



# **PG-LOCOMOTOR**

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE  
APLICADAS AO APARELHO LOCOMOTOR



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto

**FREDERICO COUTINHO DE MOURA VALLIM**

IMPACTO DA MEDIALIZAÇÃO DA DIÁFISE FEMORAL NA ESTABILIDADE E  
RECIDIVA DA DEFORMIDADE APÓS OSTEOTOMIA FEMORAL VARIZANTE  
E DE ROTAÇÃO EM PACIENTES COM PARALISIA CEREBRAL

Ribeirão Preto

2023

Frederico Coutinho de Moura Vallim

IMPACTO DA MEDIALIZAÇÃO DA DIÁFISE FEMORAL NA ESTABILIDADE E  
RECIDIVA DA DEFORMIDADE APÓS OSTEOTOMIA FEMORAL VARIZANTE  
E DE ROTAÇÃO EM PACIENTES COM PARALISIA CEREBRAL

Versão Original

Tese apresentada ao Programa de pós-  
graduação em Ciências da Saúde Aplicadas ao  
Aparelho Locomotor da Faculdade de Medicina  
de Ribeirão Preto para obtenção do título de  
Doutor em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Marcello Henrique Nogueira-Barbosa

Ribeirão Preto - SP

2023

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Vallim, Frederico Coutinho de Moura

Impacto da medialização da diáfise femoral na estabilidade e recidiva da deformidade após osteotomia femoral varizante e de rotação em pacientes com paralisia cerebral. Ribeirão Preto, 2023. 89f. : il.

Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde Aplicadas ao Aparelho Locomotor, apresentada à Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/USP.

Orientador: Nogueira-Barbosa, Marcello Henrique

1. Paralisia cerebral.
2. Luxação do quadril.
3. osteotomia.
4. Remodelação óssea.
5. quadril.

## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Nome:** Frederico Coutinho de Moura Vallim

**Título:** Impacto da medialização da diáfise femoral na estabilidade e recidiva da deformidade após osteotomia femoral varizante e de rotação em pacientes com paralisia cerebral

Tese apresentada ao Programa de pós-graduação em Ciências da Saúde Aplicadas ao Aparelho Locomotor da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Aprovado em:

### Banca Examinadora

Prof. Dr.  
Instituição:  
Julgamento:

Prof. Dr.  
Instituição:  
Julgamento:

Prof. Dr.  
Instituição:  
Julgamento:

## AGRADECIMENTOS

À minha esposa, Amanda, e aos meus filhos, Isabela e Caio, sempre a maior inspiração e suporte para todos os projetos. Aos meus pais pelo exemplo e base para que todas as conquistas pudessem ocorrer.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcello Nogueira-Barbosa e ao meu mestre na ortopedia, Prof. Dr. João Matheus Guimarães pela oportunidade, dedicação e conhecimento proporcionado.

Ao professor Kerr Graham, por ter idealizado o projeto, e sem o empenho do qual nunca teria sido a pesquisa concretizada.

Ao Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia e ao Royal Children's Hospital de Melbourne pelo incentivo e possibilidade de compartilhamento de conhecimento e crescimento profissional.

Ao programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde Aplicadas ao Aparelho Locomotor da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, por conceder oportunidade para realização deste Doutorado.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoa de Nível Superior- Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

# Sumário

RESUMO.....	VII
ABSTRACT.....	VIII
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS.....	IX
LISTA DE FIGURAS.....	XI
LISTA DE TABELAS.....	XIII
1 INTRODUÇÃO.....	- 1 -
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	- 6 -
2.1 Etiologia da Instabilidade do quadril na paralisia cerebral.....	- 6 -
2.2 Diagnóstico da luxação e subluxação paralíticas do quadril .....	- 8 -
2.3 Tratamento do quadril em risco na paralisia cerebral.....	- 10 -
2.4 Prognóstico após reconstrução do quadril na paralisia cerebral. -	12 -
2.5 Biomecânica do quadril normal e paralítico .....	- 13 -
3 OBJETIVOS.....	- 18 -
3.1 Objetivo Geral .....	- 18 -
3.2 Objetivos Específicos .....	- 18 -
4 METODOLOGIA .....	- 19 -
4.1 Participantes do estudo .....	- 19 -
4.2 Definição do tamanho amostral .....	- 20 -
4.3 Coleta dos dados clínicos .....	- 21 -
4.4 Coleta dos dados radiológicos .....	- 22 -
4.5 Avaliação das complicações pós-operatórias .....	- 31 -

4.6	Avaliação da concordância do índice de medialização da diáfise femoral .....	32 -
4.7	Análise mecânica da medialização da diáfise <i>in vitro</i> .....	34 -
4.8	Análise dos resultados .....	40 -
5	RESULTADOS .....	41 -
5.1	População de estudo.....	41 -
5.2	Características radiológicas.....	44 -
5.3	Complicações e novas cirurgias .....	51 -
5.4	Análise de concordância da aferição do Mel .....	56 -
5.5	Análise <i>in vitro</i> da medialização da diáfise femoral .....	58 -
6	DISCUSSÃO.....	61 -
7	CONCLUSÃO .....	74 -
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75 -
	ANEXO A. LICENÇA DA COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA (CEP/INTO) - 87 -	
	ANEXO B. ESCALA VISUAL ANALÓGICA DE DOR E DIFICULDADE DE SEDESTAÇÃO (EVA).....	88 -
	APÊNDICE A – PRODUTOS BIBLIOGRÁFICOS .....	89



## RESUMO

---

Vallim FCM. Impacto da medialização da diáfise femoral na estabilidade e recidiva da deformidade após osteotomia femoral varizante e de rotação em pacientes com paralisia cerebral [Tese]. Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto; 2023.

A luxação do quadril na paralisia cerebral pode acometer até 90% dos pacientes que não deambulam, causando dor, dificuldade de sedestação e de higiene perineal, além do desenvolvimento de escoliose e obliquidade pélvica. O tratamento cirúrgico mais utilizado é pela reorientação do fêmur proximal com a osteotomia de rotação e varização femoral (ODVF). No entanto, até 77% dos pacientes mais gravemente acometidos podem apresentar recidiva da deformidade no longo prazo. Apresentamos modificação técnica que visa modificar a direção da força resultante no fêmur proximal ao medializar a diáfise femoral, retardando a remodelação óssea que leva à recidiva da luxação até a maturidade esquelética. Acompanhamos 140 pacientes submetidos a ODVF bilateral (280 quadris), comparando suas características clínicas pré operatórias e radiológicas pré e pós operatórias até a maturidade esquelética. Além disso, foi avaliada a concordância inter e intra observadores do índice de medialização (MeI) da diáfise femoral e testada a estabilidade desta modificação em modelos sintéticos *in vitro*. A falha do tratamento foi definida pela migração lateral da cabeça femoral superior a 40% na maturidade esquelética ou a necessidade de reoperação por luxação precoce. Não encontramos diferenças entre os grupos com ou sem recidiva em relação a idade, sexo, classificações funcionais, tipo de implante utilizado, padrão de acometimento motor, tipo e quantidade de comorbidades. Os ângulos cervico diafisário (ACD), céfalo diafisário (ACED) e índice acetabular (IA) não diferiram pré operatoricamente entre os grupos. Nenhuma apresentou-se como fator de risco para recidiva na análise multivariada, contrariamente ao encontrado na análise univariada por regressão de Poisson. O IA apresentou remodelação progressiva, maior nos quadris que se mantiveram reduzidos no longo prazo. Os grupos diferiram estatisticamente no pré operatório em relação ao percentual de migração lateral da cabeça femoral (MP), mas esse não se mostrou fator de risco na análise multivariada. O MeI diferiu significativamente, sendo maior no grupo sem falha do tratamento, definindo-se como fator protetor contra luxação recidivante. Além disso mostrou boa concordância intra e inter observadores e segurança nos testes mecânicos em laboratório. Houve cerca de 25% de incidência de necrose avascular da cabeça femoral, mas 75% destas assintomáticas. Não houve relação entre a classificação morfológica final do quadril e a presença de dor ou dificuldade de sedestação no pós operatório tardio. Assim, somente a medialização da diáfise femoral se mostrou fator de possível controle intra operatório simples e protetor contra recorrência de instabilidade do quadril nos pacientes não deambuladores com paralisia cerebral.

**Palavras-chave:** paralisia cerebral, luxação do quadril, osteotomia, remodelação óssea, quadril.

## ABSTRACT

---

Vallim FCM. Impact of femoral diaphyseal medialization on stability and deformity relapse after proximal femoral varus derotational osteotomy in patients with cerebral palsy [Thesis]. Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto; 2023.

Non-ambulatory children with cerebral palsy can have up to 90% of paralytic hip dislocation, causing pain, seating and perineal hygiene difficulty, scoliosis and pelvic obliquity development. Surgical treatment is mostly attained by proximal femoral reorientation through varus derotation osteotomy (VDRO). However, relapse of the deformity can be as high as 77% until skeletal maturity. We present a technical modification aiming at redirecting the resultant force on the proximal femur by medializing the femoral diaphysis, therefore decreasing the bone remodeling that leads to hip dislocation recurrence. One hundred and forty patients submitted to bilateral VDRO (280 hips) were followed until skeletal maturity, comparing their pre operative clinical characteristics and radiological pre and post operative parameters. Moreover, medialization index (Mel) was analyzed regarding its inter and intra observer agreement and stability in vitro by synthetic model mechanical bench testing. Failure of treatment was defined as femoral head migration percentage (MP) greater than 40% at skeletal maturity or the need for early reoperation due to recurrent instability. There were no differences between the groups with and without relapse regarding age, sex, functional classifications, type of implant used, pattern of motor impairment, type and number of comorbidities. Neck shaft angle (NSA), head shaft angle (HSA) and acetabular index (AI) did not differ pre operatively among groups. Multivariate analysis did not determine these parameters as risk factors for relapse, as opposed to univariate analysis with Poisson regression modeling. The AI showed progressive remodeling, being larger in concentrically reduced hips in the long term. Both groups were statistically different regarding pre operative MP, but it was not identified as a risk factor in multivariate analysis. Medialization index differed significantly, being higher in the no relapse group, and was statistically defined as a protective factor against recurrent dislocation. Moreover, it showed good intra and inter observer reproducibility and mechanical bench testing stability. Avascular necrosis was present in 25% of the hips but 75% of those were asymptomatic. There was no relationship between final morphology of the hip and the presence of pain or seating difficulty at skeletal maturity. Therefore, only Mel was found to be a potential simple intra operative controlled factor protective against the recurrence of hip instability in non-ambulatory patients with cerebral palsy.

**Keywords:** cerebral palsy, hip dislocation, osteotomy, bone remodeling, hip.

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

---

PC	paralisia cerebral
GMFM	<i>gross motor function measure</i>
GMFCS	<i>gross motor function classification system</i>
MP	índice de migração percentual lateral da cabeça femoral
ACD	ângulo cérvico diafisário
IA	índice acetabular
ODVF	osteotomia de rotação e varizante femoral proximal
ACED	ângulo céfalo diafisário
AAF	ângulo de anteversão femoral
AP	ântero posterior
mm	milímetro
RCH	Royal Children's Hospital
CEP	comitê de ética em pesquisa
CFCS	<i>communication function classification system</i>
MACS	<i>manual ability classification system</i>
EVA	Escala visual analógica
PREOP	pré operatório
POI	pós operatório imediato
PO12M	pós operatório de 12 meses
POT	pós operatório tardio
AusACPD	<i>Australian academy of cerebral palsy and developmental medicine</i>
EUA	Estados Unidos da América
CA	California
Mel	índice de medialização da diáfise femoral
MCPHCS	<i>Melbourne cerebral palsy hip classification scale</i>
CD	Clavien-Dindo
NAV	necrose avascular da cabeça femoral
PACS	<i>picture archiving communications system</i>
DICOM	<i>digital imaging and communications in medicine</i>
MA	Massachussets
WA	Washington

IN	Indiana
CP	corpo de prova
kN	kilonewton
mm/s	milímetro por segundo
°C	graus Celsius
N/mm	Newton por milímetro
INT	Instituto Nacional de Tecnologia
LACPM	Laboratório de caracterização de propriedades mecânicas e microestruturais
DP	desvio padrão
ANOVA	análise de variância
SBP	placa angulada de quadril convencional não bloqueada
DCS	placa com parafuso condilar dinâmico de 95°
LCBP	placa angulada canulada com parafusos bloqueados
RR	risco relativo
IC	intervalo de confiança
OH	ossificação heterotópica
ITU	infecção do trato urinário
EP	erro padrão
N	Newton
R <sup>2</sup>	coeficiente R do modelo de regressão linear

## LISTA DE FIGURAS

---

Figura 1. Esquematisação das forças musculares atuantes no quadril paralítico e suas mudanças após a osteotomia de rotação e varizante do quadril, de acordo com graus diferentes de medialização da diáfise femoral.....	- 17 -
Figura 2. Radiografia dos corpos de prova do ensaio mecânico com 5mm (esquerda) e 0mm de medialização da diáfise (direita).....	- 23 -
Figura 3. Representação esquemática do posicionamento adequado para a realização da radiografia em incidência anteroposterior da bacia. ....	- 23 -
Figura 4. Radiografia panorâmica em AP de bacia de paciente com paralisia cerebral e subluxação de quadril esquerdo com parâmetros descritos para a medição do ângulo cervico-diafisário (ACD).....	- 35 -
Figura 5. Radiografia panorâmica em AP de bacia de paciente com paralisia cerebral e subluxação de quadril esquerdo com parâmetros descritos para a medição do ângulo céfalo-diafisário (ACED).....	- 47 -
Figura 6. Radiografia panorâmica em AP de bacia de paciente com paralisia cerebral e subluxação de quadril esquerdo com parâmetros descritos para a medição do ângulo do teto acetabular ou índice acetabular (IA). ....	- 47 -
Figura 7. Radiografia panorâmica em AP de bacia de paciente com paralisia cerebral e subluxação de quadril esquerdo com parâmetros descritos para a medição do percentual de migração lateral da cabeça femoral.....	- 49 -
Figura 8. Radiografia panorâmica em AP de bacia de paciente com paralisia cerebral após realização de osteotomia femoral bilateral com parâmetros descritos para a medição do índice de medialização da diáfise femoral-	51 -
Figura 9. The Melbourne Cerebral Palsy Hip Classification Scale (MCPHCS) .....	- 30 -
Figura 10. Classificação de Kruczynski para necrose avascular do fêmur proximal. ....	- 32 -
Figura 11. Montagem do modelo na máquina de ensaio .....	- 35 -
Figura 12. Montagem dos modelos para testagem mecânica.....	- 55 -
Figura 13. Modelos prontos para ensaios mecânicos. ....	- 39 -

<b>Figura 14. Características radiológicas pré operatórias.....</b>	<b>- 45 -</b>
<b>Figura 15. Evolução do ACD durante o seguimento.....</b>	<b>- 46 -</b>
<b>Figura 16. Evolução do ACED durante o seguimento.....</b>	<b>- 59 -</b>
<b>Figura 17. Remodelação do índice acetabular (IA) durante o seguimento.....</b>	<b>- 60 -</b>
<b>Figura 18. Evolução do MP durante o seguimento. ....</b>	<b>- 49 -</b>
<b>Figura 19. Variação do Mel nos grupos com e sem recidiva.....</b>	<b>- 51 -</b>
<b>Figura 20. Comparação do resultado morfológico final dos quadris segundo a MCPHCS (Melbourne Cerebral Palsy Hip Classification System) nos grupos com e sem recidiva de luxação parálitica.....</b>	<b>- 55 -</b>
<b>Figura 21. Resultados dos ensaios mecânicos com os corpos de prova (CP) com 0mm de medialização da diáfise femoral.....</b>	<b>- 59 -</b>
<b>Figura 22. Resultados dos ensaios mecânicos com os corpos de prova (CP) com 5mm de medialização da diáfise femoral.....</b>	<b>- 60 -</b>

## LISTA DE TABELAS

---

Tabela 1. Características funcionais dos participantes do estudo.....	- 43 -
Tabela 2. Comorbidades clínicas dos pacientes do estudo.....	- 43 -
Tabela 3. Parâmetros radiológicos de avaliação da morfologia femoral e acetabular..	- 45 -
Tabela 4. Complicações pós operatórias.....	- 53 -
Tabela 5. Concordância intra observador em duas séries de medições do Mel. ....	- 57 -
Tabela 6. Concordância inter observadores em em relação à série padrão de medições do Mel. ....	- 57 -
Tabela 7. Resultados dos ensaios mecânicos. ....	- 59 -

# 1 INTRODUÇÃO

---

A paralisia cerebral (PC) é a patologia neurológica mais comum e a mais importante causa de deficiência motora na infância (1,2). Ela tem apresentado crescente incidência, especialmente em pacientes prematuros e em gestações de alto risco e associadas a infecções neonatais(2–4). Trata-se de encefalopatia não progressiva associada a alterações progressivas do sistema musculoesquelético(5–7). A mais comum é a deformidade em equino dos pés, seguida pela displasia paralítica do quadril, que se caracteriza por subluxação progressiva da articulação coxofemoral(8–11). Caso não seja tratada, leva à luxação paralítica do quadril, responsável por dor, dificuldade de higiene perineal, sedestação e piora da qualidade de vida dos pacientes paralisados cerebrais(8,12,13). Ela pode acometer até cerca de 30 a 35% de todas as crianças com paralisia cerebral(8,9).

O status funcional dos pacientes com paralisia cerebral é classificado de acordo com a estratificação feita pelo questionário funcional GMFM (*Gross motor function measure*)(14,15). Este delimita uma pontuação que classifica os pacientes em 5 categorias funcionais (figura 1) determinando o sistema de classificação da função motora grossa (*Gross motor function classification system – GMFCS*)(14,16–19). A luxação paralítica do quadril acomete cerca de 1% dos pacientes GMFCS 1, e pode chegar até 90% nos pacientes GMFCS 5, que apresentam pior função e não deambulam(8–10,12,20). Diante do impacto da luxação do quadril na qualidade de vida dos pacientes, existe um esforço coordenado por sistemas públicos de saúde em países desenvolvidos, especialmente europeus e da Oceania, para identificar precocemente e tratar



pacientes com subluxação progressiva dos quadris, evitando a luxação paralítica. Esses programas são chamados registros de paralisia cerebral ou programas de vigilância do quadril em paralisia cerebral (*hip surveillance*). O sucesso destes na diminuição da prevalência de luxação de quadril em paralisados cerebrais diminuiu as taxas de 8% a 0,5% na região sul da Suécia, e de forma similar em países como Escócia e Austrália(1,21–28).

Apesar de serem reduzidos os casos de primo luxação dos quadris com cirurgias preventivas ou reconstrutivas, existe risco de recidiva do deslocamento articular ao longo do amadurecimento esquelético e mesmo ao final deste. Fatores de risco associados a estas recidivas incluem o grau de subluxação pré-operatória, a displasia acetabular associada, cirurgias realizadas em idade muito precoce e o grau funcional do paciente em GMFCS 4 e 5 (não deambuladores)(29–37). O objetivo da cirurgia reconstrutiva do quadril é a correção de parâmetros como o índice de migração percentual lateral da cabeça femoral descrito por Reimers (MP), do ângulo cérvico-diafisário femoral proximal (ACD) e do índice acetabular (IA). A cirurgia mais comumente usada para esse intuito é a osteotomia femoral de rotação e varizante do fêmur proximal (ODVF) associada ou não à osteotomia pélvica para correção acetabular(7,38). A correção desses parâmetros é imprescindível durante o ato cirúrgico, para obtermos sucesso na proteção da recidiva, mas pouco se conhece sobre a fisiopatologia biomecânica desta proteção.

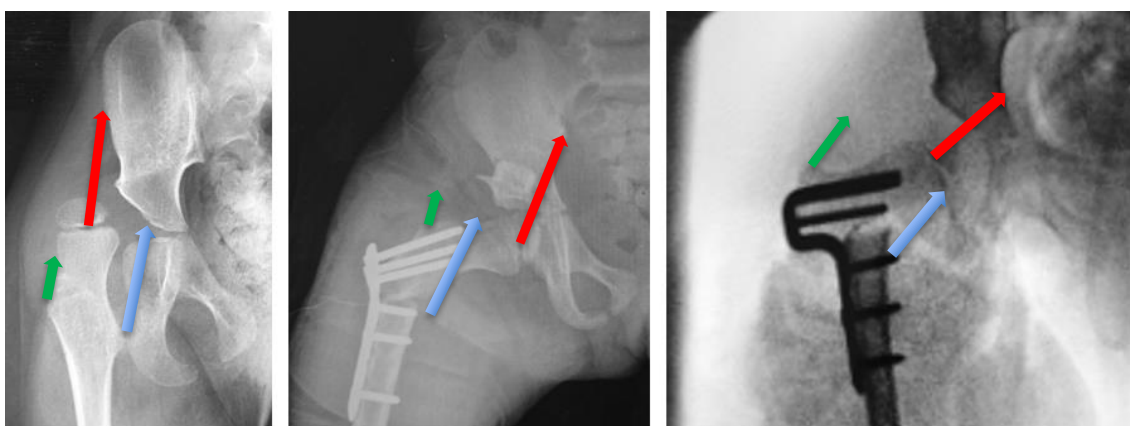
Entendemos que a remodelação óssea tem papel importante na recorrência da subluxação paralítica do quadril, pois o retorno da coxa valga e da migração femoral lateral é constante ao longo do crescimento pós ODVF em paralisados cerebrais(39,40). Trabalhos biomecânicos históricos são

constantemente revisitados, a fim de definir adequadamente as forças atuantes no quadril, e a conseqüente força resultante, perpendicular à qual aconteceria a remodelação do terço proximal do fêmur, caracterizado pela inclinação fisária femoral proximal(41–43). Esta pode ser medida por meio do ângulo céfalo diafisário (ACED), que apresenta associação íntima com o risco de luxação e boa reprodutibilidade entre examinadores(44,45). Diversos modelos foram estudados e propostos para a compreensão das forças musculares atuantes no quadril saudável e no quadril paralítico(41,46).

A modelagem biomecânica do quadril tem diferentes enfoques na literatura. Simulações dinâmicas multicorpos são simulações macromecânicas que descrevem corpos por relações cinemáticas onde o comportamento motor é definido pelas forças aplicadas e a taxa de mudança do momento destas(47). Esta metodologia se mostrou adaptável para a simulação de relações e funções articulares, já tendo sido descrita para a articulação coxofemoral(48,49). Outra forma descrita é a modelagem matemática computacional baseada em dissecação anatômica e definição direta dos pontos de origem e inserção musculares, assim como de suas secções transversas, que acrescidas à relação comprimento-tensão do ventre muscular em questão, permitem uma projeção da força muscular em magnitude e direção(50,51). Por fim, a modelagem pelo método de elementos finitos permite apreciação de forças de contato, cisalhamento e compressão nas superfícies articulares naturais ou sintéticas do quadril, e é usada principalmente para estes intuitos. No entanto, suas aplicações são tão diversas quanto as equações diferenciais que definem as relações entre os elementos constituintes do quadril(47,52).

A forma espástica, presente em cerca de 60% dos pacientes com paralisia cerebral, é objeto da maior parte dos modelos biomecânicos descritos. Nela, há um predomínio da força de flexores e adutores do quadril em relação aos grupamentos abdutores e extensores, mais fracos(41). A associação desses fatores dinâmicos com a anatomia femoral proximal que guarda a morfologia fetal com aumento do ACD e do ângulo de anteversão femoral (AAF) em pacientes não deambuladores, cria um ambiente biomecânico desbalanceado que culmina no deslocamento progressivo do quadril(41,50,53,54).

A ODVF diminui o ACD e corrige o AAF, muda a morfologia femoral, e conseqüentemente os momentos e forças aplicados ao quadril. A resultante nesses casos passa de uma orientação supero lateral patológica a uma orientação mais fisiológica supero medial(50). Com base no processo de remodelação que se orienta ortogonalmente ao vetor resultante, a nova morfologia femoral pós ODVF permitiria uma direção de remodelação fisiológica, com estabilização do quadril(43,55). (figura 1)



**Figura 1. Esquemática das forças musculares atuantes no quadril paralisico e suas mudancas após a osteotomia de rotação e varizante do quadril, de acordo com graus diferentes de medialização da diáfise femoral. Os vetores representados são: musculatura abduzora e extensora em verde; musculatura flexora e adutora em azul; força resultante em vermelho. O tamanho das setas é proporcional à magnitude do momento representado. (Fonte: Arquivo pessoal)**

No entanto, a recidiva de luxação parálitica pós ODVF chega até 74% em pacientes GMFCS 4 e 5(30,56,57). Modificações técnicas que impactem a orientação da força resultante no quadril e conseqüentemente a remodelação óssea e recidiva progressiva da migração lateral do quadril são constantemente estudadas a fim de otimizar os cuidados a longo prazo nos pacientes neurológicos. A mudança proposta neste estudo consiste no aumento da translação medial da diáfise femoral, o que aumentaria geometricamente o momento da musculatura abduzora e diminuiria o momento da musculatura flexora adutora ao mudar as distâncias entre o fulcro (centro da diáfise) e os pontos de inserção musculares. Assim, a resultante teria um vetor orientado mais supero medialmente em relação à técnica padrão da ODVF, fazendo com que a remodelação do fêmur proximal seja direcionada mais fisiologicamente e proteja quanto à recidiva da luxação parálitica.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

---

### **2.1 Etiologia da Instabilidade do quadril na paralisia cerebral**

A luxação paralítica do quadril é a segunda complicação mais comum em pacientes com PC, apresentando historicamente uma incidência entre 2,6 e 28% entre as décadas de 1950 e 1970(53). Estudo mais recentes confirmaram essa incidência, entre todos os grupos funcionais de PC, em cerca de 30 a 35%(8,9).

