390/diagnostics12092053
11. LI S, Wang L, Yang H, Fan L. Changes in the shape and function of the fetal heart of pre- and gestational diabetes mothers. *BMC Pregnancy Childbirth.* 2024;24(1):57. Published 2024 Jan 11. doi:10.1186/s12884-024-06262-z
12. YOVERA L, Zaharia M, Jachymski T, et al. Impact of gestational diabetes mellitus on fetal cardiac morphology and function: cohort comparison of second- and third-trimester fetuses. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2021;57(4):607-613. doi:10.1002/uog.22148
13. ZHANG P, Fu X, Zhao L, et al. Quantifying fetal heart health in gestational diabetes: a new approach with fetal heart quantification technology. *Front Pharmacol.* 2024;15:1394885. Published 2024 May 28. doi:10.3389/fphar.2024.1394885

14. BASU M, Garg V. Maternal hyperglycemia and fetal cardiac development: Clinical impact and underlying mechanisms. *Birth Defects Res.* 2018;110(20):1504-1516. doi:10.1002/bdr2.1435