

MANUAL DE BOAS PRÁTICAS

PARA A ANÁLISE CLÍNICA DA MARCHA EM CRIANÇAS COM PARALISIA CEREBRAL

FACULDADE DE MOTRICIDADE HUMANA - UNIVERSIDADE DE LISBOA
Laboratório de Biomecânica e Morfologia Funcional

2025

António Veloso, Filipa João, Filomena Carnide, Sílvia Cabral, Vera Moniz Pereira

Projecto

Desenvolvimento de uma plataforma de simulação biomecânica baseada em modelos músculo-esqueléticos preditivos do efeito de intervenção ortopédica na melhoria da marcha em crianças com paralisia cerebral



UNIVERSIDADE
DE LISBOA



MANUAL DE BOAS PRÁTICAS

**PARA A ANÁLISE CLÍNICA DA MARCHA EM CRIANÇAS COM PARALISIA
CEREBRAL**

FACULDADE DE MOTRICIDADE HUMANA - UNIVERSIDADE DE LISBOA

Laboratório de Biomecânica e Morfologia Funcional

2025

Autores: António Veloso, Filipa João, Filomena Carnide, Sílvia Cabral, Vera Moniz Pereira

Trabalho realizado no âmbito do projeto

Referência do Projeto: PTDC/EMD-EMD/5804/2020

Título: Desenvolvimento de uma plataforma de simulação biomecânica baseada em modelos músculo-esqueléticos preditivos do efeito de intervenção ortopédica na melhoria da marcha em crianças com paralisia cerebral

Concurso * Programa * Área: PTDC 2020 3599-PPCDTI * Engenharia Médica

DOI: <https://doi.org/10.54499/PTDC/EMD-EMD/5804/2020>

Agradecimentos

Gostaríamos de expressar a nossa profunda gratidão aos clínicos, investigadores e estudantes que contribuíram — direta ou indiretamente — para o desenvolvimento deste livro. A análise clínica da marcha é uma área construída sobre a colaboração interdisciplinar, e tivemos a sorte de aprender com profissionais das áreas da medicina, fisioterapia, biomecânica, engenharia e ciências da reabilitação. A sua generosidade na partilha de conhecimentos, dados e percepções moldou não só estas páginas, mas também a nossa própria compreensão do movimento humano.

Os nossos sinceros agradecimentos aos participantes e suas famílias, cuja disponibilidade para se envolverem em avaliações da marcha impulsiona continuamente esta área. A sua confiança permite o aperfeiçoamento de métodos, a validação de novas tecnologias e o avanço de intervenções que melhoram a mobilidade e a qualidade de vida. Este livro é-lhes dedicado, pois as suas experiências permanecem no cerne da análise clínica da marcha.

Por fim, estamos gratos aos nossos colegas, mentores e colaboradores que forneceram feedback criterioso, críticas construtivas e apoio inabalável. As suas perspetivas aprimoraram a clareza, o rigor e a relevância deste trabalho.

ÍNDICE

Agradecimentos.....	3
Introdução.....	5
1 Exame físico.....	6
1.1 Medidas antropométricas.....	6
1.2 Medidas goniométricas, de força e de espasticidade.....	7
2 Recolha de dados da marcha.....	21
2.1 Análise de vídeo 2D.....	21
2.1.1 PROTOCOLO DE CAPTURA DE VÍDEO CLÍNICO.....	22
2.1.2 ESCALAS DE OBSERVAÇÃO DA MARCHA (VÍDEO CLÍNICO).....	23
2.2 Análise clínica e instrumentada da marcha.....	25
2.2.1 Sistemas de captura de movimento baseados em marcadores.....	26
2.2.2 Sistemas de captura de movimento sem marcadores.....	30
2.3 Eletromiografia (EMG).....	31
2.3.1 Preparação da pele.....	32
2.3.2 Colocação dos elétrodos e recolha de dados.....	32
3 Modelação Musculoesquelética.....	34
4 Questionários.....	35
Referências.....	44
Apêndice.....	46

Introdução

Este Manual de Boas Práticas foi concebido para apoiar (profissionais) biomecânicos e profissionais de saúde na preparação e execução completas/ abrangentes da análise da marcha em crianças e adultos com paralisia cerebral. A paralisia cerebral é a causa mais comum de incapacidade motora na infância. O planeamento do tratamento e o acompanhamento dos pacientes dependem frequentemente de vários aspetos, tais como a realização de um exame físico, ou a recolha de dados de eletromiografia, que são abordados neste documento. A análise da marcha nesta população requer uma abordagem multidisciplinar e metodologicamente rigorosa para garantir que os dados recolhidos sejam clinicamente significativos e relevantes para o planeamento do tratamento.

No seu conjunto, este manual serve como um guia “passo a passo” para garantir uma abordagem padronizada, completa e clinicamente informada para a análise da marcha em crianças com paralisia cerebral, otimizando a qualidade dos dados recolhidos e o seu valor na orientação do planeamento da intervenção.

Este manual comprehende três áreas de avaliação:

- a) o exame físico, no qual são realizadas medições padronizadas de controlo motor seletivo, tônus muscular, de deformidades ósseas e articulares e de capacidade de produção de força muscular;
- b) a recolha de dados da marcha, no qual todos os procedimentos são detalhados, desde a fase de preparação do participante até à de tratamento dos dados;
- c) questionários específicos para a população, nos quais são recolhidos dados sobre saúde, atividade física e qualidade de vida;

1 Exame físico

(Carolina Escalda, Filipa João, João Campagnolo, Patrícia Mota, Susana, Almeida, Vera Bagão,)

Previamente à análise biomecânica da marcha, deve ser realizado um exame físico/ clínico que consiste na medição de características antropométricas, como a altura, a massa e o comprimento dos membros inferiores; força muscular através da utilização de técnicas manuais e da escala de Oxford modificada (Apêndice 1); torções ósseas, deformidades articulares e comprimento musculo-tendinoso utilizando goniometria, e espasticidade através do método de Tardieu e da escala de Ashworth (Apêndice 2). O controlo motor seletivo também pode ser medido através dos testes de força. Este exame físico deve ser realizado por pelo menos duas pessoas, de preferência um fisioterapeuta e/ou um clínico com experiência em exames físicos.

1.1 Medidas antropométricas

1. Massa		
	Materiais	Balança eletrónica.
	Procedimento	Solicita-se ao sujeito que suba para a balança, enquanto olha em frente. O examinador deve fornecer o mínimo de apoio possível.
	Medida	Massa (kg).
	Observações	Arredondado às décimas.

2. Altura total		
	Materiais	Estadiômetro.
	Procedimento	O sujeito é convidado a colocar-se sobre a base do estadiômetro, de costas para a balança. O sujeito deve olhar para a frente e, com o apoio necessário, deve ser incentivado a ficar o mais direito possível. A cabeceira deslizante do estadiômetro deve então ser baixada até ao topo da cabeça.
	Medida	Estatura (m).
	Observações	Arredondado utilizando duas casas decimais.

3. Comprimento real da perna		
	Materiais	Fita antropométrica.
	Procedimento	Com o sujeito deitado em decúbito dorsal, deve-se localizar a espinha ilíaca anterior superior (ASIS). O examinador deve garantir que o joelho está em extensão completa. De seguida mede-se a distância entre a ASIS e o maléolo medial ipsilateral.
	Medir	A distância em linha reta entre a ASIS e o maléolo medial (cm).

	Observações	<p>Se houver deformidades moderadas a graves no plano sagital ou frontal (rigidez nos adutores, flexão do joelho ou da anca), os segmentos devem ser medidos individualmente, considerando as seguintes referências ósseas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Comprimento do fêmur — Da ASIS ao côndilo medial. - Comprimento da tíbia — Do côndilo medial ao maléolo medial.
--	--------------------	--

4. Comprimento aparente da perna		
	Materiais:	Fita antropométrica.
	Posição:	Decúbito dorsal.
	Procedimento:	O examinador deve garantir que o joelho está com extensão completa (perna totalmente esticada). Medir a distância entre o umbigo e o maléolo medial ipsilateral.
	Medida:	A distância em linha reta entre o umbigo e o maléolo medial (cm).
	Observações:	<p>Se houver deformidades moderadas a graves no plano sagital ou frontal (adutores fixos, flexão do joelho ou da anca), os segmentos devem ser medidos individualmente, considerando as seguintes referências ósseas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Comprimento do fêmur — Do umbigo ao côndilo medial. - Comprimento da tíbia — Do côndilo medial ao maléolo medial.

1.2 Medidas goniométricas, de força e de espasticidade

5. Flexão da anca

	Estruturas	Todas as estruturas articulares passivas.
	Posição	Deitado em decúbito dorsal. Ambas as pernas totalmente estendidas.
	Estabilização	Estabilizar a coxa contralateral para manter a posição da perna.
	Procedimento	Fletir a anca e o joelho do mesmo lado.
	Braço estável	Alinhado com o lado médio do tronco (do grande trocânter à articulação glenohumeral).
	Braço móvel	Alinhado com a linha média da coxa.
	Medida	Ângulo entre os segmentos do tronco e da coxa (em graus).
	Observações	Avaliar apenas em crianças com flexão da anca muito limitada.

6. Comprimento dos isquiotibiais - Ângulo poplíteo modificado – bilateral

	Estruturas	Músculos isquiotibiais.
	Posição	Deitado em decúbito dorsal. Fletir ambas as ancas até que a ASIS fique verticalmente sobre a PSIS. A

	coxa ipsilateral é movida para ficar na vertical.
Estabilização	Estabilizar a coxa contralateral para manter a pelvis na posição de referência.
Procedimento	Estenda o joelho do membro avaliado com alongamento sustentado até que a pélvis comece a mover-se ou a criança tente estender a anca.
Braço estável do goniômetro	Alinhado com a linha média da coxa (do côndilo femoral lateral ao grande trocanter).
Braço móvel do goniômetro	Alinhado com o eixo longo da tibia, da cabeça do perónio até ao ponto médio da articulação do tornozelo (plano sagital).
Medida	Ângulo a partir da posição anatómica (graus). A flexão é positiva.
Observações	O eixo longo da tibia é utilizado porque, quando existe torção tibial acentuada, a localização posterior do maléolo lateral pode ser enganadora.

7. Comprimento dos isquiotibiais Ângulo poplíteo convencional – unilateral

	Estruturas	Músculos isquiotibiais.
	Posição	Deitado em decúbito dorsal. Fletir a anca do membro que se encontra a ser avaliado até a coxa ficar na posição vertical, mas com o joelho fletido.
	Estabilização	Estabilizar a coxa contralateral para manter a posição da perna.
	Procedimento	Esticar o joelho do membro a ser avaliado com alongamento sustentado até a pélvis começar a mover-se ou até a criança tentar mover a anca (estender).
	Braço estável do goniômetro	Alinhado com a linha média da coxa (do côndilo femoral lateral ao grande trocanter).
	Braço móvel do goniômetro	Alinhado com o eixo longo da tibia, da cabeça do perónio até ao ponto médio da articulação do tornozelo (plano sagital).
	Medida	Ângulo a partir da posição anatómica (graus). A flexão, é uma medida positiva.
	Observações	O eixo longo da tibia é utilizado porque, quando existe torção tibial acentuada, a localização posterior do maléolo lateral pode induzir em erro.

8. Espasticidade dos isquiotibiais

	Estruturas	Músculos isquiotibiais.
	Posição	Deitado em decúbito dorsal. Fletir a anca do membro avaliado até que a coxa fique na vertical com o joelho em flexão. O membro contralateral deve estar em repouso sobre a mesa.
	Estabilização	Estabilizar o membro contralateral para manter a posição, bem como a coxa que se encontra a ser avaliada, de modo a manter a posição vertical.
	Procedimento	1: Estender o joelho lentamente até sentir um bloqueio. Repetir esse movimento 3 vezes e registar o ângulo obtido na 3 ^a vez. 2: Repetir o 1. ^o passo, mas com uma extensão

		rápida do joelho e registar o ângulo de bloqueio (graus).
Braço estável do goniômetro	Alinhado com a linha média da coxa (do côndilo femoral lateral ao grande trocanter).	
Braço móvel do goniômetro	Alinhado com o eixo longo da tíbia, da cabeça do perónio até o ponto médio da articulação do tornozelo (plano sagital).	
Medida	Tonus: escala de Ashworth modificada (Apêndice 2). Espasticidade: teste de Tardieu modificado (Tardieu, 1954). Flexão é positiva.	
Observações	O eixo longo da tíbia é utilizado porque, quando existe uma torção tibial acentuada, a localização posterior do maléolo lateral pode ser enganadora.	