Diversas hipóteses já foram atribuídas para a gênese desta patologia, mas a multifatorialidade ou combinação de tais hipóteses parece ser hoje a mais aceita proposição etiológica. Na década de 70, Samilson e Sharrard conjecturaram que a instabilidade do quadril seria secundária à espasticidade e escoliose(54), no entanto, a ocorrência da subluxação progressiva em pacientes hipotônicos(58), assim como pacientes em que esta última precedia o aparecimento da escoliose, seguiam sugerindo que essas hipóteses eram insuficientes.

O equilíbrio muscular desigual entre músculos flexo adutores mais fortes e músculos abdutores e extensores do quadril mais fracos também é tido como importante fator colaborador para a luxação paralítica, especialmente considerando a desproporção entre a velocidade de crescimento dos músculos espásticos e do osso(59,60).

A imaturidade do quadril, expressada pela manutenção de uma morfologia “fetal”, com maior anteversão e valgismo do fêmur proximal, que não se corrigem ao longo do crescimento como ocorre nos pacientes hígdos

deambuladores, também é considerada como fator associado ao desenvolvimento da displasia e luxação do quadril paralítico(61,62).

A combinação dos fatores com a espasticidade dos adutores e fraqueza dos glúteos atuando na gênese da coxa valga também já foi proposta(63), mas assim como a displasia primária do acetábulo, configuram teorias menos aceitas na origem da instabilidade do quadril na PC(41).

A maior avaliação realizada a respeito deste tema foi a proposta por Reimers em 1980, quando estudou diversos tipos de cirurgias musculares e concluiu que a etiologia primária da subluxação do quadril era a força anormal produzida pelos músculos adutores. Essa etiologia primária era seguida pela importância secundária dos músculos isquiotibiais mediais e, em seguida, pelo iliopsoas, com o menor efeito direto.

Para melhor compreensão, modelos matemáticos e computacionais foram utilizados afim de estratificar os fatores associados, e simular a influência isolada de cada um(50,64,65). Esses modelos permitem que as forças musculares e a anatomia muscular e óssea sejam alteradas virtualmente, e o impacto dessas modificações nas forças resultantes seja aferido. Esses estudos mostraram que a etiologia está relacionada a uma força resultante anormalmente alta e com vetor mal posicionado espacialmente. A força resultante maior teria relação com co-contrações musculares, enquanto o mal direcionamento vetorial seria secundário ao desalinhamento osteoarticular do quadril nestes pacientes, especialmente a postura em flexo adução(41).

Como pacientes com baixo tônus muscular também apresentam instabilidade, assim como pacientes que foram submetidos a tratamentos para diminuir a espasticidade, como uso de baclofeno intratecal e rizotomias seletivas,

compreende-se que a magnitude da força resultante teria um papel menos importante do que a direção deste vetor força na gênese da instabilidade.

Por fim, a prevalência significativamente maior de instabilidade do quadril em pacientes com PC não deambuladores (GMFCS 4 e 5), associada à bem documentada alteração morfológica destes fêmures com aumentada anteversão e valgismo femoral proximal, configuram que o cenário biomecânico estático tem papel etiológico não negligenciável na displasia coxofemoral associada à PC(61).

## **2.2 Diagnóstico da luxação e subluxação paráliticas do quadril**

Nas décadas de 80 e 90, foi desenvolvido um método que permitiu estratificar funcionalmente os pacientes com paralisia cerebral. Por meio de questionário compreendendo 85 itens de avaliação funcional desses pacientes, a *Gross motor function measure* foi descrita(66), o que permitiu subsequentemente o agrupamento dos pacientes paralisados cerebrais em 5 grupos principais, de acordo com seu desempenho nos itens testados, o *Gross motor function classification system (GMFCS)*(14). A importância desse fato em relação ao diagnóstico da luxação parálitica deriva da prevalência média de 80% dessa afecção nos grupos com pior desempenho funcional, GMFCS 4 e 5, especialmente ao serem comparados com a população total de PC, onde a prevalência é de cerca de 35%(9,20,54,67). Desta forma, focando na população em maior risco de desenvolver instabilidade coxofemoral, estratégias de rastreio e diagnóstico foram criadas e aprimoradas ao longo das últimas décadas(1,11,24,68,69).

O principal foco do diagnóstico é a precocidade do mesmo, afim de evitar que o quadril que com progressão da subluxação ao longo do seu desenvolvimento apresente o desfecho de luxação e suas consequências funcionais indesejadas(12,70). Para tanto, a primeira etapa consiste em definir objetivamente o que configura subluxação do quadril. A literatura utiliza o método descrito por Reimers, na década de 80, quase que uniformemente(71). Nele, utilizando uma radiografia em AP da bacia, a porção da cabeça femoral que se encontra descoberta pela cavidade acetabular é medida como uma proporção percentual em relação ao diâmetro total da cabeça femoral. Esta medida está pormenorizada e ilustrada na metodologia do presente estudo. Um percentual até 20% é considerado normal na população em geral, e valores acima de 30% são considerados sinal de quadris em risco, ou seja, quadris que apresentam instabilidade na PC(71–73). Da mesma forma, diversos autores consideram critério para definir recidiva ou falha no tratamento cirúrgico o índice de migração lateral de 35 a 40% ou mais(10,28,29,33,37,38,40,74)

Assim, um diagnóstico radiologicamente simples, utilizando um exame de baixo custo pode ser uniformizado e disponibilizado universalmente para o rastreio e identificação precoce da deformidade. A reprodutibilidade do índice de migração lateral da cabeça femoral (MP) ou índice de Reimers já foi avaliada e chegou a cerca de 94% entre observadores, mas diferenças abaixo de 7% devem ser avaliadas com cuidado por serem potencialmente erros de medição(75). No entanto, vale salientar que para permitir essa uniformidade e reprodutibilidade da medida proposta por Reimers, é necessária a padronização do posicionamento dos pacientes, para compensação das deformidades mais comumente encontradas, relacionadas às contraturas musculares mais



prevalentes nos mesmos(76).

Outras medidas radiográficas se apresentam nesses quadris, mas o padrão ouro para diagnóstico e indicação de tratamento diante de um quadro de instabilidade de quadril em PC segue sendo o MP. A avaliação do grau de displasia acetabular por meio do índice acetabular (IA), assim como a definição de inclinação do colo femoral pelo ângulo cérvico diafisário (ACD) ou da epífise femoral pelo céfalo diafisário (ACED) e a relação deste último com a inclinação do acetábulo também são usados, mas com intuitos mais acadêmicos ou de avaliação de prognóstico pós tratamento(29,31,33,39,45,75,77,78).

### **2.3 Tratamento do quadril em risco na paralisia cerebral**

Tendo o diagnóstico firmado de instabilidade do quadril, impõe-se o tratamento desses pacientes, que pode variar desde cuidados fisioterápicos, adequações ortóticas, uso de agentes medicamentosos do controle de tônus muscular, até tratamentos cirúrgicos envolvendo as estruturas nervosas, miotendíneas, ósseas, ou mesmo combinações entre estas(11,36,79–81).

O uso de fisioterapia isoladamente ou de aplicação de toxina botulínica e órteses nos quadris com subluxação progressiva se mostrou historicamente ineficaz e não é considerado como padrão de terapia profilática ou terapêutica atualmente nesses pacientes(82).

O tratamento cirúrgico envolvendo o alongamento dos tendões da musculatura flexora e adutora dos quadris visa diminuir a influência desta na deformidade em flexo adução do quadril, que poderia estar envolvida na gênese da luxação paralítica do mesmo(41,74,83). Sua eficácia em pacientes não

deambuladores é inferior à encontrada em deambuladores, podendo ter no primeiro grupo índices de reoperação de até cerca de 60% no médio prazo(28,30,84). Isso pode ser em parte explicado pela etiologia multifatorial da instabilidade do quadril paralítico, onde a morfologia óssea tem importante papel em conjunto com o balanço muscular(58,77,85).

Diante do exposto, procedimentos que abordam a morfologia óssea ao mesmo tempo que corrigem as alterações dinâmicas musculares são o padrão ouro em pacientes com luxação e subluxação paralíticas. Entre estes, a ODVF se apresenta como a cirurgia óssea mais realizada no processo terapêutico assim como na profilaxia destas patologias(38,72,86–90). Agarwal e colaboradores, em revisão sistemática com meta-análise identificaram que esta abordagem tem menor chance de recidiva de deformidade original do que a abordagem de partes moles isolada, mas maior do que a combinação da ODVF com osteotomias pélvicas supra acetabulares para correção de displasia acetabular concomitante(30,91). No entanto, ao abordar os pacientes precocemente, especialmente antes de 6 anos de idade, podemos esperar que o posicionamento adequado da cabeça femoral na cavidade acetabular promova remodelação da displasia, ainda que em menor monta do que em pacientes não neurológicos(39). Por outro lado, a abordagem muito precoce permite maior remodelação femoral com o crescimento do paciente, o que foi comprovado por diversos autores, e levaria à recidiva da luxação do quadril no seguimento de longo prazo(38,39,92,93). Desta forma, modificações cirúrgicas que tenham impacto nesse índice de recidiva a longo prazo são sempre importantes no desenvolvimento das técnicas.

## **2.4 Prognóstico após reconstrução do quadril na paralisia cerebral**

Conforme mencionado previamente, nenhuma modalidade terapêutica está livre de apresentar como complicação de longo prazo a recidiva da morfologia patológica óssea e da luxação recorrente do quadril. A taxa de recidiva em pacientes não deambuladores pode chegar até 77% (30,38,56,57,94).

Diversos fatores são relacionados à essa recorrente complicação, entre os quais temos a baixa idade quando da operação original, pois o grau de remodelação óssea é diretamente proporcional ao tempo de crescimento esquelético restante esperado(38,39,92,93); a presença de displasia acetabular associada(29,34,84,95); o status funcional(91,96), onde pacientes não deambuladores apresentam maiores chances de recidiva; e o grau de subluxação pré-operatório medido pelo MP, critério quase universalmente citado e aceito como fator independente contribuinte à recorrência da instabilidade do quadril na PC(30,34,35,96). Fatores relacionados à forma pré operatória do fêmur também já foram relacionados à recidiva pós reconstrução do quadril, especialmente alterações mensuradas no plano frontal, como ACD(38,39,92,93) e o ACED(97,98). Ambos ângulos estão pormenorizados na seção metodológica deste manuscrito. Ademais, a relação entre o ACED e o IA foi explorada por Ali-Morell e colaboradores em 2017, com a descrição do ângulo acetábulo-epifisário. Este apresentou forte correlação com a migração lateral do quadril em PC(99).

## 2.5 Biomecânica do quadril normal e paralítico

Ao considerarmos os aspectos acima citados, onde a remodelação óssea femoral pode levar à recidiva da luxação paralítica, assim como tendência da inclinação acetabular aumentada “facilitar” a migração progressiva lateral do quadril, temos que levar em consideração aspectos biomecânicos particulares a essa articulação, seja ela normal ou patológica.

O quadril é uma articulação em bola e soquete, que tem uma estabilidade inerente à sua conformação, dita estática. No entanto, a combinação entre as forças musculares que se aplicam no quadril e o peso corporal, determina uma força resultante, incidindo sobre o centro da cabeça femoral, e que tem uma direção determinada pela competência dos músculos dos principais grupamentos ao redor da articulação coxo-femoral, assim como pela morfologia femoral e acetabular.

Pauwels, nas décadas de 1930 a 1970, elaborou a visão moderna da biomecânica do quadril. Essa visão se baseou principalmente na teoria previamente descrita por Meyer em 1867 e Wolff em 1892, onde o fêmur sofreria influência, em sua extremidade superior, de forças momente de flexão. Ele descreveu uma força resultante articular, que se aplicada no centro da cabeça femoral, se direcionaria quase em linha com o longo eixo do colo femoral(100). No entanto, autores subsequentes defenderam o argumento de que a adaptação funcional biológica deveria levar a um suporte ósseo livre de forças de flexão. Em construção civil, a adição de cordas de suporte, como em uma ponte suspensa, realizaria esse feito, diminuindo o efeito compressivo isolado. No quadril, esse efeito seria possível diante da presença de músculos ativos e

eficientemente fortes para compensarem as forças de cisalhamento impostas pelo peso corporal sobre a cabeça femoral que se encontra medialmente posicionada em relação ao eixo longo do fêmur(101).

No entanto, ao trabalharmos com quadris de pacientes não deambuladores com paralisia cerebral, o efeito do peso corporal sobre a biomecânica do quadril deve ser minimizado, e o efeito dos músculos espásticos valorizado na definição da resultante. Freeman Miller e colaboradores, entre outras contribuições no estudo da paralisia cerebral, idealizaram um modelo computacional para o quadril paralítico, especialmente o espástico, que permitiu aprimorar a compreensão da biomecânica deste(50). Este modelo tomou como base a identificação de 16 músculos principais atuando no quadril por dissecação cadavérica, e os correlacionou com as medidas antropométricas de um indivíduo quadriplégico espástico de 7 anos. Os dados foram comparados com padrões definidos na população americana pareados para idade. A relação comprimento de fibra – tensão, assim como os modelos de distribuição da força muscular no quadril foram definidos por meio de relações físicas previamente descritas e teorias cinéticas e mecânicas da física tradicional. O programa de computador permitiu mudar as posições do quadril e joelho, assim como alterar a morfologia óssea no ACD, na versão femoral e acetabular e nas medidas padrão de comprimento femoral, largura pélvica e comprimento da perna, baseando-se nas medidas de pacientes hígidos e do paciente tetraparético de 7 anos conforme acima. O quadril foi considerado na configuração fisiológica, descrita como joelho e quadril com 20 graus de flexão, quadril com 10 graus de abdução e rotação externa; e na configuração espástica, com 60 graus de flexão do joelho, e quadril em 50 graus de flexão, 30 graus de adução e 45 graus de rotação

interna. A força resultante em cada cenário foi descrita em direção e magnitude, nos planos cartesianos. Foram simuladas diversas cirurgias de partes moles e ósseas condizentes com as técnicas mais comumente utilizadas na displasia do quadril em PC. O estudo concluiu que um quadril espástico em posição espástica tem uma força resultante cerca de 3 vezes maior do que em um quadril normal. Essa força é direcionada pósterio supero lateralmente, a direção da luxação do quadril nessas crianças. Assim, na ausência de anormalidades ósseas, os autores recomendam, baseando-se nos achados do modelo, alongamento de psoas, ilíaco, grácil, adutores longo e breve para equilíbrio biomecânico do quadril, que evitaria a luxação, sem haver necessidade de abordagem das deformidades ósseas.

Apesar desta conclusão ser controvertida, diante dos estudos de longo prazo que mostram altos índices de falha da abordagem isolada de partes moles na prevenção da luxação parálitica(28,30,84), os resultados e o modelo se mostram muito úteis na compreensão das forças atuantes nesses quadris. Há também dados de similar incidência de luxação em pacientes espásticos e hipotônicos, questionando o efeito isolado da espasticidade na gênese da instabilidade(58). No modelo descrito, ao ser realizada a cirurgia de liberação tendinosa associada a ODVF, foi notado que a direção da força resultante se aproximava da fisiológica e sua magnitude era diminuída, o que ao longo do crescimento pode ser interessante pois recidivas de contraturas e cicatrizes são uma realidade constante na PC.

Ao associarmos a proposta clássica de Pauwels ao modelo descrito por Miller, e correlacionarmos ao potencial de remodelação óssea identificado *in vivo* e descrito na literatura, entendemos a importância das forças musculares no

processo de redirecionamento da força resultante, e da morfologia óssea na magnitude da mesma. Segundo Wolff, em sua lei da remodelação óssea, posteriormente empiricamente confirmada, a direção da remodelação está ligada ao vetor força resultante no segmento ósseo estudado(42,102). A remodelação do fêmur proximal segue este mesmo conceito, e a forma mais direta de avaliar isso é pela posição da placa de crescimento da cabeça femoral, pois ela tende a se desenvolver perpendicularmente à força resultante, tanto em crianças como em adultos(99,103).

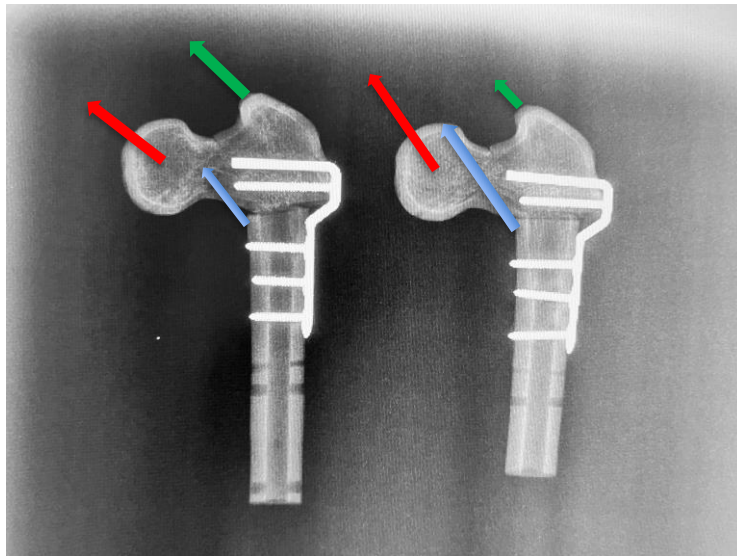
Desta forma, modificações da técnica padrão da ODVF, que aumentem a influência dos músculos extensores e abdutores mais fracos e ao mesmo tempo diminuam a influência dos flexores e adutores mais fortes, poderiam manter a resultante mais eficazmente direcionada medialmente, ajudando a remodelação a ocorrer na direção fisiológica por mais tempo. Disso derivaria um potencial efeito protetor contra a recidiva da luxação parálitica do quadril nos pacientes submetidos à ODVF. Baseados nisso, e nos conceitos básicos de forças e momentos, criamos a hipótese de que, ao aumentarmos a translação medial da diáfise femoral que naturalmente é criada quando realizamos a técnica padrão da ODVF, mudaríamos as forças musculares atuantes no quadril da seguinte forma:

- 1) Ao aproximarmos o ponto de fulcro (foco da osteotomia femoral) da cabeça femoral, por meio da medialização da diáfise femoral, diminuimos a distância entre este e a inserção dos músculos flexores e adutores do quadril, diminuindo assim o momento e, portanto, a influência destes no vetor resultante;
- 2) De maneira semelhante, afastamos o fulcro do ponto de inserção da

musculatura abduzora e extensora do quadril, aumentando o momento desta, fazendo com que sua influência no vetor força aumente.

Assim, a direção do vetor resultante tornar-se-ia mais medial, e a remodelação do fêmur proximal conseqüentemente teria a mesma direção, ao invés de uma mais lateral, que predisporia à recorrência da coxa valga e da luxação do quadril (**figuras 1 e 2**).

A proposta principal do presente estudo é avaliar o impacto desta modificação técnica no resultado clínico a longo prazo, assim como avaliar a segurança desta clínica e laboratorialmente.



**Figura 2. Radiografia dos corpos de prova do ensaio mecânico com 5mm (esquerda) e 0mm de medialização da diáfise (direita).** Os vetores representados são: musculatura abduzora e extensora em verde; musculatura flexora e adutora em azul; força resultante em vermelho. O tamanho das setas é proporcional à magnitude do momento representado. (Fonte: Arquivo pessoal)



### **3 OBJETIVOS**

---

#### **3.1 Objetivo Geral**

Definir a influência do grau de medialização da diáfise femoral na recidiva tardia de subluxação e luxação paralíticas do quadril em crianças submetidas à osteotomia de rotação e varização do fêmur proximal (ODVF).

#### **3.2 Objetivos Específicos**

- Comparar os parâmetros radiográficos dos quadris submetidos à ODVF antes e após a mesma
- Identificar as taxas de recidiva e os fatores associados à recidiva da luxação do quadril após ODVF
- Identificar a influência da ODVF isolada sobre a remodelação acetabular durante o amadurecimento esquelético

## 4 METODOLOGIA

---

### 4.1 Participantes do estudo

Foi realizado um estudo retrospectivo, em pacientes com PC não deambuladores (GMFCS 4 e 5), submetidos à cirurgia de reconstrução de quadril por meio de osteotomia de rotação e varização de quadril bilateral associada ao alongamento de musculatura adutora e flexora de quadril. Todas as cirurgias foram realizadas no Royal Children's Hospital (RCH, Melbourne – Austrália), no período compreendido entre janeiro de 1998 e janeiro de 2012. Após a aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Instituição (QA/99386/RCHM-2023, **Anexo A**), os prontuários dos pacientes cumprindo os pré requisitos para a inclusão no estudo foram analisados. Todos os pacientes foram submetidos ao mesmo procedimento cirúrgico, realizado pela equipe de profissionais do centro de atenção especializada em doenças neuromusculares do serviço de ortopedia pediátrica do RCH.

Os critérios de exclusão foram:

- pacientes submetidos a cirurgias ósseas prévias no quadril;
- pacientes classificados como GMFCS 1, 2 ou 3 (deambuladores);
- pacientes com padrão de acometimento motor atáxico;
- pacientes que não apresentaram dados de seguimento completos no prontuário, clínico e radiológico;

Foram realizadas no período do estudo 167 cirurgias de reconstrução bilateral de quadril. Após a aplicação dos critérios de exclusão, permaneceram no estudo 140 pacientes (280 quadris) de ambos os gêneros, com idade entre 3

e 13 anos.

## **4.2 Definição do tamanho amostral**

Para definição do tamanho amostral, inicialmente consideramos o cálculo da margem de erro considerada na amostra. Utilizamos para este propósito os dados do registro australiano de paralisia cerebral. Segundo ele, entre 1995 e 2014, 9013 crianças nasceram com paralisia cerebral, ou 1,2/1000 nascidos vivos. No estado de Victoria, onde todos os nossos pacientes foram considerados, houve cerca de 220 novos diagnósticos de PC a cada ano. Soe e cols., usando a mesma base de dados, encontraram que em média 16,1 a 18% das crianças com PC são classificadas como GMFCS 4 ou 5, e que a instabilidade do quadril acontece em 70 a 90% destas, respectivamente(104). Por conseguinte, usando os anos do nosso estudo, e considerando uma média de 220 casos novos de PC por ano entre 1998 e 2012, totalizamos 3300 pacientes, dos quais 531 seriam GMFCS 4 e 594 GMFCS 5. Correlacionando à prevalência de instabilidade descrita, cerca de 372 crianças teriam esse diagnóstico entre as classificadas como GMFCS 4 e 535 no grupo GMFCS 5.

Com esses dados, calculamos uma margem de erro de 10,94% para um nível de confiança de 95% na população de 907 pacientes GMFCS 4 e 5, considerando a prevalência média de 80% de instabilidade do quadril nestes dois grupos. Assim, com a margem de erro de 10,94%, o tamanho amostral recomendado foi de 44 pacientes.

Obtivemos dados completos de 140 pacientes, o que configurou uma margem de erro de aproximadamente 5.5% com o mesmo intervalo de confiança

de 95%, aumentando a relevância estatística dos resultados obtidos.

### **4.3 Coleta dos dados clínicos**

Os prontuários médicos dos pacientes foram consultados para a coleta das seguintes informações: data de nascimento, sexo, data da cirurgia primária, lateralidade, tipo de implante, classificação funcional segundo a escala de função motora grossa (GMFCS), sistema de classificação da função de comunicação (CFCS) e sistema de classificação da habilidade manual (MACS). Foram consideradas igualmente o padrão de acometimento motor, dividido entre espástico, distônico e misto (espástico e distônico). Além disso foram registradas a presença de comorbidades respiratórias e gastrointestinais, tempo de seguimento, complicações pós-operatórias e cirurgias subsequentes com data e tipo de cirurgia realizada. Por fim, a dor foi avaliada por meio de escala visual analógica (EVA) (**Anexo B**) colhida junto aos pacientes e familiares durante o seguimento ambulatorial. Sua avaliação compreendeu tanto a intensidade da dor quanto sua frequência. Os valores referentes à última avaliação ambulatorial foram registrados e considerados para o presente estudo. Da mesma forma, usando uma EVA, foi registrada a dificuldade para sedestação dos pacientes.

