



ARTIGO DE REVISÃO

Fidgety movements – tiny in appearance, but huge in impact[☆]



Christa Einspieler^{*}, Robert Peharz e Peter B. Marschik

Research Unit Interdisciplinary Developmental Neuroscience (iDN), Instituto de Fisiologia, Medical University of Graz, Graz, Áustria

Recebido em 11 de dezembro de 2015; aceito em 15 de dezembro de 2015

KEYWORDS

Cerebral palsy;
Fidgety movements;
General movements;
Infant;
Prediction;
Video analysis

Abstract

Objectives: To describe fidgety movements (FMs), *i.e.*, the spontaneous movement pattern that typically occurs at 3–5 months after term age, and discuss its clinical relevance.

Sources: A comprehensive literature search was performed using the following databases: Medline/PubMed, Cinahl, The Cochrane Library, Science Direct, PsycINFO, and Embase. The search strategy included the MeSH terms and search strings ('fidgety movement^{**}') OR [('general movement^{**}') AND ('three month^{**}') OR ('3 month^{**}')], as well as studies published on the General Movements Trust website (www.general-movements-trust.info).

Summary of the data: Virtually all infants develop normally if FMs are present and normal, even if their brain ultrasound findings and/or clinical histories indicate a disposition to later neurological deficits. Conversely, almost all infants who never develop FMs have a high risk for neurological deficits such as cerebral palsy, and for genetic disorders with a late onset. If FMs are normal but concurrent postural patterns are not age-adequate or the overall movement character is monotonous, cognitive and/or language skills at school age will be suboptimal. Abnormal FMs are unspecific and have a low predictive power, but occur exceedingly in infants later diagnosed with autism.

Conclusions: Abnormal, absent, or sporadic FMs indicate an increased risk for later neurological dysfunction, whereas normal FMs are highly predictive of normal development, especially if they co-occur with other smooth and fluent movements. Early recognition of neurological signs facilitates early intervention. It is important to re-assure parents of infants with clinical risk factors that the neurological outcome will be adequate if FMs develop normally.

© 2016 Sociedade Brasileira de Pediatria. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

DOI se refere ao artigo:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jpmed.2015.12.003>

[☆] Como citar este artigo: Einspieler C, Peharz R, Marschik PB. Fidgety movements – tiny in appearance, but huge in impact. J Pediatr (Rio J). 2016;92(3 Suppl 1):S64–70.

^{*} Autor para correspondência.

E-mail: christa.einspieler@medunigraz.at (C. Einspieler).

PALAVRAS-CHAVE

Paralisia cerebral;
Movimentos
irregulares;
Movimentos gerais;
Neonato;
Predição;
Análise em vídeo

Movimentos irregulares – pequenos na aparência, porém enormes no impacto**Resumo**

Objetivos: Descrever os movimentos irregulares (FMs), ou seja, o padrão de movimentos espontâneos que normalmente ocorrem entre três e cinco meses após o nascimento e discutir sua relevância clínica.

Fontes: Uma pesquisa abrangente na literatura foi feita nas seguintes bases de dados: Medline/PubMed, Cinahl, The Cochrane Library, Science Direct, PsycINFO e Embase. A estratégia de busca incluiu os termos e cadeias de pesquisa do MeSH [("fidgety movement") OU ("general movement") E ("three month") OU ("3 month")], bem como estudos publicados no website da General Movements Trust (www.general-movements-trust.info).

Resumo dos dados: Praticamente todos os neonatos se desenvolveram normalmente se os FMs estiveram presentes e foram normais, mesmo se seus resultados do ultrassom do cérebro e/ou históricos clínicos indicassem tendência a déficits neurológicos posteriores. Por outro lado, quase todos os neonatos que nunca desenvolveram FMs apresentaram maior risco de déficits neurológicos, como paralisia cerebral, e doenças genéticas de início tardio. Caso os FMs fossem normais, porém simultâneos a padrões posturais não adequados para a idade, ou o caráter geral dos movimentos fosse monótono, as capacidades cognitivas e/ou de linguagem na idade escolar seriam abaixo do ideal. Os FMs anormais não são específicos e têm baixo poder preditivo, porém ocorrem em grande parte em neonatos posteriormente diagnosticados com autismo.

Conclusões: FMs anormais, ausentes ou esporádicos indicam um risco maior de disfunções neurológicas posteriores, ao passo que FMs normais são altamente preditivos de desenvolvimento normal, principalmente se forem simultâneos a outros movimentos suaves e fluentes. O reconhecimento precoce de sinais neurológicos facilita a intervenção antecipada. É importante garantir aos pais de neonatos com fatores de risco clínicos que o resultado neurológico será adequado se os FMs se desenvolverem normalmente.