9. Extensão do joelho

	Estruturas	Cápsula articular do joelho e deformidade do fêmur distal ou da tíbia proximal.
	Posição	Deitado em decúbito dorsal.
	Procedimento	O joelho é estendido até ao limite do seu alcance; deve ser aplicada uma pressão suave no fêmur distal.
	Braço estável do goniômetro	Alinhado com a linha média da coxa (do côndilo femoral lateral ao grande trocanter).
	Braço móvel do goniômetro	Alinhado com o eixo longo da tíbia, da cabeça do perónio ao ponto médio da articulação do tornozelo (plano sagital).
	Medida	Ângulo a partir da posição anatómica (graus). A hiperextensão é positiva.
	Observações	O eixo longo da tíbia é utilizado porque, quando existe torção tibial acentuada, a localização posterior do maléolo lateral pode ser enganadora.

10. Comprimento do solear - Teste de Silfverskiöld

	Estruturas	Músculo solear.
	Posição	Deitado em posição de decúbito dorsal. A anca e o joelho estão fletidos, formando um ângulo de 90 graus e o tornozelo está relaxado.
	Estabilização	Manter a anca e o joelho fletidos a 90 graus. O mediopé deve ser mantido em inversão suficiente para evitar o colapso da articulação subtalar.
	Procedimento	Fletir manualmente o tornozelo até atingir o seu alongamento máximo e manter essa posição por alguns segundos.
	Braço estável do goniômetro	Eixo longo da tíbia (da cabeça do perónio até ao ponto médio da articulação do tornozelo no plano sagital).
	Braço móvel do goniômetro	Bordo das superfícies lateral e plantar do pé.
	Medida	Ângulo a partir da posição anatómica (graus). A dorsiflexão é positiva.

	Observações	Se houver uma deformidade significativa do mediopé, o bordo da parte posterior desse mesmo pé deve ser usado para o braço móvel do goniômetro.
--	--------------------	--

11. Comprimento dos gémeos – Teste de Silfverskiöld		
	Estruturas	Músculos gémeos.
	Posição	Deitado em decúbito dorsal. Começar com os membros inferiores na mesma posição em que se terminou o teste do comprimento do solear (tornozelo em dorsiflexão máxima).
	Procedimento	Estender a anca e o joelho enquanto um alongamento máximo é aplicado aos flexores plantares. Este alongamento é mantido por alguns segundos na posição estendida. O pé é mantido em inversão suficiente para bloquear a articulação subtalar.
	Braço estável do goniômetro	Eixo longo da tibia (da cabeça do perónio até ao ponto médio da articulação do tornozelo no plano sagital).
	Braço móvel do goniômetro	Bordo das superfícies lateral e flexora plantar do pé.
	Medida	Ângulo a partir da posição anatómica (graus). A dorsiflexão é positiva.
	Observações	Se houver uma deformidade significativa no mediopé, o bordo do retropé deve ser usado para o braço móvel do goniômetro.

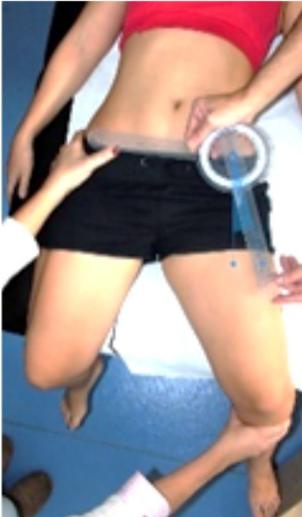
12. Espasticidade e tónus dos gémeos		
	Estruturas	Músculos gémeos
	Posição	Deitado em decúbito dorsal com a anca e o joelho estendidos.
	Procedimento	1: Realizar uma flexão plantar lenta do tornozelo (manter a articulação subtalar o mais neutra possível) até sentir um bloqueio. Repetir 3 vezes e registar a pontuação. Escala de Asworth modificada – Apêndice 2. 2: Repetir o 1º. protocolo mas com uma flexão plantar rápida do tornozelo e, na 3ª vez, registar o ângulo de bloqueio.
	Braço estável do goniômetro:	Eixo longo da tibia (da cabeça do perónio até ao ponto médio da articulação do tornozelo no plano sagital).
	Braço móvel do goniômetro:	Bordo das superfícies lateral e flexora plantar do pé.
	Medida:	Espasticidade: teste de Tardieu modificado – (Tardieu, 1954). A dorsiflexão é positiva. Tónus: escala de Asworth modificada – Apêndice 2
	Observações	Se houver uma deformidade significativa no mediopé, o bordo do retropé deve ser usado para

		o braço móvel do goniômetro. Medir ambos em crianças com marcha do tipo “crouch”.
--	--	---

13. Comprimento dos adutores da anca

	Estruturas	Músculos adutores da anca e isquiotibiais mediais, cápsula articular medial da anca na ausência de contraturas musculares.
	Posição	Deitado em decúbito dorsal com a anca e o joelho estendidos (neutro).
	Estabilização	Manter a pélvis neutra ou contramovimento da extremidade oposta para fornecer resistência ao alongamento.
	Procedimento	Mover o membro a ser avaliado para a abdução, aplicando um alongamento durante alguns segundos.
	Braço estávolo goniômetro	De um ASIS ao outro.
	Braço móvel do goniômetro	Do ASIS paralelo à linha média da coxa.
	Medir	Ângulo a partir da posição anatómica. A abdução da anca é positiva.
	Observações	Se a abdução da anca com os joelhos estendidos for inferior a 20 graus, avaliar este parâmetro <u>com as ancas estendidas e os joelhos fletidos ou com as ancas e os joelhos fletidos</u> , de acordo com a condição do paciente (ver pontos seguintes).

14. Comprimento dos adutores da anca com as ancas estendidas e os joelhos fletidos

	Estruturas	Músculos adutores da anca (sem gracilis); cápsula articular medial da anca na ausência de contraturas musculares.
	Posição	Deitado em decúbito dorsal com as ancas estendidas e os joelhos fletidos a 90 graus sobre a extremidade da mesa.
	Estabilização	Segurar o membro inferior contralateral e manter a pélvis neutra no plano transverso e as ancas neutras nos planos sagital e transverso.
	Procedimento	Mova o membro a ser avaliado para a abdução, aplicando um alongamento por alguns segundos.
	Braço estável do goniômetro	De um ASIS ao outro.
	Braço móvel do goniômetro	Do ASIS paralelo à linha média da coxa.
	Medir	Ângulo a partir da posição anatómica. A abdução da anca é positiva.

15. Comprimento dos adutores da anca com as ancas e os joelhos fletidos.



Estruturas	Adutores da anca; cápsula articular medial da anca na ausência de contraturas musculares.
Posição	Deitado em decúbito dorsal com as ancas e joelhos fletidos a 90 graus.
Estabilização	Segurar o membro inferior contralateral e manter a pélvis e as ancas neutras no plano transversal.
Procedimento	Mover ambos os membros em abdução, aplicando um alongamento durante alguns segundos.
Braço estável do goniômetro	Ao longo da mesa de exame (utilizar um goniômetro semicircular grande) com o centro do goniômetro alinhado com a tuberosidade isquiática.
Braço móvel do goniômetro	Paralelo à linha média da coxa (da articulação da anca à articulação do joelho).
Medir	Ângulo a partir da vertical. A abdução é positiva.

16. Extensão do joelho (passiva – ativa)



Estruturas	Músculos vastos e músculo reto femoral.
Posição	Sentado na beira da mesa, pés sem apoio, ancas neutras, tibia vertical e inclinando-se para trás com as mãos, se necessário, para permitir o alongamento dos isquiotibiais.
Estabilização	Estabilizar a coxa a 1/3 distalmente.
Procedimento	Colocar uma mão sob o terço distal da tibia posterior e estender passivamente o joelho até à amplitude máxima disponível. Em seguida, pedir ao paciente para manter esse grau de extensão enquanto reduz lenta e gradualmente o apoio da perna. Se a tibia cair quando o apoio for removido, esse grau de flexão é medido.
Braço estável do goniômetro	Alinhado com o eixo longo do fêmur (do cóndilo femoral lateral ao grande trocanter).
Braço móvel do goniômetro	Alinhado com o eixo longo da tibia, da cabeça do perónio até ao ponto médio da articulação do tornozelo (plano sagital).
Medida	A diferença entre o ângulo medido passivamente (extensão total do joelho) e o ângulo de extensão do joelho que o paciente consegue manter por si próprio.

17. Comprimento dos flexores da anca – teste de Thomas modificado

Estruturas	Músculo psoas (cápsula anterior na ausência de contratura muscular).
Posição	Posição de decúbito dorsal, com as nádegas próximas ao bordo da mesa, de modo que a extensão da anca não seja restringida. Começar

		com ambas as ancas e joelhos fletidos até que as ASIS fiquem verticalmente acima das PSIS.
	Estabilização	Manter a coxa contralateral na posição anterior.
	Procedimento	Permitir passivamente que o membro avaliado se estenda até ao seu comprimento máximo pelo peso do membro e acrescentar um alongamento suave (feito pelo examinador). O joelho pode fletir-se até ao ponto em que for confortável.
	Braço estável do goniómetro	Alinhado com a horizontal.
	Braço móvel do goniómetro	Alinhado com o eixo longo do fêmur (do grande trocanter ao côndilo femoral lateral).
	Medir	O ângulo a partir da posição anatómica. A hiperextensão da anca é positiva.

18. Força dos flexores da anca

	Estruturas	Flexores da anca (globalmente) (psoas, reto anterior).
	Posição	Sentado com as costas direitas, com os joelhos fletidos, pendentes, sobre a lateral da mesa.
	Estabilização	O peso do tronco pode ser suficiente para estabilizar o paciente durante o teste, mas segurar-se na mesa proporciona estabilidade adicional. Se o tronco estiver fraco, pode-se assumir a posição de decúbito dorsal.
	Procedimento	Flexão da anca com o joelho fletido, elevando a coxa da mesa.
	Resistência	Contra a parte anterior da coxa, na direção da extensão.
	Observações	Medir com a escala de Oxford modificada – Apêndice 1.

19. Força dos extensores do joelho

	Estruturas	Músculos vastos e músculo reto femoral.
	Posição	Sentado no bordo da mesa, pés sem apoio (pendentes), ancas neutras, tibia vertical e inclinando-se para trás com as mãos, se necessário, para aliviar o alongamento dos isquiotibiais.
	Estabilização	Estabilizar a coxa a 1/3 distalmente.
	Procedimento	Extensão do joelho.
	Resistência	Contra a porção distal da tibia anterior, na direção da extensão.
	Observações	Medir com a escala de Oxford modificada – Apêndice 1.

20. Comprimento do músculo reto femoral

	Estruturas	Músculo reto femoral.
	Posição	Deitado de barriga para baixo (decúbito ventral) com as ancas e joelhos estendidos.
	Procedimento	Fletir o joelho com a anca estendida, pressionando as nádegas para manter a anca estendida; manter o alongamento por alguns segundos.
	Braço estável do goniômetro	Alinhado com o eixo longo do fêmur (do grande trocânter ao côndilo femoral lateral).
	Braço móvel do goniômetro	Eixo longo da tibia (da cabeça do perónio ao ponto médio da articulação do tornozelo no plano sagital).
	Medida	Ângulo a partir da posição anatómica. A flexão é positiva.

21. Espasticidade do músculo reto femoral – Teste de Duncan-Ely

	Estruturas	Músculo reto femoral.
	Posição	Deitado de barriga para baixo (decúbito ventral) com as ancas estendidas.
	Procedimento	1- O joelho é fletido, passando lentamente de uma posição estendida para uma fletida, para avaliar o tônus. Repetir 3 vezes. 2- O joelho é fletido rapidamente em 3 tentativas consecutivas para avaliar a espasticidade.
	Medida	Positivo ou negativo para cada condição. O teste é considerado positivo se o paciente fletir simultaneamente a anca ipsilateral ou se o examinador sentir resistência.

22. Rotação interna da anca

	Estruturas	Cápsula articular da anca, ligamentos.
	Posição	Deitado de barriga para baixo. Anas estendidas e joelhos fletidos a 90 graus.
	Estabilização	A pélvis e as ancas são estabilizadas na posição neutra no plano transversal.
	Procedimento	O joelho é fletido a 90 graus. Ambas as ancas são rodadas “para dentro” até que se atinja um alongamento razoável ou a pélvis começar a mover.
	Braço estável do goniômetro	Ao longo da mesa de exame (usar um goniômetro semicircular grande).
	Braço móvel do goniômetro	Eixo longo da tibia, considerado como a linha entre o ponto médio dos epicôndilos femorais e o ponto médio dos maléolos.
	Medida	Ângulo entre a vertical e a perna. A rotação interna é positiva.
	Observações	Deve-se observar a ausência de rigidez nos ligamentos que afetam as medições.

