

Trabalho Final de Mestrado

# **Espondilolistese de Alto Grau em Idade Pediátrica**

Discente: Miguel Duarte Matias Ângelo

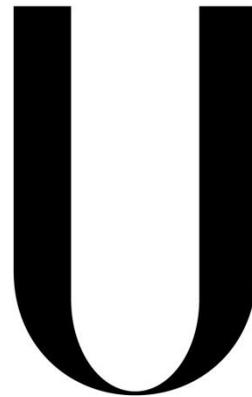
Orientador: Dr. Pedro Manuel Gonçalves Silva Fernandes

Professor Responsável pela Unidade: Professor Doutor Jacinto Monteiro

**Clínica Universitária de Ortopedia**



FACULDADE DE  
**MEDICINA**  
LISBOA



**LISBOA**

---

UNIVERSIDADE  
DE LISBOA

Ano Letivo de 2015/2016

Lisboa, Hospital de Santa Maria, Faculdade de Medicina da Universidade de Lisboa,  
Clínica Universitária de Ortopedia

## **Agradecimento**

Em primeiro lugar, gostaria de deixar o meu agradecimento ao Dr. Pedro Manuel Gonçalves Silva Fernandes que prontamente se disponibilizou para a orientação deste Trabalho Final de Mestrado, a partir da partilha do seu conhecimento e constante atenção e dedicação, sem o qual não seria possível a construção do mesmo.

Agradeço também ao Professor Doutor Jacinto Melo Monteiro pela inspiração e disponibilidade que demonstrou em me receber na Clínica Universitária de Ortopedia para a elaboração deste trabalho.

## Abstract

Spondylolisthesis is a disease that is seen in the pediatric population, with an incidence of about 6%. Consists on a slippage of one vertebra over an underlying one and can bring important neurological complications. With a multifactorial cause, the treatment is one of the most debatable issues, remaining a matter of significant discordance. In the evaluation of the patient there are several classifications, having the “Spinal Deformity Study Group” recently developed a scale that incorporates the degree of slip, according to Meyerding’s classification, the spinopelvic and the pelvic incidence, which helps one to consider the best approach to each patient. Regarding high-grade pediatric spondylolisthesis, with a degree of slip over 50%, surgery may be advised even in asymptomatic patients. The surgeon may have to choose between an arthrodesis *in situ*, without restoration of sagittal anatomy, or the reduction of the slipped vertebra with posterior fusion. Nevertheless, reduction is not always done for its complexity. Instrumentation can be used when there is a risk of the slip progression, even though it does not seem to lessen symptoms. Although many complications may arise from surgical procedure, functional results are generally favorable. Despite all controversy, surgery appears to be the best approach to the high-grade pediatric spondylolisthesis patient.

## Resumo

A espondilolistese é uma doença que afeta a população pediátrica, com uma incidência de cerca de 6%. Consiste no deslizamento de uma vértebra sobre outra subjacente e pode trazer complicações neurológicas importantes. A sua causa é multifatorial e o tratamento é um assunto bastante debatido mas nada consensual. Na avaliação do doente existem diversas classificações, sendo que recentemente o “*Spinal Deformity Study Group*” desenvolveu uma escala que tem em conta o grau de deslizamento, de acordo com a classificação de Meyerding, o equilíbrio espino-pélvico e a incidência pélvica, que permite ponderar qual a melhor abordagem para cada doente. No caso da espondilolistese de alto grau em idade pediátrica, com um grau de deslizamento acima de 50%, o tratamento cirúrgico pode estar indicado mesmo em doentes assintomáticos. O cirurgião poderá então optar por realizar uma artrodese *in situ*, sem restauração da anatomia sagital, ou a redução da vértebra deslizante com posterior

fusão, com reconhecidos benefícios no que toca ao equilíbrio espino-pélvico e na taxa de fusão. No entanto, esta abordagem nem sempre é seguida dada a complexidade do procedimento. A instrumentação poderá ser utilizada quando existe um risco de progressão do defeito, embora pareça não resultar numa melhoria da sintomatologia. Apesar das várias complicações que podem advir do procedimento cirúrgico, os resultados funcionais são geralmente favoráveis, pelo que a cirurgia mantém-se como a abordagem mais correta do doente pediátrico com espondilolistese de alto grau.