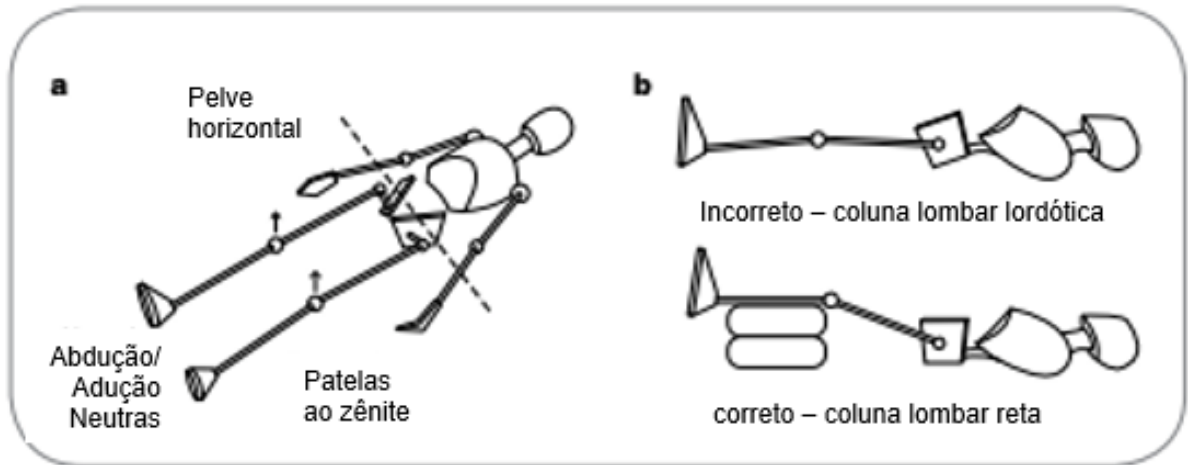
A avaliação da influência do tipo de implante sobre resultados clínicos e radiológicos foi realizada em estudo piloto, com coortes pareadas de pacientes com PC, não deambuladores, publicado e pormenorizado no apêndice A (105).

#### 4.4 Coleta dos dados radiológicos

Todos os pacientes tiveram exames radiológicos realizados como rotina no seguimento ambulatorial pós-operatório, sendo os exames de quatro momentos padronizados usados para comparações no presente estudo: pré-operatório (PREOP), seis semanas de pós-operatório (POI), 12 meses de pós-operatório (PO12M) e a última radiografia antes da alta do paciente, chamada radiografia na maturidade esquelética (POT).

Utilizamos imagens radiográficas digitais anonimizadas e numeradas em ordem cronológica, em projeção anteroposterior (AP) de bacia adquiridas conforme descrição protocolada pela *Australian Academy of Cerebral Palsy and Developmental Medicine (AusACPD)* (**figura 3**) (106). Este protocolo visa minimizar a influência de contraturas articulares, comumente encontradas nas crianças com paralisia cerebral, na posição da pelve quando do exame radiográfico, fato que causaria um potencial falseamento dos resultados obtidos nas medições.

As medidas de relevância para o estudo foram colhidas com uso do aplicativo Bone Ninja® (International Center for Limb Lengthening, Baltimore, MA, EUA) para iPad (Apple Inc., Cupertino, CA, EUA), software gratuito e previamente validado quanto à sua acurácia na literatura(107).

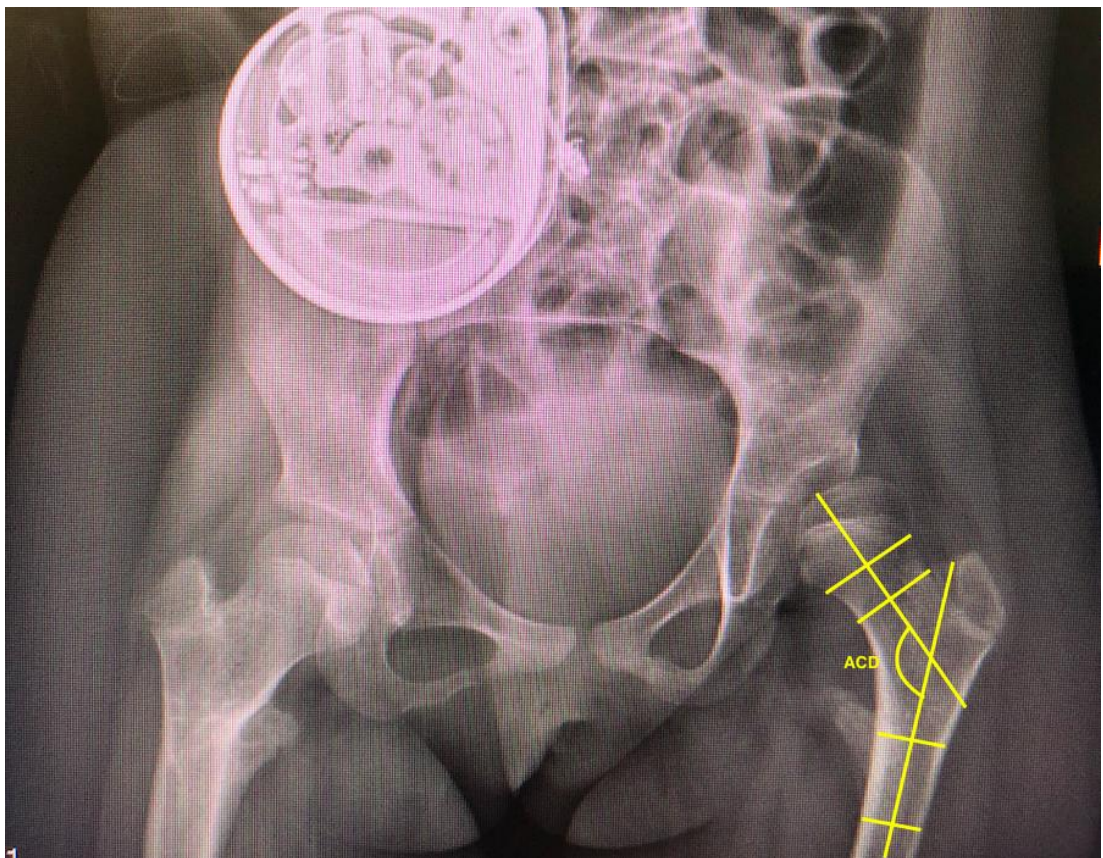


**Figura 3. Representação esquemática do posicionamento adequado para a realização da radiografia em incidência anteroposterior da bacia no plano coronal (a) e sagital (b).** Adaptado de Wynter et al., 2008

#### 4.4.1 Parâmetros radiográficos

Foram avaliados, em cada uma das radiografias de bacia, os parâmetros abaixo relacionados:

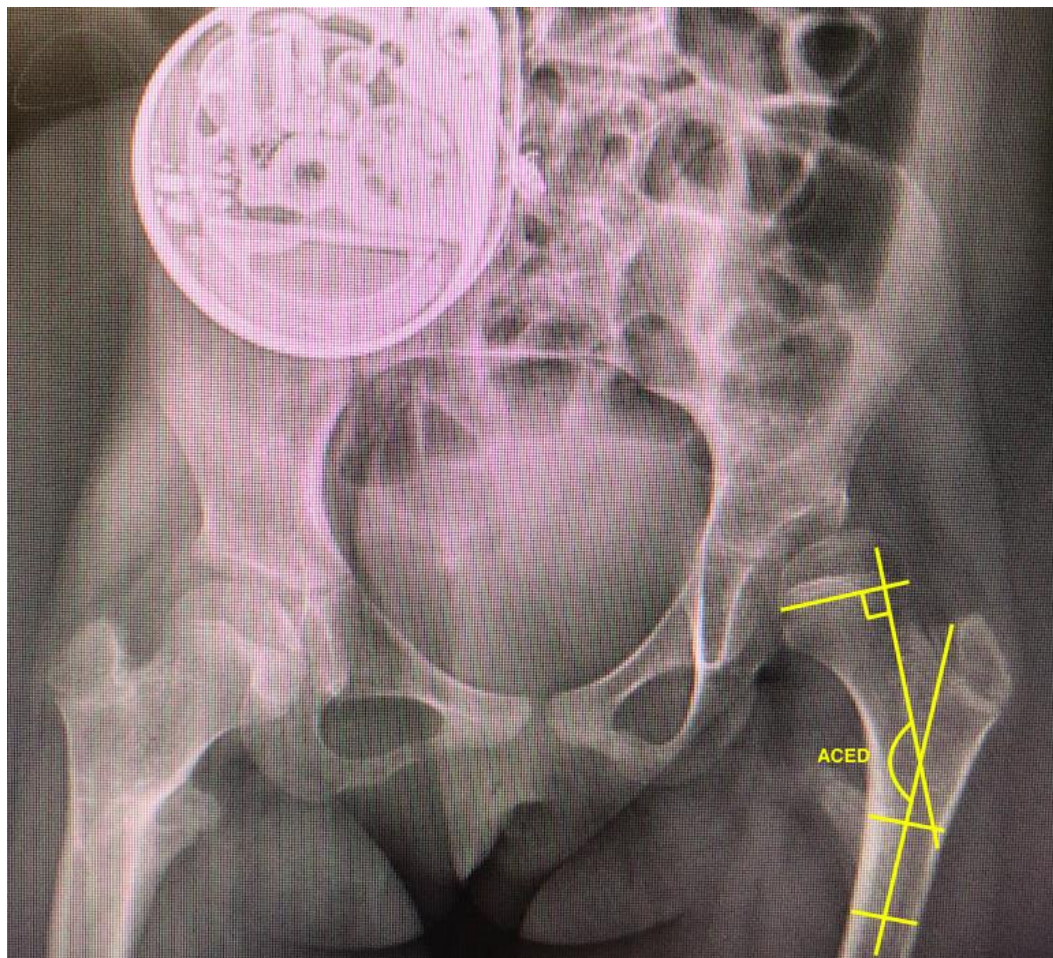
- **Ângulo cévico-diafisário (ACD):** medido na radiografia panorâmica anteroposterior da bacia, entre os eixos longos da diáfise femoral e do colo femoral. O eixo longo da diáfise é definido ao traçarmos dois segmentos de reta perpendiculares às corticais femorais e contidos entre as mesmas, e em seguida conectarmos os pontos médios destes dois segmentos com uma reta. O eixo do colo femoral é traçado de maneira semelhante, neste segmento femoral (**figura 4**)



**Figura 4. Radiografia panorâmica em AP de bacia de paciente com paralisia cerebral e subluxação de quadril esquerdo com parâmetros descritos para a medição do ângulo cévico-diafisário (ACD). (Arquivo pessoal)**



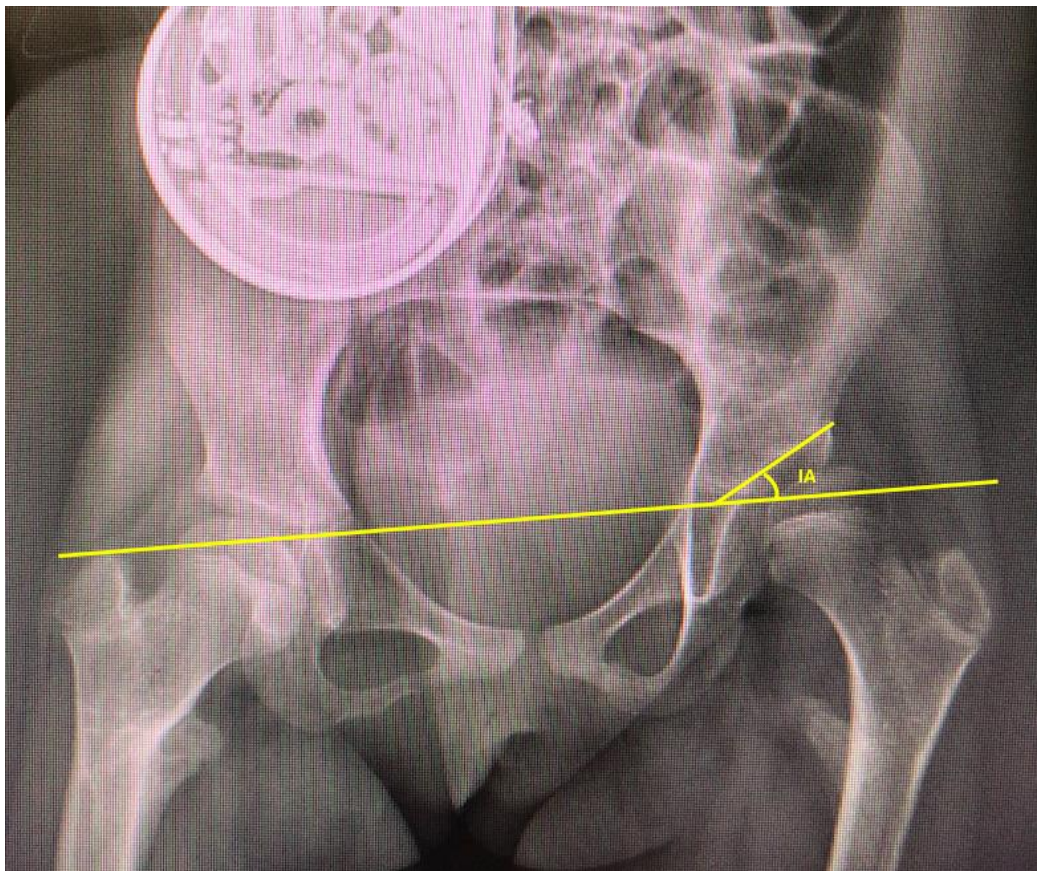
- **Ângulo céfalo-diafisário (ACED):** Trata-se de ângulo entre o eixo longo da diáfise femoral e a perpendicular à linha epifisária da cabeça femoral. O eixo longo da diáfise é traçado conforme previamente descrito, enquanto a linha epifisária é definida por uma reta conectando dois pontos, posicionados nos extremos lateral e medial da metáfise proximal do fêmur, que se encontra no colo femoral, sendo a sua fise relacionada ao núcleo de ossificação da cabeça femoral (**figura 5**).



**Figura 5. Radiografia panorâmica em AP de bacia de paciente com paralisia cerebral e subluxação de quadril esquerdo com parâmetros descritos para a medição do ângulo céfalo-diafisário (ACED). (Arquivo pessoal)**

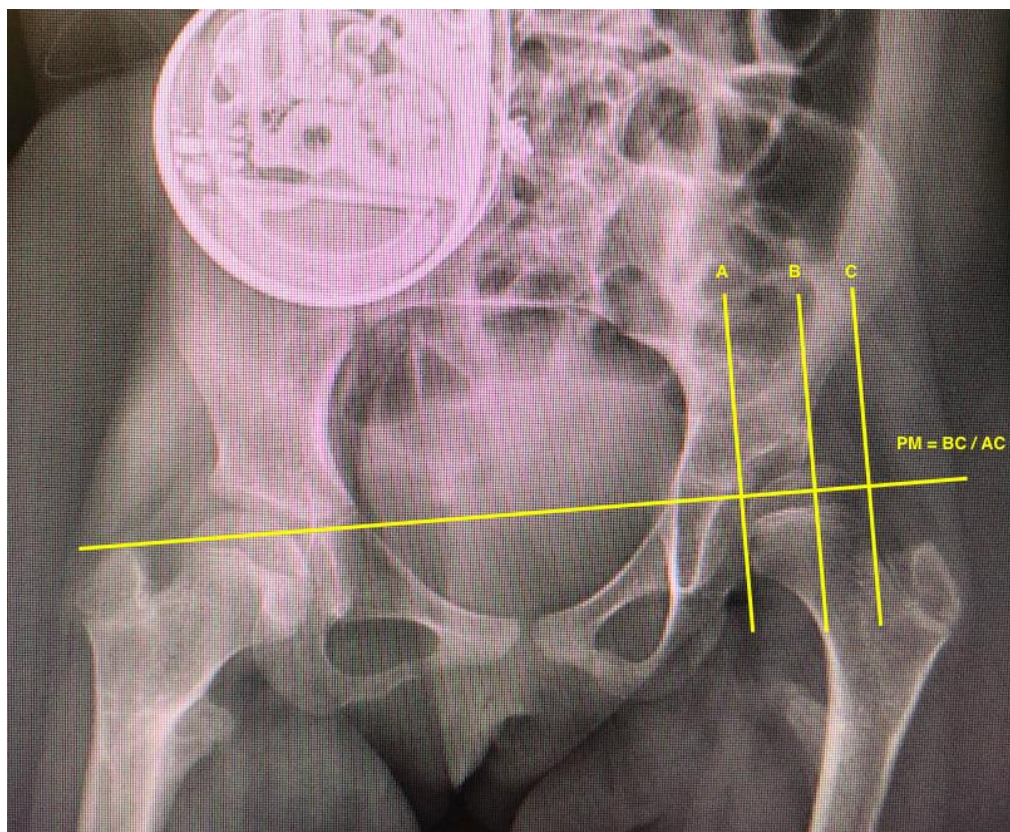


- **Índice acetabular (IA):** também conhecido como o ângulo do teto acetabular, denota o grau de displasia acetabular encontrado. Na mesma radiografia padronizada da bacia, traçamos duas linhas base: a linha de Hilgenreiner conecta as duas cartilagens trirradiadas na pelve, a segunda linha é formada pela conexão dos pontos mais medial e lateral da área esclerótica que forma o teto acetabular, ou “supercílio” (*sourcil*) acetabular (**figura 6**)



**Figura 6. Radiografia panorâmica em AP de bacia de paciente com paralisia cerebral e subluxação de quadril esquerdo com parâmetros descritos para a medição do ângulo do teto acetabular ou índice acetabular (IA). (Arquivo pessoal)**

- **Índice de migração percentual lateral da cabeça femoral (MP):** ou índice de Reimers, define qual é o tamanho da porção da cabeça femoral que não se encontra coberta pelo teto acetabular. Este parâmetro é um percentual determinado pela razão entre a largura da cabeça que se encontra lateral a uma linha perpendicular à linha de Hilgenreiner, que tangencia o ponto mais lateral do teto acetabular, definido pelo arco esclerótico do teto (linha de Perkins), e a largura maior da cabeça femoral na projeção radiográfica estudada (**figura 7**). Quando a cartilagem trirradiada já se encontra fechada, utilizamos como linha de base horizontal a linha que conecta o ponto mais inferior de cada gota de lágrima ou a linha inferiormente tangente ao ponto mais inferior das tuberosidades isquiáticas.



**Figura 7. Radiografia panorâmica em AP de bacia de paciente com paralisia cerebral e subluxação de quadril esquerdo com parâmetros descritos para a medição do percentual de migração lateral da cabeça femoral ( $MP = BC / AC$ ).**  
(Arquivo pessoal)



- **Índice de medialização da diáfise femoral (Mel):** Afim de definir o grau de medialização da diáfise femoral após a realização da osteotomia de varização e rotação do extremo proximal do fêmur, foi definido o Mel(77), que consiste na razão entre duas medidas: a primeira é a distância entre a fise femoral proximal e a borda lateral do grande trocânter ao longo do eixo longo do colo femoral, enquanto a segunda é a distância entre a mesma fise femoral proximal e o ponto de interseção dos eixos longos do colo femoral e da diáfise femoral, descritos acima. O Mel é diretamente proporcional à medialização da diáfise femoral (figura 8).

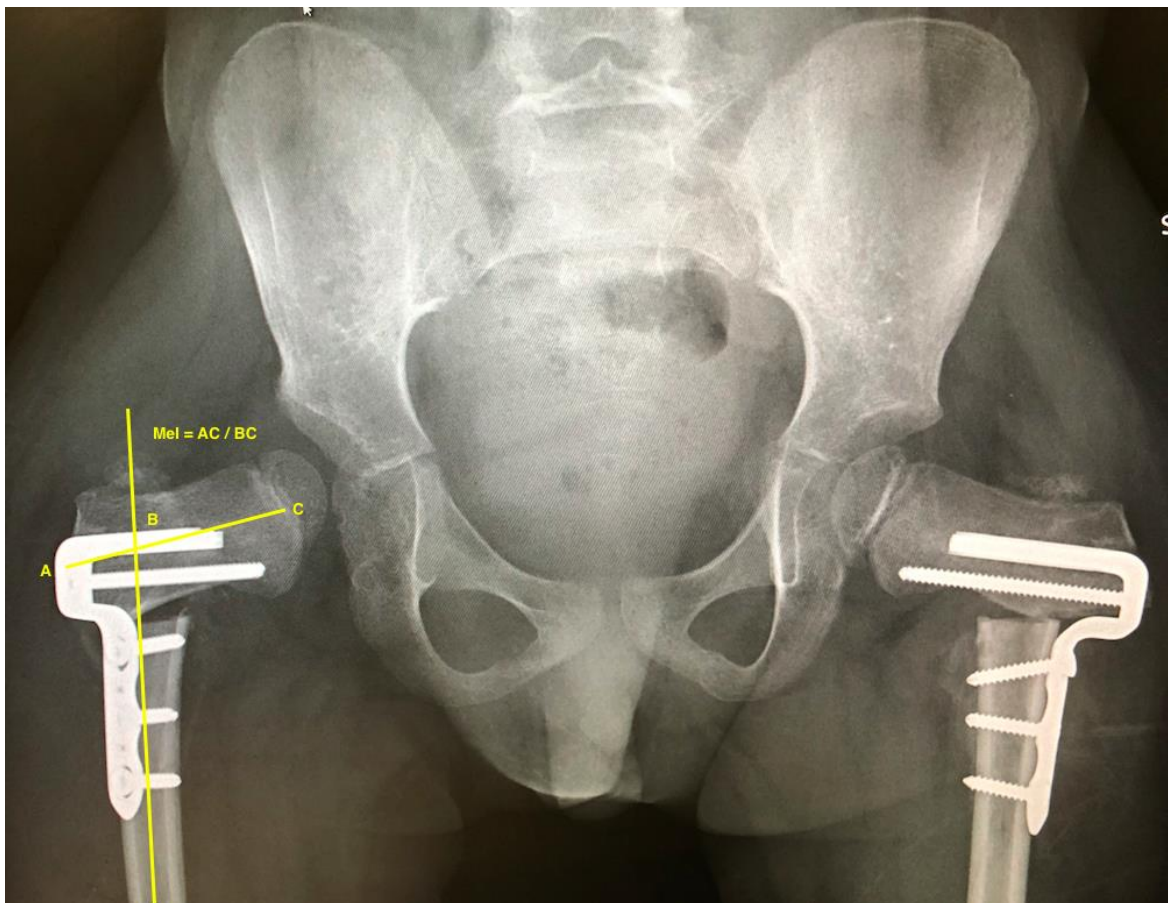


Figura 8. Radiografia panorâmica em AP de bacia de paciente com paralisia cerebral após realização de osteotomia femoral bilateral com parâmetros descritos para a medição do índice de medialização da diáfise femoral ( $Mel = AC / BC$ ). (Arquivo pessoal)

**- Morfologia final do quadril:** Utilizamos a classificação morfológica específica para o quadril em paralisia cerebral conforme descrita por Robin e colaboradores(73), que leva em consideração quatro diferentes parâmetros. O primeiro é o arco formado entre o bordo superior do forame obturatório e sua virtual extensão ao longo do arco formado pelo bordo inferior do colo femoral, conhecido como arco de Shenton. O segundo é a esfericidade da cabeça femoral, de acordo com os círculos concêntricos de Mose(108). A cabeça é considerada esférica quando segue um dos círculos concêntricos dentro de uma margem máxima de dois milímetros da circunferência deste. O terceiro item avaliado é a morfologia acetabular em relação à presença de displasia e sua gravidade. Por fim, a obliquidade pélvica é o quarto item levado em consideração. A classificação é denominada *Melbourne Cerebral Palsy Hip Classification Scale* (MCPHCS), e determina seis graus de acometimento e morfologia do quadril, progredindo da lesão mais leve no grau I até a mais grave no grau VI. A estratificação leva à formação dos seguintes grupos:

Grau I – Quadril normal – MP < 10%

Grau II – Quadril quasi normal – 10% < MP < 15%













Grau III – Quadril displástico - 15% < MP < 30%

Grau IV – Quadril subluxado – 30% < MP < 100%

Grau V – Quadril luxado – MP > 100%

Grau VI – Quadril pós cirurgia de salvamento

Os grupos e suas definições estão pormenorizados na **figura 9**.

		<p>Grau I: Quadril Normal - Percentual de migração &lt; 10%</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- Arco de Shenton intacto</li> <li>2- Cabeça femoral esférica (dentro de 2mm dos círculos de Mose)</li> <li>3- Acetábulo - desenvolvimento normal, com teto horizontal, margem lateral evertida e gota de lágrima normal</li> <li>4- Obliquidade pélvica &lt; 10 graus</li> </ol>
		<p>Grau II: Quadril quasi normal - Percentual de migração entre 10% e 15%</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- Arco de Shenton intacto</li> <li>2- Cabeça femoral esférica ou quase</li> <li>3- Acetábulo - desenvolvimento normal ou quase</li> <li>4- Obliquidade pélvica &lt; 10 graus</li> </ol>
		<p>Grau III: Quadril displástico - Percentual de migração entre 15% e 30%</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- Arco de Shenton intacto ou rompido em até 5mm</li> <li>2- Cabeça femoral esférica ou levemente achatada</li> <li>3- Acetábulo - desenvolvimento normal ou levemente displástico, incluindo arredondamento da margem lateral e gota de lágrima alargada</li> <li>4- Obliquidade pélvica &lt; 10 graus</li> </ol>
		<p>Grau IV: Quadril subluxado - Percentual de migração entre 30% e 100%</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- Arco de Shenton rompido acima de 5mm</li> <li>2- Cabeça femoral com deformidade variável - apêndice I</li> <li>3- Acetábulo com deformidade variável - apêndice II</li> <li>4- Obliquidade pélvica variável - apêndice III</li> </ol>
		<p>Grau V: Quadril uxado - Percentual de migração &gt; 100%</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- Arco de Shenton completamente rompido</li> <li>2- Cabeça femoral com deformidade variável - apêndice I</li> <li>3- Acetábulo com deformidade variável - apêndice II</li> <li>4- Obliquidade pélvica variável - apêndice III</li> </ol>
		<p>Grau VI: Quadril pós cirurgia de salvamento</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- Osteotomia valgzante</li> <li>2- Artrodese</li> <li>3- Artroplastia excisional (Castle) +/- osteotomia valgzante (McHale)</li> <li>4- Artroplastia de substituição</li> </ol>

**Figura 9. The Melbourne Cerebral Palsy Hip Classification Scale (MCPHCS)**  
 (Adaptado de: Robin J et al, 2009) Os apêndices citados serão expostos na seção específica.