23. Rotação externa da anca

	Estruturas	Os ligamentos da cápsula articular da anca.
	Posição	Deitado de barriga para baixo. Anca estendida e joelho fletido a 90 graus.
	Estabilização	A pélvis é mantida em posição neutra no plano transversal.
	Procedimento	O joelho é fletido a 90 graus. Ambas as ancas são rodadas “para dentro” até que se atinja um alongamento razoável ou a pélvis começar a mover.
	Braço estável do goniômetro	Ao longo da mesa de exame (usar um goniômetro semicircular grande).
	Braço móvel do goniômetro	Eixo longo da tibia, que se considera como sendo a linha entre o ponto médio dos epicôndilos femorais e o ponto médio dos maléolos.
	Medida	Ângulo entre a vertical e a perna. A rotação externa é positiva.
	Observações	Deve-se observar a ausência de rigidez dos ligamentos que afetam as medições.

24. Teste do ângulo de anteversão femoral

	Estruturas	O alinhamento da cabeça do fêmur com o eixo transcondilar.
	Posição	Deitado de barriga para baixo. Ancas e joelhos estendidos.
	Estabilização	A pélvis é estabilizada pelo examinador para evitar a rotação no plano transversal.
	Procedimento	O examinador fica de pé ao lado do paciente para palpar o grande trocanter do lado oposto. O joelho é fletido a 90 graus e o examinador palpa o grande trocanter. A anca é girada e parada quando sentir que o grande trocanter fica mais proeminente.
	Braço estável do goniômetro	Ao longo da mesa de exame (usar um goniômetro semicircular grande).
	Braço móvel do goniômetro	Eixo longo da tibia, considerado como a linha entre o ponto médio dos epicôndilos femorais e o ponto médio dos maléolos.
	Medida	Ângulo entre a vertical e a perna. A rotação interna é positiva, indicando anteversão.

25. Torção tibial (eixo bimaleolar)

	Estruturas:	O alinhamento torsional da tibia
	Posição	Deitado de barriga para baixo. Joelhos fletidos a 90 graus e tornozelos em posição neutra.
	Estabilização	Estabilizar o retropé.
	Procedimento	O examinador posiciona-se por cima da mesa, para observar a superfície plantar do pé.

	Braço estável do goniômetro	Colocado na base do calcanhar e alinhado perpendicularmente ao eixo longo do fêmur.
	Braço móvel do goniômetro	Colocado na base do calcanhar e alinhado com o eixo bimaleolar do pé.
	Medida:	Ângulo entre o eixo da articulação do joelho (considerado perpendicular ao eixo longitudinal do fêmur) e o eixo bimaleolar. A rotação externa do segmento distal é positiva.
	Observações	Utilizado em crianças com deformidades nos pés.

26. Torção tibial (ângulo coxa-retropé)

	Estruturas	O alinhamento torsional da tibia
	Posição	Deitado de barriga para baixo. Joelhos fletidos a 90 graus e tornozelos em posição neutra.
	Estabilização	Estabilizar o retropé.
	Procedimento	O examinador posiciona-se por cima da mesa, para observar a superfície plantar do pé.
	Braço estável do goniômetro	Alinhar com o eixo longo do fêmur.
	Braço móvel do goniômetro	Ao longo da linha média do retropé.
	Medir	Ângulo entre o eixo longo do fêmur e a bissetriz da base do calcanhar. A rotação externa do segmento distal é positiva.

27. Ângulo do retropé-antepé

	Estruturas	O alinhamento do retropé com o antepé
	Posição	Deitado de barriga para baixo. Joelhos fletidos a 90 graus e tornozelos em posição neutra.
	Estabilização	Estabilizar o retropé.
	Procedimento	O examinador posiciona-se por cima da mesa, para observar a superfície plantar do pé.
	Braço estável do goniômetro	Ao longo da linha média do retropé.
	Braço móvel do goniômetro	Ao longo da linha média do antepé, em direção ao segundo dedo do pé.
	Medida	Ângulo entre a bissetriz da base do calcanhar e o eixo longo do antepé (presumindo que se encontra no segundo raio). A rotação externa do segmento distal é positiva.

28. Força dos extensores da anca

	Estruturas	Glúteo máximo.
	Posição	Deitado de barriga para baixo, com o joelho fletido a 90 graus.
	Estabilização	Posteriormente, nos músculos das costas.
	Procedimento	Extensão da anca com o joelho fletido.
	Resistência	Contra a parte inferior da parte posterior da coxa na direção da flexão da anca.
	Observações	Se houver flexão da anca, o teste modificado pode ser realizado. O procedimento é o mesmo, mas o paciente fica deitado em decúbito ventral com as pernas pendentes, na extremidade da mesa.

29. Força dos flexores do joelho

	Estruturas:	Músculos isquiotibiais.
	Posição	Deitado de barriga para baixo.
	Estabilização	Segurar a coxa firmemente sobre a mesa.
	Procedimento	Pedir para fletir o joelho até 90 graus.
	Resistência	Com o joelho fletido entre 50 e 70 graus, fazer força de resistência contra a perna, perto do tornozelo, na direção da extensão do joelho. Não aplicar pressão contra o componente de rotação.
	Observações	Para avaliar a força do bíceps femoral ou do semitendinoso separadamente, realizar uma rotação interna ou externa, respectivamente, com a flexão do joelho.

30. Força dos abdutores

	Estruturas:	Músculos: glúteo mínimo e médio.
	Posição:	Deitado de lado, com a perna de baixo fletida na anca e no joelho e a pélvis ligeiramente rodada para a frente.
	Estabilização	Os músculos do tronco e o examinador estabilizam a pélvis.
	Procedimento	Abdução da anca com ligeira extensão e ligeira rotação externa. O joelho é mantido em extensão.
	Resistência	Contra a perna, perto do tornozelo, na direção da adução e ligeira flexão; <i>não</i> aplicar pressão contra o componente de rotação. A pressão é aplicada contra a perna com o objetivo de obter uma alavanca maior.
	Observações	É muito importante diferenciar o glúteo médio

		posterior. Os abdutores da anca, quando testados como um grupo, podem apresentar força normal, mesmo que um teste preciso do glúteo médio revele fraqueza apreciável.
--	--	---

31. Testes de controlo motor seletivo – sentado na cadeira

	Procedimento e medida	Pedir ao paciente para fletir o tornozelo contra a força da gravidade. Usar a escala de Boyd & Graham – Apêndice 3 – para controlo motor seletivo.
	Procedimento e medição	Pedir ao paciente para rodar o tornozelo no sentido da inversão.
	Procedimento e medição	Pedir ao paciente para rodar o tornozelo no sentido da eversão.
	Procedimento e medição	Pedir ao paciente para fletir a anca (levantar o joelho) contra a gravidade. Observar o pé para ver se o tornozelo realiza uma dorsiflexão ao mesmo tempo. Positivo (+) se ocorrer dorsiflexão ativa quando o paciente é solicitado a fletir a anca. Pacientes com pouco controlo voluntário da dorsiflexão por vezes são capazes de realizar dorsiflexão ativa desta forma. Pode ser útil observar se ocorre dorsiflexão pura ou se ela é acompanhada por inversão ou eversão do pé. Pode representar maturação neurológica e ser positivo em algumas crianças com desenvolvimento típico.

32. Força dos flexores plantares do tornozelo (em pé)

	Estruturas	Músculos gémeos e solear.
	Posição	Suporte de peso em posição normal de pé.
	Estabilização	Apoiar-se na parte superior da mesa ou de uma cadeira.
	Procedimento	Pedir para fazer 10 repetições de elevação do calcanhar.
	Observações	Se o teste for fraco, realize-o na posição sentada.

33. Postura dos pés e outras deformidades (posição em pé)

	Joanete dorsal (hallux rigidus)	Verificar se há dorsiflexão do primeiro dedo do pé. Registar Sim ou Não.
	Hallux valgus	Verificar se há deformação lateral do primeiro dedo do pé. Registar Sim ou Não.

	Joelho varo/valgo	Deformação do fêmur distal ou da tíbia proximal. Segurar os braços/mãos do paciente, se for necessário equilibrá-lo. Observar o joelho e procurar qualquer deformação.
	Tornozelo equinus/ calcaneous	Observar o tornozelo e registar qualquer deformidade. Classificar como deformidade leve, moderada ou grave, se observada.
	Retropé valgo/varo	Observar o retropé e registar qualquer deformidade. Classificar como deformidade leve, moderada ou grave, se observada.
	Mediopé planus/cavus	Observar o pé médio e registar qualquer deformidade. Classificar como deformidade leve, moderada ou grave, se observada.
	Antepé abduto/aduto	Observar o antepé e registar qualquer deformidade. Classificar como deformidade leve, moderada ou grave, se observada.

2 Recolha de dados da marcha

(Filipa João, Sílvia Cabral, Vera Moniz Pereira)

A análise da marcha é um procedimento técnico que nos permite medir o quanto a marcha do participante se desvia do padrão normal. Pode ser realizada de duas maneiras: através da análise de vídeo, sendo neste caso um método observacional, ou através de uma análise da marcha 3D, na qual é possível quantificar os principais desvios da marcha em termos de cinemática, cinética e ativação muscular. Dependendo do nível de gravidade da PC, da disponibilidade de um laboratório de biomecânica com equipamento e da indicação para intervenção cirúrgica, podemos escolher uma dessas duas possibilidades. Os próximos subcapítulos vão detalhar brevemente as duas análises.

2.1 Análise de vídeo 2D

Uma análise de vídeo 2D é recomendada quando não há um laboratório biomecânico com o equipamento necessário disponível, ou se a criança tem défice cognitivo grave que interfere na sua capacidade de seguir ordens, por exemplo. Nos casos em que os desvios da marcha são leves ou durante o primeiro ano de um processo de reabilitação após a cirurgia, uma análise de vídeo também é recomendada.

PRINCÍPIOS BÁSICOS DA CAPTURA DE VÍDEO

Iluminação: É essencial que haja iluminação adequada no espaço de captura.

- A luz natural ou a iluminação de teto são recomendadas, em vez de projetores (que podem causar desconforto ao paciente). As lâmpadas de halogénio são uma boa opção.
- As luzes fluorescentes podem interferir na imagem quando se utilizam frequências de amostragem elevadas.
- As características das câmaras de vídeo afetam a luz que atinge o sensor: tamanho da lente, abertura, frequência de captura ou velocidade do obturador.
- Aumentar a abertura e a amplificação do sinal do sensor da câmara pode compensar a baixa iluminação, mas também pode introduzir ruído na imagem.
- A frequência de amostragem recomendada para a análise da marcha num ambiente clínico é de 25 a 50 imagens por segundo, mas podem ser necessárias velocidades de obturador de 1/125 ou 1/250 segundos para melhorar a qualidade do vídeo.

Dimensões do espaço – Campo de visão: Sempre que possível, deve-se usar o campo de visão ótimo, ajustando o zoom da câmara (o zoom óptico é preferível ao zoom digital, pois este último reduz a resolução da imagem). Na marcha normal, o comprimento do passo de uma pessoa é de aproximadamente 80% da sua altura. A proporção convencional do vídeo é 3:4 (cerca de 1,7 passos

ao ajustar a altura do vídeo à altura do sujeito no plano sagital). Idealmente, deve ser utilizado um formato 9:16, pois permite capturar pelo menos um passo completo por lado. No início da sessão, o paciente deve ser fotografado em pé e o zoom deve ser ajustado de acordo com a sua altura.

Planos de captura:

Num ambiente clínico, a abordagem ideal é capturar um plano sagital puro e um plano frontal puro, posicionando a câmara perpendicularmente a cada um desses planos. No entanto, apenas na região central (aproximadamente 1,5 m - correspondente a um passo de adulto) se verifica que esses planos são verdadeiramente sagitais ou frontais. Noutras áreas da imagem, o paciente parecerá estar a caminhar com uma certa inclinação em relação à câmara (efeito de paralaxe). Este efeito aumenta à medida que o paciente se afasta do campo de visão central (plano de fundo), mas pode ser reduzido colocando a câmara mais afastada.

É necessário encontrar um equilíbrio entre a iluminação da imagem e a distância da câmara para reduzir o paralaxe. A abordagem ideal é, primeiramente, garantir a melhor iluminação possível e, posteriormente, afastar gradualmente a câmara enquanto se utiliza o zoom para ajustar a altura do paciente. Na maioria dos casos, o posicionamento e a distância da câmara dependem do espaço disponível, que nem sempre é suficientemente amplo.