© 2016 Sociedade Brasileira de Pediatria. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introdução

Mesmo sem o constante acionamento por dados sensoriais específicos, o sistema nervoso do feto, do neonato e do jovem gera muitos padrões motores.¹ Presentes a partir de nove semanas de idade gestacional até cinco meses após o nascimento, os movimentos gerais (GMs) fazem parte desse repertório motor espontâneo precoce.¹⁻³ Desde o nascimento até o fim do 2º mês de idade após o nascimento, os GMs apresentam uma natureza de contração; após isso, eles surgem como os chamados movimentos irregulares (FMs).¹⁻³

Desde sua introdução há 25 anos,⁴ a avaliação dos movimentos gerais (GMA)⁵ tem sido usada cada vez mais para prever a disfunção motora, principalmente a paralisia cerebral (PC).^{2,3,5-13} Ela tem como base a percepção visual Gestalt de movimentos normais em comparação com os anormais de todo o corpo. A GMA é não invasiva, não intrusiva, tem bom custo-benefício e fácil de aprender em até três a cinco dias de treinamento.^{3,5} Bosanquet et al.¹³ compararam recentemente diferentes avaliações estruturais e funcionais usadas na identificação precoce do risco de PC e descobriu que a GMA apresentava o melhor poder preditivo e de precisão. As estimativas resumidas da sensibilidade e da especificidade da GMA foram de 98% e 91%, respectivamente.¹³ Além de os GMs de contração normais em comparação com os anormais (sincronizados-contraídos),⁶ são principalmente os FMs que contribuem para os valores preditivos excelentes.^{6,9,12,13}

FMs normais

Movimentos irregulares são pequenos movimentos de velocidade moderada com aceleração variável do pescoço, tronco e membros em todas as direções (fig. 1).⁵ Esses movimentos poderão aparecer até seis semanas após o nascimento, porém normalmente ocorrem de nove a 16-20 semanas, ocasionalmente até algumas semanas a mais. Eles somem quando os movimentos antigravitacionais e intencionais começam a dominar.^{1,3,5,6}

Os FMs ocorrem independentemente da posição do neonato, porém podem ser mais bem observados caso o neonato esteja na posição supina ou semiereta em uma cadeira confortável. É importante observar que os FMs dependem do estado. Eles só ocorrem caso o neonato esteja acordado e desaparecem quando o neonato fica irritado ou chora, fica sonolento ou dorme.^{3,5}

A organização temporal dos FMs varia com a idade. No início (ou seja, de seis a oito semanas), eles ocorrem em eventos isolados; sua frequência então aumenta e diminui novamente após 15-18 semanas.^{5,6} A organização temporal dos FMs pode ser definida a seguir:

FMs contínuos (escore:++)

Os FMs contínuos são frequentes, embora intercalados com pausas muito curtas (1 a 2 s). Como são GMs por definição, envolvem todo o corpo, particularmente pescoço, ombros, pulsos, quadril e tornozelos. A depender da postura corporal