#### 4.5 Avaliação das complicações pós-operatórias

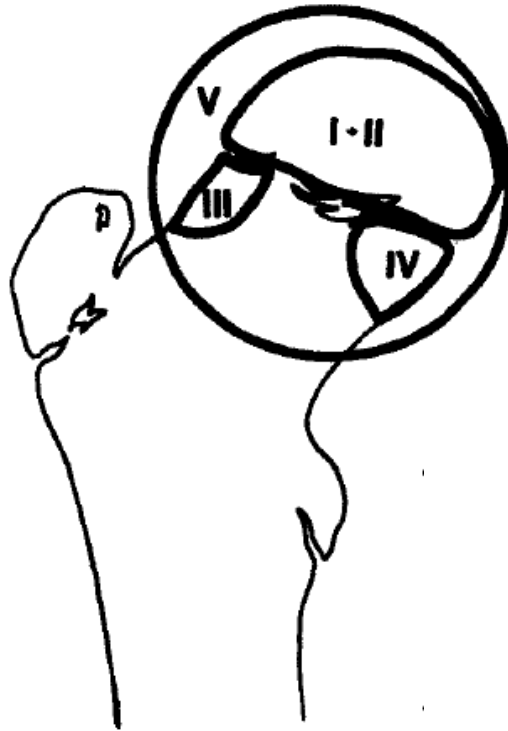
Para determinação das principais complicações utilizamos a classificação de Clavien Dindo modificada para patologias do quadril, sistema simples, reprodutível e validado na literatura(109). Neste, complicações de grau 1 não exigem mudança no tratamento padrão, grau 2 exigem mudança em caráter ambulatorial, grau 3 exigem intervenção radiológica ou cirúrgica, grau 4 são associadas à morbidade no longo prazo ou risco à vida e grau 5 resultam na morte do paciente.

As principais complicações relacionadas ao desfecho radiológico e clínico de longo prazo são a necrose avascular da cabeça femoral, classificada como tipo 4 e a recidiva de subluxação e luxação paráliticas do quadril que não será incluída entre as complicações pós-operatórias segundo Clavien-Dindo, exceto quando essa recidiva ocorrer no período pós operatório precoce, isto é, até 12 meses após a cirurgia.

A necrose da cabeça femoral (NAV) foi definida radiograficamente, baseada na apresentação de um ou mais dos seguintes critérios: esclerose óssea subcondral, fratura subcondral (solução de continuidade no osso subcondral), reabsorção ou colapso do osso subcondral, com achatamento de qualquer porção da cabeça femoral. Classificamos os casos de NAV foram classificados segundo o proposto por Kruczynski em 1996(110) (**figura 10**), e validado para pacientes com PC por Koch e colaboradores em 2015(111).

A recidiva de instabilidade do quadril (subluxação ou luxação) foi baseada no índice de migração lateral da cabeça femoral (PM), previamente descrito, considerando ponto de corte 40% como o definidor da recidiva. Esse

ponto foi o escolhido por ser o mesmo o limite inferior (40-50%) usado nos trabalhos que avaliam o seguimento de longo prazo da instabilidade do quadril em paralisia cerebral(10,22,34,91,112).



**Figura 10. Classificação de Kruczynski para necrose avascular do fêmur proximal.**

Adaptado de Kruczynski, 1995.

#### **4.6 Avaliação da concordância do índice de medialização da diáfise femoral**

A fim de definir a validade do índice utilizado para avaliação do desfecho primário do estudo, selecionamos, aleatoriamente, trinta e seis radiografias (72 quadris) para análise de concordância do índice de medialização (Mel) inter e intra observadores. Essas imagens foram enviadas a quatro examinadores

diferentes: o autor principal, um segundo ortopedista pediátrico com 7 anos de experiência pós especialização, uma ortopedista em curso de sua especialização em ortopedia pediátrica e um radiologista com experiência em análise radiológica musculo esquelética. Estes realizaram as medidas dos Mel dos dois quadris de cada radiografia de bacia, em duas ocasiões distintas, separadas por, no mínimo, duas semanas, não tendo acesso às suas medidas anteriores quando da segunda tomada de medidas.

As medidas foram feitas no software validado de medição de parâmetros radiográficos ortopédicos para arquivos PACS/DICOM, Bone Ninja® (International Center for Limb Lengthening, Baltimore, MA, EUA) para iPad (Apple Inc., Cupertino, CA, EUA). Os dados adquiridos foram compilados em tabela padrão Microsoft Excel® (Redmond, WA, EUA) e cegados para os outros observadores assim como entre as duas tomadas de medidas de cada observador individualmente. Por ser o Mel uma razão entre comprimentos de segmentos, ampliações ou diferenças de escalas entre imagens não influenciam os resultados.

Os grupos de medidas do Mel foram pareados entre os diferentes observadores (concordância inter) e entre as duas tomadas de medidas de cada observador (concordância intra). Foi calculada a diferença entre as médias dos pares de medições, e uma diferença próxima de zero determina relação de proximidade entre as amostras. Essa avaliação foi aprimorada usando o teste D de Cohen, onde uma diferença pequena apresenta D entre 0,2 e 0,5; uma diferença mediana tem D entre 0,5 e 0,8 e uma diferença grande tem D acima de 0,8. Intervalo de confiança de 95% foi considerado para todas as medidas, aceitando significância estatística com  $p < 0,05$ .



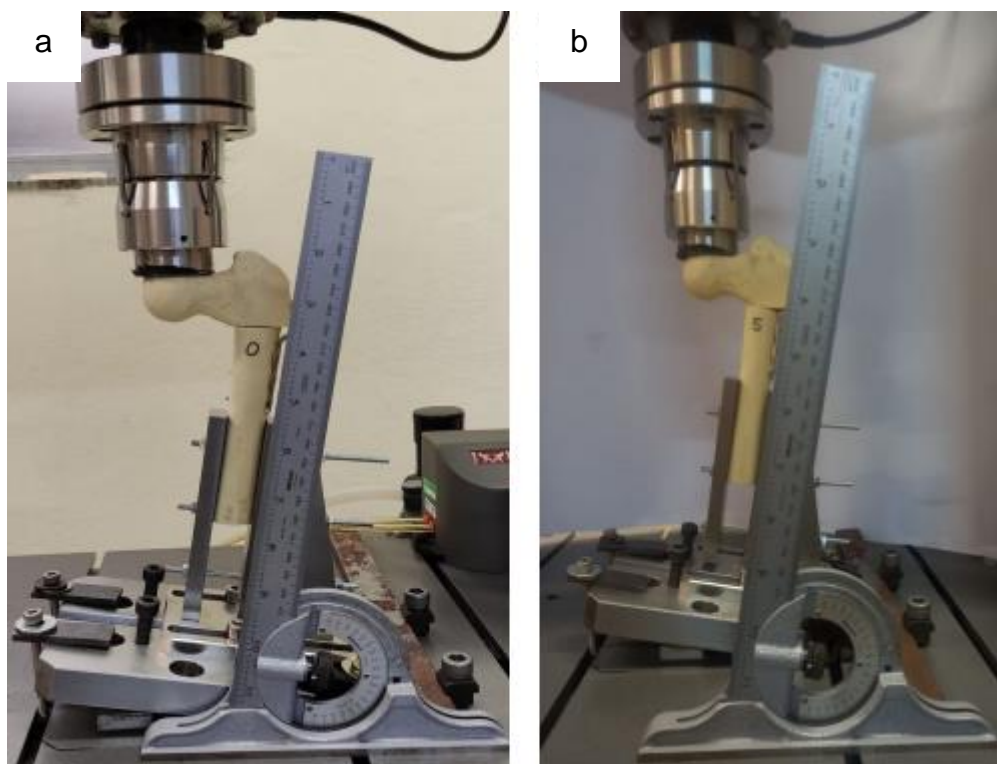
#### **4.7 Análise mecânica da medialização da diáfise *in vitro***

Dez modelos de osso sintético padronizados para testes biomecânicos em tamanho pediátrico (modelo 1121-5 Sawbones, Vashon Island, WA, EUA) foram utilizados para a testagem proposta. Para tanto foram definidos dois grupos, tendo cada um, 5 modelos: o primeiro com o posicionamento padrão dos fragmentos conforme descrito pela técnica do fabricante do implante utilizado em todos os modelos (Orthopediatrics, Warsaw, IN, EUA); enquanto o segundo grupo consistiu na técnica com medialização da diáfise femoral de 5mm em relação ao posicionamento padrão. O primeiro grupo foi denominado CP 0mm e o segundo CP 5mm (**figura 11**). A definição do montante de medialização foi baseada nos dados clínicos, onde a mediana do Mel foi de 1,35 (1,37 no grupo sem recidiva e 1,23 no grupo com recidiva). Assim, ao medializarmos 5mm no modelo de osso sintético que temos, onde o numerador da razão do Mel – segmento do maior eixo do colo femoral – média 85mm e o segmento do denominador média 70mm no grupo sem medialização e 65mm no grupo com medialização, obtivemos modelos com Mel de 1,21 e 1,31 respectivamente. Essa análise e montagem dos modelos foi subsequente aos resultados clínicos, e seguiu a tendência vista nos mesmos em relação ao Mel e recidivas, objetivando avaliar a segurança do grupo com Mel clinicamente identificado como protetor (vide resultados).

Ambos grupos foram submetidos a ensaio mecânico de flexão/compressão conforme previamente publicado por Pagnano e

colaboradores, em estudo para avaliação de fixação intramedular de osteotomias femorais proximais em paralisia cerebral (113). O corpo de prova foi posicionado com  $10^\circ (\pm 1^\circ)$  de adução na plataforma da máquina E3000 (Instron, Norwood, MA, EUA), com célula de carga de 5kN, taxa de deslocamento de 0,1mm/s até 1000N ou 10mm de deslocamento linear. Os ensaios foram realizados a uma temperatura ambiente de  $21^\circ \text{C}$ . Cada modelo foi submetido a 50000 observações com carga progressiva crescente, sendo observada a força máxima até deslocamento limite (deformação) de 10mm. Derivada destes dados foi a rigidez calculada em N/mm, avaliada por meio de regressão linear e análise de variância.

Os testes foram realizados no Instituto Nacional de Tecnologia (INT), no Rio de Janeiro, pela equipe técnica responsável pelo Laboratório de Caracterização de Propriedades Mecânicas e Microestruturais - LACPM.

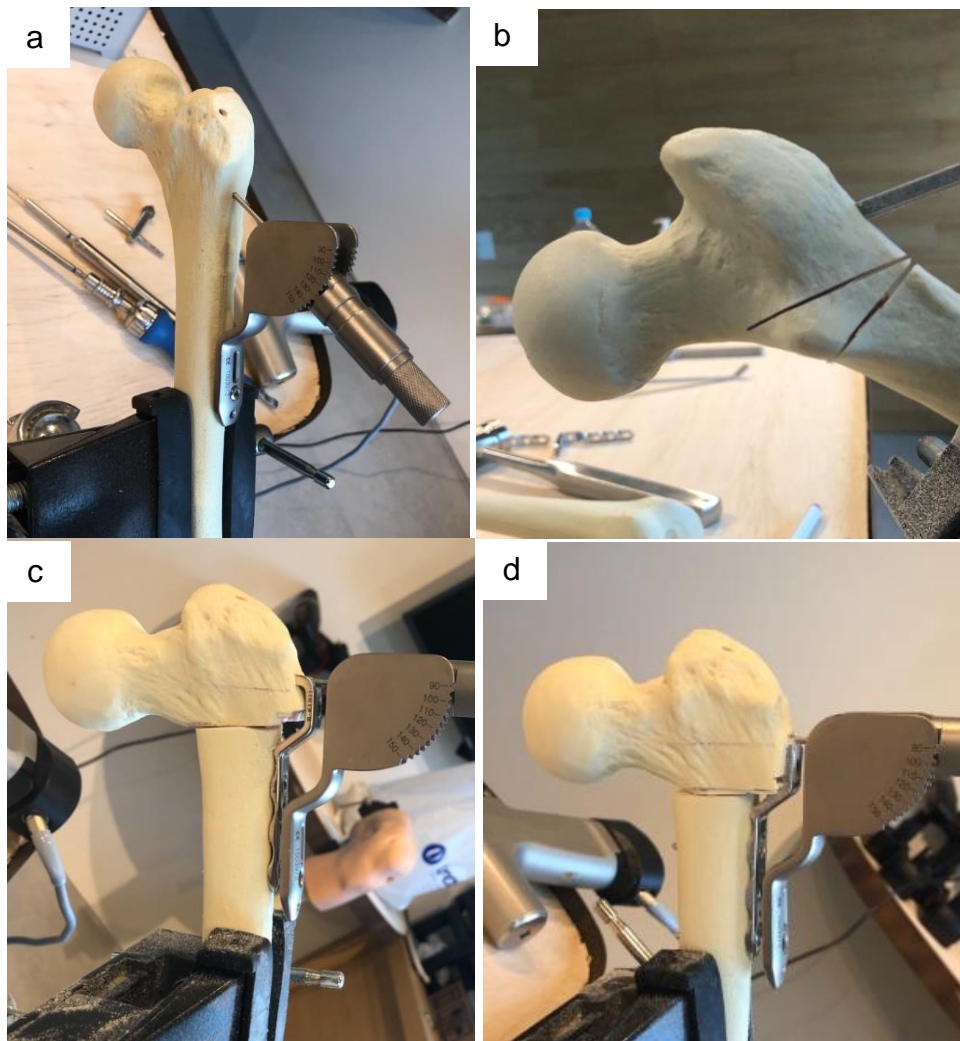


**Figura 11. Montagem do modelo na máquina de ensaio.** (a) modelo com medialização neutra ; (b) modelo com 5mm de medialização. (arquivo pessoal)

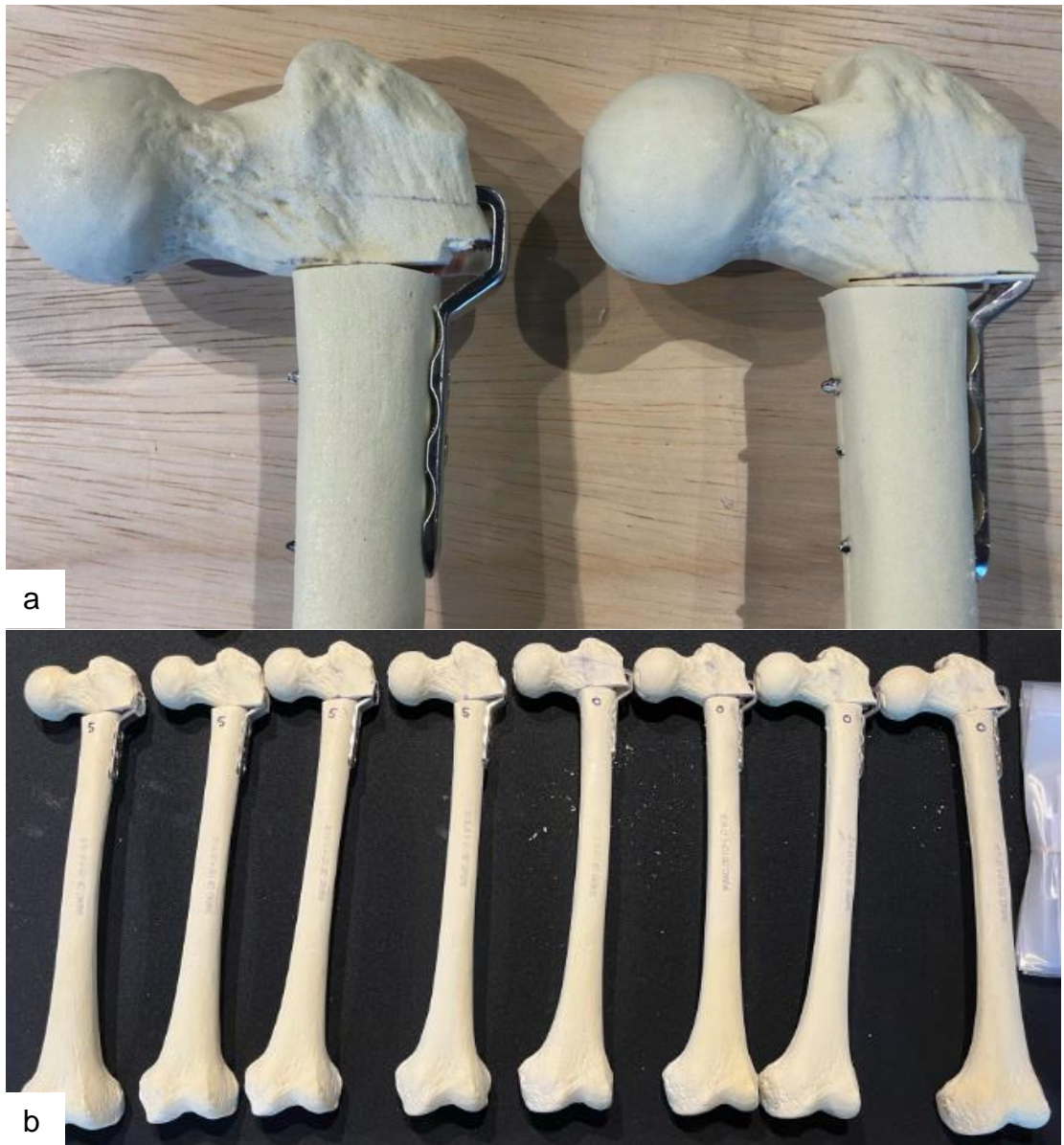
#### 4.7.1 Simulação e montagem do modelo de osteotomia varizante de rotação femoral

O modelo sintético foi preso em base fixa à mesa de trabalho. O primeiro passo consistiu em medir o ângulo cérvico-diafisário do modelo afim de realizar a introdução do fio guia proximal neste ângulo. Determinada a angulação de 130 graus, o guia de introdução do fio proximal foi adaptado à cortical lateral da diáfise femoral para que o fio guia fosse posicionado na posição central do colo femoral. Uma vez introduzido o fio guia e certificada sua posição por meio da visualização da sua saída no centro da cabeça femoral, foi utilizado o osteótomo guia canulado para realização do caminho de introdução da lâmina da placa utilizada. Com o pertuito da lâmina canulada feito e ainda mantendo o osteótomo no mesmo, foi medida a altura da osteotomia, com o uso do guia de posicionamento da osteotomia fornecido no material da placa. Esta osteotomia foi realizada em forma de cunha de subtração medial, onde os cortes tinham uma angulação de 40° entre eles, sendo o distal perpendicular à diáfise femoral e o proximal paralelo ao colo femoral. A cunha foi ressecada e a placa lâmina canulada foi introduzida até encostar na cortical lateral do fragmento proximal femoral no grupo CP 0mm. No grupo CP 5mm foram realizados 3 outros cortes, configurando uma “caixa” na cortical lateral do fragmento proximal por onde a placa lâmina podia ser introduzida além da cortical lateral do fêmur proximal, levando à medialização controlada da diáfise femoral, que neste grupo foi de 5mm. A “caixa” consistiu em dois cortes paralelos ao eixo longo da diáfise femoral, no plano sagital, margeando os limites anterior e posterior da lâmina

introduzida, e um corte conectando os dois anteriores, no plano perpendicular a estes, e posicionado 5mm proximal à osteotomia femoral. Após a fixação do fragmento proximal, a placa foi acamada na diáfise femoral com auxílio de pinça redutora específica e fixada ao fragmento distal com dois parafusos corticais e 1 parafuso bloqueado, todos com 22mm de comprimento, enquanto o fragmento proximal teve fixação suplementar com 1 parafuso bloqueado de 40mm. Todas as placas utilizadas foram do mesmo modelo, tamanho 3.5mm (Child), com 90° de angulação da lâmina, 40mm de comprimento da mesma e 10mm de offset da placa (**figuras 12 e 13**).



**Figura 12. Montagem dos modelos para testagem mecânica.** (a) identificação do ângulo cérvico diafisário padrão e posicionamento do fio guia ; (b) introdução de osteótomo guia canulado sobre fio guia inicial e realização dos cortes femorais guiados ; (c) aspecto final após ressecção da cunha da osteotomia e fixação com placa angulada de 90° sem medialização adicional da diáfise ; (d) aspecto final após ressecção da cunha da osteotomia e fixação com placa angulada de 90° com medialização de 5mm. (arquivo pessoal)



**Figura 13. Modelos prontos para ensaios mecânicos.** (a) modelos sem medialização adicional (esquerda) e com medialização de 5mm (direita) ; (b) conjunto de modelos prontos para testagem. (arquivo pessoal)

#### **4.8 Análise dos resultados**

Na avaliação clínico radiológica, as análises descritivas para os dados quantitativos foram apresentadas na forma de médias, acompanhadas dos respectivos desvios padrão (DP), medianas, valores mínimos e máximos. Os dados qualitativos foram descritos através de frequências absolutas e percentuais.

Comparações entre médias relacionadas às variáveis quantitativas entre os grupos com e sem recidiva foram realizadas por meio do teste t de Student. Enquanto isso, variáveis qualitativas foram comparadas entre os grupos por meio do teste qui-quadrado, ou, quando os pressupostos deste teste não foram atendidos, pelo teste exato de Fisher.

Para estimar o risco relativo isolado e ajustado das variáveis Mel no POI, IA PREOP, ACD PREOP e POI, MP PREOP e lateralidade, foi utilizado o modelo de regressão de Poisson com variância robusta múltiplo. Nele, pudemos avaliar a influência de cada um desses fatores na recidiva da instabilidade do quadril, isoladamente no modelo simples, ou excluindo os outros fatores considerados confundidores, no modelo múltiplo.

Na análise de concordância do índice de medialização (Mel), calculamos a média e o desvio padrão das pontuações de diferença para cada par de variáveis entre as medidas do mesmo observador (intra-observador) e entre as medidas de observadores diferentes (inter-observador). As diferenças médias entre os pares de medidas foram definidas, com desvios padrão e erro padrão. Os intervalos de confiança foram identificados, e testes T pareados usados para comparação das médias. Por fim, para determinar a magnitude da diferença

entre os pares, foi utilizado o teste D de Cohen, onde os resultados do teste determinam que a diferença é pequena se d estiver entre 0,2 e 0,5, média entre 0,5 e 0,8 e grande se d maior do que 0,8.

Nos testes biomecânicos, os resultados dos 50000 ciclos de cada modelo dos grupos foram tabelados, e as diferenças entre os dois grupos avaliada por análise de variância (ANOVA). Foi então calculado erro padrão dos mesmos e avaliados por meio de regressão linear com teste F para comparação entre os grupos.

As análises estatísticas foram realizadas usando o software SAS versão 9.2 (SAS Institute, Carolina do Norte, EUA), e os gráficos usando o software R, versão 3.4.1 (R Foundation for Statistical Computing, Viena, Austria).

O nível de significância considerado para todos os experimentos foi de 5% ( $\alpha = 0,05$ ).

## **5 RESULTADOS**

---

### **5.1 População de estudo**

Após aplicação dos critérios de inclusão e exclusão previamente caracterizados, 140 pacientes foram selecionados para as análises, ou 280 quadris, visto que todos os pacientes foram submetidos à ODVF bilateral. Da mesma forma, todos os pacientes foram submetidos ao alongamento de tendões adutores longo e breve, assim como do grácil proximalmente. Dois pacientes (3 quadris) foram submetidos a osteotomia pélvica no mesmo ato da cirurgia índice.



Foram operados 87 pacientes do sexo masculino (62,14%), a idade média da população total foi de 8,2 anos (3,8 a 13,3) quando da primeira cirurgia.

Encontramos um total de 41 quadris (14,64%), em 30 pacientes, com recidiva da instabilidade durante o seguimento, sendo 30 casos que necessitaram reoperação precoce (10,71%) e 11 casos onde a falha foi definida por um MP>40% no seguimento final (3,92%), sem reoperação precoce.

Em relação ao status funcional, 60,71% eram GMFCS 5, a maioria dos pacientes era classificada como MACS 5 (44,28%) e CFCS 4 e 5 tiveram predomínio nesse quesito, ambos respondendo por 27,14% dos pacientes. Não houve diferença estatística ao relacionarmos os escores funcionais GMFCS, MACS ou CFCS e a presença de recidiva, com p-valor respectivo de 0,39; 0,053 e 0,16.

A maior parte dos pacientes foi operada utilizando a placa angulada de quadril convencional não bloqueada (SBP) (90%), seguida pela placa com parafuso deslizante de 95° (DCS) em 8,57% e placa angulada com parafusos bloqueados (LCBP) em 2 casos (1,43%). O tempo de seguimento médio foi de 11,33 anos ou 136 meses (36 a 240). As características funcionais dos pacientes estão resumidas na **Tabela 1**.

Um total de 103 pacientes (75,73%) apresentava padrão de acometimento misto, com espasticidade e distonia, 23 (16,91%) eram puramente espásticos, 13 (9,55%) distônicos e somente um paciente apresentava quadro de hipotonia (0,73%).