## **Introdução**

A lombalgia não é um sintoma exclusivo da idade adulta. Vários doentes em idade pediátrica podem referir esta queixa sobretudo durante o pico do crescimento. Embora a espondilolistese lombar seja uma patologia frequentemente assintomática, em casos mais evoluídos pode cursar com dor lombar de carácter mecânico. Em determinadas situações pode mesmo ser causa de défices neurológicos resultantes nomeadamente de compressão da cauda equina ou de compressão e tração a nível das raízes de L5. Nos últimos anos têm-se reconhecido cada vez mais as implicações da espondilolistese de alto grau no equilíbrio sagital da coluna como causa de dor. Este aspeto tem sido progressivamente integrado na equação terapêutica destes doentes onde não existe ainda um total consenso na melhor técnica cirúrgica. O objetivo deste trabalho é a revisão deste tema, apresentando as atuais recomendações no que toca à abordagem da espondilolistese de alto grau em idade pediátrica.

## **Definição**

O termo espondilolistese deriva da junção das palavras de origem grega *spondylo*, que significa vértebra e *olisthesis*, que traduz o deslizamento, ou subluxação, de uma vértebra sobre a vértebra caudal<sup>(1)</sup>, o qual normalmente é anterior e ocorre com uma maior frequência ao nível da coluna lombar, mais frequentemente nos níveis L4-L5 e sobretudo L5-S1.

Existe ainda o termo espondiloptose, que se refere a uma luxação completa da vértebra, deixando de existir uma continuidade da coluna vertebral<sup>(2)</sup>.

## Epidemiologia e Fisiopatologia

Apesar da sua etiologia não estar ainda totalmente percebida, assume-se que será multifatorial<sup>(3)</sup>. A sua ocorrência pode ter origem num defeito ao nível da *pars interarticularis* da vértebra, localizada no arco neural entre as duas facetas articulares vertebrais superior e inferior. Este defeito é denominado espondilólise, sendo bilateral em 80% dos casos, altura em que as condições para o deslizamento estão reunidas, ocorrendo a espondilolistese. Em 85% a 95% dos casos surgem em L5 e 5 a 15% dos casos em L4. A maior incidência ao nível de L5 poderá ser explicada pelo maior efeito de pinça que existe na sua *pars interarticularis* criado acima pela apófise articular inferior de L4 e abaixo pela apófise articular superior de S1<sup>(4)</sup>.

As alterações que ocorrem ao nível da articulação lombossagrada resultam, em parte, das forças mecânicas geradas a este nível. A morfologia, nomeadamente a orientação sacro-pélvica, exerce alterações na geometria da coluna lombar, alterando o equilíbrio sagital, tendo também influência na patogénese da espondilolistese. Ao nível do sacro, a sua faceta superior, em conjunto com a faceta articular inferior lombar de L5, forma um “gancho ósseo” que contraria qualquer translação da vértebra. Na presença de uma displasia ao nível de alguma destas vértebras, o efeito de gancho é perdido podendo dar-se o deslizamento característico da espondilolistese<sup>(5)</sup>.

A espondilólise ocorre na sequência de uma fratura de stress, mais frequente durante o pico de crescimento da adolescência, altura em que as crianças são bastante ativas. A lordose lombar também aumenta, havendo uma horizontalização do sacro, o que aumenta a sobrecarga compressiva nos elementos posteriores da coluna lombar<sup>(3, 6)</sup>. É também uma fase onde o crescimento ósseo ocorre mais rapidamente, com deficiente mineralização, contribuindo para uma *pars* vulnerável, menos adaptada a cargas compressivas. A provável relação com fraturas de stress, explica não existirem casos conhecidos deste defeito em fetos e também o fato de se verificar uma incidência superior em jovens atletas que suportam cargas repetitivas sobre a coluna<sup>(3, 4)</sup>. A ocorrência desta patologia é rara em crianças antes dos cinco anos de idade<sup>(7)</sup>, sendo mais comum o diagnóstico a partir dos seis anos.