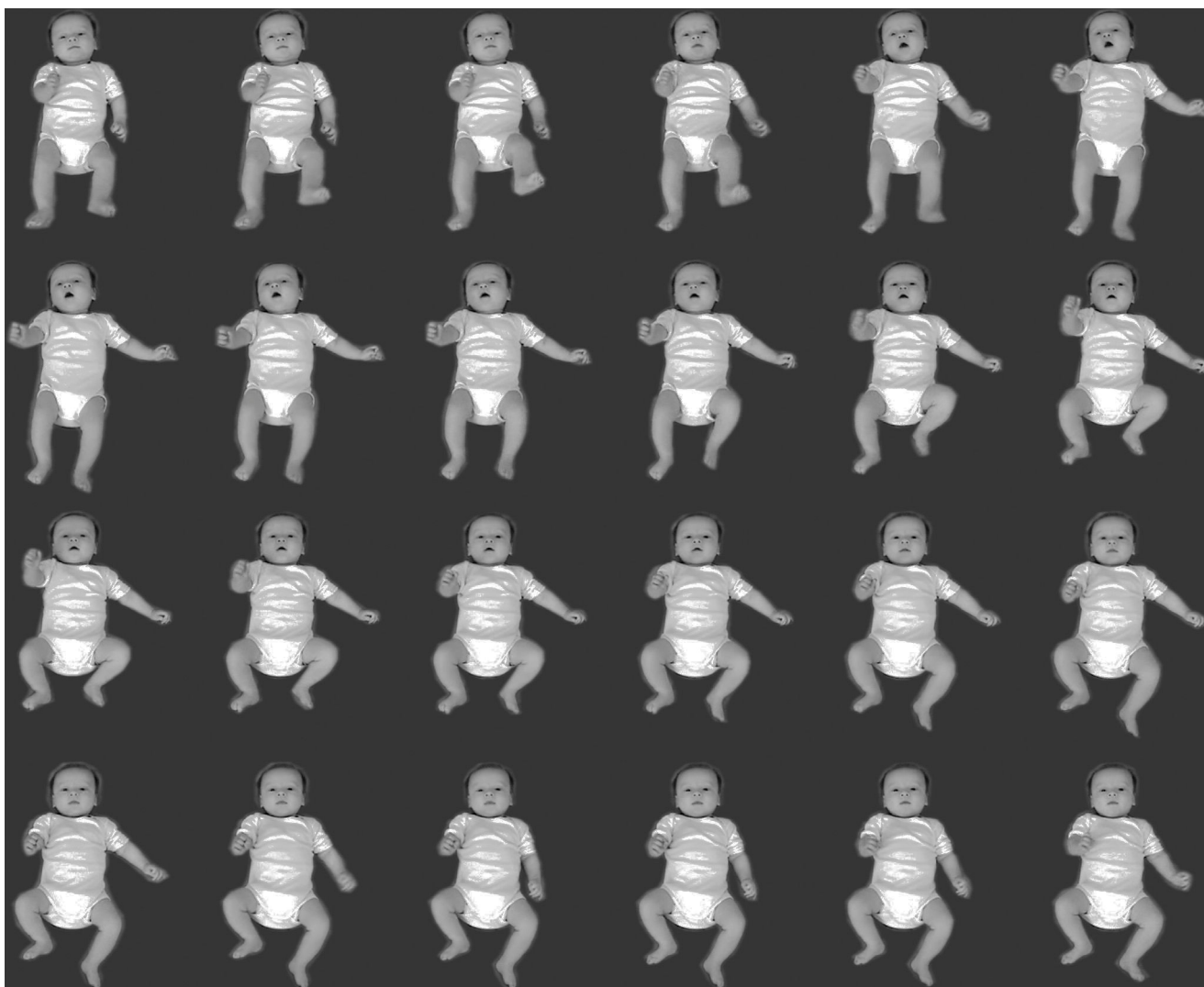


Figura 1 Captura de vídeo de um neonato de 14 semanas que apresenta movimentos irregulares ao longo do tempo, da esquerda para a direita e de cima para baixo. Foi usada uma taxa de frames de 12,5 Hz que totalizou 1,92 s.

real, principalmente a posição da cabeça, os FMs poderão ocorrer assimetricamente. Quando os neonatos focam no ambiente, seus FMs são exibidos principalmente nos quadris e tornozelos, não tanto nos ombros e pulsos.^{14,15}

FMs intermitentes (escore: +)

Os FMs intermitentes ocorrem em todas as partes do corpo, embora com pausas mais longas (até 10 s), o que cria a impressão de que estão presentes apenas durante metade do tempo de observação.^{14,15}

FMs esporádicos (escore: +/-)

Surtos de movimentos isolados de 1 a 3 s são intercalados com longas pausas de até 1 min. FMs esporádicos são típicos da idade entre seis e oito semanas após o nascimento e durante o 5º mês, quando os FMs somem.^{14,15}

Depois que Prechtl descreveu FMs como específicos da idade e como uma forma distinta de GMs, ele especulou sobre a possível função biológica desse padrão de movimentos transitórios. Uma função adaptativa ontogenética desses

minúsculos movimentos pode ser a calibragem pós-natal do sistema proprioceptivo.^{5,16} É necessária uma recalibragem ideal desse domínio sensorial para atingir o controle adequado da coordenação das mãos e da visão que ocorre simultaneamente, do movimento de alcance intencional e da manipulação visualmente controlada de objetos e, conseqüentemente, da atividade motora ideal. Na verdade, crianças e adolescentes com disfunção motora apresentaram FMs menos evidentes ou até anormais durante a infância.^{17,18}

Os FMs também poderão melhorar os laços. Um estudo recente demonstrou que as mães de neonatos com FMs bem pronunciados e FMs contínuos (em comparação com FMs menos pronunciados e FMs intermitentes) são mais afetuosas ao tocar seus neonatos e mais cautelosas ao tirá-los do colo. Elas os seguram mais perto de seu corpo e os embalam de forma a manter a cabeça, tronco e membros do neonato em linha média. Além disso, os neonatos que mostraram movimentos tranquilos e fluentes se envolviam mais facilmente com suas mães.¹⁹

Para resumir, os neonatos com FMs normais são muito propensos a mostrar um desenvolvimento neurologicamente normal. Isso independe de complicações pré- ou perinatais e, portanto, é vital para o conforto de seus pais.³⁻⁶

FMs anormais, ausentes ou anormalmente eventuais e sua relevância clínica

FMs anormais (escore: AF)

FMs anormais parecem FMs normais, embora com amplitude, velocidade e contração maiores.^{3,5,6} FMs anormais são raros; ocorrem mais frequentemente em neonatos prematuros que mostram sucção descordenada.²⁰ FMs anormais foram descritos em neonatos com trissomia do cromossomo 21 (síndrome de Down)^{21,22} e neonatos no útero expostos a abuso de opiáceos materno e/ou HIV.²³ O valor preditivo de FMs anormais é baixo. Os neonatos com FMs anormais poderão se desenvolver normalmente,^{6,18,24,25} mas também podem desenvolver PC.^{6,15} Alguns estudos comprovaram uma associação entre FMs anormais e dificuldades de coordenação e/ou deficiências de manipulação.^{17,18,25} Recentemente, uma taxa excessivamente elevada de FMs anormais foi descrita em neonatos diagnosticados posteriormente com desordem do espectro do autismo.^{23,26-28}

FMs ausentes (escore: F-)