A câmara deve permanecer fixa, por isso recomenda-se o uso de um tripé, pois permite ajustes fáceis da sua posição. Devem ser capturadas diferentes condições de locomoção para além da condição descalça (quando aplicáveis): com ortóteses, com andarilhos, canadianas ou outros auxiliares de mobilidade.

2.1.1 PROTOCOLO DE CAPTURA DE VÍDEO CLÍNICO

Deve haver um protocolo padronizado de captura de vídeo, ao qual informações adicionais devem ser adicionadas sempre que necessário. O procedimento padrão deve incluir sempre a recolha de dados da marcha nos planos sagital e frontal do paciente, seja descalço e/ou a utilizar ortóteses, calcados específicos ou outros dispositivos auxiliares de marcha. Se existirem limitações (como restrições de equipamento ou tempo), o examinador deve garantir que os dados registados sejam representativos do padrão geral de marcha do paciente. Um exemplo de protocolo padrão com câmaras fixas nos planos sagital e frontal é o descrito por Baker (2013), no qual são registadas sequências de ciclos de marcha, mudanças de direção e início da marcha (Fig. 1 e Tabela 2).

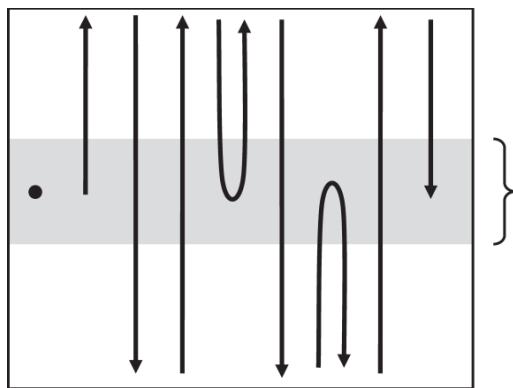


Fig. 1: Sequência de marcha. Adaptado de Baker (2013)

Tabela 2 – Sequência de marcha. Adaptado de Baker (2013)

1	Posicionar o paciente no centro do campo de visão da câmara, ajustando o zoom de acordo com a sua altura.
2	Começar a caminhar em direção a uma extremidade do corredor.
3	Virar-se e caminhar na direção oposta, em direção à outra extremidade do corredor.
4	Virar-se e caminhar na direção oposta, em direção à outra extremidade do corredor.
5	Virar-se, caminhar até ao meio do corredor, virar-se novamente e caminhar até ao local de onde vinha originalmente.
6	Virar-se e caminhar na direção oposta, em direção à outra extremidade do corredor.
7	Virar-se, caminhar até ao meio do corredor, virar-se novamente e caminhar até ao local de onde vinha originalmente.
8	Virar-se e caminhar na direção oposta, em direção à outra extremidade do corredor.
9	Virar-se e caminhar até o meio do corredor, onde o paciente pára.

2.1.2 ESCALAS DE OBSERVAÇÃO DA MARCHA (VÍDEO CLÍNICO)

Avaliar vídeos de marcha com recurso à observação (sem utilização de softwares, escalas, etc) apresenta desafios em termos de objetividade, consistência e fiabilidade. Para mitigar estas questões, várias escalas e formulários de avaliação foram desenvolvidos (Viehweger et al., 2010), principalmente para avaliar os parâmetros cinematográficos da marcha. O artigo de revisão de Rathinam e colegas (2014) examinou várias ferramentas para avaliação da marcha pediátrica por meio da observação (Rathinam, Bateman, Peirson, & Skinner, 2014). Esta revisão incluiu estudos realizados em crianças até 18 anos com condições

neurológicas, neuromusculares, ortopédicas, ou outros atrasos no desenvolvimento devido a distúrbios genéticos. Apenas estudos que avaliaram a fiabilidade e a validade através da análise instrumentada da marcha em crianças com PC foram incluídos, resultando num total de 9 estudos. Entre estes, 5 desenvolveram e padronizaram as suas próprias escalas originais, ao passo que 4 estudos utilizaram modificações destas escalas.

Escalas de observação da marcha nos planos sagital, frontal e transversal

- a. **Análise observacional da marcha (OGA)** (Mackey, Lobb, Walt e Stott, 2003) e **pontuação visual da marcha** (Kawamura et al., 2007)
 - Escala ordinal que avalia a anca, o joelho, o tornozelo e a pélvis (10 itens) nos planos sagital, frontal e transversal.
 - Avalia se o posicionamento das articulações é normal, aumentado ou reduzido.
 - Mostrou alta concordância entre observadores para a flexão do joelho no contacto inicial e a obliquidade pélvica quando comparada à análise instrumental da marcha. No entanto, a concordância foi baixa para os 8 parâmetros restantes.
- b. **Escala de observação da marcha** (Araujo, Kirkwood e Figueiredo, 2009)
 - Escala nominal que avalia 24 parâmetros cinematográficos chave da marcha, distribuídos da seguinte forma: Tornozelo/pé: 6 itens; Joelho: 5 itens; Anca: 8 itens; Pélvis: 5 itens
 - Desenvolvida tendo em conta a experiência e os níveis de treino do examinador.
 - Não especifica detalhes da pontuação.
- c. **Score Visual de Marcha de Edimburgo (EVGS)** (Read, 2003; Ong et al., 2008; Viehweger et al., 2010)
 - Escala numérica que avalia 17 parâmetros ao longo do tornozelo, joelho, anca, pélvis e tronco, nos planos sagital, frontal e transversal.
 - Foca-se em aspectos críticos da marcha em crianças com PC.
 - Utiliza uma escala de 3 pontos para indicar a severidade do desvio da marcha normal: (0 = Normal; 1 = Desvio moderado; 2 = Desvio severo).
 - A pontuação total varia de 0 a 34.
 - Demonstrou alta fiabilidade intra e inter-observador, mesmo entre avaliadores menos experientes.
 - Demonstrou forte correlação com a análise instrumentada da marcha, transformando-a numa ferramenta validada.
 - Comprovou ser eficaz na deteção de alterações na marcha após cirurgia multinível (Viehweger et al., 2010).

Com base na revisão das principais escalas observacionais de marcha em crianças com PC, decidimos usar o Score Visual de Marcha de Edimburgo (Read, 2003)

2.2 Análise clínica e instrumentada da marcha

A análise da marcha em 3D com recurso a instrumentação laboratorial é recomendada em casos de crianças com desvios na marcha que sugiram uma maior possibilidade de intervenção cirúrgica. Para além disso, os dados cinéticos e eletromiográficos são mais fáceis de recolher numa infraestrutura equipada com este tipo de equipamentos, sendo, por isso, a melhor recomendação e o método de referência para a análise da marcha. Apresenta-se infra um exemplo de um protocolo experimental para análise da marcha no nosso laboratório:

Teste estático: O sujeito fica imóvel, orientado numa determinada direção (normalmente alinhado com um dos eixos do referencial global do laboratório) por alguns segundos, sem assistência, na posição anatómica neutra (tanto quanto possível), com cada um dos pés posicionado sobre uma plataforma de forças.

Testes dinâmicos: o sujeito caminha ao longo do eixo menor/maior das plataformas de forças, dependendo do comprimento do seu passo. Registam-se ficheiros dinâmicos de 30 segundos cada e verificam-se os ciclos direito e esquerdo com bons registos da plataforma de forças (pelo menos 10 ciclos bem-sucedidos para cada lado). Um ciclo bem-sucedido ocorre quando um único apoio é feito sobre a plataforma de forças. Verifica-se o sinal da plataforma de forças e a gravação EMG após o primeiro teste. A duração das recolhas dinâmicas está dependente da capacidade do sujeito. Pode ser necessário fazer testes mais curtos, com mais intervalos de descanso. Aconselha-se a colocar uma cadeira em locais estratégicos do laboratório, de forma a permitir o descanso do participante, sempre que seja necessário.

Medições básicas

Parâmetros espaço-temporais	Comprimento	Comprimento do passo – Distância entre os impactos consecutivos do calcanhar de pés opostos. Comprimento da passada – Distância entre dois impactos consecutivos do calcanhar do mesmo pé.
	Duração	Duração do passo – Tempo necessário para completar um passo. Duração de passada – Tempo necessário para completar uma passada.
	Cadência	Nº. de passos ou passadas por minuto.
	Velocidade (m/s)	Distância por unidade de tempo.
Parâmetros cinemáticos	Ângulo articular (º)	A rotação do segmento distal em relação ao segmento proximal
Parâmetros cinéticos	Momento articular (Nm/Kg)	Força rotacional que atua em torno de uma articulação
	Potência articular (W/Kg)	Taxa de geração e absorção de energia nas articulações

	Forças de reação do solo (N)	Forças exercidas pelo solo sobre o corpo durante a caminhada ou corrida
--	------------------------------	---

Ao utilizar sistemas de captura de movimento 3D (MOCAP), as decisões consistem em escolher qual o conjunto de marcadores a utilizar, ou optar por uma abordagem sem marcadores, qual o modelo a utilizar (ou seja, como os segmentos são definidos e interligados) e como calcular as variáveis de interesse (incluindo a convenção de sinais).

2.2.1 Sistemas de captura de movimento baseados em marcadores

Os sistemas baseados em marcadores são atualmente a referência para a análise clínica da marcha, e são já utilizados há décadas. Esta técnica requer o uso de marcadores e câmaras que capturam luz infravermelha, permitindo o rastreamento do movimento 3D e análises adicionais, utilizando softwares de modelação de corpos rígidos. O *Qualisys Track Manager* (QTM) e a Vicon têm sido os sistemas mais comumente utilizados para aquisição de dados. Estes sistemas dependem da colocação precisa de marcadores refletores em pontos de referência anátómicos específicos do corpo do sujeito para rastrear o movimento. A configuração dos marcadores determinará a posição e a orientação do modelo biomecânico e, por isso, é obrigatório decidir primeiro quais as variáveis biomecânicas que queremos calcular, a fim de escolher a melhor configuração dos marcadores.

Um modelo biomecânico é um conjunto de corpos rígidos que representam estruturas esqueléticas, a que chamamos de segmentos. Cada segmento é inteiramente definido por um sistema de coordenadas ortogonais e propriedades iniciais (massa, localização do centro de massa e momentos de inércia). A construção do sistema de coordenadas do segmento requer pelo menos 3 marcadores não colineares. Esses marcadores, usados para definir o sistema de coordenadas do segmento, devem ser colocados em pontos de referência anátómicos específicos, de forma a criar um sistema de coordenadas que faça sentido intuitivo e tenha significado anatómico (ou seja, os eixos do sistema de coordenadas devem representar ou estar alinhados, tanto quanto possível, com os eixos anátómicos/funcionais do segmento). Adicionalmente, a posição e a orientação do sistema de coordenadas do segmento devem ser definidas utilizando pontos de referência anátómicos que sejam relativamente fáceis de identificar por palpação e de modo a permitir a sua reprodutibilidade.

Colocação dos marcadores refletores

Existem vários conjuntos de marcadores que devem ser escolhidos dependendo do tipo de movimento a ser estudado e dos graus de liberdade (dof) que queremos que o nosso modelo tenha. Alguns usam um número mínimo de marcadores para o rastreamento básico do movimento, enquanto outros usam marcadores adicionais para permitir uma análise mais detalhada e com maior precisão. No nosso laboratório, usamos a configuração de marcadores CAST (Cappozzo, 1995), que nos permite ter 6 dof em cada segmento. Outras vantagens do CAST são: **a)** redundância (tem mais marcadores do que o necessário, o que é útil em caso de oclusão); **b)** clusters (facilita o processo de colocação dos marcadores e minimiza os artefactos de movimento da pele) e **c)** marcadores anátómicos (colocados no corpo dos sujeitos durante o teste estático e podem ser removidos durante os testes dinâmicos). O posicionamento dos marcadores sobre os locais anátómicos requer treino prévio em palpação

anatómica.