Em relação às comorbidades, observamos uma prevalência de até 65%, sendo as principais a epilepsia, as pneumopatias, clinicamente presentes com infecções de repetição principalmente, doença do refluxo gastro-esofágico e

problemas de deglutição e desnutrição, exigindo instalação de gastrostomia para alimentação. Esses dados estão pormenorizados na **tabela 2**. Concomitantemente à alta prevalência de comorbidades foi identificada uma taxa alta de uso de medicamentos para controle das mesmas. O número mediano de medicamentos usados foi de 4 (0 a 18) com desvio padrão de 2,93.

Não houve, em relação às características funcionais pré operatórias, padrões de acometimento, implantes utilizados, presença e tipos de comorbidades e uso concomitante de medicações, diferenças entre os grupos com e sem recidiva da instabilidade do quadril.

**Tabela 1.** Características funcionais dos participantes do estudo.

		<b>GMFCS</b>	<b>MACS</b>	<b>CFCS</b>
<b>Número absoluto (%)</b>	1		0	13 (9,28)
	2		31 (22,14)	27 (19,28)
	3		24 (17,14)	23 (16,42)
	4	55 (39,29)	22 (15,71)	38 (27,14)
	5	85 (60,71)	62 (44,28)	38 (27,14)

GMFCS: *Gross motor function classification system*, MACS: *Manual ability classification system*, CFCS: *Communication function classification system*.

**Tabela 2.** Comorbidades clínicas dos pacientes do estudo

<b>Comorbidades</b>	<b>Pneumopatias</b>	<b>Refluxo Gastro-esofágico</b>	<b>Epilepsia</b>	<b>Distúrbios de deglutição / desnutrição</b>
<b>Número absoluto (%)</b>	82 (62,59)	52 (40,63)	85 (64,89)	50 (38,17)
<b>Total avaliado</b>	131	128	131	131

## 5.2 Características radiológicas

### 5.2.1 Morfologia femoral e acetabular

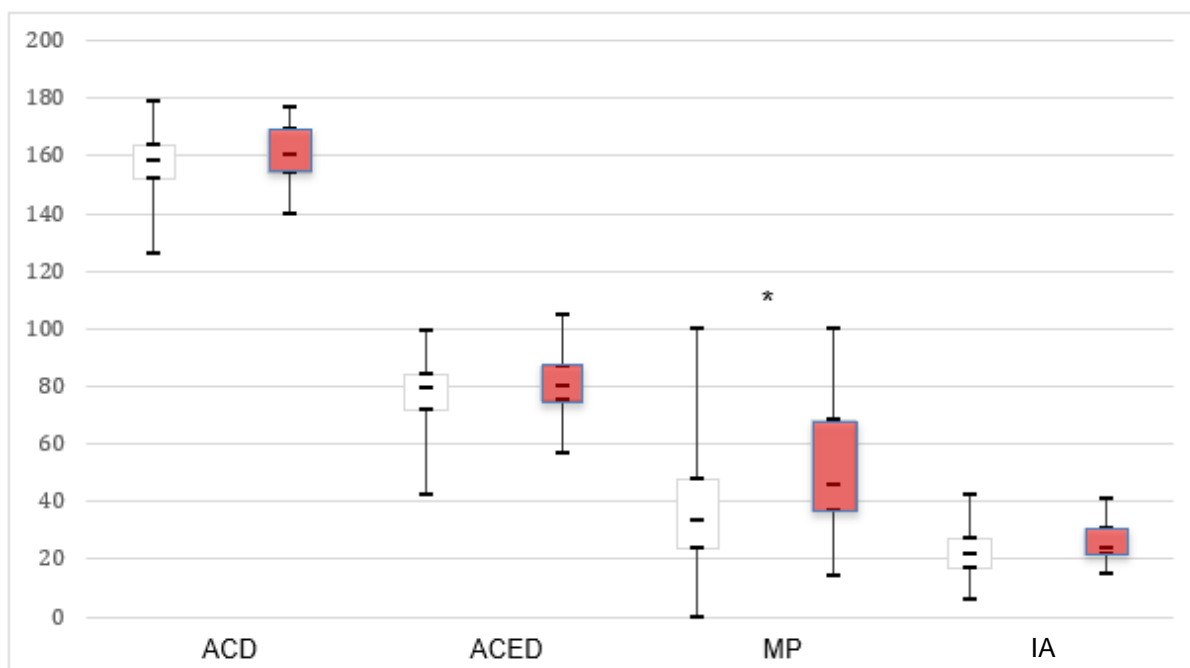
As principais medidas de morfologia femoral e acetabular estão pormenorizadas na **tabela 3 e figura 14**, considerando os valores registrados nos tempos mais relevantes do seguimento e avaliando os grupos com ou sem recidiva da instabilidade do quadril.

Ao avaliarmos estatisticamente os resultados, identificamos que os grupos sem recidiva e com recidiva não diferiram significativamente no PREOP em nenhum dos parâmetros morfológicos femorais ou acetabulares ( $p=0,14 / 0,51$  e  $0,44$  para IA / ACD / ACED). Nos dois parâmetros femorais estudados houve mudança estatisticamente significativa entre o valor pré-operatório e o pós-operatório imediato ( $p<0,05$ ). Ademais, em todos os parâmetros, o resultado na maturidade esquelética foi significativamente menor do que no pré-operatório ( $p<0,01$ ). Em relação ao IA, não houve diferença entre valores PREOP e POI pois foram realizadas osteotomias para correção da displasia acetabular somente em 3 quadris na cirurgia índice ( $p>0,1$ ).

**Tabela 3.** Parâmetros radiológicos de avaliação da morfologia femoral e acetabular.

	ACD			ACED			IA		
	PREOP	POI	POT	PREOP	POI	POT	PREOP	POT	
<b>Média°</b>	157,87	116,19	130,82	78,0	39,29	57,41	22,26	13,6	<b>Sem recidiva</b>
(DP)	(9,08)	(11,25)	(14,88)	(9,44)	(12,42)	(16,04)	(6,85)	(5,67)	
<b>Média°</b>	160,83	112,15	128,03	81,46	35,93	53,33	26,05	20,11	<b>Com recidiva</b>
(DP)	(10,02)	(12,32)	(15,45)	(10,27)	(13,13)	(16,0)	(7,14)	(7,98)	

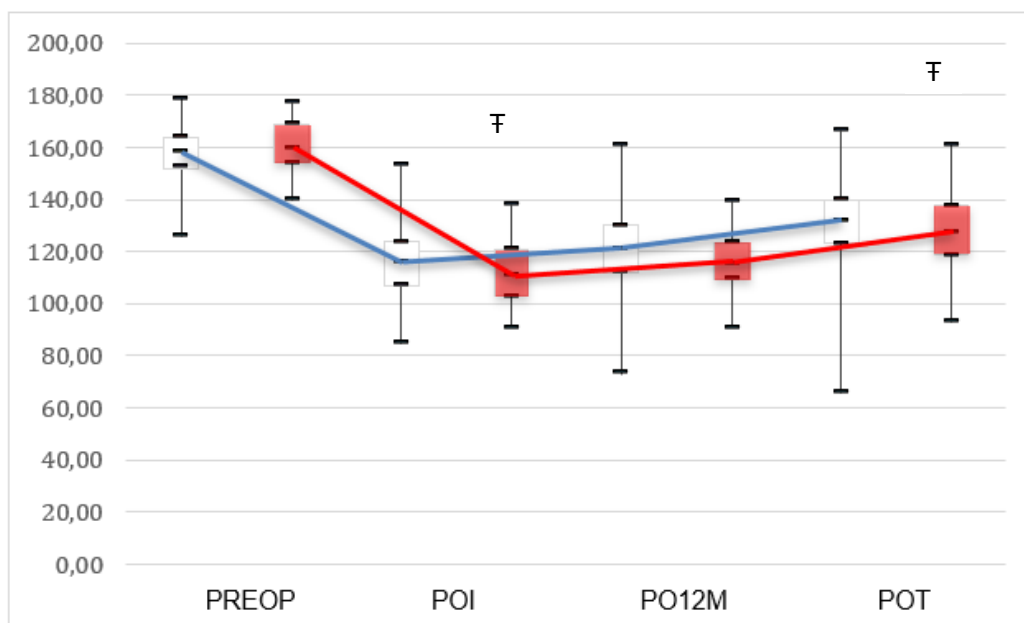
ACD – ângulo cérvico diafisário; ACED – ângulo céfalo diafisário; IA – índice acetabular; PREOP – medida pré-operatória; POI – medida pós-operatória imediata (6 semanas de pós-operatório); POT – medida pós-operatória tardia (última avaliação ambulatorial / maturidade esquelética); DP – desvio padrão



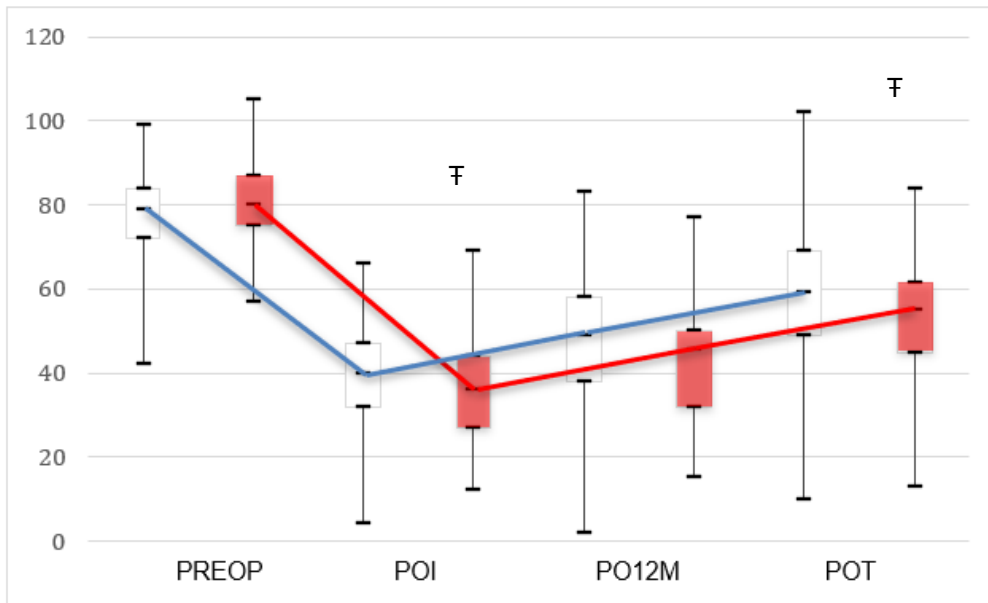
**Figura 14. Características radiológicas pré operatórias.** Os blocos em vermelho representam os valores relativos ao grupo que apresentou recidiva enquanto os blocos brancos, do grupo sem recidiva. \* Teste t de Student com  $p = 0,0001$  entre os grupos com e sem recidiva.

A remodelação óssea gradual foi observada em todos os parâmetros, e sua velocidade determinada dividindo-se a diferença entre o valor no POT e o valor PREOP pelo tempo de seguimento de cada paciente. No ACD, houve

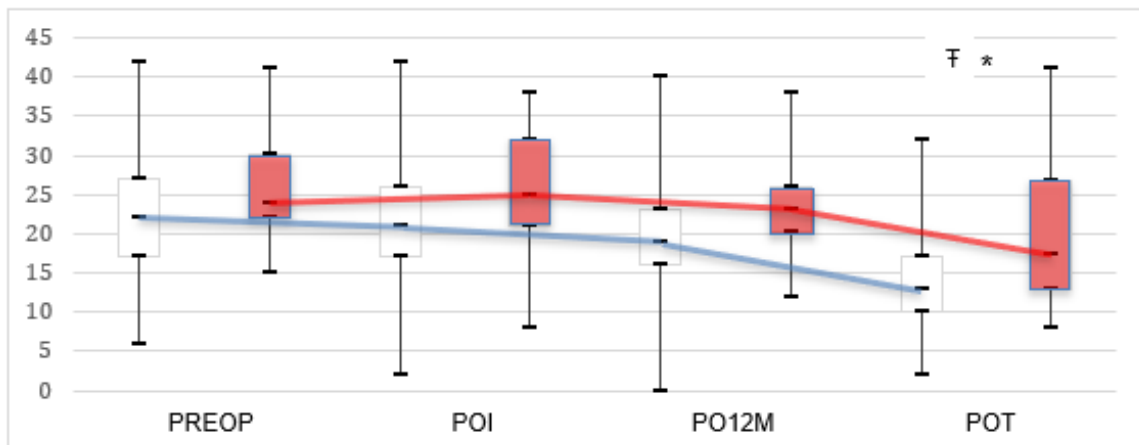
aumento progressivo de sua angulação numa velocidade média de  $0,11^\circ/\text{mês}$  nos pacientes sem recidiva e  $0,17^\circ/\text{mês}$  nos casos onde houve recidiva. De forma similar, o ACED aumentou respectivamente em  $0,13^\circ$  e  $0,2^\circ$  ao mês até a maturidade esquelética. Por outro lado, houve redução progressiva do índice acetabular, denotando um potencial de remodelação do acetábulo quando há melhora da biomecânica do quadril, com uma velocidade de  $0,06^\circ/\text{mês}$  na população total estudada. Ao diferenciarmos os grupos com e sem recidiva, houve melhora do IA de  $0,04^\circ$  e  $0,06^\circ$  mensais respectivamente ( $p=0,155$ ). (figuras 15, 16 e 17)



**Figura 15. Evolução do ACD durante o seguimento** *PREOP* – valor no pré-operatório; *POI* – valor no pós-operatório imediato (6 semanas); *PO12M* – valor com 12 meses de pós-operatório; *POT* – valor no pós-operatório tardio (maturidade esquelética); ACD – ângulo cerval diafisário  $F$  –  $p < 0,05$  Teste *t*, entre ACD *PREOP* e *POT* assim como entre *PREOP* e *POI* em ambos grupos



**Figura 16. Evolução do ACED durante o seguimento** *PREOP* – valor no pré-operatório; *POI* – valor no pós-operatório imediato (6 semanas); *PO12M* – valor com 12 meses de pós-operatório; *POT* – valor no pós-operatório tardio (maturidade esquelética); ACED – ângulo céfalo diafisário.  $\bar{F}$  –  $p < 0,05$  Teste *t*, entre ACED *PREOP* e *POT* assim como entre *PREOP* e *POI* em ambos grupos



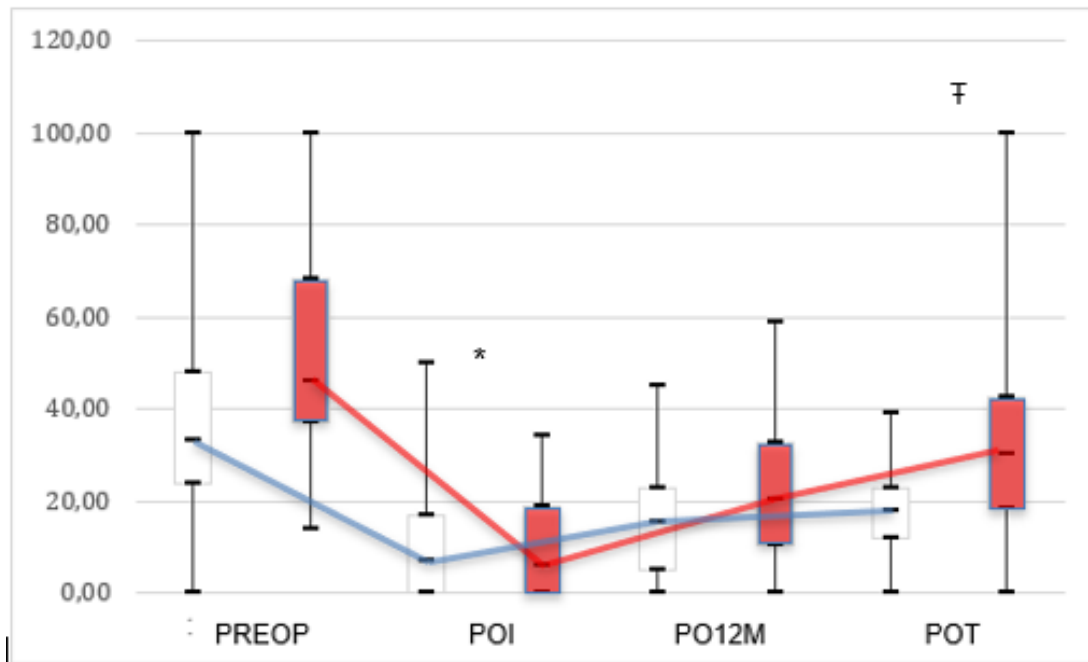
**Figura 17. Remodelação do índice acetabular (IA) durante o seguimento.** *PREOP* – valor no pré-operatório ; *POI* – valor no pós-operatório imediato (6 semanas) ; *PO12M* – valor com 12 meses de pós-operatório ; *POT* – valor no pós-operatório tardio (maturidade esquelética) \*  $p < 0,01$  Teste *t* entre os IA no *POT* dos grupos com e sem recidiva.  $\bar{F}$   $p < 0,01$  Teste *t* entre IA no *POT* e no *PREOP* em ambos grupos

Avaliamos por fim a relação entre IA, ACD e ACED no PREOP com recidiva. Pela regressão de Poisson, com variância robusta, identificamos que todos apresentavam-se como fatores de risco individualmente, sendo maiores no grupo com recidiva da deformidade no longo prazo. No entanto, quando utilizamos o modelo múltiplo, considerando fatores de confundimento, os três parâmetros não alcançam significância estatística como fatores de risco, com p-valor respectivo de 0,39 ; 0,58 e 0,37.

### 5.2.2 Migração percentual lateral da cabeça femoral (MP)

O valor médio do MP PREOP na população total estudada foi de 41,66% (0 a 100%), e houve diferença significativa entre os grupos com e sem recidiva, onde a média foi respectivamente 52,29% e 37,97% ( $p < 0,001$ ). Ao avaliarmos a evolução do MP, as médias dos grupos se equipararam no POI, isto é, foram corrigidas com o procedimento cirúrgico, chegando à faixa dos 10%, e depois houve um aumento progressivo do MP até à maturidade esquelética. O grupo sem recidiva apresentou uma velocidade média de aumento de 0,06% por mês ao longo do seguimento até a maturidade esquelética, enquanto o grupo com recidiva apresentou uma velocidade de 0,2% ao mês. Essa diferença se mostrou estatisticamente significativa, com  $p = 0,001$  pelo teste t de Student.

Houve uma tendência em ambos os grupos de diminuição do MP durante o seguimento completo, sendo o medido no POT significativamente menor do que o PREOP ( $p < 0,001$ ). (**figura 18**)



**Figura 18. Evolução do MP durante o seguimento.** PREOP – valor no pré-operatório; POI – valor no pós-operatório imediato (6 semanas); PO12M – valor com 12 meses de pós-operatório; POT – valor no pós-operatório tardio (maturidade esquelética). Cada ponto temporal apresenta os dados do grupo sem recidiva (branco) e do grupo com recidiva (vermelho) \*  $p < 0,01$  Teste t entre MP PREOP e no POI dos grupos com e sem recidiva. ¶  $p < 0,01$  Teste t entre MP no POT e no PREOP em ambos grupos.

Ao estudarmos o MP PREOP como fator de risco para falha do tratamento e manutenção da redução do quadril no longo prazo, identificamos que o mesmo se mostra individualmente como fator de risco, mas ao introduzirmos a análise com confundidores, este efeito se perde, com p-valor de 0,14.

### 5.2.3 Índice de medialização femoral (Mel)

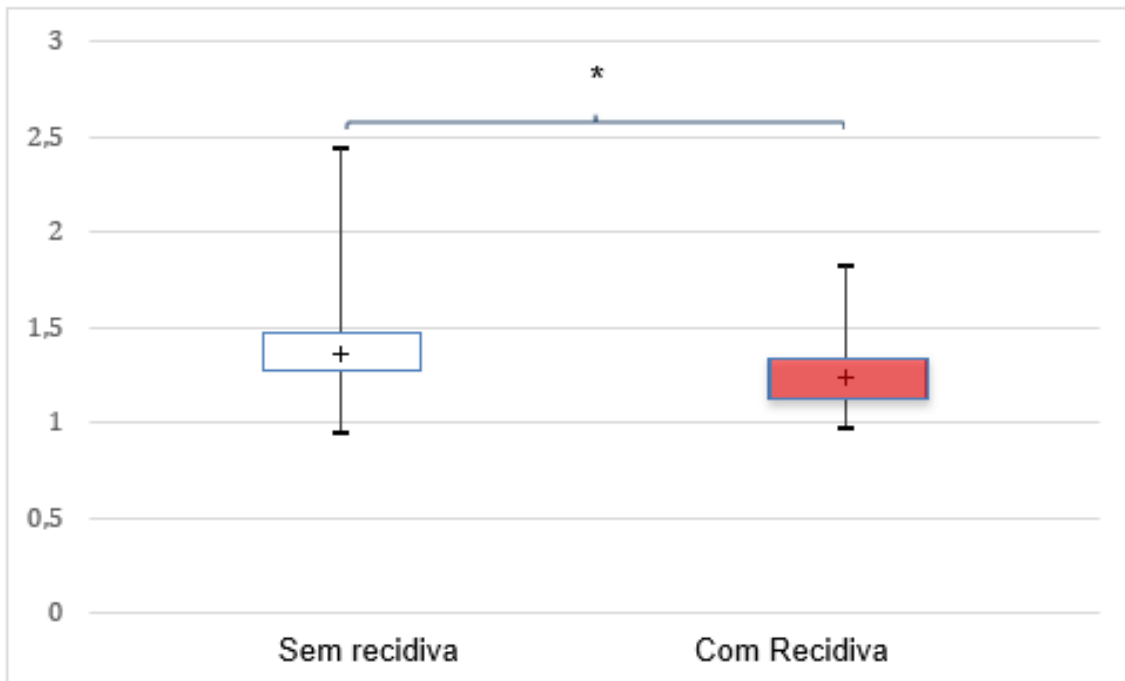
A medialização da diáfise femoral, traduzida pelo Mel, foi avaliada principalmente pelo valor estudado no POI, isto é, após 6 semanas de cirurgia. Isto se deve ao fato de termos como objetivo primordial a compreensão do



impacto da medialização conseguida cirurgicamente sobre a recidiva da instabilidade do quadril na população estudada.

A avaliação pelo modelo de regressão de Poisson com variância robusta tem o intuito de avaliar se a influência do Mel sobre a recidiva da instabilidade do quadril seria afetada por fatores confundidores (MP, ACD e IA pré-operatórios).

Desta forma, ao compararmos o Mel no POI entre os grupos sem recidiva e com a mesma, encontramos uma diferença significativa, com  $p = 0,0003$  (RR 0,04; IC 0,008 – 0,24) no modelo simples, e 0,004 (RR 0,07; IC 0,01 – 0,42) no modelo múltiplo, isolando o Mel dos fatores de confusão. Ademais, a média do grupo sem recidiva foi de 1,38 (0,94 a 2,44) contra 1,26 (0,96 a 1,82) no grupo com recidiva e as medianas foram respectivamente 1,37 e 1,23, demonstrando homogeneidade das amostras de cada grupo. (**figura 19**)



**Figura 19. Variação do Mel nos grupos com e sem recidiva.** O sinal de positivo (+) indica a mediana dos valores obtidos. As linhas horizontais das extremidades dos retângulos representam os valores de amplitude interquartil, e as barras indicam os valores mínimos e máximos para cada grupo. \*  $p = 0,004$  Modelo de regressão de Poisson com variância robusta.

### 5.3 Complicações e novas cirurgias

#### 5.3.1 Complicações pós operatórias

Utilizamos a classificação de Clavien-Dindo (CD) modificada(109) para analisar as complicações pós operatórias na população do estudo. Houve um total de 58 complicações pós operatórias, o que configura 41,42% do total de cirurgias, levando em consideração que todos os pacientes tiveram cirurgias bilaterais inicialmente. Entre essas, 9 (15,5%) foram CD tipo 1, não necessitando mudança do protocolo padrão de seguimento pós operatório. Dentre as

complicações de tipo 1 encontramos três casos de ossificação heterotópica, classificadas como Brooker(114) tipo 1, dois casos de infecção de trato urinário tratados com medicações orais, dois casos de constipação resolvidos ainda no pós operatório imediato com cuidados clínicos e dois casos de consolidação viciosa com excesso de rotação externa. Em seguida tivemos uma complicação CD 2 (1,72%) por retardo de consolidação, exigindo maior número de visitas ambulatoriais para seguimento, mas sem necessitar de abordagem terapêutica adicional. As complicações CD 3 estiveram presentes em quatro pacientes (6,9%), com três casos de fratura de fêmur exigindo retorno ao centro cirúrgico para cuidados ortopédicos suplementares com fixação da fratura em um e imobilização gessada nos outros, além de um caso de infecção urinária que necessitou internação para tratamento antibiótico parenteral. Por fim, as complicações tipo 4 englobaram 44 pacientes (31,42%). Desta, 69 quadris de 40 pacientes apresentaram necrose avascular da cabeça femoral enquanto os outros 4 casos foram de instabilidade recorrente precoce.

Quinze pacientes (11,02%) apresentaram instabilidade recorrente de um dos quadris, e quatro destes pacientes (4 quadris) apresentaram essa recidiva antes de 12 meses da cirurgia, sendo considerados como complicação pós-operatória CD 4, conforme acima descrito.