Sempre que não houver FMs de nove a 20 semanas após o nascimento, essa anomalia é denominada "FMs ausentes". Os neonatos com FMs ausentes mostram outros movimentos normais ou anormais.⁶ FMs ausentes com índice de probabilidade positiva $IP+ > 51$ são altamente preditivos de déficits neurológicos posteriores,³ principalmente de PC.^{3-6,9-13,15,22,24-35} Uma observação adicional nos permite determinar o eventual tipo de PC, bem como a distribuição anatômica e a gravidade da limitação da atividade. Bem além da ausência de FMs, neonatos com alto risco de PC não espástica apresentaram movimentos circulares do braço com ou sem extensão dos dedos.^{12,36} Neonatos que passaram a desenvolver PC unilateral apresentaram uma assimetria nos movimentos de segmentos distais, que estavam reduzidos ou ausentes no lado contralateral da lesão.³⁷⁻³⁹ Um caráter de movimento limitado e sincronizado, abertura e fechamento repetitivo da boca, chutes repetitivos e posturas anormais dos dedos caracterizaram crianças que apresentariam autolocomoção deficiente no futuro.^{30,34}

FMs esporádicos (escore: F+/-)

Os movimentos irregulares estão confinados a algumas partes do corpo e nunca duram mais de 3 s (mediana: 1 s). Não existem evidências de que surtos de movimentos irregulares ocasionais isolados (de nove a 16 semanas após o nascimento) indicam, por exemplo, um tipo mais leve de PC. A mobilidade funcional e a limitação de atividades em crianças de três a cinco anos com PC eram consistentes, independentemente da possibilidade de a criança ter apresentado FMs esporádicos ou ausentes quando neonato.¹⁵

Os analistas conseguem diferenciar de forma confiável FMs normais e anormais/ausentes (valores Kappa entre 0,75 e 0,92).^{6,11,40,41} Um curso de três a quatro dias provou ser suficiente para que mais de 700 estagiários avaliassem corretamente 87% de 3.750 vídeos de FMs.⁴² Ainda

assim, apesar de sua alta objetividade e confiabilidade, a GMA continua propensa ao cansaço dos analistas e sua não recalibragem de acordo com os padrões estabelecidos de padrões normais e anormais.⁴³ Assim, várias ferramentas de avaliação de movimento computadorizadas foram desenvolvidas para análise de FMs por meio de medidores de fluxo óptico⁴⁴ ou sistemas de rastreamento eletromagnético.⁴⁵ A chamada General Movement Toolbox de Adde et al.⁴⁴ revelou que a variabilidade no deslocamento de um centro espacial de pixels ativos na imagem apresentou a maior sensibilidade (81,5%) e especificidade (70%) na classificação de FMs. Um estudo recente feito pelo mesmo grupo mostrou que esse tipo de análise computadorizada pode diferenciar de forma confiável FMs intermitentes e contínuos.⁴⁶

O estímulo sensorial afeta FMs?

Vários experimentos foram feitos para investigar os efeitos de estímulos visuais, acústicos, sociais e proprioceptivos em FMs.^{14,47} Nenhum estímulo com um círculo vermelho nem estímulos acústicos inanimados (68, 77, 88 dB) nem a interação com a mãe influenciaram a aparência ou a organização temporal de FMs.¹⁴ Apenas ao ver um boneco vermelho com rosto branco como contraste (olhos e boca pretos, nariz vermelho) os neonatos apresentaram um nível significativo de atenção focada com redução de FMs para um máximo de 20 s, seguidos por um aumento subsequente de FMs.¹⁴ Observamos com frequência que os FMs estão concentrados nos quadris e tornozelos em vez dos ombros e pulsos quando os neonatos focam a atenção em algo específico.¹⁵

Para entender melhor o papel que a visão desempenha no desenvolvimento de movimentos e posturas, Precht et al.⁴⁸ estudaram os efeitos da cegueira precoce ao avaliar longitudinalmente gravações em vídeo de 14 neonatos totalmente cegos que não mostraram evidência de lesão cerebral. Curiosamente, todos os neonatos tinham FMs exagerados. Os autores especularam que todos esses movimentos exagerados poderiam indicar algum tipo de compensação pela falta de integração visual e propriocepção.⁴⁸

Como já mencionado, consideramos FMs uma afinação específica da idade do sistema proprioceptivo.^{5,6} Isso levantou a questão sobre se os FMs mudam durante ou depois do estímulo proprioceptivo uni ou bilateral. Foi feito um estudo em que, surpreendentemente, os FMs continuaram idênticos mesmo quando o neonato era medicado com doses de até 280 gramas.⁴⁷ Ainda assim, em um estudo mais recente em neonatos com lesão obstétrica do plexo braquial, um número significativo de neonatos com lesões graves tinha GMs anormais aos três meses.⁴⁹

FMs em exames neurológicos de neonatos prematuros

As crianças prematuras têm maiores taxas de resultados de neurodesenvolvimento adversos.⁵⁰ Identificar neonatos com risco aumentado ainda é um desafio hoje. Em várias coortes de prematuros, a GMA provou uma variável preditora precoce confiável do resultado motor, principalmente de PC.^{4,6-8,11-13,29-34,37,51,52} Uma relação significativa entre anomalias da matéria branca na ressonância magnética (RMI) e FMs ausentes em neonatos nascidos em < 30 semanas de

gestação apoia a ideia de que GMs anormais refletem lesão da matéria branca.⁵³ A RMI na idade a termo equivalente revelou redução dos diâmetros transversos bifrontal, biparietal e cerebelar, juntamente com um aumento nos tamanhos do ventrículo lateral do neonato que não desenvolveu FMs. Contudo, ao controlar a anomalia da matéria branca e hemorragia intraventricular grau III/IV, apenas o diâmetro transverso cerebelar foi preditivo de FMs ausentes.⁵⁴