A incidência estimada da espondilolistese na população global é de cerca de 2% a 6%<sup>(3, 4, 6)</sup>. Em idade pediátrica, a incidência ronda os 2,6% em crianças até aos 6 anos, 4,4% em crianças no primeiro ano de escolaridade<sup>(4)</sup>, sendo que nos adultos chega aos 5,4%.

Apesar da existência de defeitos ao nível da *pars interarticularis* ser duas vezes mais frequente no género masculino, a incidência de espondilolistese de alto grau é quatro vezes superior no género feminino<sup>(1, 7)</sup>. Existe também uma variação no que toca à raça. Segundo um estudo realizado em cadáveres, a incidência de espondilolistese no género masculino era de cerca de 6,4% em caucasianos e 2,8% em afro-americanos enquanto que em mulheres caucasianas a incidência foi de 2,3% e nas afro-americanas 1,1%. A justificação encontrada pelo estudo prende-se com uma maior densidade óssea na raça afro-americana comparativamente com a caucasiana<sup>(4)</sup>.

Vários estudos relatam a existência de uma correlação familiar com a espondilólise e espondilolistese, sendo que a taxa de familiares de primeiro grau de um doente com espondilolistese que apresentam este defeito varia entre 15 e os 75%<sup>(2)</sup>.

É também documentada a existência de uma tribo de esquimós na qual a incidência de espondilolistese é de cerca de 50%, sendo que a maior parte dos seus elementos apresenta uma espondilolistese Tipo II B, com alongamento da *pars interarticularis*<sup>(5)</sup>.

É ainda bem conhecida a relação de alguns desportos com um aumento da incidência de casos de espondilolistese. São eles a ginástica olímpica, dança, patinagem artística, levantamento de peso, voleibol ou outros onde a coluna vertebral é sobrecarregada em extensão, provocando um aumento de forças de cisalhamento ao nível da *pars interarticularis* e da articulação lombossagrada<sup>(5)</sup>.

## Classificação

Segundo a classificação de Wiltse et al.<sup>(8)</sup>, que é adaptada das classificações de Newman e Macnab, podemos subdividir a espondilolistese em cinco grupos:

**I.** Displásica ou congênita, que não envolve um defeito ao nível da *pars interarticularis*. Neste caso são as próprias facetas articulares que apresentam um defeito congênito permitindo a translação anterior da vértebra, encontrando-se normalmente a *pars interarticularis* intacta. Em situações onde o deslizamento é superior a 35%, pode surgir um síndrome de compressão da cauda equina dada a integridade de todo o arco posterior. O único caso de espondilolistese registado em recém-nascidos pertence a este grupo<sup>(2)</sup>.

**II.** Ístmica ou espondilolítica, que ocorre devido a uma lesão na *pars interarticularis* que permite o deslizamento anterior. Encontra-se dividida em três subgrupos: fratura lítica (II-a), alongamento (II-b) e fratura aguda ou traumática (II-c) da *pars interarticularis*. A fratura lítica ocorre como uma fratura de stress ou de fadiga. Pode ocorrer por movimentos repetitivos e forçados de flexão e rotação mas o movimento que mais contribui para este defeito é a extensão. O tipo II-b envolve a existência de várias fraturas que acabam por consolidar e formar um alongamento da *pars interarticularis*, o que permite um deslizamento gradual. Quanto ao tipo II-c, é mais raro e acontece pela existência de uma fratura traumática de grande impacto.

**III.** Degenerativa, secundária a osteoartrite ao nível das facetas articulares que se tornam incompetentes, subluxando, o que contribui a par das alterações degenerativas ao nível do disco intervertebral para a listese.

**IV.** Traumática que resulta de uma fratura num elemento posterior da vértebra que não a *pars interarticularis*,

**V.** Patológica que é secundária a uma outra patologia, como uma neoplasia óssea ou uma doença generalizada do osso que irá afetar a *pars interarticularis* ou as facetas articulares que pode levar a instabilidade e consequente listese.