Não encontramos complicações tipo 5 de Clavien-Dindo relacionadas diretamente ao pós-operatório.

Ao avaliarmos os pacientes que apresentaram NAV, identificamos que entre 69 quadris com esse diagnóstico, 19 (27,5%) eram do grau 1 de Kruczynski, 35 (50,72%) grau 2, os graus 3 e 4 tinham cada 4 quadris (5,8%) e o grau 5 era composto por 5 quadris (7,24%). Assim, mais de 3 em cada 4 casos

de NAV (78,22%) estavam nos graus 1 e 2 de Kruczynski.

As complicações estão pormenorizadas na **tabela 4**. Não houve diferença estatística ao compararmos os grupos com e sem recidiva e o tipo e quantidade de complicações, com  $p=0,46$ . Avaliando especificamente os casos com NAV, encontramos proporções semelhantes de gravidade de NAV entre os casos com e sem recidiva, com  $p=0,41$ .

Além das complicações pós operatórias, vale ressaltar que entre todos os pacientes acompanhados, 21 faleceram (15%), mas somente 4 destes durante o seu seguimento até a maturidade esquelética. Todas as mortes registradas aconteceram antes dos pacientes completarem 30 anos de idade. As causas principais das mortes foram infecções respiratórias e epilepsia grave.

**Tabela 4.** Complicações pós operatórias

Clavien-Dindo	1	2	3	4
Tipos de complicações (número de pacientes)	OH (3)			
	Constipação (2)	Retardo de consolidação (1)	ITU (1)	NAV (40)
	ITU (2)		Fratura (3)	Recidiva (4)
	Consolidação viciosa (2)			

OH – ossificação heterotópica ; ITU – infecção do trato urinário ; NAV – necrose avascular da cabeça femoral

### 5.3.2 Reoperações e cirurgias subsequentes

Entre todos os pacientes operados, somente dois (1,47%) não foram submetidos a cirurgias durante o seguimento, ambos por morte precoce. No

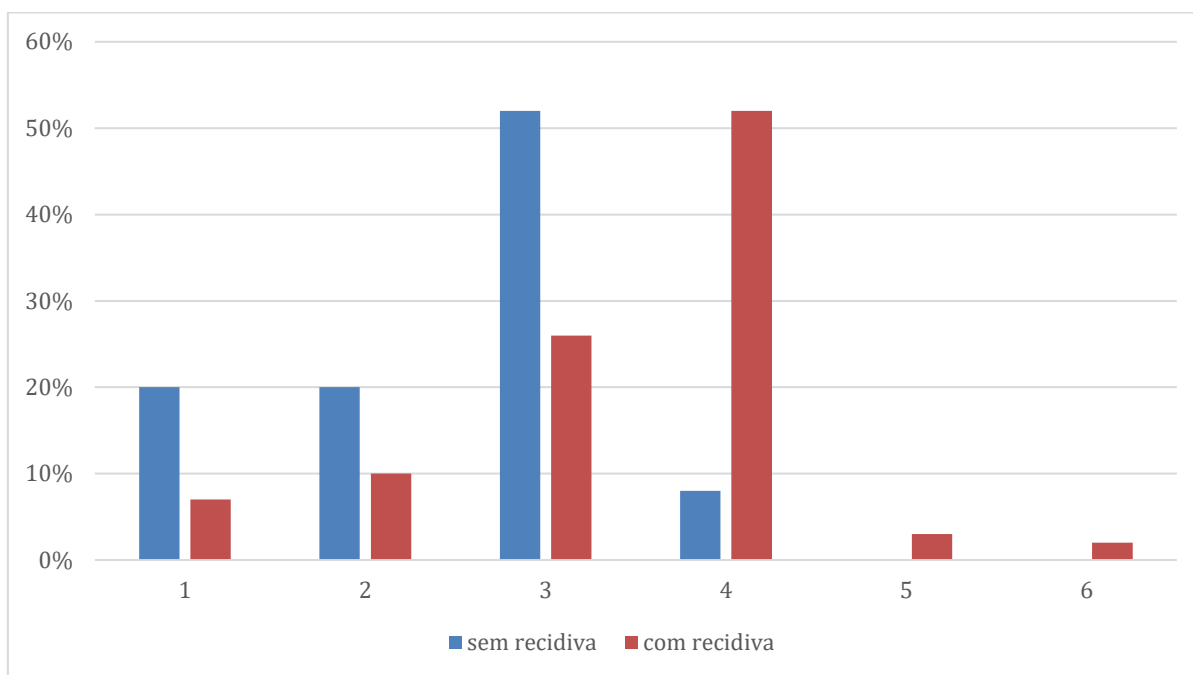
entanto, a maior parte desses procedimentos subsequentes consistiu em cirurgia de retirada de material de síntese, tendo esta ocorrido de forma isolada em 71 casos (51,44% das operações suplementares). Na cirurgia de retirada dos implantes, todos os pacientes eram submetidos concomitantemente a novo alongamento de musculatura adutora. Em 24 pacientes (17,14%), além do novo alongamento da musculatura adutora, a retirada do material de síntese foi acompanhada de epifisiodese medial de fêmur proximal definitiva por brocagem no mesmo ato da retirada dos implantes. Cinquenta e seis pacientes (40%) foram submetidos a cirurgia subsequente para correção de escoliose neuromuscular. A presença de escoliose neuromuscular que necessitou abordagem cirúrgica foi significativamente associada à presença de recidiva de subluxação e luxação do quadril no longo prazo, com  $p=0,006$  pelo teste qui-quadrado.

Em 15 pacientes (11,02%) foi necessária abordagem cirúrgica suplementar durante o seguimento para tratamento específico de subluxação ou luxação recidivada do quadril, e esses pacientes foram incluídos no grupo de falha do tratamento

### 5.3.3 Dor e morfologia final do quadril

Ao avaliarmos todos os pacientes operados quanto ao resultado morfológico final segundo a classificação *Melbourne Cerebral Palsy Hip Classification System* (MCPHCS), encontramos nos pacientes sem recidiva, distribuição similar entre os tipos 1 e 2, tendo cada 20%, 52% de tipo 3 da MCPHCS e 8% do tipo 4. Não houve nenhum resultado final tipo 5 ou 6 nesse

grupo. Por outro lado, nos pacientes que apresentaram recidiva, encontramos uma maioria de quadris classificados como tipo 4 (52%), seguidos pelo tipo 3, tipo 2, tipo 1, tipo 5 e tipo 6. Esses resultados estão ilustrados na **figura 20**.



**Figura 20. Comparação do resultado morfológico final dos quadris segundo a MCPHCS (Melbourne Cerebral Palsy Hip Classification System) nos grupos com e sem recidiva de luxação parálitica.**

A fim de avaliar se a morfologia final estava associada diretamente à presença de dor, procedemos à análise estatística dessa correlação. Dividimos a escala de dor em dois grupos, sendo 5 o ponto de corte central, e pacientes com dor graduada abaixo de 5 foram considerados sem dor, enquanto acima de 5 configurava o grupo com dor no seguimento final. Assim, não encontramos relação estatisticamente significativa entre a morfologia final do quadril segundo o MCPHCS e a presença de dor ( $p=0,43$ ).

Em relação à dificuldade de sedestação, não foi identificada relação com a ocorrência de recidiva, tendo tido pacientes distribuídos entre níveis 0 e 8 em ambos os grupos de acordo com a recidiva ( $p=0,53$ ).

#### **5.4 Análise de concordância da aferição do Mel**

Ao separarmos as séries de análises do Mel por pares de observações, entre os quatro examinadores obtivemos 7 séries de medições de Mel. Dos 4 examinadores, 3 tiveram duas séries cada com 2 semanas de intervalo mínimo entre suas aferições. O quarto examinador teve somente uma série, mas decidimos usá-la para cálculo de concordância inter examinadores. Cada um dos 3 primeiros examinadores teve calculada a concordância entre suas duas séries de medidas, configurando 3 análises de concordância intra observador. Além disso, usando uma das séries do primeiro examinador como base, escolhida aleatoriamente, realizamos a comparação desta com as duas séries de dois outros examinadores, além da série do examinador que só apresentou uma lista de medidas. Obtivemos assim cinco avaliações de concordância entre séries de examinadores distintos, configurando concordância inter observadores.

Pormenorizamos os resultados em duas tabelas, uma apresentando a concordância intra observador e a outra a concordância inter observadores. **(tabelas 5 e 6)**

**Tabela 5.** Concordância intra observador em duas séries de medições do Mel.

	Diferenças pareadas					
	Média	DP	EP médias	Inferior	Superior	D de Cohen
<b>Examinador 1</b>	0,008	0,08	0,01	-0,01	0,03	<b>0,11</b>
<b>Examinador 2</b>	-0,01	0,05	0,006	-0,025	0,0004	<b>-0,22</b>
<b>Examinador 3</b>	-0,04	0,13	0,016	-0,07	-0,007	<b>-0,28</b>

Dados apresentados como média das diferenças pareadas entre as séries de medições com, no mínimo, 2 semanas de intervalo, de cada examinador. DP – desvio padrão ; EP – erro padrão ; IC – intervalo de confiança.

**Tabela 6.** Concordância inter observadores em em relação à série padrão de medições do Mel.

	Diferenças pareadas					
	Média	DP	EP médias	Inferior	Superior	D de Cohen
<b>Inter 2-1</b>	-0,02	0,07	0,01	-0,04	0,002	<b>-0,25</b>
<b>Inter 2-2</b>	-0,03	0,08	0,01	-0,05	-0,005	<b>-0,34</b>
<b>Inter 3-1</b>	-0,02	0,13	0,015	-0,05	0,01	<b>-0,15</b>
<b>Inter 3-2</b>	-0,06	0,17	0,02	-0,09	-0,02	<b>-0,34</b>
<b>Inter 4-1</b>	-0,01	0,15	0,17	-0,05	0,018	<b>-0,11</b>

Dados apresentados como média das diferenças pareadas entre as séries de medições com, no mínimo, 2 semanas de intervalo, de cada examinador, comparadas a série de medições do pesquisador responsável, definida como série padrão. (Na nomenclatura Inter X-Y o primeiro algarismo representa o examinador e o segundo algarismo a sua série de medidas). DP – desvio padrão ; EP – erro padrão ; IC – intervalo de confiança.

Vale recordar nesta seção que o teste que analisa a concordância utilizado foi o D de Cohen, onde os resultados do teste determinam que a diferença é pequena se o valor absoluto de  $d$  estiver entre 0,2 e 0,5, média entre



0,5 e 0,8 e grande se  $d$  maior do que 0,8.

Assim, em todas as comparações de séries realizadas obtivemos uma alta concordância, com diferenças entre as médias das séries de medições sempre inferiores a 0,5.

### **5.5 Análise *in vitro* da medialização da diáfise femoral**

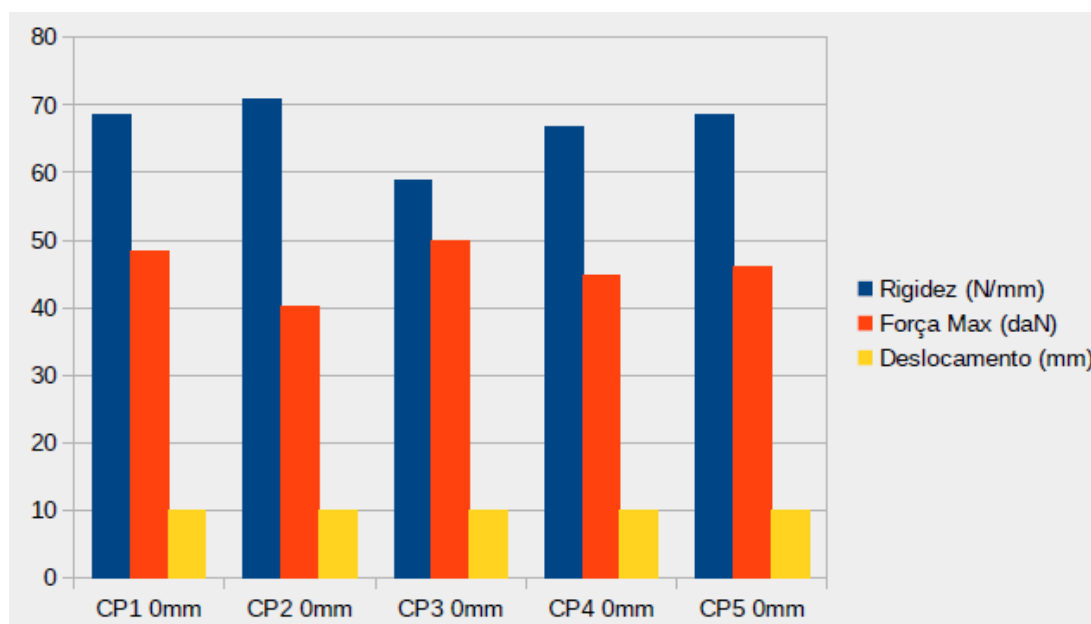
As avaliações de estabilidade mecânica entre os corpos de prova sem medialização e com medialização de 5mm, configurando respectivamente Mel de 1,2 e 1,3, mostraram que as forças máximas necessárias, até o deslocamento pré determinado de 10mm, foram estatisticamente semelhantes entre todos os corpos de prova, independente do grau de medialização da diáfise femoral ( $p = 0,11$ ). **(tabela 7)**

Ademais, não houve diferença em relação à estabilidade dos construtos quando avaliamos a rigidez calculada entre os dois grupos testados. ( $p = 0,94$ ). **(figuras 21 e 22)**

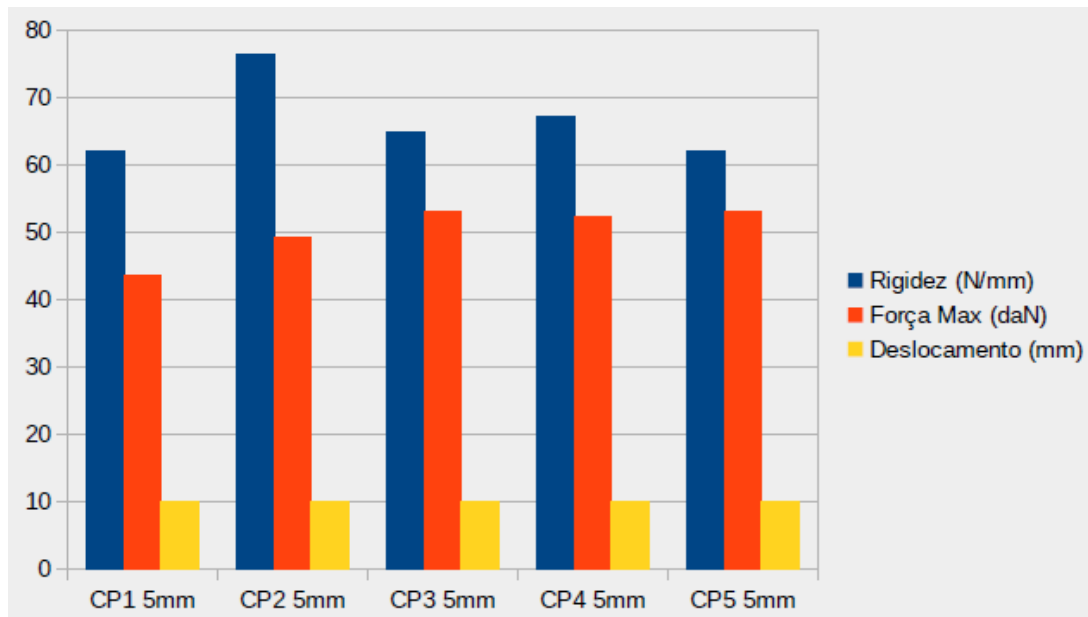
**Tabela 7.** Resultados dos ensaios mecânicos.

Identificação	Rigidez calculada (N/mm) *	Erro padrão +/- (N/mm)	R <sup>2</sup>	Força máxima (N) **	Deslocamento máximo (mm)
CP 1 - 0mm	68,59	0,02	0,997	484	10
CP 2 - 0mm	70,84	0,02	0,997	402	10
CP 3 - 0mm	58,85	0,03	0,984	500	10
CP 4 - 0mm	66,87	0,04	0,981	447	10
CP 5 - 0mm	68,57	0,04	0,98	460	10
CP1 - 5mm	61,95	0,03	0,984	436	10
CP 2 - 5mm	76,46	0,04	0,984	493	10
CP 3 - 5mm	64,86	0,05	0,976	531	10
CP 4 - 5mm	67,21	0,03	0,993	523	10
CP 5 - 5mm	61,94	0,03	0,987	530	10

R<sup>2</sup> – coeficiente R do modelo de regressão linear entre força aplicada e deslocamento. Os valores de rigidez calculada referem-se à média avaliando os 50000 ciclos aos quais cada corpo de prova foi submetido, assim como a força máxima. \* p-valor = 0,94 entre os grupos com 0mm e 5mm de medialização ; \*\* p-valor = 0,11 entre os grupos com 0mm e 5mm de medialização (teste t de Student).



**Figura 21.** Resultados dos ensaios mecânicos com os corpos de prova (CP) com 0mm de medialização da diáfise femoral.



**Figura 22. Resultados dos ensaios mecânicos com os corpos de prova (CP) com 5mm de medialização da diáfise femoral.**

A instabilidade do quadril é a segunda deformidade mais comum em pacientes com paralisia cerebral, antecedida somente pelo equinismo do tornozelo. No entanto, trata-se da mais debilitante deformidade articular desses pacientes, especialmente prevalente em não deambuladores (8,11,70). Diante da evolução da compreensão da sua história natural, estratégias de diagnóstico e tratamento precoces foram desenvolvidas e aplicadas em diversos países desenvolvidos (4,10,12). A abordagem precoce desses quadris em risco levantou a preocupação com a recidiva da deformidade, pois o esqueleto imaturo está em remodelação constante e quanto mais novo o paciente quando da cirurgia índice, mais tempo de remodelação há até a maturidade esquelética. Desta forma, alterações na técnica padrão ouro de osteotomia de rotação e varização femoral (ODVF) visam diminuir a chance de recidiva enquanto se mantém seguras para os pacientes.

Neste trabalho, avaliamos o índice de medialização da diáfise femoral (Mel), previamente descrito, porém nunca relacionado à recidiva tardia da instabilidade do quadril na paralisia cerebral. Encontramos relação direta entre a maior medialização da diáfise quando da realização da ODVF e a menor incidência de falha do tratamento da luxação e subluxação do quadril. Este foi um fator independente para a recidiva, e também e também quando levados em consideração fatores confundidores previamente relatados na literatura, como o MP, o ACD e o IA pré-operatórios (34,94).

A chance de progressão da subluxação do quadril paralítico após a correção cirúrgica da mesma varia na literatura, mas pode chegar até 77%,

especialmente quando a cirurgia inclui somente abordagem de contraturas de partes moles. Em 1993, Bagg e colaboradores, apresentaram o seguimento de uma coorte de 45 pacientes com média de 8 anos de avaliação pós operatória. Identificaram que o MP acima de 50% pré operatório foi um fator preditor de falha do tratamento e recidiva da deformidade em 75% dos pacientes com cirurgias de partes moles, contra 37,5% dos pacientes submetidos à ODVF. Ademais, confirmaram a desfavorável história natural da patologia, onde 100% dos pacientes não tratados apresentaram maus resultados (56). A alta taxa de recidiva relacionada à liberação de partes moles isolada foi reafirmada por Schmale e colaboradores, em 2006, com 77% de 22 pacientes necessitando reoperação em média 6 anos após a cirurgia primária. Além disso, encontraram alta taxa de recidiva no grupo que foi submetido a ODVF bilateralmente como cirurgia índice, com 74% necessitando revisão cirúrgica (57). A faixa etária da população deste estudo apresentava uma média de 4 anos, o que pode ter tido relação com as altas taxas de recidiva, tendo em vista que a remodelação óssea acontece durante o crescimento da criança, portanto, quanto mais novo o paciente na primeira cirurgia, mais remodelação tem pela frente. A média etária da nossa população foi aproximadamente 8 anos, o que diminui o tempo de remodelação, ainda que a maioria dos pacientes nessa faixa ainda apresentem, no mínimo, mais 8 anos de crescimento esquelético. Não encontramos relação entre idade na cirurgia índice e as recidivas, mas seu impacto na remodelação não foi estudado em nosso grupo. Em 2015, Shore e colaboradores acompanharam uma coorte de 320 crianças operadas com idade similar à do nosso estudo, e identificaram a baixa idade como fator de risco para recidiva e tiveram 37% de falhas do tratamento (38). Comparativamente, tivemos uma taxa

de recidiva menor, perfazendo 14,64% dos quadris operados, número comparável com estudo do grupo de St Louis (EUA), que encontrou 13,1% de falhas do tratamento em curto tempo de seguimento (3,9 +/- 2,1 anos) (34). Diferentemente dos estudos citados, não tivemos um número de pacientes submetidos a osteotomia pélvica associada à ODVF suficiente para permitir uma comparação estatística relacionada à influência desta sobre a recidiva. No entanto, a julgar pela baixa incidência de retorno da subluxação e luxação, entendemos não ter sido a falta da osteotomia pélvica, feita somente em 3 dos 140 pacientes, primordialmente influente no resultado final.

Em 2007, uma colaboração entre um grupo da Coréia do Sul e outro estadunidense, correlacionou o MP pré operatório com maior incidência de recidiva da luxação parálitica, de forma diretamente proporcional (94). Ao acompanharem por mais de 10 anos 61 quadris de 31 pacientes, elaboraram um escore de avaliação do quadril espástico, levando em conta o MP, a continuidade da linha de Shenton, a forma da cabeça femoral e do teto acetabular e a presença da deformidade em golpe de vento do quadril. Todos os pacientes foram submetidos a ODVF com adição ou não de osteotomia pélvica. Identificaram que o MP > 50% no pré operatório estava presente em todos os casos que tiveram resultados insatisfatórios. Chang e colaboradores também identificaram o MP pré operatório como fator de risco independente para a recidiva de luxação do quadril em seguimento média de 5,4 anos de coorte de 199 quadris (115). Da mesma forma, Minaie e colaboradores, em 2022, identificaram o MP, o ACD e o IA pré operatórios aumentados como fatores associados com a falha do tratamento. No entanto, a análise estatística incluiu somente cada fator individualmente, o que não contempla a complexa interação

entre os mesmos (34). Na nossa coorte, os grupos sem e com recidiva diferiram significativamente em relação ao MP, e a média no grupo com recidiva foi superior a 50%, o que foi condizente com o estudo sul coreano. No entanto, apesar de individualmente ter sido definido por regressão logística como fator preditor de falha do tratamento, esse efeito se perde na análise multivariada, considerando fatores confundidores. O mesmo ocorreu com nosso grupo de estudo nos fatores relacionados à morfologia acetabular e femoral. Por outro lado, contrariando esses achados, um grupo japonês em 2017 não identificou o MP pré operatório como fator de risco pré operatório, mas o IA > 34° (84). Schmale também apontou que o MP > 40% pré operatoricamente não influenciou na ocorrência de falha nos grupos submetidos a cirurgia de partes moles ou ósseas (57).

Em 2016, pesquisadores de Boston avaliaram a remodelação femoral e acetabular após ODVF em 56 pacientes paralisados cerebrais por um seguimento médio de 7.8 anos (39). Encontraram um aumento do ACD de cerca de 0,7° ao ano, contra 1,68°/ano no nosso grupo. Em relação ao IA, encontraram uma diminuição de cerca de 0,8°/ano, enquanto nós encontramos 0,6°/ano. Pudemos observar remodelação acetabular secundária à redução da articulação coxofemoral, numa velocidade média de diminuição do IA de 0,05° por mês, com uma redução significativa no seguimento tardio em relação ao pré operatório. A literatura mostra-se diversa nesse aspecto, existindo estudos que não mostraram boa remodelação acetabular tardia (57). É importante ressaltar que o grupo estudado por Shore e colaboradores incluía cerca de 50% de pacientes deambuladores, que apresentam marcadamente maior potencial de remodelação óssea. Nosso grupo, por considerar somente pacientes não

deambuladores, reflete o grupo onde a chance de recidiva se mostra mais relevante e portanto onde mudanças técnicas no tratamento tendem a apresentar maior impacto no desfecho final. Ao avaliarem o MP, encontraram um aumento médio de 10% no primeiro ano, seguido por crescimento negligenciável nos anos subsequentes. Nossos pacientes apresentaram um crescimento progressivo de cerca de 0,72%/ano no grupo sem recidiva, contra 2,4%/ano no grupo com recidiva. A velocidade se aproximou da encontrada em coorte publicada pelo nosso grupo em 2018, onde a média de progressão anual do MP foi de 3,72% (116). Ao estratificarmos de forma semelhante ao estudo de Shore e colaboradores, encontramos um crescimento no primeiro ano maior do que o proporcional até o final do seguimento, com um crescimento médio no primeiro ano de cerca de 9%, comparado a 13% nos 10 anos subsequentes. Essa tendência pode sugerir que a remodelação articular efetiva aconteça principalmente no primeiro ano pós operatório, e que a partir de então as mudanças ocorram em menor velocidade.