Uma pergunta frequente é se os neonatos prematuros com FMs normais também podem apresentar um resultado de desenvolvimento adverso. A resposta é sim; em casos raros, os FMs não impedem um resultado adverso. Uma PC leve e normalmente unilateral^{6,15,32} e transtorno do déficit de atenção com hiperatividade (TDAH)^{22,28} foram relatados em neonatos de alto risco que apresentaram FMs normais. Contudo, como regra, os FMs normais, juntamente com um desempenho motor tranquilo simultâneo, indicam um resultado neurológico normal.^{22,25}

Caso especial: FMs normais com movimentos anormais simultâneos

Entre as crianças de alto risco que desenvolveram FMs, movimentos anormais simultâneos –ou seja, movimentos monótonos, espasmódicos e/ou brutos e rígidos três ou quatro meses após o nascimento – foram preditivos de um mau resultado motor aos 10 anos.⁵⁵ Crianças nascidas com extremo baixo peso ao nascer e que apresentaram FMs normais, porém movimentos anormais monótonos, espasmódicos e/ou brutos e rígidos simultâneos, apresentaram escores mais baixos nos índices de velocidade de memória operacional e processamento aos 10 anos. Também apresentaram pior equilíbrio e habilidades motoras totais na Bateria de Avaliação de Movimento para Crianças e seus pais relataram mais hiperatividade, falta de atenção e problemas comportamentais do que os neonatos com movimentos suaves e fluidos.³⁵ Se, além de FMs normais e movimentos anormais simultâneos, o reflexo tônico cervical assimétrico (RTCA) ainda fosse obrigatório, o risco de desenvolvimento de disfunções neurológicas complexas menores aumentaria para 75% –diferente dos meros 15% caso o RTCA não fosse obrigatório.⁵⁶ Um RTCA obrigatório combinado com movimentos monótonos dos dedos e FMs normais estava associado a um quociente de inteligência mais baixo no ensino fundamental.⁵⁷ Todos esses estudos^{35,55–57} incluíram apenas neonatos prematuros.

FMs em neonatos de alto risco nascidos a termo

Em 1993 Prechtl et al.⁵⁸ relataram GMs em uma amostra de neonatos nascidos a termo afetados por encefalopatias hipóxico-ischêmicas (EHI) leves/moderadas/graves. Gravações em vídeo longitudinais mostraram que a hipocinesia ocorreu muito frequentemente durante os primeiros dias de vida, seguida de GMs breves ou prolongados. As alterações nos GMs e principalmente na presença ou ausência de FMs foram boas preditoras do resultado neurológico. O valor preditivo da GMA mostrou-se semelhante ao do EEG e diagnóstico neurológico por imagem e melhor do que o de exames neurológicos.⁵⁸ Esses resultados foram confirmados por um estudo recente feito no Irã em neonatos nascidos

a termo com EHI: a avaliação dos FMs revelou uma sensibilidade de 80% e uma especificidade de 100%. Os autores indicaram que os resultados de seu estudo facilitaram a decisão a respeito de quem necessitava de uma intervenção precoce em um país com recursos de saúde limitados.⁵⁹

O dano nos gânglios da base e no tálamo associado a mudanças leves/moderadas/graves na matéria branca, com ou sem lesão cortical, normalmente está associado a um resultado neurológico adverso. Esses achados da RMI estão relacionados a FMs ausentes. Contudo, caso um neonato com essa lesão cerebral tenha FMs normais, existe uma boa chance de um resultado neurológico normal.⁶⁰

A RMI não está disponível em todos os momentos e em todos os lugares. Assim, a identificação precoce de um risco elevado de hemiplegia em neonatos com infarto cerebral com base na RMI nem sempre é viável. Aqui a observação também entra em jogo: FMs ausentes e a presença de movimentos assimétricos do punho indicam uma necessidade de reabilitação precoce.³⁸

FMs associados a doenças genéticas

Um relato de caso de um neonato com síndrome de DiGeorge (del22q11.2) revelou que esse neonato tinha FMs normais.²² Contudo, muitos neonatos com trissomia do cromossomo 21 (síndrome de Down) apresentam FMs anormais.^{21,22}

O fato de que nenhum dos 14 indivíduos (publicados) diagnosticados posteriormente com síndrome de Rett tinha FMs normais foi certamente surpreendente, já que o desenvolvimento normal precoce foi considerado um dos critérios da síndrome de Rett típica.⁶¹ Os FMs também eram ausentes; anormalmente espasmódicos e muito lentos; ou anormalmente espasmódicos, abruptos e desorganizados.^{27,62–64} Os FMs também estiveram ausentes em um menino de quatro meses diagnosticado posteriormente com síndrome de Smith-Magenis.⁶⁵ A ausência de FMs associada a distúrbios sutis justifica o encaminhamento para avaliação genética, o que poderá facilitar o diagnóstico precoce.