Conjunto de marcadores CAST (adaptado de Cappozzo, 1995)

Direita	Esquerda	Descrição e localização
LAC	RAC	Seguir a espinha da escápula em direção à articulação do ombro, até encontrar o ângulo acromial. Seguir a clavícula até encontrar a linha da articulação acromioclavicular (pequena depressão). O marcador deve ser colocado no ponto médio desta linha, que está orientada obliquamente (parte superior do ombro).
C7		C7 é a vértebra mais proeminente na região cervical (quando se identificarem duas proeminências, C7 é aquela que não desaparece com a flexão da cabeça).
STRN1 – 2		Colocados no topo do esterno, um no manúbrio (ponto médio) e o outro na linha média do corpo do esterno (apenas para rastreamento).
RASIS	LASIS	Palpar ao longo da crista ilíaca na direção anterior até encontrar a espinha ilíaca anterior superior (superfície plana após o fim da crista).
RPSIS	LPSIS	Palpar ao longo da crista ilíaca na direção posterior até encontrar a espinha ilíaca posterior superior (protuberância na extremidade posterior da crista).
RTH 1-4	LTH 1-4	Conjunto de marcas colocadas na coxa tendo em conta a mobilidade do tecido, visibilidade e outros sensores.
RLK	LLK	Colocado no epicôndilo lateral do joelho - encontrar a distância média da amplitude de movimento, pois o epicôndilo mudará de posição durante o movimento.
RMK	LMK	Colocado no epicôndilo medial do joelho - encontrar a distância média da amplitude de movimento, pois o epicôndilo mudará de posição durante o movimento.
RSK 1-4	LSK 1-4	Conjunto de marcas colocadas na perna tendo em conta a mobilidade do tecido, visibilidade e outros sensores.
RLA	LLA	Colocado no maléolo lateral ao longo de uma linha imaginária que passa pelo eixo transmaleolar.
RMA	LMA	Colocado no maléolo medial ao longo de uma linha imaginária que passa pelo eixo transmaleolar.
RHEE	LHEE	Colocar o marcador HEE na linha média posterior vertical do calcâneo, o mais abaixo possível, considerando o impacto do calcaneus durante o movimento. Deve ter a mesma altura a partir da superfície plantar do pé que o marcador P5M .
RPCA	LPCA	Colocar o marcador PCA na mesma linha média, acima do marcador HEE . (Será utilizado para definir o calcâneo).
RP1M RP5M	LP1M LP5M	Colocar o marcador P5M na base do 5º metatarso, à mesma altura da superfície plantar do pé que os marcadores nas cabeças dos metatarsos. Colocar o marcador P1M na base do 1º metatarso. Colocar os marcadores imediatamente após as articulações tarsometatarsais. A linha que liga o ponto médio dos marcadores na base do 1º e 5º metatarsos e o marcador TOE representa o alinhamento Ab/Adução do antepé.
RD1M RD5M	LD1M LD5M	Colocar o marcador D1M na cabeça do 1º metatarso e o marcador D5M na cabeça do 5º metatarso. Colocar os marcadores imediatamente após as articulações metatarsofalângicas, garantindo que estejam à mesma distância da superfície plantar do pé.
RTOE	LTOE	Colocar o marcador o 2º e o 3º metatarsos.
RHLX	LHLX	Colocar o marcador HLX no hálux, na extremidade proximal da 1ª falange distal, à mesma altura do marcador DIM .

Modelos de pé

Sempre que o foco da análise da marcha for o segmento do pé, deve ser modelado não apenas como um único segmento, mas dividido em dois ou três compartimentos. Isto permite

analisar o segmento do pé observando separadamente o retropé, o mediopé e os dedos. Existem vários modelos de pés desenvolvidos, de acordo com o objetivo da análise da marcha. O Oxford Foot Model (Carson, 2001) é um exemplo de um conjunto de marcadores clinicamente validado que representa o pé como um modelo multisegmentar, permitindo uma análise detalhada da mecânica do pé durante a marcha. Baseia-se em dois segmentos principais do pé, o retropé e o antepé, além de um segmento separado para o hálux. Embora o Modelo de Pé de Oxford tenha sido adaptado para ser usado em crianças, incluindo as com deformidades nos pés devido à paralisia cerebral, o modelo de pé IOR (Leardini, 2007) também é uma boa opção, pois comprehende segmentos para o retropé, mediopé e antepé. O segmento do mediopé (que não está incluído no Modelo de Pé de Oxford) permite a medição entre o calcâneo e os mediopé.

Definição dos segmentos

Após definir a configuração dos marcadores para a análise da marcha, é necessário construir um modelo biomecânico que nos permite calcular todas as variáveis cinemáticas e cinéticas de interesse. Para tal, cada segmento do modelo precisa ser definido em termos de posição e orientação. As tabelas seguintes mostram a definição de cada segmento tendo por base a utilização do software Visual 3D (Has-Motion) para a modelação.

Tórax

O segmento do tórax é construído como um segmento rígido, desde os marcadores do acrônio até aos da pélvis. Dependendo do objetivo da análise da marcha, por vezes este segmento não é usado no modelo.

NOME	PROXIMAL		DISTAL		MARCADORES DE RASTREIO
	LATERAL	RASIS	LATERAL	THA	
THA	ARTICULAÇÃO		ARTICULAÇÃO		LATERAL
	MEDIAL	LASIC	MEDIAL	LAC	
	RADIUS		RADIUS		

Pélvis

Para o segmento pélvico, optámos por utilizar o modelo CODA, uma vez que permite a estimativa do centro da articulação da anca (Bell, 1990). Embora o método funcional tenha sido recomendado na literatura (Wu, 2002), ele não é isento de limitações e requer uma amplitude de movimento adequada na anca. Assim, pode ser desafiante e difícil de implementar em crianças com paralisia cerebral, que muitas vezes têm dificuldades em manter o equilíbrio quando estão em pé, e em produzir ativamente um movimento controlado dos membros inferiores. Entre os métodos de regressão utilizados para estimar a localização do centro da articulação da anca, particularmente aqueles disponíveis no Visual3D, o modelo CODA demonstrou ter um desempenho ligeiramente melhor quando comparado com as medições de ressonância magnética, mesmo em crianças com paralisia cerebral.

NOME	PROXIMAL		DISTAL		MARCADORES DE RASTREIO
PELVIS	LATERAL	RASIS	LATERAL	RPSIS	RASIS, LASIS, RPSIS,

	ARTICULAÇÃO		ARTICULAÇÃO		LPSIS, RIC, LIC, SAC
	MEDIAL	LASIC	MEDIAL	LPSIS	
	RADIUS		RADIUS		

Coxa

O segmento da coxa foi definido de acordo com o método CAST, conforme descrito no estudo desenvolvido por Hamill e colegas (Hamill, 2004). Assim, o plano frontal da coxa está alinhado com os côndilos femorais, e o seu eixo medial/lateral é perpendicular ao eixo longitudinal do segmento. Portanto, o eixo medial/lateral pode não ser necessariamente paralelo à linha que liga os côndilos femorais.

NOME	PROXIMAL		DISTAL		MARCADORES DE RASTREAMENTO
RTH [LTH]	LATERAL		LATERAL	RLK [LLK]	RTH1, RTH2, RTH3, RTH4 [LTH1, LTH2, LTH3, LTH4]
	ARTICULAÇÃO	ANCA DIREITA [ANCA_ESQUERDA]	ARTICULAÇÃO		
	MEDIAL		MEDIAL	RMK [LMK]	
	RADIUS	0,5*DISTÂNCIA (ANCA_DIREITA, ANCA_ESQUE RDA)	RADIUS		

Perna

Devido à prevalência de deformidades ósseas, particularmente a rotação tibial em crianças com paralisia cerebral, recomenda-se criar dois segmentos diferentes para a perna, para que os eixos anatómicos do joelho e tornozelo sejam melhor representados. No entanto, após comparar os resultados do ângulo do joelho ao usar uma “perna proximal” (plano frontal definido pelos côndilos femorais lateral e medial e o centro da articulação do tornozelo) e uma “perna distal” (plano frontal definido pelos maléolos lateral e medial e o centro da articulação do joelho), observou-se que a única diferença existente era um deslocamento no eixo longitudinal. Ao usar a “perna proximal”, a rotação longitudinal era próxima de zero, mascarando assim a rotação tibial que os médicos esperam ver, se presente. Para além disso, e tendo em consideração que um segmento deve ser definido utilizando os seus próprios pontos de referência ósseos, decidimos criar apenas uma “perna distal”. Isso também será mais consistente com a construção da coxa (que também pode apresentar anteversão femoral) e dos segmentos do pé. Para além disto, optámos por criar esta “perna distal” de acordo com o modelo de pé IOR (Leardini, 2007). Finalmente, para reduzir a quantidade de fita colocada na criança e aumentar a consistência ao avaliá-la com ortóteses, decidimos remover o cluster da perna, usando os seguintes marcadores como alternativas para o rastreamento: tuberosidade tibial (TT), cabeça do perónio (FH) e um marcador colocado no bordo medial da tibia (MBT).

NOME	PROXIMAL		DISTAL		MARCADORES DE RASTREIO
RSK [LSK]	LATERAL		LATERAL	RLA [LLA]	RTT, RFH, RMBT [LTT, LFH, LMBT]
	ARTICULAÇÃO	RSK_PROX [LSK_PROX]	ARTICULAÇÃO		
	MEDIAL		MEDIAL	RMA [LMA]	
	RADIUS	DISTÂNCIA (RSK_PROX, RFH) DISTÂNCIA (LSK_PROX, LFH)	RADIUS		

Pé

O segmento do pé é geralmente representado de forma diferente no contexto da cinemática e da cinética. Adicionalmente, no contexto da cinemática, o pé pode ser representado como um segmento rígido ou pode ser dividido em vários corpos rígidos. Com isto em mente, criámos

três segmentos diferentes do pé: um pé cinemático ou virtual e um pé cinético.

1. Pé cinemático

Os pés virtuais são comumente usados com o objetivo de normalizar os ângulos da articulação do tornozelo (ou seja, para reduzir a variabilidade interindividual na posição em pé (vertical)). No entanto, para superar a incapacidade de criar tal segmento virtual quando a postura neutra está comprometida, como no caso de crianças com paralisia cerebral, criámos um segmento (ainda usando o método CAST), que foi adaptado de outras versões de pés virtuais e sugerido pelos fabricantes do software. Esta definição do segmento obriga, portanto, que tanto o plano horizontal do pé como o eixo anterior fiquem alinhados. O primeiro deve ficar alinhado com a planta do pé do paciente, enquanto o segundo deve ficar alinhado com a linha que vai do ponto médio entre os maléolos até ao ponto médio entre as cabeças do 1.^º e do 5.^º metatarsos distais.

NOME	PROXIMAL		DISTAL		ALVO EXTRA	MARCADORES DE RASTREIO
VRFT [LVFT]	LATERAL		LATERAL		LOCAL	RD1MT, RD5MT, RHEE, RLCA, RP1MT, RP5MT, RPCA, RSTL, RTOE [LD1MT, LD5MT, LHEE, LLCA, LP1MT, LP5MT, LPCA, LSTL, LTOE]
	ARTICULAÇÃO	RANK [LANK]	ARTICULAÇÃO	RANK_DISTAL [LANK_DISTAL]	ANTERIOR	
	MEDIAL		MEDIAL		PONTO DE REFERÊNCIA	
	RADIUS	0.01	RADIUS	0.01	MID_RMT [MID_LMT]	

2. Pé cinético

Este segmento tem a mesma origem e um alinhamento semelhante ao pé cinemático, com a diferença de que apresenta uma rotação em torno do eixo medial-lateral, para que o eixo longitudinal do pé seja representado corretamente para os cálculos da dinâmica inversa. Esta definição do segmento é semelhante à descrita em Hamill (2014), mas utiliza as cabeças do 1.^º e 5.^º metatarsos para definir a orientação do plano frontal, conforme descrito em Cappozzo (1995), que sugere que o sistema de coordenadas do segmento deve basear-se apenas em pontos pertencentes a esse segmento.

NOME	PROXIMAL		DISTAL		MARCADORES DE RASTREIO
RFT [LFT]	LATERAL		LATERAL	RD5MT [LD5MT]	RD1MT, RD5MT, RHEE, RLCA, RP1MT, RP5MT, RPCA, RSTL, RTOE [LD1MT, LD5MT, LHEE, LLCA, LP1MT, LP5MT, LPCA, LSTL, LTOE]
	ARTICULAÇÃO	RANK [LANK]	ARTICULAÇÃO		
	MEDIAL		MEDIAL	RD1MT [LD1MT]	
	RADIUS	0,5*DISTÂNCIA (RLA, RMA) [0,5*DISTÂNCIA (LLA, LMA)]	RADIUS		

2.2.2 Sistemas de captura de movimento sem marcadores

Os sistemas sem marcadores utilizam visão computacional avançada e algoritmos de *deep learning* para estimar o movimento humano sem a necessidade de marcadores físicos. Estes sistemas são uma alternativa conveniente aos sistemas de captura de movimento baseados em marcadores e utilizam câmaras de vídeo padronizadas sincronizadas para estimar pontos-

chave anatómicos, como é o caso dos centros articulares e outros pontos de referência anatómicos para cada pose do sujeito. O Theia3D é um software de estimativa de poses que utiliza redes neurais convolucionais cuja popularidade tem vindo a crescer no domínio da biomecânica (Kanko, 2021). A tabela seguinte refere as principais vantagens e desvantagens dos atuais sistemas sem marcadores.