Recente estudo sugeriu o conceito de “hiper redução” (MP<0% no pós operatório imediato) como fator protetor contra recidivas pós reconstrução do quadril paralítico. Apesar de seguimento curto (média de 4 anos), esse estudo de Cincinnati (EUA) encontrou menores taxas de recidiva precoce em quadris que tinham uma medialização da cabeça femoral em relação ao bordo lateral do acetábulo, configurando um MP “negativo” (117). Essa medialização do centro de rotação do quadril tem vantagens biomecânicas bem descritas na literatura ortopédica. Modelagem matemática demonstrou que a medialização diminui as forças de contato articular do quadril, enquanto a lateralização do centro de rotação tem efeito contrário e indesejável. O deslocamento superior do centro de



rotação diminui a força da musculatura abduutora, enquanto a inferiorização do mesmo melhora o braço de alavanca e a função dos abdutores, o que é importante para o quadril (118,119). Assim, realizando a hiper redução, com  $MP < 0\%$ , teríamos um centro de rotação biomecanicamente melhor posicionado para a função do quadril e conseqüentemente para sua remodelação mais fisiológica. Essa hipótese deve, no entanto, ser testada no longo prazo para sua validação definitiva.

Seguindo na área biomecânica, há diversos estudos que tentam modelar as forças atuantes no quadril paralítico em suas diversas posições. Estes se baseiam nos escritos de autores que avaliaram a mecânica do quadril normal em primeiro lugar. Há concordância, em geral, de que o quadril apresenta forças atuantes sobre seu centro de rotação, que são principalmente derivadas das ações musculares dos abdutores e extensores e seus contrapostos flexores e adutores (101). Os primeiros tendem a ser mais fracos do que os últimos, em pacientes não deambuladores, com paralisia cerebral (41,50,120). Assim, por geometria simples, foi proposta direção de vetor representativo de força resultante orientada medial e cranialmente. A modelagem mais específica já apresentada sobre mudanças na força resultante secundárias aos procedimentos mais comumente realizados no quadril paralítico, foi feita por Freeman Miller, em 1999 em artigo científico (50), e revisitada pelo mesmo em 2020, em capítulo de livro sobre a paralisia cerebral e seus aspectos clínicos e terapêuticos (41). No primeiro, usando modelo anatômico de dissecação de infante de 7 anos com PC falecido, informações sobre comprimentos e tensões musculares disponíveis na literatura e suas relações físicas, um programa de computador determinou as forças musculares atuantes e suas mudanças de

acordo com a posição do quadril, do joelho, o ACD, o AAF e a anteversão acetabular. Assim, foram calculadas as forças resultantes normais e espásticas, em diferentes posições do membro inferior e com diferentes morfologias do fêmur proximal resultantes de procedimentos cirúrgicos variados, de alongamentos musculares a osteotomia femoral associada aos mesmos. O autor descreve que a força resultante numa criança espástica é 3 vezes maior em magnitude do que a de uma criança normal em posição fisiológica do membro inferior. Baseando-se nisso, a normalização das forças pelo seu modelo ocorreu de forma mais adequada com alongamento de psoas, ilíaco, grácil, adutor longo e breve. O acréscimo de ODVF teve pouco impacto adicional sobre a diminuição da força resultante e sua direção.

Esse achado computacional não se traduz, no entanto, clinicamente de forma reproduzível, quando levamos em consideração achados de diversos estudos de acompanhamento de longo prazo de pacientes submetidos à liberação isolada de partes moles, se comparados aos procedimentos ósseos, especialmente em pacientes não deambuladores. Em 2008, um estudo randomizado e controlado avaliou o efeito do uso de toxina botulínica e órteses de abdução de quadril sobre a subluxação progressiva do quadril. Não foi encontrado efeito significativo desse tratamento como protetor em relação ao grupo tratado sem injeções ou órteses (80). O tratamento cirúrgico por meio de alongamento dos tendões adutores tem premissa similar ao basear-se no aumento do comprimento do músculo, ganho consequente de amplitude de abdução e diminuição da espasticidade dos adutores. Nesse sentido, por se tratar de desenho de estudo com melhor índice de evidência, podemos extrapolar seus resultados para o tratamento cirúrgico de alongamento

tendinoso. Este último mostrou-se limitado na prevenção da progressão da luxação no longo prazo, conforme previamente descrito, por diversos autores em séries históricas (28,30,84).

Dados derivados do registro sueco de paralisia cerebral permitiram a Kiapekos e colaboradores compararem os resultados de coortes submetidas a tenotomias isoladas ou associadas a ODVF (28). Apesar de encontrarem diferença pequena entre as recidivas após os dois procedimentos, estas foram menores no grupo da cirurgia óssea, mesmo tendo este uma maior proporção de pacientes com pior MP pré operatório, fator sabidamente relacionado à maior falha pós operatória. Suas coortes também contaram com idades médias na cirurgia índice abaixo de 6 anos, o que aumenta a chance de recidiva no seguimento, conforme previamente discutido. Análise de sobrevida dos quadris livres de reoperação com curvas de Kaplan-Meyer evidenciaram que 50% das falhas ocorriam cerca de 2 anos mais cedo na abordagem isolada de partes moles. Todos esses dados corroboraram para o protocolo usado no tratamento dos pacientes do nosso estudo, onde as tenotomias isoladas não eram usadas como tratamento definitivo, mas somente como uma etapa antes dos pacientes chegarem à idade mais adequada para os procedimentos ósseos.

A medialização da diáfise femoral, apesar de tecnicamente ser o padrão nas ODVF, sempre visou principalmente o melhor alinhamento do eixo mecânico do membro inferior, e não tinha relação específica com o proposto no presente estudo. Em 1994, Parent e colaboradores, com o intuito de diminuir o risco de úlceras por pressão, comuns após ODVF em PC quando não há medialização adequada da diáfise, e o trocânter maior se torna mais proeminente lateralmente, sugeriram uma modificação da técnica cirúrgica, que chamaram de

encurtamento do colo femoral (86). Nesta, a placa lâmina era introduzida pelo canal medular do colo femoral, através do foco da osteotomia, permitindo medialização maior da diáfise, e menor proeminência trocantérica. Ao acompanharem 14 pacientes por 19 meses em média, encontraram uma taxa de remodelação em valgo menor do que a descrita na literatura precedente. Apesar de não ter sido o objetivo inicial da sua modificação técnica, a menor taxa de remodelação foi o primeiro relato associando medialização e remodelação óssea. Com o mesmo intuito de diminuir riscos de complicações de ferida e úlceras de pressão, Davids e colaboradores descreveram o índice de medialização (Mel), por nós utilizado, em estudo comparando a técnica padrão de ODVF com a técnica similar à descrita em 1994 pelo grupo parisiense (77). Avaliaram a taxa de remodelação após as duas técnicas e identificaram menor remodelação de ACD e ACED com a técnica francesa, onde o Mel médio no POI era significativamente maior do que na técnica padrão. Esse fato foi similar ao encontrado na nossa coorte, apesar dos valores absolutos não serem os mesmos, o que dificulta a definição de um valor de corte seguro que deva ser objetivado quando da cirurgia corretiva. Apesar de não terem encontrado diferença significativa no total de complicações entre os grupos, somente o grupo da técnica sem medialização adicional apresentou casos de recorrência da luxação paralítica.

A explicação por trás deste fator protetor pode estar ligada à hipótese de que ao medializarmos a diáfise, o fulcro desta mais medial do colo femoral aumentaria a participação da força dos abdutores e extensores na resultante e diminuiria de forma similar a participação dos flexo adutores. Esse fato se deve ao princípio físico de momento de uma força, e estaríamos aumentando a

distância entre o ponto de ação da força abduutora e o fulcro, com consequente aumento do seu momento. O vetor resultante tornar-se-ia desta forma mais horizontal. Assim, utilizando os conceitos de remodelação óssea descritos por Julius Wolff ainda no século 19, podemos assumir uma mudança na direção da remodelação óssea do fêmur proximal. Barak e colaboradores avaliaram isso em modelo animal, em 2011, identificando que a orientação trabecular óssea se modifica de acordo com a direção da força resultante aplicada na articulação testada (102). A menor remodelação nos casos com maior Mel sugere que exista relação entre a direção da resultante e a taxa de retorno da morfologia original, uma vez que as forças musculares alteradas seguem atuando, mesmo que de forma atenuada no curto prazo. Além disso, a direção dessa remodelação, perpendicular à resultante, é sugerida por diversos estudos que relacionam a displasia do quadril, primária ou secundária à PC, ao maior valgismo da cabeça femoral e horizontalização da fise proximal femoral (97,99,103).

Além de termos encontrado uma forte correlação do maior Mel com menor índice de recidiva pós operatório, a medialização da diáfise no POI foi o único fator que manteve sua influência na análise multivariada, levando em consideração os fatores de confundimento. Isso nos sugere um efeito protetor que pode ser utilizado numa eventual modificação técnica, onde uma “faixa segura” de medialização poderia ser almejada e personalizada para cada paciente baseando-se na sua morfologia inicial. Por se tratar de uma razão, o Mel não é influenciado por diferentes escalas ou magnificações de imagens radiológicas, desde que as radiografias sigam o padrão que permite sua maior reprodutibilidade. Vale ressaltar que avaliamos essa reprodutibilidade inter e

intra observadores, e a mesma se mostrou satisfatória, com diferenças entre medições pequenas em todas as comparações.

Por fim, ao avaliarmos as complicações pós operatórias, encontramos como mais importante a NAV da cabeça femoral, presente em cerca de 25% dos quadris operados. No entanto, apesar de classificadas como Clavien Dindo (CD) 4 em potencial, a maioria (75%) consistiu NAV tipos 1 e 2 de Kruczynski, não impactando os pacientes com dor ou limitação funcional. Chang, em 2016, encontrou incidência de 5,7% de NAV no 179 quadris estudados, mas não houve categorização da necrose não sendo possível avaliar seu impacto funcional (115). Shea e colaboradores estudaram os fatores de risco para hospitalização prolongada e complicações pós operatórias em 127 pacientes não deambuladores submetidos à reconstrução dos quadris (36). Identificaram que as comorbidades clínicas estão associadas à incidência de complicações pós operatórias, de forma de a cada comorbidade adicional, o risco de complicações Clavien Dindo 3,4 ou 5 aumenta 2.6 vezes. Também encontraram 91% dos pacientes com ao menos uma complicação CD 1 ou 2 e 23% com ao menos uma complicação CD 3,4 ou 5. Nós encontramos 17,2% com ao menos uma complicação tipos 1 ou 2, e 37,32% com complicações 3 ou 4. No modelo descrito pelo grupo de Boston, a presença de 4 comorbidades foi associada a probabilidade de complicação CD 3,4 ou 5 de 95% contra 13% nos pacientes sem comorbidades. Ademais, identificaram que os pacientes GMFCS 5 são especialmente suscetíveis a complicações maiores.

Além disso, a morfologia final do quadril, classificada pela MCPHCS (73), apesar de utilizada como estratificação para o resultado final do quadril pós tratamento, não apresentou relação direta com dor ou dificuldade de sedestação

dos pacientes, em nossa observação. Apesar de descrito para utilização na maturidade esquelética, alguns autores extrapolam o uso do MCPHCS para todos os momentos de avaliação dos quadris em PC, o que foge do escopo deste (121). No entanto, neste estudo, em coorte de 253 quadris operados em 140 pacientes, foi encontrada incidência de 30 a 45% de resultados insatisfatórios nos quadris MCPHCS 3 e 4, ou MP entre 15 e 29%. De forma contraditória, nosso grupo de estudo não apresentou relação entre MCPHCS e maior dor ou dificuldade de sedestação, o que definiu maus resultados clínicos. Como anteriormente dito, não entendemos o MCPHCS como bom método de estratificação de grupos durante o tratamento, então só usamos este sistema na classificação final dos quadris, conforme idealizado pelo grupo de Melbourne e validado quanto à sua reprodutibilidade (122).

Nosso estudo apresentou pontos fortes, incluindo uma amostra relevante em tamanho, baseada em cálculo amostral robusto; o seguimento até a maturidade esquelética, que permite avaliar todo o período de maior remodelação óssea e chance de falha do tratamento e a padronização radiológica e da medição do Mel, incluindo a análise de sua reprodutibilidade entre observações e observadores. Além disso, a homogênea abordagem de toda a população do estudo segundo o mesmo protocolo cirúrgico e pelo mesmo grupo de cirurgiões, aumenta a confiança de que os resultados são reprodutíveis dado que se utilize a mesma padronização propedêutica.

Por outro lado, o caráter retrospectivo do estudo pode ser considerado um ponto fraco, pois favorece seleções mesmo que involuntárias de pacientes diante da sua disponibilidade documental. Este viés, no entanto, foi minimizado por tratar-se de população do estado de Victoria, na Austrália, que apresenta

programa de vigilância e registro de pacientes com paralisia cerebral bem estabelecido, onde virtualmente todos os pacientes com PC são documentados e acompanhados, com baixíssimos índices de perdas de seguimento.

Como perspectiva futura relacionada ao projeto e seus resultados, imaginamos que, ao definirmos uma faixa de Mel correlacionada à redução da recidiva da instabilidade do quadril, possamos instituí-la como valor a ser objetivado quando for realizada a ODVF. Com isso, por aritmética simples, tendo o Mel e o comprimento do segmento do colo femoral do paciente, podemos identificar quanto devemos medializar em valores absolutos o eixo médio da diáfise a fim de obter o fator protetor da medialização da diáfise femoral proposta.



## 7 CONCLUSÃO

---

- O grau de medialização da diáfise femoral tem impacto sobre a recidiva de luxação do quadril pós ODVF em pacientes com PC, de forma que quanto maior a medialização, menor o risco de recidiva
- A ODVF consegue corrigir de forma significativa os parâmetros radiográficos femorais encontrados em pacientes com PC e instabilidade de quadril
- A recidiva após ODVF se apresenta em cerca de 15% dos pacientes não deambuladores operados, sendo necessária reoperação antes da maturidade esquelética em 10%.
- Fatores de risco individualmente associados à recidiva foram maior MP, ACD, ACED e IA pré operatórios e Mel no POI. No entanto, somente o Mel se mantém relevante como fator de risco na análise multivariada.
- A remodelação acetabular ocorre secundariamente à ODVF no longo prazo, numa velocidade média de 0,05° ao mês, reforçando a importância de uma articulação do quadril congruente para remodelação da mesma.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

1. Cans C. Surveillance of cerebral palsy in Europe: A collaboration of cerebral palsy surveys and registers. *Dev Med Child Neurol*. 2000;42(12):816–24.
2. Blair E, Cans C, Sellier E. Epidemiology of the cerebral palsies. *Cereb Palsy A Multidiscip Approach*, Third Ed [Internet]. 2018;41(4):19–28. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocl.2010.06.004>
3. Bax M, Tydeman C, Flodmark O. Clinical and MRI correlates of cerebral palsy: The European cerebral palsy study. *J Am Med Assoc*. 2006;296(13):1602–8.
4. Howard J, Soo B, Graham HK, Boyd RN, Reid S, Lanigan A, et al. Cerebral palsy in Victoria: Motor types, topography and gross motor function. *J Paediatr Child Health*. 2005;41(9–10):479–83.
5. Hirtz D, Thurman DJ, Gwinn-Hardy K, Mohamed M, Chaudhuri AR, Zalutsky R. How common are the “common” neurologic disorders? *Neurology*. 2007;68(5):326–37.
6. Rosenbaum P, Paneth N, Leviton A, Murray G, Bax M. Definition and classification of cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. 2007;49(3):166.
7. Shore BJ, Graham HK. Management of Moderate to Severe Hip Displacement in Nonambulatory Children with Cerebral Palsy. *JBJS Rev*. 2017;5(12):e4.
8. Terjesen T. The natural history of hip development in cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. 2012;54(10):951–7.
9. Terjesen T. Development of the hip joints in unoperated children with cerebral palsy: A radiographic study of 76 patients. *Acta Orthop*. 2006;77(1):125–31.
10. Wordie SJ, Robb JE, Häggglund G, Bugler KE, Gaston MS. Hip displacement and dislocation in a total population of children with cerebral palsy in Scotland. *Bone Jt J*. 2020;102(3):383–7.
11. Häggglund G, Alriksson-Schmidt A, Rodby-Bousquet E, Wagner P, Westbom L. Prevention of dislocation of the hip in children with cerebral palsy: 20 year results of a population based prevention programme. *Bone Jt J*. 2014;96:1546–52.
12. Marcström A, Häggglund G, Alriksson-Schmidt AI. Hip pain in children with cerebral palsy:

- A population-based registry study of risk factors. *BMC Musculoskelet Disord*. 2019;20(1):1–10.
13. Ramstad K, Jahnsen RB, Terjesen T. Severe hip displacement reduces health-related quality of life in children with cerebral palsy: A population-based study of 67 children. *Acta Orthop*. 2017;88(2):205–10.
  14. Palisano R, Rosenbaum P, Walter S, Russell D, Wood E, Galuppi B. Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. 1997;39(2):214–23.
  15. BADGLEY CE, ISAACSON AS. Operative therapy for slipped upper femoral epiphysis; an end-result study. Vol. 30, *The Journal of bone and joint surgery. American volume*. 1948. p. 19–30.
  16. Rosenbaum PL, Walter SD, Hanna SE, Palisano RJ, Russell DJ, Raina P, et al. Prognosis for gross motor function in cerebral palsy: Creation of motor development curves. *J Am Med Assoc*. 2002;288(11):1357–63.
  17. Hanna SE, Rosenbaum PL, Bartlett DJ, Palisano RJ, Walter SD, Avery L, et al. Stability and decline in gross motor function among children and youth with cerebral palsy aged 2 to 21 years. *Dev Med Child Neurol*. 2009;51(4):295–302.
  18. Palisano RJ, Rosenbaum P, Bartlett D, Livingston MH. Content validity of the expanded and revised Gross Motor Function Classification System. *Dev Med Child Neurol*. 2008;50(10):744–50.
  19. Palisano RJ, Hanna SE, Rosenbaum PL, Tieman B. Probability of walking, wheeled mobility, and assisted mobility in children and adolescents with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. 2010;52(1):66–71.
  20. Hägglund G, Lauge-Pedersen H, Wagner P. Characteristics of children with hip displacement in cerebral palsy. *BMC Musculoskelet Disord*. 2007;8:101.
  21. Shrader MW, Wimberly L, Thompson R. Hip Surveillance in Children with Cerebral Palsy. *J Am Acad Orthop Surg*. 2019;27(20):760–8.
  22. Huser A, Mo M, Hosseinzadeh P. Hip Surveillance in Children with Cerebral Palsy. *Orthop Clin North Am [Internet]*. 2018;49(2):181–90. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ocl.2017.11.006>

23. Connelly A, Flett P, Graham HK, Oates J. Hip surveillance in Tasmanian children with cerebral palsy. *J Paediatr Child Health*. 2009;45(7–8):437–43.
24. Gaston MS. CIPPS : musculoskeletal and hip surveillance for children with cerebral palsy. *Paediatr Child Health (Oxford)* [Internet]. 2019;29(11):489–94. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.paed.2019.07.013>
25. Park JY, Choi Y, Cho BC, Moon SY, Chung CY, Lee KM, et al. Progression of Hip Displacement during Radiographic Surveillance in Patients with Cerebral Palsy. *J Korean Med Sci* [Internet]. 2016;31(7):1143. Available from: <http://synapse.koreamed.org/DOIx.php?id=10.3346/jkms.2016.31.7.1143>
26. Shore BJ, Shrader MW, Narayanan U, Miller F, Graham HK, Mulpuri K. Hip surveillance for children with cerebral palsy: A survey of the POSNA membership. *J Pediatr Orthop*. 2017;37(7):e409–14.
27. Howard JJ, Willoughby K, Thomason P, Shore BJ, Graham K, Rutz E. Hip Surveillance and Management of Hip Displacement in Children with Cerebral Palsy: Clinical and Ethical Dilemmas. *J Clin Med*. 2023;12(4).
28. Kiapekos N, Broström E, Hägglund G, Åstrand P. Primary surgery to prevent hip dislocation in children with cerebral palsy in Sweden: a minimum 5-year follow-up by the national surveillance program (CPUP). *Acta Orthop*. 2019;90(5):495–500.
29. Khalife R, Ghanem I, El Hage S, Dagher F, Kharrat K. Risk of recurrent dislocation and avascular necrosis after proximal femoral varus osteotomy in children with cerebral palsy. *J Pediatr Orthop Part B*. 2010;19(1):32–7.
30. Agarwal KN, Chen C, Scher DM, Dodwell ER. Migration percentage and odds of recurrence/ subsequent surgery after treatment for hip subluxation in pediatric cerebral palsy: A meta-analysis and systematic review. *J Child Orthop*. 2019;13(6):582–92.
31. Abdo JCM, Forlin E. Hip dislocation in cerebral palsy: evolution of the contralateral side after reconstructive surgery. *Rev Bras Ortop (English Ed)* [Internet]. 2016;51(3):329–32. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2255497116300192>
32. Zhang S, Wilson NC, Mackey AH, Stott NS. Radiological outcome of reconstructive hip surgery in children with gross motor function classification system IV and V cerebral palsy. *J Pediatr Orthop B* [Internet]. 2014;23(5):430–4. Available from:

<http://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&PAGE=reference&D=medl&NEWS=N&AN=24950105>

33. Shukla PY, Mann S, Braun S V., Gholve PA. Unilateral hip reconstruction in children with cerebral palsy: Predictors for failure. *J Pediatr Orthop.* 2013;33(2):175–81.
34. Minaie A, Gordon JE, Schoenecker P, Hosseinzadeh P. Failure of Hip Reconstruction in Children with Cerebral Palsy: What Are the Risk Factors? *J Pediatr Orthop.* 2022;42(1):E78–82.
35. Rutz E, Vavken P, Camathias C, Haase C, Stephanie J, Brunner R. Long-Term Results and Outcome Predictors in One-Stage Hip Reconstruction in Children with Cerebral Palsy. *J Bone Jt Surg.* 2015;97:500–6.
36. Shea J, Nunally KD, Miller PE, Difazio R, Matheney TH, Snyder B, et al. Hip Reconstruction in Nonambulatory Children with Cerebral Palsy: Identifying Risk Factors Associated with Postoperative Complications and Prolonged Length of Stay. *J Pediatr Orthop.* 2020;40(10):E972–7.
37. Asma A, Ulusaloglu AC, Shrader MW, Miller F, Rogers KJ, Howard JJ. Hip Displacement After Triradiate Cartilage Closure in Nonambulatory Cerebral Palsy. 2023;27–34.
38. Shore BJ, Zurakowski D, Dufreny C, Powell D, Matheney TH, Snyder BD. Proximal Femoral Varus Derotation Osteotomy in Children with Cerebral Palsy. *J Bone Jt Surgery, Am Vol.* 2015;2024–31.
39. Shore BJ, Powell D, Miller PE, Matheney TH, Snyder BD. Acetabular and femoral remodeling after varus derotational osteotomy in cerebral palsy: The effect of age and Gross Motor Function Classification Level. *J Pediatr Orthop Part B.* 2016;25(4):322–30.
40. Mallet C, Ilharreborde B, Presedo A, Khairouni A, Mazda K, Penneçot GF. One-stage hip reconstruction in children with cerebral palsy: long-term results at skeletal maturity. *J Child Orthop.* 2014;8(3):221–8.
41. Miller F. Etiology of Hip Displacement in Children with Cerebral Palsy. *Cereb Palsy.* 2020;1881–91.
42. Cowin SC. Wolff's law of trabecular architecture at remodeling equilibrium. *J Biomech Eng.* 1986;108(1):83–8.
43. Barak MM, Lieberman DE, Hublin JJ. A Wolff in sheep's clothing: Trabecular bone

- adaptation in response to changes in joint loading orientation. *Bone*. 2011;49(6):1141–51.
44. Hermanson M, Hägglund G, Riad J, Rodby-Bousquet E. Inter- and intra-rater reliability of the head-shaft angle in children with cerebral palsy. *J Child Orthop*. 2017;11(4):256–62.
  45. Finlayson L, Czuba T, Gaston MS, Hägglund G, Robb JE. The head shaft angle is associated with hip displacement in children at GMFCS levels III-V - A population based study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2018;19(1):1–4.
  46. Kummer B. Is the Pauwels' theory of hip biomechanics still valid? A critical analysis, based on modern methods. *Ann Anat [Internet]*. 1993;175(3):203–10. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S0940-9602\(11\)80002-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0940-9602(11)80002-6)
  47. Stops A, Wilcox R, Jin Z. Computational modelling of the natural hip : a review of finite element and multibody simulations. 2012;15(9):963–79.
  48. Gao Y, Chai W, An Z, Chen X, Dong Z, Zhang Z, et al. Effect of Hip Joint Center on Multi-body Dynamics and Contact Mechanics of Hip Arthroplasty for Crowe IV Dysplasia. *Orthop Surg*. 2022 Nov 1;14(11):3061–9.
  49. Alves SA, Polzehl J, Brisson NM, Bender A, Agres AN, Damm P, et al. Ground reaction forces and external hip joint moments predict in vivo hip contact forces during gait. *J Biomech*. 2022 Apr 1;135.
  50. Miller F, Slomczykowski M, Cope R, Lipton GE. Computer Modeling of the Pathomechanics of Spastic Hip Dislocation in Children Summary : *J Pediatr Orthop*. 1999;19(August):486–92.
  51. Kaufman KR, An KN, Chao EYS. Incorporation of muscle architecture into the muscle length-tension relationship. *J Biomech*. 1989;22(8–9):943–8.
  52. Vafaeian B, Zonoobi D, Mabee M, Hareendranathan AR, El-Rich M, Adeeb S, et al. Finite element analysis of mechanical behavior of human dysplastic hip joints: a systematic review. *Osteoarthr Cartil [Internet]*. 2017;25(4):438–47. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joca.2016.10.023>
  53. Howard CB, McKibbin B, Williams LA, Mackie I. Factors affecting the incidence of hip dislocation in cerebral palsy. *J bone Jt Surg [Internet]*. 1985;67(4):530–2. Available from: <http://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&PAGE=reference&D=med2&NEWS=N&AN=4>

030844

54. Cooke PH, Cole WG, Carey RP. Dislocation of the hip in cerebral palsy. Natural history and predictability. *J Bone Joint Surg Br* [Internet]. 1989;71(3):441–6. Available from: <http://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&PAGE=reference&D=med3&NEWS=N&AN=2722938>
55. Shefelbine SJ, Carter DR. Mechanobiological predictions of growth front morphology in developmental hip dysplasia. *J Orthop Res*. 2004;22(2):346–52.
56. Bagg MR, Farber J, Miller F. Long Term Follow Up Hip Subluxation in cerebral palsy patients. 1993. p. 32–6.
57. Schmale GA, Eilert RE, Chang F, Seidel K. High reoperation rates after early treatment of the subluxating hip in children with spastic cerebral palsy. *J Pediatr Orthop*. 2006;26(5):617–23.
58. Soo B, Howard JJ, Boyd RN, Reid SM, Lanigan A, Wolfe R, et al. Hip displacement in cerebral palsy. *J Bone Jt Surg - Ser A*. 2006;88(1):121–9.
59. Chang CH, Wang YC, Ho PC, Hwang AW, Kao HK, Lee WC, et al. Determinants of Hip Displacement in Children With Cerebral Palsy. *Clin Orthop Relat Res*. 2015;473(11):3675–81.
60. Pruszczynski B, Sees J, Miller F. Risk Factors for Hip Displacement in Children With Cerebral Palsy: Systematic Review. *J Pediatr Orthop*. 2015;36(8):829–33.
61. Robin J, Graham HK, Selber P, Dobson F, Smith K, Baker R. Proximal femoral geometry in cerebral palsy: a population-based cross-sectional study. *J Bone Joint Surg Br*. 2008;90(10):1372–9.
62. Eilert RE, McEwen DG. Varus derotational osteotomy of the femur in cerebral palsy.pdf. *Clin Orthop Relat Res*. 1977;125:168–72.
63. Heimkes B, Stotz S, Heid T. Pathogenese und Prävention der spastischen Hüftluxation. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*. 2008;130(05):413–8.
64. de Windt F, Spoor C, Huson A, Duijfjes F. A model for the study of hip dysplasia in the spastic child. *Acta Orthop Belg*. 1984;50(2):143–7.
65. Gose S, Sakai T, Shibata T. Morphometric Analysis of the Femur in Cerebral Palsy : 3-dimensional CT Study. 2010;30(6):568–74.