FMs em neonatos diagnosticados posteriormente com transtornos do espectro autista

Até agora, vários autores publicaram sobre a avaliação de FMs em indivíduos diagnosticados posteriormente com transtornos do espectro autista.^{22,23,26–28} Foi relatado que 10 indivíduos apresentaram FMs normais, 12 apresentaram FMs anormais e quatro não apresentaram FM. A taxa de FMs anormais foi excessivamente elevada em neonatos diagnosticados posteriormente com autismo.²⁷ Endossamos mais estudos sobre GMs em irmãos de alto risco para avaliar o poder preditivo de FMs anormais de outra forma raros, mesmo em neonatos com lesão cerebral.

Conclusão e perspectivas

Os FMs são pequenos na aparência, porém têm provado frequentemente ser extremamente valiosos como um preditor confiável do neurodesenvolvimento. Novos esforços são feitos para uma detecção automatizada de desvios motores precoces com tecnologias de sensor e inteligência artificial

de última geração. Ainda assim, a percepção Gestalt é eficiente e bem estabelecida e, portanto, continua a ser a GMA clássica, soluções com base em smartphone desenvolvidas atualmente para difundi-la ainda mais como um método.

Financiamento

Robert Peharz foi patrocinado pela Iniciativa de Reconhecimento de Padrões – Cérebro, Ouvidos e Olhos (BEE-PRI), financiada pela BioTechMed Graz. A pesquisa para obter uma ferramenta de GMA com base em smartphone, o GMAPP (gmapp.idn-research.org), foi financiada pela bolsa Grand Challenges Explorations da Fundação Bill e Melinda Gates (OPP112887).

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Agradecimento

Gostaríamos de agradecer a Miha Tavcar (scriptophil) por editar o trabalho.

Referências

- Einspieler C, Marschik PB, Prechtl HF. Human motor behavior – Prenatal origin and early postnatal development. *Z Psychol*. 2008;216:147–53.
- Prechtl HF. General movement assessment as a method of developmental neurology: new paradigms and their consequences. The 1999 Ronnie MacKeith lecture. *Dev Med Child Neurol*. 2001;43:836–42.
- Einspieler C, Prechtl HF. Prechtl's assessment of general movements: a diagnostic tool for the functional assessment of the young nervous system. *Ment Retard Dev Disabil Res Rev*. 2005;11:61–7.
- Prechtl HF. Qualitative changes of spontaneous movements in fetus and preterm infant are a marker of neurological dysfunction. *Early Hum Dev*. 1990;23:151–8.
- Einspieler C, Prechtl HF, Bos AF, Ferrari F, Cioni G. Prechtl's method on the qualitative assessment of general movement in preterm, term and young infants. London: MacKeith Press; 2004. p. 104.
- Prechtl HF, Einspieler C, Cioni G, Bos AF, Ferrari F, Sontheimer D. An early marker for neurological deficits after perinatal brain lesions. *Lancet*. 1997;349:1361–3.
- Santos RS, Araújo AP, Porto MA. Early diagnosis of abnormal development of preterm newborns: assessment instruments. *J Pediatr (Rio J)*. 2008;84:289–99.
- Spittle AJ, Doyle LW, Boyd RN. A systematic review of the clinimetric properties of neuromotor assessments for preterm infants during the first year of life. *Dev Med Child Neurol*. 2008;50:254–66.
- Burger M, Louw QA. The predictive validity of general movements – a systematic review. *Eur J Paediatr Neurol*. 2009;13:408–20.
- Darsaklis V, Snider LM, Majnemer A, Mazer B. Predictive validity of Prechtl's method on the qualitative assessment of general movements: a systematic review of the evidence. *Dev Med Child Neurol*. 2011;53:896–906.
- Noble Y, Boyd R. Neonatal assessments for the preterm infant up to 4 months corrected age: a systematic review. *Dev Med Child Neurol*. 2012;54:129–39.