Enquanto os grupos displásico e a ístmico são considerados congênitos, a espondiloliste degenerativa, traumática e patológica são adquiridas. Deste modo, apenas os tipos I e II são encontrados em idade pediátrica, sendo que a espondiloliste ístmica ocorre em cerca de 85% dos casos<sup>(2)</sup>.

Meyerding et al.<sup>(9)</sup> propôs uma classificação ainda hoje bastante utilizada para classificar o grau de progressão da espondiloliste. Esta traduz o *ratio* entre a parte luxada do corpo vertebral superior e a medida antero-posterior do corpo vertebral inferior. Deste modo, temos:

Grau I se existiu um deslizamento entre 0 e 25%; Grau II de 26 a 50%; Grau III entre 51 e 75%; Grau IV de 76 a 100%; Grau V, em que já estamos perante uma espondiloptose, ou seja, um deslizamento superior a 100%. Podemos assim classificar os doentes com espondiloliste de baixo grau (se corresponde ao Grau I e II, ou seja, inferior a 50%) ou alto grau (Grau III, IV ou V, correspondendo a uma espondiloliste superior ou igual a 50%).

Todavia, a escala de Meyerding revelou-se incompleta, já que apenas considerava o deslizamento anterior. Atualmente a escala mais utilizada para espondilolisteses de alto grau corresponde à escala elaborada por Newman e modificada por DeWald<sup>(10)</sup>. Esta escala tem em conta a posição da quinta vértebra lombar, mais especificamente a sua região postero-inferior em relação à cúpula do sacro e também a posição do canto antero-inferior desta mesma vértebra relativamente à face anterior de S1 (Figura 2).