66. Russell DJ, Rosenbaum PL, Cadman DT, Gowland C, Hardy S, Jarvis S. the Gross Motor Function Measure: a Means To Evaluate the Effects of Physical Therapy. *Dev Med Child Neurol.* 1989;31(3):341–52.
67. Scrutton D, Baird G, Smeeton N. Hip dysplasia in bilateral cerebral palsy: incidence and natural history in children aged 18 months to 5 years. *Dev Med Child Neurol.* 2001;43(9):586–600.
68. Givon U. Management of the spastic hip in cerebral palsy. *Curr Opin Pediatr.* 2017;29(1):65–9.
69. Bugler KE, Gaston MS, Robb JE. Hip displacement in children with cerebral palsy in Scotland: A total population study. *J Child Orthop.* 2018;12(6):635–9.
70. Terjesen T. Development of the hip joints in unoperated children with cerebral palsy: a radiographic study of 76 patients. *Acta Orthop.* 2006;77(1):125–31.
71. Reimers J. The Stability of the Hip in Children. *Acta Orthop Scand.* 1980;(S184).
72. Kalen V, Bleck EE. PREVENTION OF SPASTIC PARALYTIC DISLOCATION OF THE HIP. *Dev Med Child Neurol* [Internet]. 1985 Nov 12 [cited 2016 Aug 2];27(1):17–24. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1469-8749.1985.tb04520.x>
73. Robin J, Graham HK, Baker R, Selber P, Simpson P, Symons S, et al. A classification system for hip disease in cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 2009;51(3):183–92.
74. Presedo A, Oh C-W, Dabney KW, Miller F. Soft-tissue releases to treat spastic hip subluxation in children with cerebral palsy. *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87(4):832–41.
75. Shore BJ, Martinkevich P, Riazi M, Baird E, Encisa C, Willoughby K, et al. Reliability of Radiographic Assessments of the Hip in Cerebral Palsy. *J Pediatr Orthop.* 2018;39(7):536–41.
76. Wynter M, Gibson N, Willoughby KL, Love S, Kentish M, Thomason P, et al. Australian hip surveillance guidelines for children with cerebral palsy: 5-year review. *Dev Med Child Neurol.* 2015;57(9):808–20.
77. Davids JR, Gibson TW, Pugh LI, Hardin JW. Proximal Femoral Geometry Before and After Varus Rotational Osteotomy in Children With Cerebral Palsy and Neuromuscular Hip Dysplasia. *J Pediatr Orthop.* 2013;33(2):182–9.
78. Alí-Morell OJ, Zurita-Ortega F, Davó-Jiménez I, Segura-Biedma S. Acetabular-



- epiphyseal angle and hip dislocation in cerebral palsy: a preliminary study. *Radiologia* [Internet]. 2018;60(3):217–22. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.rxeng.2018.03.005>
79. Terjesen T. To what extent can soft-tissue releases improve hip displacement in cerebral palsy?: A prospective population-based study of 37 children with 7 years' follow-up. *Acta Orthop*. 2017;88(6):695–700.
  80. Graham HK. Does Botulinum Toxin A Combined with Bracing Prevent Hip Displacement in Children with Cerebral Palsy and “Hips at Risk”?&lt;sbt aid="1228926"&gt;A Randomized, Controlled Trial&lt;/sbt&gt; J Bone Jt Surg [Internet]. 2008;90(1):23. Available from: <http://jbjs.org/cgi/doi/10.2106/JBJS.F.01416>
  81. Hsieh HC, Wang TM, Kuo KN, Huang SC, Wu KW. Guided Growth Improves Coxa Valga and Hip Subluxation in Children with Cerebral Palsy. *Clin Orthop Relat Res*. 2019;477(11):2568–76.
  82. Graham HK, Boyd R, Carlin JB, Dobson F, Lowe K, Natrass G, et al. Does botulinum toxin A combined with bracing prevent hip displacement in children with cerebral palsy and “hips at risk”? A randomized, controlled trial. *J Bone Jt Surg*. 2008;90(1):23–33.
  83. Miller F. Soft-tissue release for spastic hip subluxation in cerebral palsy. *J Pediatr Orthop*. 1997;17(5):571–84.
  84. Ha M, Okamoto T, Fukuta T, Tsuboi Y, Shirai Y, Hattori K, et al. Preoperative radiologic predictors of successful soft tissue release surgery for hip subluxation among cerebral palsy patients: A STROBE compliant study. *Med (United States)*. 2018;97(33).
  85. Graham HK, Selber P. Musculoskeletal aspects of cerebral palsy. *J Bone Jt Surg - Ser B*. 2003;85(2):157–66.
  86. Parent H, Zeller R, Mascard E, Miladi L, Seringe R. Modified Femoral Varization Osteotomy for the Unstable Hip in Cerebral Palsy .pdf. *J Pediatr Orthop B*. 1994;(3):18–21.
  87. Davids JR. Management of Neuromuscular Hip Dysplasia in Children With Cerebral Palsy: Lessons and Challenges. *J Pediatr Orthop*. 2018;38(6):S21–7.
  88. Hoffer MM, Stein GA, Koffman M, Prietto M. Femoral varus-derotation osteotomy in spastic cerebral palsy. *J Bone Joint Surg Am* [Internet]. 1985 Oct;67(8):1229—1235.

Available from: <http://europepmc.org/abstract/MED/4055848>

89. El-Sobky TA, Fayyad TA, Kotb AM, Kaldas B. Bony reconstruction of hip in cerebral palsy children Gross Motor Function Classification System levels III to V: A systematic review. *J Pediatr Orthop Part B*. 2018;27(3):221–30.
90. Hosseinzadeh P, Baldwin K, Minaie A, Miller F. Management of hip disorders in patients with cerebral palsy. *JBJs Rev*. 2020;8(3):1–8.
91. Terjesen T. Femoral and pelvic osteotomies for severe hip displacement in nonambulatory children with cerebral palsy: a prospective population-based study of 31 patients with 7 years' follow-up. *Acta Orthop*. 2019;90(6):614–21.
92. Brunner R, Baumann JU. Long-term effects of intertrochanteric varus-derotation osteotomy on femur and acetabulum in spastic cerebral palsy: an 11-to 18-year follow-up study. *J Pediatr Orthop*. 1997;17(5):585–91.
93. Mazur JM, Danko AM, Standard SC, Loveless EA, Cummings RJ. Remodeling of the proximal femur after varus osteotomy in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. 2004;46(6):412–5.
94. Oh CW, Presedo A, Dabney KW, Miller F. Factors affecting femoral varus osteotomy in cerebral palsy: A long-term result over 10 years. *J Pediatr Orthop Part B*. 2007;16(1):23–30.
95. Carroll KL, Stotts AK, Baird GO, Thorman AL, Talmage M, Moss WD, et al. Factors Influencing Outcomes of the Dysplastic Hip in Nonambulatory Children with Cerebral Palsy. *J Pediatr Orthop*. 2021;41(4):221–6.
96. Chang FM, May A, Faulk LW, Flynn K, Miller NH, Rhodes JT, et al. Outcomes of Isolated Varus Derotational Osteotomy in Children With Cerebral Palsy Hip Dysplasia and Predictors of Resubluxation. *J Pediatr Orthop*. 2016;00(00):1–5.
97. Hermanson M, Hägglund G, Riad J, Wagner P. Head-shaft angle is a risk factor for hip displacement in children with cerebral palsy. *Acta Orthop*. 2015;86(2):229–32.
98. van der List JPJ, Witbreuk MM, Buizer AI, van der Sluijs JA. The prognostic value of the head-shaft angle on hip displacement in children with cerebral palsy. *J Child Orthop*. 2015;9(2):129–35.
99. Alí-Morell OJ, Zurita-Ortega F, Davó-Jiménez I, Segura-Biedma S. Acetabular-

- epiphyseal angle and hip dislocation in cerebral palsy: a preliminary study. *Radiologia* [Internet]. 2018;60(3):217–22. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.rx.2018.02.002>
100. Pauwels F. Locomotor Apparatus.
  101. Kummer B. Is the Pauwels' theory of hip biomechanics still valid? A critical analysis, based on modern methods. *Ann Anat.* 1993;175(3):203–10.
  102. Barak MM, Lieberman DE, Hublin JJ. A Wolff in sheep's clothing: Trabecular bone adaptation in response to changes in joint loading orientation. *Bone* [Internet]. 2011;49(6):1141–51. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bone.2011.08.020>
  103. Wyatt M, Weidner J, Pflugger D, Beck M. The Femoro-Epiphyseal Acetabular Roof (FEAR) Index: A New Measurement Associated With Instability in Borderline Hip Dysplasia? *Clin Orthop Relat Res.* 2017;475(3):861–9.
  104. Soo B, Howard J, Boyd R, Reid S, Lanigan A, Wolfe R, et al. Hip Displacement in Cerebral Palsy. *J Bone Jt Surg Am.* 2006;88-A(1):121–9.
  105. Vallim FC de M, Nogueira-Barbosa MH, da Cruz HA, Viana VM, Ferzeli MV, Guimarães JAM. Conventional versus locked plates for hip dislocation in cerebral palsy: a matched cohort analysis. *Eur J Orthop Surg Traumatol* [Internet]. 2023;(0123456789). Available from: <https://doi.org/10.1007/s00590-023-03568-0>
  106. M. W, N. G, K.L. W, S. L, M. K, P. T, et al. Australian hip surveillance guidelines for children with cerebral palsy: 5-year review. *Dev Med Child Neurol* [Internet]. 2015;57(9):808–20. Available from: <http://www.embase.com/search/results?subaction=viewrecord&from=export&id=L603626837%5Cnhttp://dx.doi.org/10.1111/dmcn.12754%5Cnhttp://elvis.ubvu.vu.nl:9003/vulink?sid=EMBASE&issn=14698749&id=doi:10.1111%2Fdmcn.12754&atitle=Australian+hip+surveillance+guid>
  107. Whitaker AT, Gesheff MG, Jauregui JJ, Herzenberg JE. Comparison of PACS and Bone Ninja mobile application for assessment of lower extremity limb length discrepancy and alignment. *J Child Orthop.* 2016;10(5):439–43.
  108. Mose K. Methods of measuring in Legg-Calvé-Perthes disease with special regard to the prognosis. *Clin Orthop Relat Res* [Internet]. 1980;(150):103–9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7428206>

109. Sink EL, Leunig M, Zaltz I, Gilbert JC, Clohisy J. Reliability of a complication classification system for orthopaedic surgery hip. *Clin Orthop Relat Res.* 2012;470(8):2220–6.
110. Kruczynski J. Avascular necrosis after nonoperative treatment of developmental hip dislocation: prognosis in 36 patients followed 17-26 years. *Acta Orthop.* 1995;66(3):239–44.
111. Koch A, Jozwiak M, Idzior M, Molinska-Glura M, Szulc A. Avascular necrosis as a complication of the treatment of dislocation of the hip in children with cerebral palsy. *Bone Jt J.* 2015;97-B(2):270–6.
112. Ulusaloglu AC, Asma A, Rogers KJ, Shrader MW, Miller F, Howard JJ. Femoral Head Deformity Associated With Hip Displacement in Nonambulatory Cerebral Palsy: Results at Skeletal Maturity. *J Pediatr Orthop.* 2022; Publish Ah(3):156–61.
113. Pagnano RG, Okubo R, Volpon JB. Development and mechanical testing of a short intramedullary nail for fixation of femoral rotational osteotomy in cerebral palsy patients. *Biomed Eng Online [Internet].* 2011;10(1):57. Available from: <http://www.biomedical-engineering-online.com/content/10/1/57>
114. Brooker AF, Bowerman JW, Robinson RA, Riley LH. Ectopic Ossification Following Total Hip Replacement. *J Bone Jt Surgery, Am Vol.* 1973;55(8).
115. Chang FM, May A, Faulk LW, Flynn K, Miller NH, Rhodes JT, et al. Outcomes of Isolated Varus Derotational Osteotomy in Children with Cerebral Palsy Hip Dysplasia and Predictors of Resubluxation. *J Pediatr Orthop.* 2018;38(5):274–8.
116. Vallim FC de M, Cruz HA da, Rodrigues RC, Abreu CSG de, Godoy EDP, Cunha MG. The use of pediatric locked plates in the paralytic hip: preliminary results of 61 cases. *Rev Bras Ortop [Internet].* 2018;53(6):674–80. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.rbo.2017.09.007>
117. Zakrzewski AM, Bryant AJ, McCarthy JJ. Can Over-containment Prevent Recurrence in Children with Cerebral Palsy and Hip Dysplasia Undergoing Hip Reconstruction? *J Pediatr Orthop.* 2022;42(6):300–6.
118. Zupanc O, Antolič V, Igljič A, Jaklič A, Kralj-Igljič V, Stare J, et al. The assessment of contact stress in the hip joint after operative treatment for severe slipped capital femoral

- epiphysis. *Int Orthop*. 2001;25(1):9–12.
119. Igljč A, Antolic V, Srakar F. Biomechanical analysis of various operative hip joint rotation center shifts. *Arch Orthop Trauma Surg*. 1993;112:124–6.
120. de Windt F, Spoor C, Huson A, Duijfjes F. A model for the study of hip dysplasia in the spastic child. *Acta Orthop Belg*. 1984;50(2):143–7.
121. Chen BPJ, Çobanođlu M, Sees JP, Rogers KJ, Miller F. Recurrent hip instability after hip reconstruction in cerebral palsy children with spastic hip disease. *J Orthop Sci*. 2023;28(1):156–60.
122. Murnaghan ML, Simpson P, Robin JG, Shore BJ, Selber P, Graham HK. The cerebral palsy hip classification is reliable: an inter- and intra-observer reliability study. *J Bone Joint Surg Br*. 2010;92(3):436–41.

## ANEXO A. LICENÇA DA COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA (CEP)

---

### ORGANISATIONAL APPROVAL: Exempt from Ethics Review (CLINICAL AUDITS/QUALITY ACTIVITY)



7 June 2023

Professor Kerr Graham  
Orthopaedics  
The Royal Children's Hospital Melbourne

Dear Professor Graham,

**Project Title:** A retrospective audit of surgery for hip displacement in children and adolescents with cerebral palsy

---

**HREC Reference Number:** QA/99386/RCHM-2023

I am pleased to advise that the above clinical audit/quality assurance project has been reviewed by The Royal Children's Hospital Melbourne research office. The office confirms that this proposal is exempt from HREC review and therefore has been reviewed and approved via an alternate pathway.

The proposal is consistent with the NHMRC Ethical Considerations in Quality Assurance and Evaluation Activities (2014) guideline. The project is authorised to commence.

**Approval Date:** 7 June 2023\*

*\*Please note the project is approved up to two years. Progress (or final) reports are not required for negligible risk research, clinical audits or quality activity projects.*

**Approved Documents:**

The following documents have been reviewed and approved:

Document	Version	Date
Protocol	2.0	6 June 2023

**Conditions of Organisational Approval:**

- The project must adhere to the NHMRC Ethical Considerations in Quality Assurance and Evaluation Activities (2014) guideline
- Notify the reviewing research office of your inability to continue as Coordinating Principal Investigator.
- Notify the reviewing research office of any matters which may impact the conduct of the project.
- The reviewing research office, authorising institution and/or their delegate/s may conduct an audit of the project at any time.
- This study will last no longer than two years past the above approval date; at this time a new application will be required.
- Projects submitted via this pathway cannot be amended once approved; amendments must be submitted as a new application.

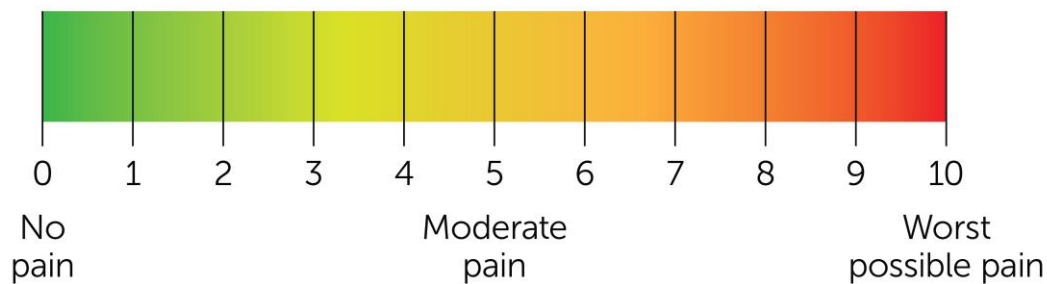
Yours sincerely

**Deeptika Chauhan**  
Research Ethics and Governance Officer  
Research Ethics and Governance  
The Royal Children's Hospital Melbourne  
Phone: (03) 9345 5044  
Email: [rch.ethics@rch.org.au](mailto:rch.ethics@rch.org.au)

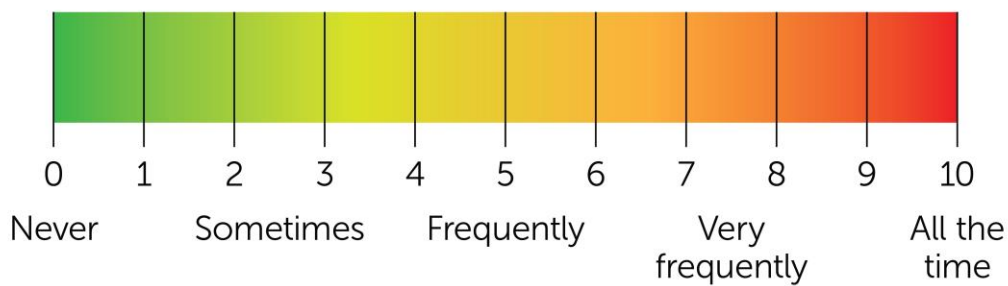
## ANEXO B. ESCALA VISUAL ANALÓGICA DE DOR E DIFICULDADE DE SEDESTAÇÃO (EVA)

---

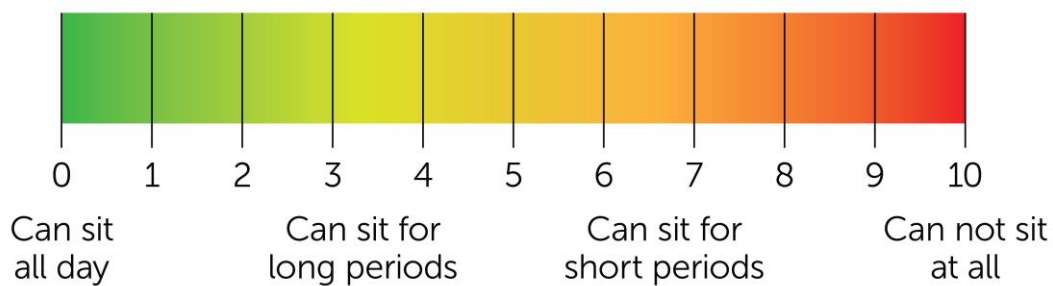
### Hip pain scale



### Frequency of hip pain



### Ability to sit comfortably





## Conventional versus locked plates for hip dislocation in cerebral palsy: a matched cohort analysis

Frederico Coutinho de Moura Vallim<sup>1,2</sup> · Marcello Henrique Nogueira-Barbosa<sup>3,4,5</sup> · Henrique Abreu da Cruz<sup>1</sup> · Vitor Moreira Viana<sup>1,8</sup> · Marwan Volotão Ferzeli<sup>1</sup> · João Antonio Matheus Guimarães<sup>2,6,7</sup>

Received: 11 March 2023 / Accepted: 27 April 2023  
© The Author(s), under exclusive licence to Springer-Verlag France SAS, part of Springer Nature 2023

### Abstract

**Purpose** Bone quality of non-ambulatory patients with cerebral palsy (CP) is a matter of concern for proximal femoral varus derotational osteotomies (VDRO). Locking plates (LCP) have been designed to compensate this biological downfall. Little data exist comparing the LCP with the conventional femoral blade plate.

**Methods** We retrospectively studied 32 patients submitted to VDRO (40 hips), operated with blade plates or LCP. Groups were matched, and the minimal follow-up was 36 months. Clinical (age at surgery, sex, GMFCS class, CP patterns) and radiological characteristics (neck shaft angle [NSA], acetabular index [AI], Reimers migration index [MP] and time until bone healing), as well as postoperative complications and the cost of treatment, were evaluated.

**Results** Preoperative clinical characteristics and radiographic measurements were comparable, except for a higher AI in the BP group ( $p < 0.01$ ). Mean follow-up was longer in the LCP group (57.35 vs 34.6 months). Mean NSA, AI and MP had comparable correction with surgery ( $p < 0.01$ ). At final follow-up, dislocation recurrence speed was higher in BP group although not statistically significant (0.56% vs 0.35%/month;  $p = 0.29$ ). The complication rate was similar in both groups ( $p > 0.05$ ). Finally, the cost of the treatment was 62% higher in the LCP group ( $p = 0.01$ ).

**Conclusion** Our cohorts showed LCP or BP equivalence clinically and radiographically in mid-term follow-up, with the former increasing the cost of treatment by a mean of 62%. This may raise a question on the real necessity of locked implants for these operations.

**Level of evidence** Level III—Retrospective comparative study.

**Keywords** Cerebral palsy · Hip dislocation · Osteotomy · Femur · Recurrence

✉ Vitor Moreira Viana  
dr.vitorviana@hotmail.com

Frederico Coutinho de Moura Vallim  
fredericovallim@gmail.com

Marcello Henrique Nogueira-Barbosa  
marcello@fmrp.usp.br

Henrique Abreu da Cruz  
habreucruz@gmail.com

Marwan Volotão Ferzeli  
marwan\_vf@hotmail.com

João Antonio Matheus Guimarães  
jmatheusguimaraes@gmail.com

<sup>1</sup> Hospital Estadual da Criança – SES/RJ, Rio de Janeiro, Brazil

<sup>2</sup> National Institute of Traumatology and Orthopaedics INTO / MS – RJ, Rio de Janeiro, Brazil

<sup>3</sup> Medical Imaging Department, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto from Universidade de São Paulo - FMRP USP, São Paulo, Brazil

<sup>4</sup> Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto from Universidade de São Paulo - FMRP USP, São Paulo, Brazil

<sup>5</sup> Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, Brazil

<sup>6</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro, Brazil

<sup>7</sup> Universidade Federal Fluminense – UFF RJ, Rio de Janeiro, Brazil

<sup>8</sup> Volta Redonda, Brazil