- Einspieler C, Marschik PB, Bos AF, Ferrari F, Cioni G, Prechtl HF. Early markers for cerebral palsy: insights from the assessment of general movements. *Future Neurol*. 2012;7:709–17.
- Bosanquet M, Copeland L, Ware R, Boyd R. A systematic review of tests to predict cerebral palsy in young children. *Dev Med Child Neurol*. 2013;55:418–26.
- Dibiasi J, Einspieler C. Spontaneous movements are not modulated by visual and acoustic stimulation in three months old infants. *Early Human Dev*. 2002;68:27–37.
- Einspieler C, Yang H, Bartl-Pokorny KD, Chi X, Zang FF, Marschik PB, et al. Are sporadic fidgety movements as clinically relevant as is their absence. *Early Hum Dev*. 2015;91:247–52.
- Prechtl HF, Hopkins B. Developmental transformations of spontaneous movements in early infancy. *Early Hum Dev*. 1986;14:233–8.
- Groen SE, de Blécourt AC, Postema K, Hadders-Algra M. General movements in early infancy predict neuromotor development at 9 to 12 years of age. *Dev Med Child Neurol*. 2005;47:731–8.
- Einspieler C, Marschik PB, Milioti S, Nakajima Y, Bos AF, Prechtl HF. Are abnormal fidgety movements an early marker for complex minor neurological dysfunction at puberty. *Early Hum Dev*. 2007;83:521–5.
- Lev-Enacab O, Sher-Censor E, Einspieler C, Daube-Fishman G, Beni-Shrem S. The quality of spontaneous movements of preterm infants: association with the quality of mother–infant interaction. *Infancy*. 2015;20:634–60.
- Nieuwenhuis T, da Costa SP, Bilderbeek E, Geven WB, van der Schans CP, Bos AF. Uncoordinated sucking patterns in preterm infants are associated with abnormal general movements. *J Pediatr*. 2012;161:792–8.
- Mazzone L, Mugno D, Mazzone D. The general movements in children with Down' syndrome. *Early Hum Dev*. 2004;79:119–30.
- Yuge M, Marschik PB, Nakajima Y, Yamori Y, Kanda T, Hirota H, et al. Movements and postures of infants aged 3 to 5 months: to what extent is their optimality related to perinatal events and to the neurological outcome? *Early Hum Dev*. 2011;87:231–7.
- Palchik AB, Einspieler C, Evstafeyeva IV, Talisa VB, Marschik PB. Intra-uterine exposure to maternal opiate abuse and HIV: the impact on the developing nervous system. *Early Hum Dev*. 2013;89:229–35.
- Adde L, Rygg M, Lossius K, Oberg GK, Støen R. General movement assessment: predicting cerebral palsy in clinical practise. *Early Hum Dev*. 2007;83:13–8.
- Brogna C, Romeo DM, Cervesi C, Scrofani L, Romeo MG, Mercuri E, et al. Prognostic value of the qualitative assessments of general movements in late-preterm infants. *Early Hum Dev*. 2013;89:1063–6.
- Phagava H, Muratori F, Einspieler C, Maestro S, Apicella F, Guzzetta A, et al. General movements in infants with autism spectrum disorders. *Georgian Med News*. 2008;156:100–5.
- Einspieler C, Sigafos J, Bartl-Pokorny KD, Landa R, Marschik PB, Bölte S. Highlighting the first 5 months of life: general movements in infants later diagnosed with autism spectrum disorder or Rett syndrome. *Res Autism Spectr Disord*. 2014;8:286–91.
- Zappella M, Einspieler C, Bartl-Pokorny KD, Kriebler M, Coleman M, Bölte S, et al. What do home videos tell us about early motor and socio-communicative behaviours in children with autistic features during the second year of life – an exploratory study. *Early Hum Dev*. 2015;91:569–75.
- Romeo DM, Guzzetta A, Scoto M, Cioni M, Patusi P, Mazzone D, et al. Early neurologic assessment in preterm-infants: integration of traditional neurologic examination and observation of general movements. *Eur J Paediatr Neurol*. 2008;12:183–9.
- Bruggink JL, Cioni G, Einspieler C, Maathuis CG, Pascale R, Bos AF. Early motor repertoire is related to level of self-mobility