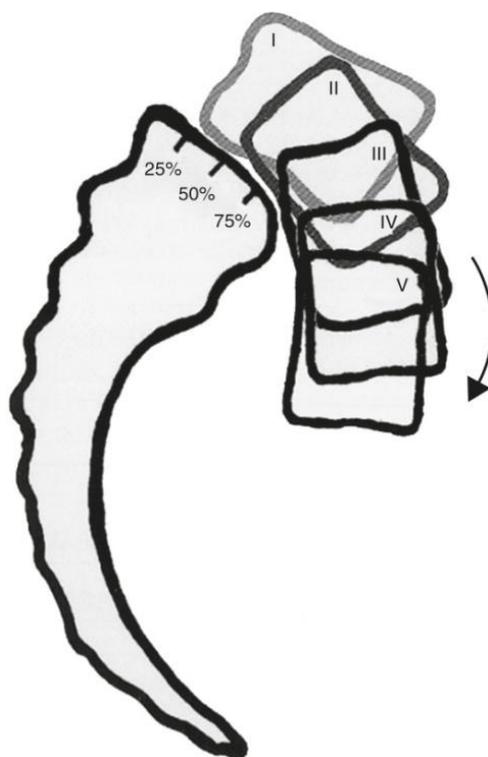


Figura 1 – Classificação de Meyerding<sup>(5)</sup>

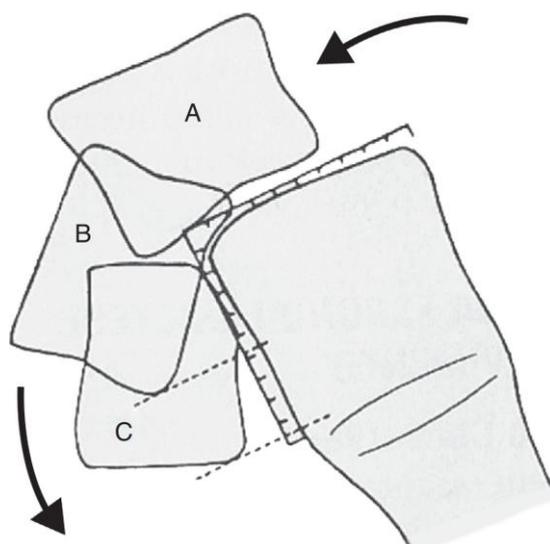


Figura 2 – Classificação de Newman modificada por DeWald<sup>(5)</sup>

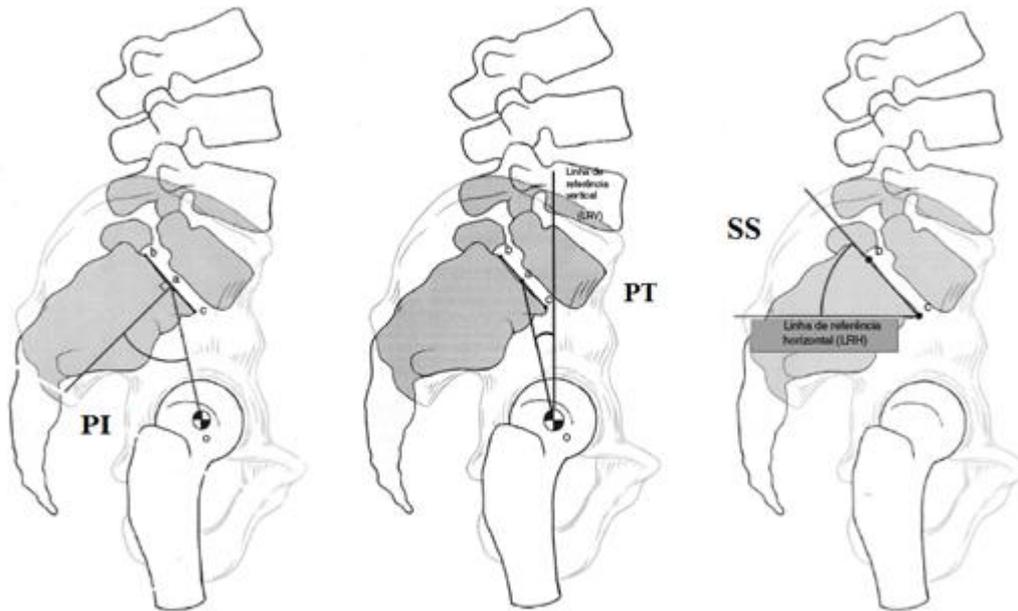


Figura 3 – Incidência Pélvica (PI), Balanço Pélvico (PT) e Inclinação Sacral (SS)<sup>(5)</sup>

É importante ainda contar com as contribuições de Marchetti e Bartolozzi<sup>(11)</sup> que permitiram distinguir entre espondilolistese adquirida e de desenvolvimento, sendo esta última dividida em dois subgrupos (displásica de baixo e alto grau). Dependendo da gravidade das alterações displásicas existentes nas vértebras L5 e S1, maior o risco de progressão do deslizamento, sendo frequente neste contexto encontrarmos cifose lombossagrada, uma forma trapezoidal do corpo de L5, hipoplasia das transversas de L5, verticalização do sacro com um prato superior de S1 em cúpula. As formas adquiridas são as secundárias a trauma, cirurgia, patológicas e degenerativas<sup>(2)</sup>.

Em 1998, Duval-Beaupère<sup>(18)</sup> sugeriu a criação de um parâmetro anatómico específico, constante para cada indivíduo e independente da orientação espacial da pélvis e da idade após o final do crescimento: a Incidência Pélvica (IP) (Figura 3). Esta é definida pelo ângulo criado entre uma linha imaginária perpendicular à superfície articular lombossagrada do sacro e uma linha que une o centro de rotação da cabeça do fêmur ao centro do prato vertebral do sacro. Outra forma de determinar este ângulo é pela soma da inclinação sagrada (“*Sacral Slope*” (SS)) e do balanço pélvico (“*Pelvic Tilt*” (PT)), parâmetros posicionais e que medem a orientação sacro-pélvica no plano sagital numa radiografia de perfil<sup>(3)</sup>. A SS é definida pelo ângulo entre uma linha que passa ao nível da superfície articular lombossagrada do sacro e uma linha imaginária horizontal. Um sacro verticalizado é descrito com um baixo valor de SS e um sacro horizontalizado é descrito com um alto valor de SS<sup>(12)</sup>. A PT define-se pelo ângulo entre uma linha que

une o centro de rotação da cabeça do fémur ao centro da superfície articular lombossagrada do sacro e uma linha imaginária vertical<sup>(12)</sup>.