Vantagens	Limitações e considerações
<p>Tempo de configuração reduzido;</p> <p>Não há necessidade de marcadores;</p> <p>Maior conforto para os participantes;</p> <p>Pode ser usado em diferentes ambientes;</p> <p>Pode avaliar vários indivíduos ao mesmo tempo.</p>	<p>Preocupações com a precisão quando comparado com sistemas baseados em marcadores;</p> <p>Não é o sistema padrão para análise clínica da marcha;</p> <p>Não validado para deformidades nos pés e ortóteses nem dispositivos auxiliares;</p> <p>As condições de iluminação devem ser boas.</p>

Configuração e recolha de dados

Câmaras:

- O Theia3D requer pelo menos seis câmaras, mas recomenda o uso de pelo menos oito.
- A configuração das câmaras deve ser simétrica e envolver o volume de captura (círculo, oval, retângulo).
- As câmaras devem estar o mais próximo possível do volume de captura, capturando-o na sua totalidade.
- Evitar filmar vistas parciais dos objetos; todo o corpo deve ser visto pelas câmaras.
- A frequência de amostragem depende dos movimentos a estudar. Movimentos rápidos requerem frequências mais elevadas.
- As câmaras devem estar sincronizadas.

Calibração:

- Colocar um objeto de calibração no volume de captura, na posição e orientação desejadas, para definir o sistema de coordenadas global.
- Certificar-se de que os pontos-chave do objeto de calibração estão visíveis em todas as imagens da câmara e que não haja obstruções.

Recolha de dados:

- Instruir o sujeito a usar roupas adequadas (evitar saias ou roupas que obstruam a visualização dos segmentos na sua forma independente— roupas muito largas não são adequadas).
- Pedir ao sujeito para executar a marcha num local adequado do laboratório.

2.3 Eletromiografia (EMG)

A Eletromiografia (EMG) é uma técnica para medir a resposta muscular, ou a atividade elétrica em resposta à estimulação nervosa do músculo. Existem basicamente dois tipos de EMG comumente usados: a EMG de superfície, um procedimento não médico no qual elétrodos são colocados na superfície da pele, e a EMG intramuscular, que é realizada utilizando um elétrodo de agulha ou uma agulha que contém dois elétrodos de fio inseridos

diretamente no músculo. Quando um músculo se contrai, gera uma corrente elétrica, conhecida como potenciais de ação, que viaja através do tecido muscular e é detetada pelos elétrodos. A contração muscular é, portanto, medida através da deteção da diferença de potencial entre dois elétrodos. A técnica mais utilizada na análise da marcha é a EMG de superfície.

2.3.1 Preparação da pele

A necessidade de reduzir a impedância pele-eléktrodo diminui devido à alta impedância de entrada oferecida pelos amplificadores atuais. Técnicas que exigem abrasão com lixa fina ou materiais semelhantes são agora, em grande parte, redundantes, mas ainda é necessária alguma preparação da pele. As recomendações da Delsys (DeLuca, 2003) são:

1. Rapar se houver excesso de pelos, para permitir uma ligação mais forte com a pele.
2. Limpar a pele com um exfoliante para remover as células mortas em excesso.
3. Limpar a pele com álcool isopropílico para remover óleos e resíduos da superfície.

2.3.2 Colocação dos elétrodos e recolha de dados

Os sensores sem fios Delsys Trigno foram escolhidos para recolher o sinal EMG devido ao seu tipo (bipolar), características e configuração. Os sistemas EMG bipolares são preferencialmente utilizados, em detrimento dos sistemas monopolares, devido à sua maior estabilidade e seletividade. Além disso, os sistemas EMG bipolares são uma escolha melhor para contrações não isométricas e permitem o uso de amplificação diferencial e rejeição de modo comum. De Luca (2003) recomenda o uso de elétrodos de barra de prata com 10 mm de comprimento, 1 mm de largura e uma distância de 10 mm entre eles, pois esta distância entre os elétrodos resulta numa largura de banda que contém todo o espectro de frequência do EMG bruto. Para além disto, essa distância entre os elétrodos é fixa nos sensores Trigno, eliminando assim a variabilidade dessa fonte de erro ao serem realizadas diferentes medições. Adicionalmente, também se reduzem artefactos derivados do movimento devido à remoção dos fios conectados aos sensores.

Uma recomendação geralmente aceite é a de colocar os elétrodos no meio do ventre muscular, quando contraído. Assim, levamos em consideração esta recomendação geral, bem como as diretrizes sugeridas por Seniam e Criswell (2011). Adicionalmente, estas diretrizes poderão ser complementadas com um bom conhecimento da anatomia musculoesquelética e a confirmação da localização correta do sensor por meio da contração voluntária e palpação do músculo de interesse. Além disto, a orientação do sensor também é importante. O sensor deve estar alinhado com as fibras musculares, caso contrário, a amplitude do sinal pode ser reduzida em até 50% (De Luca, 2003). Dependendo do nível de comprometimento do participante, os músculos que devem ser avaliados poderão ser diferentes. Os principais músculos do membro inferior que são avaliados numa análise clínica da marcha são os que se seguem: glúteo máximo, glúteo médio, adutor longo, reto femoral, bíceps femoral, tibial anterior e gémeo (lateral ou medial). Normalmente, antes de cada sessão, devem ser seguidos alguns passos:

1. Preparar 12 sensores totalmente carregados (preparar mais sensores se houver necessidade de adicionar mais músculos).
2. Verificar os canais na placa EMG e a conexão com o sistema de captura de movimento. Definir cada canal com o nome do músculo ou anotar o número do sensor e o músculo

respetivo.

3. Depois de colocar os sensores no participante, testar cada um deles, pedindo ao participante para realizar um movimento específico (por exemplo, para testar o músculo gémeos, pedir ao participante para fazer flexão plantar, de preferência contra alguma resistência).

3 Modelação Musculoesquelética

(Filipa João, Raquel Costa, Carolina Silva)

A modelação musculoesquelética é uma técnica computacional utilizada para estudar a mecânica e a função do sistema musculoesquelético humano de forma não invasiva. Envolve modelos matemáticos que simulam a interação entre ossos, articulações, músculos e tendões, para analisar variáveis como as forças de contacto articular, as contribuições musculares para a aceleração do centro de massa e as forças e ativações musculares. Esta abordagem pode ajudar a melhorar as estratégias de prevenção ou reabilitação de distúrbios musculoesqueléticos, bem como prever os resultados cirúrgicos, tornando-a uma ferramenta valiosa para a tomada de decisões clínicas.

OpenSim

O OpenSim (Delp, 2007) é um software de simulação musculoesquelética de código aberto para modelação, simulação e avaliação do sistema neuromusculoesquelético. Este software oferece ferramentas avançadas para a execução de simulações dinâmicas de movimento, incentivando, simultaneamente, a pesquisa multidisciplinar dentro da comunidade biomecânica.

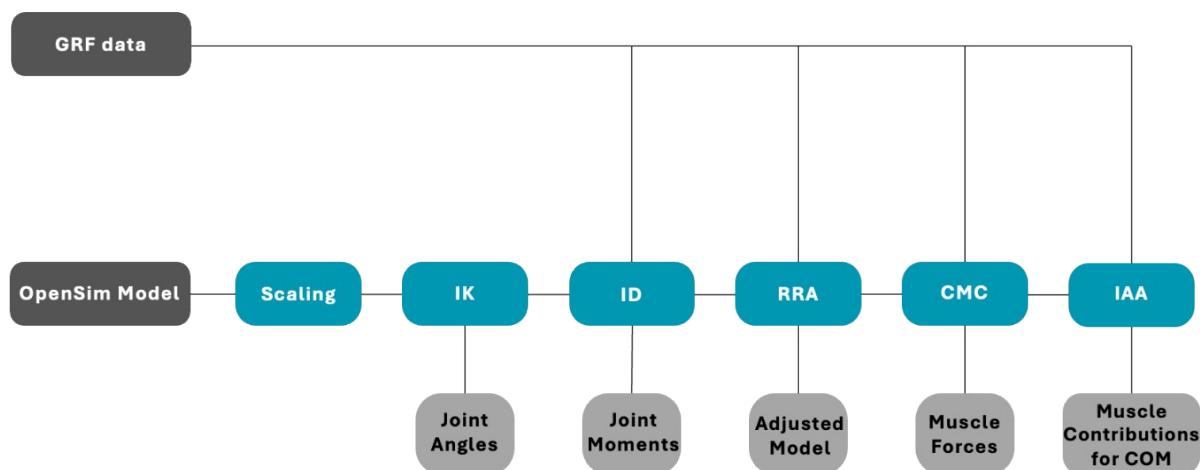


Figura 2: Exemplo de um pipeline OpenSim, incluindo as ferramentas, suas principais entradas e saídas. O cinza-escuro ilustra as entradas. O azul representa as ferramentas, nomeadamente o escalamento, IK (cinemática inversa), ID (dinâmica inversa), RRA (algoritmo de redução residual), CMC (controlo muscular computacional) e IAA (análise de aceleração induzida). As principais saídas de cada ferramenta são apresentadas em cinzento-claro.

Um exemplo de aplicação destas técnicas em contexto clínico é a estimativa da variação do comprimento muscular. O comprimento muscular é calculado com o dimensionamento da origem e inserção de um músculo com base no comprimento do segmento e é definido pela distância entre esses dois pontos. A informação que o comprimento muscular fornece é semelhante ao que acontece com um ângulo articular. No entanto, em músculos biarticulares, como o reto femoral, por exemplo, é útil analisar o seu gráfico porque os ângulos das articulações do joelho ou da anca por si só podem não revelar o que realmente está a acontecer com o comprimento muscular.

4 Questionários

(Filomena Carnide, Vera Moniz Pereira)

Parte da avaliação clínica da marcha compreende a recolha de informações relevantes sobre o participante. Existem diferentes questionários especialmente desenvolvidos para serem aplicados a crianças com paralisia cerebral. Esses questionários têm como principais medidas de resultado o desempenho, a funcionalidade, a independência, o conforto, a comunicação, a participação social, os aspetos físicos e psicológicos do participante, a qualidade de vida e o bem-estar. Estes devem ser avaliados devido à equipa multidisciplinar que está envolvida com cada participante, a fim de melhorar o processo de tomada de decisão juntamente com as outras avaliações. A tabela seguinte mostra os principais questionários utilizados para avaliar os participantes com paralisia cerebral, as suas propriedades psicométricas, medidas de resultados, procedimentos de administração e validação para a língua portuguesa europeia.

Nome da ferramenta:	Referências:	População-alvo:	Medidas de resultados:	Administração: (quem, onde é duração)	Propriedades psicométricas:	Validado em português europeu?																																										
ASK - Escala de Atividades para Crianças	<p>Cavalheiro, L. M., Paixão, D., Gonçalves, R. S., & Ferreira, P. L. (2014). Measuring health-related quality of life in Children: reliability and validity of the Portuguese version of the Activities Scale for Kids (ASK) (p. 1).</p> <p>Plint, A. C., Gaboury, I., Owen, J., & Young, N. L. (2003). Activities scale for kids: an analysis of norms. <i>Journal of Pediatric Orthopedics</i>, 23(6), 788–790. doi:10.1097/01241398-200311000-00018</p>	<p>Crianças com idades entre 5 e 15 anos.</p>	<p>Desempenho, capacidade.</p>	<p>Quem: Crianças até aos 10 anos devem responder de forma independente, mas na presença de um cuidador, pai ou fisioterapeuta para esclarecer conceitos ou significados, se necessário. Crianças com 10 anos ou mais devem ler e responder sozinhas.</p> <p>Onde: Em casa ou durante uma sessão de fisioterapia.</p> <p>Duração: 5 a 9 minutos.</p>	<p>Desempenho</p> <table border="1"> <tr> <td>X</td> <td>Confiabilidade entre avaliadores:</td> <td>ICC ou Kappa: 0,986</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Confiabilidade teste-reteste:</td> <td>ICC ou Kappa:</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>Consistência interna:</td> <td>Alfa de Cronbach : 0,980</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Validade concorrente:</td> <td>R ou Rho:</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>Validade do construto</td> <td>Valor próprio: 0,631</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Validade discriminativa:</td> <td>R ou Rho:</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Capacidade de resposta:</td> <td>Tamanho do efeito:</td> </tr> </table> <p>Capacidade</p> <table border="1"> <tr> <td>X</td> <td>Confiabilidade entre avaliadores:</td> <td>ICC ou Kappa: 0,978</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Confiabilidade teste-reteste:</td> <td>ICC ou Kappa:</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>Consistência interna:</td> <td>Alfa de Cronbach : 0,972</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Validade concorrente:</td> <td>R ou Rho:</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>Validade do construto</td> <td>Valor próprio : 0,523</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Validade discriminativa:</td> <td>R ou Rho:</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Capacidade de</td> <td>Tamanho do</td> </tr> </table>	X	Confiabilidade entre avaliadores:	ICC ou Kappa: 0,986		Confiabilidade teste-reteste:	ICC ou Kappa:	X	Consistência interna:	Alfa de Cronbach : 0,980		Validade concorrente:	R ou Rho:	X	Validade do construto	Valor próprio: 0,631		Validade discriminativa:	R ou Rho:		Capacidade de resposta:	Tamanho do efeito:	X	Confiabilidade entre avaliadores:	ICC ou Kappa: 0,978		Confiabilidade teste-reteste:	ICC ou Kappa:	X	Consistência interna:	Alfa de Cronbach : 0,972		Validade concorrente:	R ou Rho:	X	Validade do construto	Valor próprio : 0,523		Validade discriminativa:	R ou Rho:		Capacidade de	Tamanho do	<p>Sim</p>
X	Confiabilidade entre avaliadores:	ICC ou Kappa: 0,986																																														
	Confiabilidade teste-reteste:	ICC ou Kappa:																																														
X	Consistência interna:	Alfa de Cronbach : 0,980																																														
	Validade concorrente:	R ou Rho:																																														
X	Validade do construto	Valor próprio: 0,631																																														
	Validade discriminativa:	R ou Rho:																																														
	Capacidade de resposta:	Tamanho do efeito:																																														
X	Confiabilidade entre avaliadores:	ICC ou Kappa: 0,978																																														
	Confiabilidade teste-reteste:	ICC ou Kappa:																																														
X	Consistência interna:	Alfa de Cronbach : 0,972																																														
	Validade concorrente:	R ou Rho:																																														
X	Validade do construto	Valor próprio : 0,523																																														
	Validade discriminativa:	R ou Rho:																																														
	Capacidade de	Tamanho do																																														