- in children with cerebral palsy at school age. *Dev Med Child Neurol.* 2009;51:878–85.
31. Burger M, Frieg A, Louw QA. General movements as a predictive tool of the neurological outcome in very low and extremely low birth weight infants – a South African perspective. *Early Hum Dev.* 2011;87:303–8.
 32. Hamer EG, Bos AF, Hadders-Algra M. Assessment of specific characteristics of abnormal general movements: does it enhance the prediction of cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 2011;53:751–6.
 33. Sustarsic B, Sustar K, Paro-Panjan D. General movements of preterm infants in relation to their motor competence between 5 and 6 years. *Eur J Paediatr Neurol.* 2012;16:724–9.
 34. Yang H, Einspieler C, Shi W, Marschik PB, Wang Y, Cao Y, et al. Cerebral palsy in children: movements and postures during early infancy, dependent on preterm vs. full term birth. *Early Hum Dev.* 2012;88:837–43.
 35. Grunewaldt KH, Fjortoft T, Bjuland KJ, Brubakk AM, Eikenes L, Håberg AK, et al. Follow-up at age 10 years in ELBW children – functional outcome, brain morphology and results from motor assessments in infancy. *Early Hum Dev.* 2014;90:571–8.
 36. Einspieler C, Cioni G, Paolicelli PB, Bos AF, Dressler A, Ferrari F, et al. The early markers for later dyskinetic cerebral palsy are different from those for spastic cerebral palsy. *Neuropediatrics.* 2002;33:73–8.
 37. Cioni G, Bos AF, Einspieler C, Ferrari F, Martijn A, Paolicelli PB, et al. Early neurological signs in preterm infants with unilateral intraparenchymal echodensity. *Neuropediatrics.* 2000;31:240–51.
 38. Guzzetta A, Mercuri E, Rapisardi G, Ferrari F, Roversi MF, Cowan F, et al. General movements detect early signs of hemiplegia in term infants with neonatal cerebral infarction. *Neuropediatrics.* 2003;34:61–6.
 39. Einspieler C. Early markers for unilateral spastic cerebral palsy in premature infants. *Nat Clin Pract Neurol.* 2008;4:186–7.
 40. Mutlu A, Einspieler C, Marschik PB, Livanelioglu A. Intra-individual consistency in the quality of neonatal general movements. *Neonatology.* 2008;93:213–6.
 41. Fjortoft T, Einspieler C, Adde L, Strand LI. Inter-observer reliability of the Assessment of Motor Repertoire – 3 to 5 months based on video recordings of infants. *Early Hum Dev.* 2009;85:297–302.
 42. Valentini T, Uhl K, Einspieler C. The effectiveness of training in Prechtl's method on the qualitative assessment of general movements. *Early Hum Dev.* 2005;81:623–7.
 43. Einspieler C, Marschik PB. Complementary thinking: future perspectives on the assessment of general movements. *Dev Med Child Neurol.* 2013;55:682–3.
 44. Adde L, Helbostad JL, Jensenius AR, Taraldsen G, Støen R. Using computer-based video analysis in the study of fidgety movements. *Early Hum Dev.* 2009;85:541–7.
 45. Philippi H, Karch D, Kang KS, Wochner K, Pietz J, Dickhaus H, et al. Computer-based analysis of general movements reveals stereotypies predicting cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 2014;56:960–7.
 46. Valle SC, Støen R, Sæther R, Jensenius AR, Adde L. Test-retest reliability of computer-based video analysis of general movements in healthy term-born infants. *Early Hum Dev.* 2015;91:555–8.
 47. Dibiasi J, Einspieler C. Load perturbation does not influence spontaneous movements in 3-month-old infants. *Early Hum Dev.* 2004;77:37–46.
 48. Prechtl HF, Cioni G, Einspieler C, Bos AF, Ferrari F. Role of vision on early motor development: lessons from the blind. *Dev Med Child Neurol.* 2001;43:198–201.
 49. Buitenhuis S, van Wijlen-Hempel RS, Pondaag W, Malessy MJ. Obstetric brachial plexus lesions and central developmental disability. *Early Hum Dev.* 2012;88:731–4.
 50. Bos AF, Roze E. Neurodevelopmental outcome in preterm infants. *Dev Med Child Neurol.* 2011;53:35–9.
 51. Garcia JM, Gherpelli JL, Leone CR. Importância da avaliação dos movimentos generalizados espontâneos no prognóstico neurológico de recém-nascidos pré-termo. *J Pediatr (Rio J).* 2004;80:296–304.
 52. Stahlmann N, Härtel C, Knopp A, Gehring B, Kiecksee H, Thyen U. Predictive value of neurodevelopmental assessment versus evaluation of general movements for motor outcome in preterm infants with birth weights <1500g. *Neuropediatrics.* 2007;38:91–9.
 53. Spittle AJ, Brown NC, Doyle LW, Boyd RN, Hunt RW, Bear M, et al. Quality of general movements is related to white matter pathology in very preterm infants. *Pediatrics.* 2008;121:e1184–9.
 54. Spittle AJ, Doyle LW, Anderson PJ, Inder TE, Lee KJ, Boyd RN, et al. Reduced cerebellar diameter in very preterm infants with abnormal general movements. *Early Hum Dev.* 2010;86:1–5.
 55. Fjortoft T, Grunewaldt KH, Løhaugen GC, Mørkved S, Skranes J, Evensen KA. Assessment of motor behaviour in high-risk-infants at 3 months predicts motor and cognitive outcomes in 10 years old children. *Early Hum Dev.* 2013;89:787–93.
 56. Bruggink JL, Einspieler C, Butcher PR, Stremmelaar EF, Prechtl HF, Bos AF. Quantitative aspects of the early motor repertoire in preterm infants: do they predict minor neurological dysfunction at school age. *Early Hum Dev.* 2009;85:25–36.
 57. Butcher PR, van Braeckel K, Bouma A, Einspieler C, Stremmelaar EF, Bos AF. The quality of preterm infants' spontaneous movements: an early indicator of intelligence and behaviour at school age. *J Child Psychol Psychiatry.* 2009;50:920–30.
 58. Prechtl HF, Ferrari F, Cioni G. Predictive value of general movements in asphyxiated fullterm infants. *Early Hum Dev.* 1993;35:91–120.
 59. Soleimani F, Badv RS, Momayezi A, Biglarian A, Marzban A. General movements as a predictive tool of the neurological outcome in term born infants with hypoxic ischemic encephalopathy. *Early Hum Dev.* 2015;91:479–82.
 60. Ferrari F, Todeschini A, Guidotti I, Martinez-Biarge M, Roversi MF, Berardi A, et al. General movements in full-term infants with perinatal asphyxia are related to basal ganglia and thalamic lesions. *J Pediatr.* 2011;158:904–11.
 61. Hagberg B, Aicardi J, Dias K, Ramos O. A progressive syndrome of autism, dementia, ataxia, and loss of purposeful hand use in girls: Rett's syndrome: report of 35 cases. *Ann Neurol.* 1983;14:471–9.
 62. Einspieler C, Kerr AM, Prechtl HF. Is the early development of girls with Rett disorder really normal. *Pediatr Res.* 2005;57:696–700.
 63. Einspieler C, Kerr AM, Prechtl HF. Abnormal general movements in girls with Rett disorder: the first four months of life. *Brain Dev.* 2005;27:S8–13.
 64. Marschik PB, Einspieler C, Oberle A, Laccone F, Prechtl HF. Case report: Retracing atypical development: a preserved speech variant of Rett syndrome. *J Autism Dev Disord.* 2009;39:958–61.
 65. Einspieler C, Hirota H, Yuge M, Dejima S, Marschik PB. Early behavioural manifestation of Smith-Magenis syndrome (del 17p11.2) in a 4-month-old boy. *Dev Neurorehabil.* 2012;15:313–6.