| Grau de Deslizamento <sup>a</sup> | Grau de Displasia | Balanço sagital espino-pélvico            | Tratamento Sugerido  |
|-----------------------------------|-------------------|---|--|
| <b>Baixo Grau (1 ou 2)</b>        | Displásico Baixo  | Baixo PI/Baixo SS<br>(Tipo Quebra-Nozes)  | Reparação da pars (Grau 1) vs Fusão póstero-lateral <i>insitu</i> de L5-S1 +/- instrumentação +/- redução (Grau 2) |
|                                   |                   | Alto PI/Alto SS<br>(Tipo Cisalhamento)    | Fusão postero-lateral <i>insitu</i> de L5-S1 +/- instrumentação +/- redução (Grau 2)                               |
|                                   | Displásico Alto   | Baixo PI/Baixo SS<br>(Tipo Quebra-Nozes)  | Fusão postero-lateral <i>insitu</i> de L5-S1 e instrumentação +/- redução (Grau 2)                                 |
|                                   |                   | Alto PI/Alto SS<br>(Tipo Cisalhamento)    | Fusão postero-lateral <i>insitu</i> de L5-S1 e instrumentação +/- fixação pélvica e de L4 +/- redução (Grau 2)     |
| <b>Alto Grau (3 ou 4)</b>         | Displásico Baixo  | Alto SS/Baixo PT<br>(Pélvis equilibrada)  | Fusão postero-lateral <i>insitu</i> L4-S1 e instrumentação +/- fixação pélvica +/- redução parcial                 |
|                                   |                   | Baixo SS/Alto PT<br>(Pélvis retrovertida) | Redução parcial e Instrumentação L4-S1-pélvica e fusão postero-lateral +/- fusão intervertebral                    |
|                                   | Displásico Alto   | Alto SS/Baixo PT<br>(Pélvis equilibrada)  | Redução parcial e Instrumentação L4-S1-pélvica e fusão postero-lateral +/- fusão intervertebral                    |
|                                   |                   | Baixo SS/Alto PT<br>(Pélvis retrovertida) | Redução parcial e Instrumentação L4-S1-pélvica e fusão postero-lateral e fusão intervertebral                      |
| <b>Espondiloptose</b>             | Displásico Alto   |   | Fusão circunferencial, instrumentação com ou sem redução   |

Tabela 1 - Classificação cirúrgica de espondilolistese L5-S1 em crianças e adolescentes<sup>(13)</sup>

<sup>a</sup> De acordo com a classificação de Meyerding

Um valor normal de PI encontra-se entre os 45° e os 60°. Quando se encontra elevado está relacionado com uma maior probabilidade de ocorrência de espondilolistese, dado que se encontra tipicamente associado a maior lordose lombar, o que irá acentuar as forças de stress mecânico (cisalhamento) ao nível da coluna lombar e da articulação lombossagrada. No entanto, não é obrigatório a existência de uma incidência pélvica aumentada em doentes com espondilolistese<sup>(14)</sup>.

Mac-Thiongetal. e Labeletal. desenvolveram uma classificação que tem em conta o grau de deslizamento, o grau de displasia (clarificando a classificação de Marchetti e Batolozzi e os recentes conceitos sobre o equilíbrio sagital espino-pélvico (Tabela 1)<sup>(13)</sup>. Esta classificação permitiu estratificar os doentes em grupos e subgrupos de gravidade ascendente orientando intuitivamente a complexidade do tratamento cirúrgico de acordo com a gravidade do deslizamento, o grau de displasia e o desequilíbrio espino-pélvico. Embora facilmente adaptável à maioria das crianças e adolescentes com espondilolistese ao nível de L5-S1, os autores consideram que não se poderá apenas ter em conta estes parâmetros aquando da decisão cirúrgica, dado existirem outros determinantes como a idade, a maturidade do esqueleto, o tamanho dos pedículos e outras comorbilidades que devem ser tidas em conta<sup>(13)</sup>.