							resposta:	efeito:	
--	--	--	--	--	--	--	-----------	---------	--

Nome da ferramenta:	Referências:	População:	Medidas de resu ltados:	Administração: (quem, onde e duração)	Propriedades psicométricas:	Validado em português europeu?
CCHQ (Questionário de Hipertonia e de Cuidados de Conforto)	Stacey Carlon1, N. S., Yong, K., Gilmore, R., Sakzewski, L., & Boyd, R. (2010). A systematic review of the psychometric properties of Quality of Life measures for school aged children with cerebral palsy. p. 6	Cuidadores /pais de crianças com paralisia cerebral moderada a grave.	Cuidados pessoais; posicionamento/transferências; conforto e interação/comunicação.	Quem: Preenchido pelo cuidador. Duração: 10 minutos.		Não

Nome da ferramenta:	Referências:	População-alvo:	Medidas de resultados:	Administração: (quem, onde e duração)	Propriedades psicométricas:	Validado em português europeu?
CHQ	Stacey Carlon1, N. S., Yong, K., Gilmore, R., Sakzewski, L., & Boyd, R. (2010). Uma revisão sistemática das propriedades psicométricas das medidas de Qualidade de Vida e para crianças em idade escolar com paralisia cerebral. p. 6	Crianças com idades entre 5 e 18 anos.	Aspectos físicos e psicológicos.	Versão para preenchimento pelo próprio, para crianças (87 itens – 16 a 25 minutos) e versão para preenchimento pelo próprio, para pais, com 28 itens (5 a 10 minutos) ou 50 itens (10 a 15 minutos).	X Confabilidade de intercalíadires: ICC ou Kappa: 0,69-0,87 (dimensão física) X Confabilidade de teste-reteste: ICC ou Kappa: 0,50 X Consistência interna: Alfa de Cronbach: 0,39-0,96 (v CHQ PF50); 0,69-0,92 (v CHQ CF87) X Validade concorrente: R ou Rho: 0,26-0,49 Validade do construto Validade discriminativa: Capacidade de resposta: Valor próprio; R ou Rho: Tamanho/ dimensão do efeito:	Sim Apenas as versões para pais foram traduzidas para português europeu.

Nome da ferramenta:	Referências:	População-alvo:	Medidas de resultados:	Administração: (quem, onde e duração)	Propriedades psicométricas:	Validado em português europeu?	
Questionário sobre a qualidade de vida de crianças com paralisia cerebral	M. P., Bracciali, A. C., Sankako, A. N., Luiza, M., & Almeida, S. (2013). Quality of Life Questionnaire for Children With Cerebral Palsy (Cp Qol-Child): Translation and Cultural Adaptation for Bra. Journal of Human Growth and Development, 23(2), 1-10. Chen, K. L., Wang, H. Y., Tseng, M. H., Shieh, J. Y., Lu, L., Yao, K. P. G., & Huang, C. Y. (2013). The Cerebral Palsy Quality of Life for Children (CP QOL-Child): Evidence of construct validity.	Crianças com paralisia cerebral com idades entre 4 e 12 anos	7 domínios da qualidade de vida: bem-estar e aceitação social; sentimentos sobre funcionalidade; participação social, saúde física e bem-estar emocional e dor.	Quem: Preenchido por cuidadores (para crianças de 4 a 12 anos) Preenchido por crianças com idades entre 9 e 12 anos. Duração: 15 a 25 minutos.	Confabilidade entre avaliadores: X Confabilidade teste-reteste: X Consistência interna: Validade concorrente:	ICC ou Kappa: ICC ou Kappa: 0,76-0,89 para a Versão preenchida pelo cuidador Alfa de Cronbach: 0,74 - 0,92 para a versão preenchida pelo cuidador; 0,80-0,90 para a versão preenchida pela criança	No

	<p>Research in Developmental Disabilities, 34(17), 994–1000. doi:10.1016/j.ridd.2012.11.025</p> <p>Wang, H., Cheng, C., Hung, J., & Ju, Y. (2010). Neuropsychological Rehabilitation : An International Validating the Cerebral Palsy Quality of Life for Children (CP QOL-Child) questionnaire for usarin Chinese populations, (November 2014), 883–898. doi:10.1080/09602011.2010.509190</p>			X	<p>Validade do constructo: Domínios da CP QOL- CHILD correlaciona dos moderadamente de forma global com QV para a versão dos cuidadores ($r=0,18-0,58$) e crianças ($r=0,41-0,64$); e com a saúde global (cuidadores $r=0,21-0,56$ e crianças $r=0,51-0,60$).</p>	R ou Rho:	
					<p>Os mesmos domínios estão moderadamente correlacionados com o KIDSCREEN ($r=0,30-0,51$), exceto na dor e no impacto da deficiência. Estando também correlacionados na versão de autopreenchimento ($r=0,61-0,70$).</p>	13 componentes maiores que 1.	
					<p>A correlação entre a CP QOL CHILD e CHQ é significativa nos diversos domínios e moderadamente correlacionada.</p>	R ou Rho:	

Nome da ferramenta:	Referências:	População-alvo:	Medidas de resultados:	Administração: (quem, onde e duração)	Propriedades psicométricas:	Validado em português europeu?
CP-Child	Narayanan, U. G., Weir, S., & Fehlings, D. L. (2007). CPCHILD - Caregiver Priorities and Child Health Index of Life with Disabilities (CPCHILD©) Questionnaire. pp. 10-29.	Dirigido a cuidadores (com crianças com PC entre 5 e 12 anos).	Cuidados pessoais; posicionamento; transferência e mobilidade; emoções e comportamento; comunicação e interação social; saúde; qualidade de vida geral.	Leva entre 20 e 30 minutos para ser preenchido pelos pais ou cuidadores de crianças com deficiências graves de desenvolvimento, como aquelas com paralisia cerebral em condição não ambulatória. Quando a criança é capaz de comunicar, o questionário deve ser preenchido por ambos (criança e pais/cuidadores). O questionário deve ser preenchido em casa ou durante uma consulta clínica.		Não

Nome da ferramenta:	Referências:	População-alvo:	Medidas de resultados:	Administração: (quem, onde e duração)	Propriedades psicométricas:	Validado em português europeu?
Disabkids (genérico)	<p>DisabKids. (s.d.). DisabKids. Obtido em 8 de janeiro de 2015, de DISABKIDS Chronic Generic Measure - DCGM-37 (long version).</p> <p>Simeoni MC, Schmidt S, Muehlan H, Debenaslon D, Bullinger M, Group TD. Field testing of a European quality of life instrument for children and adolescents with chronic conditions: the 37-item DISABKIDS Chronic Generic Module. Quality of Life Research. 2007; 16(5): 881-93.</p>	Crianças com paralisia cerebral com idades entre 8 e 16 anos.	Qualidade de vida - 37 itens nos seguintes domínios: independência; emoções; inclusão; exclusão; limitações; e medicação.	Versão para preenchimento pelo próprio para crianças e versão para preenchimento pelos pais (tempo n/d).	<p>x Confabilidade interavaliadores: ICC ou Kappa: 0,74-0,93</p> <p>x Confabilidade teste-reteste: ICC ou Kappa: 0,97</p> <p>x Consistência interna: Alfa de Cronbach: 95%</p> <p>x Validade e concorrente: R ou Rho:</p> <p>x Validade do constructo: Cuidados pessoais: 0,607; Mobilidade: 0,619; Interação social: 0,518</p> <p>Validade discriminativa: R ou Rho:</p> <p>Capacidade de resposta: Dimensão do efeito</p>	Não

Nome da ferramenta:	Referências:	População-alvo:	Medidas de resultados:	Administração: (quem, onde e duração)	Propriedades psicométricas:	Validado em português europeu?
KIDSCREEN 52 - Questionário sobre a qualidade de vida relacionada com a saúde para crianças e jovens e seus pais (versão para preenchimento pelas crianças e adolescentes e versão para os pais)	Gaspar, T., & Matos, M. G. (2008). Qualidade de Vida em Crianças e Adolescentes Versão Portuguesa dos Instrumentos Kidscreen-52. Behaviour (p. 125). Retrieved from http://enspt.fmh.utl.pt/aventurasocial/pdf/Qualidade.de.Vida.KIDSCREEN.pdf	Crianças e adolescentes com idades entre 8 e 18 anos e pais.	Saúde e atividade física; sentimentos; estado de humor geral; autopercepção; tempo livre; família e ambiente familiar; questões económicas; amigos; ambiente escolar e aprendizagem ; bullying.	Quem: Crianças e pais Onde: Hospitais, estabelecimentos médicos, escolas Duração: 10 a 15 minutos	Confidabilidade de entrevista e avaliadores: X Consistência interna: Validação e concorrente: Validação do construto Validação discriminativa: Capacidade e de resposta:	ICC ou Kappa: ICC ou Kappa: Alfa de Cronbach: 0,60-0,88 R ou Rho: Valor próprio: R ou Rho: Dimensão do efeito:

Nome da ferramenta:	Referências:	População-alvo:	Medidas de resultados:	Administração: (quem, onde e duração)	Propriedades psicométricas:	Validado em português europeu?
Inventário de Qualidade de Vida Pediátrico — PedsQL 4.0	(Varni, Burwinkle, Seid e Skarr, 2003)	Crianças e adolescentes com idades entre 2 e 18 anos.	Qualidade de vida relacionada à saúde (HRQL): avalia o impacto dos estudos e tratamentos de saúde na vida e no bem-estar do paciente. Avalia a função física, emocional, social e o desempenho escolar.	Quem: Preenchido pela criança/adolescente (com idades entre 5 e 18 anos) Preenchido pelos pais/cuidadores (para idades entre 2 e 18 anos). Duração: 5 minutos.	Confidabilidade entre avaliadores: ICC ou Kappa: Confidabilidade teste-reteste: ICC ou Kappa: X Consistência interna: Alfa de Cronbach: Validade e concorrente: Autoavaliação da criança, 5-7 anos (0,86); 8-12 anos (0,91); 13-18 anos (0,91) X Validade do constructo Autoavaliação dos pais, 2-4 anos (0,89); 5-7 anos (0,91); 8-12 anos (0,92); 13-18 anos (0,92) Validade discriminativa: R ou Rho: Capacidade de resposta:	Sim

Nome da ferramenta:	Referências:	População-alvo:	Medidas de resultados:	Administração: (quem, onde e duração)	Propriedades psicométricas:	Validado em português europeu?
TNO AZL TACQOL Questionário sobre a qualidade de vida relacionada com a saúde das crianças	Verrips, E., Vogel, H., Theunissen, N., Kamphuis, R. O. B. P., Fekkes, M., Wit, J. a N. M., & Verloove-vanhorick, S. P. (1988). Measuring health-related quality of life in a child population. International Child Health, 188–193. doi:10.1093/eurpub/9.3.188	Crianças com doenças crónicas entre os 6 e os 15 anos e pais.	Queixas físicas e função motora (física), função autónoma (vida quotidiana), funcionamento social	Quem: As próprias crianças ou os pais. Duração: 10-15 minutos.	PF - Formulário dos pais X Confabilidade entre avaliadores: ICC ou Kappa: 0,87 – 0,98 X Confabilidade teste-reteste: ICC ou Kappa: 0,39 – 0,61 X Consistência interna: Alfa de Cronbach: 0,67 – 0,84 Validade e concorrente: R ou Rho: Validade do constructo: Valor próprio: Validade discriminativa: X Capacidade de resposta: Dimensão do efeito: CF – Forma Infantil X Confabilidade entre avaliadores: ICC ou Kappa: 0,83 – 0,99 X Confabilidade teste-reteste: ICC ou Kappa: 0,39 – 0,61 X Consistência interna: Alfa de Cronbach: 0,65 – 79 Validade concorrente: R ou Rho: Validade do constructo: R ou Rho: Validade discriminativa: Capacidade de resposta: Dimensão do efeito:	Não

Referências

- Baker, R. (2013). Measuring Walking - a handbook of Clinical Gait Analysis. (H. M. Hart, Ed.) (1st ed.). Mac Keith Press.
- Bell AL, Pedersen DR, Brand R a. A comparison of the accuracy of several hip center location prediction methods. *J Biomech.* 1990;23(6):617–21.
- Bohannon, R. W., & Smith, M. B. (1987). Interrater reliability of a modified Ashworth scale of muscle spasticity. *Physical Therapy*, 67(2), 206–207.
- Boyd, R. N., & Graham, H. K. (1999). Objective measurement of clinical findings in the use of botulinum toxin type A for the management of children with cerebral palsy. *European Journal of Neurology*, 6, s23–s35. <http://doi.org/10.1111/j.1468-1331.1999.tb00031.x>
- Brandon SCE, Deluzio KJ. Robust features of knee osteoarthritis in joint moments are independent of reference frame selection. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2011;26(1):65–70. doi:10.1016/j.clinbiomech.2010.08.010.
- Cappozzo A, Catani F, Croce U Della, Leardini A. Position and orientation in space of bones during movement: anatomical frame definition and determination. *Clin Biomech.* 1995;10(4):171–178.
- Carson, M. C., Harrington, M. E., Thompson, N., O'Connor, J. J., & Theologis, T. N. (2001). Kinematic analysis of a multi-segment foot model for research and clinical applications: a repeatability analysis. *Journal of biomechanics*, 34(10), 1299–1307. [https://doi.org/10.1016/s0021-9290\(01\)00101-4](https://doi.org/10.1016/s0021-9290(01)00101-4)
- Council, M. R. (1943). Aids to the examination of the peripheral nervous system. Med Res Council.
- Criswell E. Cram's introduction to surface electromyography. 2nd ed. Sudbury, MA: Jones and Barlett Publishers; 2011.
- De Luca CJ, Gilmore LD, Kuznetsov M, Roy SH. Filtering the surface EMG signal: Movement artifact and baseline noise contamination. *J Biomech.* 2010;43(8):1573–9. doi:10.1016/j.jbiomech.2010.01.027.
- Delp, S. L., Anderson, F. C., Arnold, A. S., Loan, P., Habib, A., John, C. T., Guendelman, E., & Thelen, D. G. (2007). OpenSim: Open-source software to create and analyze dynamic simulations of movement. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 54(11), 1940–1950. <https://doi.org/10.1109/TBME.2007.901024>
- Dempster W. Space Requirements of the Seated Operator. WADC Technical Report 55-159, Wright-Patterson Air Force Base, Ohio. 1955.
- Deschamps K, Staes F, Bruyninckx H, et al. Repeatability in the assessment of multi-segment foot kinematics. *Gait Posture.* 2012;35:255–260. doi:10.1016/j.gaitpost.2011.09.016.
- Deschamps K, Staes F, Bruyninckx H, et al. Repeatability of a 3D multi-segment foot model protocol in presence of foot deformities. *Gait Posture.* 2012;36:635–638. doi:10.1016/j.gaitpost.2012.04.007.
- Frigo C, Crenna P. Multichannel SEMG in clinical gait analysis: a review and state-of-the-art. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2009;24(3):236–45. doi:10.1016/j.clinbiomech.2008.07.012.
- Gage, J. R., & Novacheck, T. F. (2001). An Update on the Treatment of Gait Problems in Cerebral Palsy. *Journal of Pediatric Orthopaedics B*, 10(4). Retrieved from http://journals.lww.com/jpo-b/Fulltext/2001/10040/An_Update_on_the_Treatment_of_Gait_Problems_in.1.aspx
- Gage, J. R., & Russman, B. S. (1991). Gait Analysis in Cerebral Palsy. Cambridge University Press. Retrieved from <https://books.google.pt/books?id=bof4MQEACAAJ>
- Gage, J., Schwartz, M., Koop, S., & Novacheck, T. (2009). The Identification and Treatment of Gait Problems in Cerebral Palsy. (2nd Ed.). London, UK.: Mac Keith Press.
- Ganley KJ, Powers CM. Anthropometric parameters in children: a comparison of values obtained from dual energy x-ray absorptiometry and cadaver-based estimates. *Gait Posture.* 2004;19(2):133–40. doi:10.1016/S0966-6362(03)00038-9.
- Grood ES, Suntay WJ. A joint coordinate system for the clinical description of three-dimensional motions:

- Application to the knee. *J Biomec.* 1983;105(2):136–144.
- Hamill J, Selbie S, Kepple T. Three-Dimensional Kinematics. In: Robertson G, Caldwell G, Hamill J, Kamen G, Whittlesey S, eds. *Research Methods in Biomechanics*. 2nd ed. Human Kinetics; 2014:35–59.
- Hanavan EJ. A mathematical model of the human body.; 1964.
- Harrington ME, Zavatsky a B, Lawson SEM, Yuan Z, Theologis TN. Prediction of the hip joint centre in adults, children, and patients with cerebral palsy based on magnetic resonance imaging. *J Biomech.* 2007;40(3):595–602. doi:10.1016/j.jbiomech.2006.02.003.
- Kanko, R. M., Laende, E., Selbie, W. S., & Deluzio, K. J. (2021). Inter-session repeatability of markerless motion capture gait kinematics. *Journal of biomechanics*, 121, 110422. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2021.110422>
- Keenan, W. N., Rodda, J., Wolfe, R., Roberts, S. , Borton, D. C., & Graham, H. K. (2004). The static examination of children and young adults with cerebral palsy in the gait analysis laboratory: technique and observer agreement. *Journal of Pediatric Orthopaedics B*, 13(1). Retrieved from http://journals.lww.com/jpo-b/Fulltext/2004/01000/The_static_examination_of_children_and_young.1.aspx
- Kendall, H., & Kendall, F. (1949). *Muscles testing and function*. Baltimore: Williams and Wilkins.
- Leardini a., Benedetti MG, Berti L, Bettinelli D, Nativo R, Giannini S. Rear-foot, mid-foot and fore-foot motion during the stance phase of gait. *Gait Posture.* 2007;25:453–462. doi:10.1016/j.gaitpost.2006.05.017.
- Luca G De. *Fundamental Concepts in EMG Signal Acquisition*. 2003;(March).
- Mudge, A. J., Bau, K. V, Purcell, L. N., Wu, J. C., Axt, M. W., Selber, P., & Burns, J. (2014). Normative reference values for lower limb joint range, bone torsion, and alignment in children aged 4–16 years. *Journal of Pediatric Orthopaedics B*, 23(1). Retrieved from http://journals.lww.com/jpo-b/Fulltext/2014/01000/Normative_reference_values_for_lower_limb_joint.3.aspx
- Mutlu, A., Livanelioglu, A., & Gunel, M. K. (2008). Reliability of Ashworth and Modified Ashworth scales in children with spastic cerebral palsy. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 9, 44. <http://doi.org/10.1186/1471-2474-9-44>
- Payton C, Bartlett R. *Biomechanical evaluation of movement in sport and exercise: the British Association of Sport and Exercise Sciences guidelines*. London and New York: Routledge; 2008.
- Potvin JR, Brown SHM. Less is more: high pass filtering, to remove up to 99% of the surface EMG signal power, improves EMG-based biceps brachii muscle force estimates. *J Electromyogr Kinesiol.* 2004;14(3):389–99. doi:10.1016/j.jelekin.2003.10.005.
- Robertson D. *Research methods in biomechanics*. (Robertson GE, Caldwell GE, Hamill J, Kamen G, Whittlesey SN, eds.). Windsor, Canada: Human Kinetics; 2004.
- Schache AG, Baker R. On the expression of joint moments during gait. *Gait Posture.* 2007;25(3):440–52. doi:10.1016/j.gaitpost.2006.05.018.
- Stebbins J, Harrington M, Thompson N, Zavatsky a, Theologis T. Repeatability of a model for measuring multi-segment foot kinematics in children. *Gait Posture.* 2006;23(4):401–10. doi:10.1016/j.gaitpost.2005.03.002.
- Tardieu, G., Shentoub, S., & Delarue, R. (1954). Research on a technic for measurement of spasticity. *Revue neurologique*, 91(2), 143–144.
- Thomason, P., Rodda, J., Willoughby, K., & Graham, H. K. (2014). *Orthopaedic Assessment*. In B. Dan, M. Mayston, N. Paneth, & L. Rosenbloom (Eds.), *Cerebral Palsy. Science and clinical practice* (pp. 287–311). London, UK.: Mac Keith Press.
- Wu G, Siegler S, Allard P, et al. ISB recommendation on definitions of joint coordinate system of various joints for the reporting of human joint motion - part I: Ankle, hip and spine. *J Biomech.* 2002;35(4):543–548. doi:10.1177/1757913913492298.

Apêndice

APÊNDICE 1 – ESCALA DE OXFORD MODIFICADA (Council, 1943; Kendall & Kendall, 1949)

ESCALA DE OXFORD MODIFICADA	
0	Não foi detetada contração muscular (palpável ou visível).
1	Contrações palpáveis ou observáveis de atividade muscular, mas sem movimento.
2	Pode mover-se na amplitude disponível com a gravidade eliminada (não consegue superar a gravidade).
3	Supera a gravidade em toda a amplitude disponível.
3+	Supera a gravidade e resistência leve.
4	Supera a gravidade e resistência moderada.
4+	Supera a gravidade e resistência forte.
5	Supera a gravidade e toda a resistência – força muscular normal.

APÊNDICE 2 – ESCALA DE ASHWORTH MODIFICADA (Bohannon & Smith, 1987; Mutlu et al., 2008)

É uma escala qualitativa destinada a avaliar o tónus muscular em indivíduos com disfunção do sistema nervoso central.

ESCALA DE ASHWORTH MODIFICADA	
1	Sem aumento do tónus muscular.
2	Ligeiro aumento do tónus, manifestado por um bloqueio e libertação ou por uma resistência mínima no final do movimento quando a parte afetada é movida em flexão ou extensão.
1	Ligeiro aumento do tónus muscular, manifestado por um bloqueio, seguido de resistência mínima ao longo do restante movimento (menos de metade).
2	Aumento mais acentuado do tónus muscular ao longo da maior parte da amplitude de movimento, mas a parte afetada move-se facilmente.
3	Aumento considerável do tónus muscular, movimento passivo difícil.
4	Articulações afetadas rígidas em flexão ou extensão.

APÊNDICE 3 – ESCALA MODIFICADA DE BOYD E GRAHAM PARA CONTROLO MOTOR SELETIVO (Boyd & Graham, 1999)

Definição	Grau
Ausência de movimento quando solicitado a realizar um movimento articular isolado	0
Início do movimento na articulação testada realizado principalmente com músculos que não os principais, com apenas sinergia anormal (sem movimento isolado na articulação testada)	1
Movimento isolado na articulação testada, realizado com os principais músculos em menos de metade da amplitude de movimento disponível, seguido de sinergia anormal	2
Movimento isolado na articulação testada, realizado com os músculos principais em mais de metade da amplitude de movimento disponível, seguido por sinergia anormal	3

Movimento isolado na articulação testada em toda a amplitude disponível, acompanhado por comprometimento na suavidade ou sincronização do movimento, mas sem sinergia anormal	3
Movimento isolado na articulação testada em toda a amplitude de movimento disponível, com movimento suave e contínuo e sincronização normal. Sem sinergia anormal	4