Ao longo do tempo e na tentativa de aplicar esta classificação, tornou-se evidente a dificuldade em classificar corretamente o grau de displasia em estudo radiográfico simples (Raio-X)<sup>(14)</sup>. Deste modo, surgiu uma nova classificação por parte do Grupo de Estudo das Deformidades da Coluna - “*Spinal Deformity Study Group*” (SDSG) que excluiu o grau de displasia, substituindo-o pela incidência pélvica (baixa, normal ou alta), tendo surgido seis diferentes tipos de doentes<sup>(14)</sup>. Assim, o doente é classificado

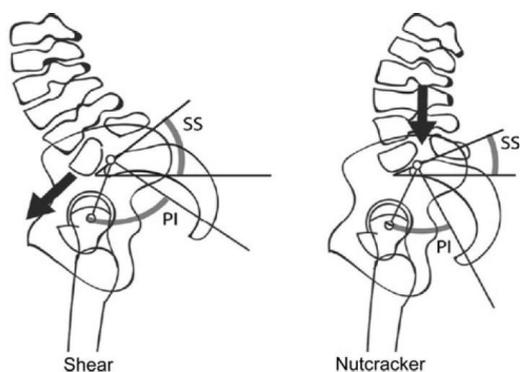


Figura 4 – Tipos III e I segundo a SDSG<sup>(14)</sup>

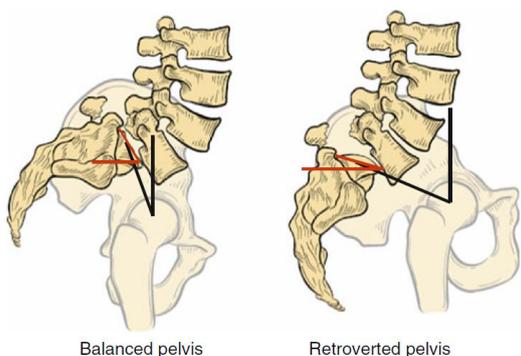


Figura 5 – Pélvis equilibrada e retrovertida<sup>(11)</sup>

inicialmente consoante o grau de deslizamento, de acordo com a classificação de Meyerding acima descrita. Posteriormente, realiza-se a medição do equilíbrio espino-pélvico e sacro-pélvico, a partir da determinação do PI, SS, PT e linha de prumo de C7 (uma linha imaginária vertical que passa pelo centro de C7)<sup>(15)</sup>. A partir destas medições podemos dividir os doentes em diferentes tipos. Para espondilolisteses de baixo grau vamos ter o tipo I, ou “quebra-nozes”, nos quais se observa uma PI inferior a 45°; um grupo com PI normal, ou tipo II; tipo III, também denominado “cisalhamento” que apresentam uma PI superior a 60% (Figura 4)<sup>(14)</sup>. Quanto

às espondilolisteses de alto grau, é feita a divisão igualmente em três tipos, tendo em conta se a sacro-pélvis é ou não equilibrada, usando para isso a PI e o nomograma de Hreskoetal.<sup>(16)</sup> Se apresentar um alto SS/baixo PT, é considerada uma sacro-pélvis equilibrada. Pelo contrário, se apresentar um baixo SS/alto PT, é desequilibrada ou retrovertida (Figura 5)<sup>(14)</sup>. Seguidamente é avaliado o equilíbrio espino-pélvico, utilizando como referência a linha de prumo de C7, que nos fornece informação sobre a relação entre a sacro-pélvis, a coluna lombar, torácica e cervical<sup>(15)</sup>. Se esta linha passar posteriormente ou pela cabeça do fémur, considera-se que a coluna está equilibrada. Se a linha passar anteriormente à cabeça do fémur, então estamos perante uma coluna desequilibrada. Tendo em conta que, segundo os autores, a coluna encontra-se quase sempre equilibrada quando o doente tem uma sacro-pélvis equilibrada, o equilíbrio espino-pélvico apenas necessita de ser medido em doente com uma sacro-pélvis desequilibrada ou retrovertida. Deste modo, podemos dividir os doentes com espondilolistese de alto grau em três tipos: O tipo IV, com a sacro-pélvis equilibrada; tipo V que apresentam a sacro-pélvis desequilibrada e a coluna equilibrada; Tipo VI que apresentam igualmente a sacro-pélvis e a coluna desequilibrada<sup>(14)</sup>. A Figura 6 ilustra estes seis tipos.

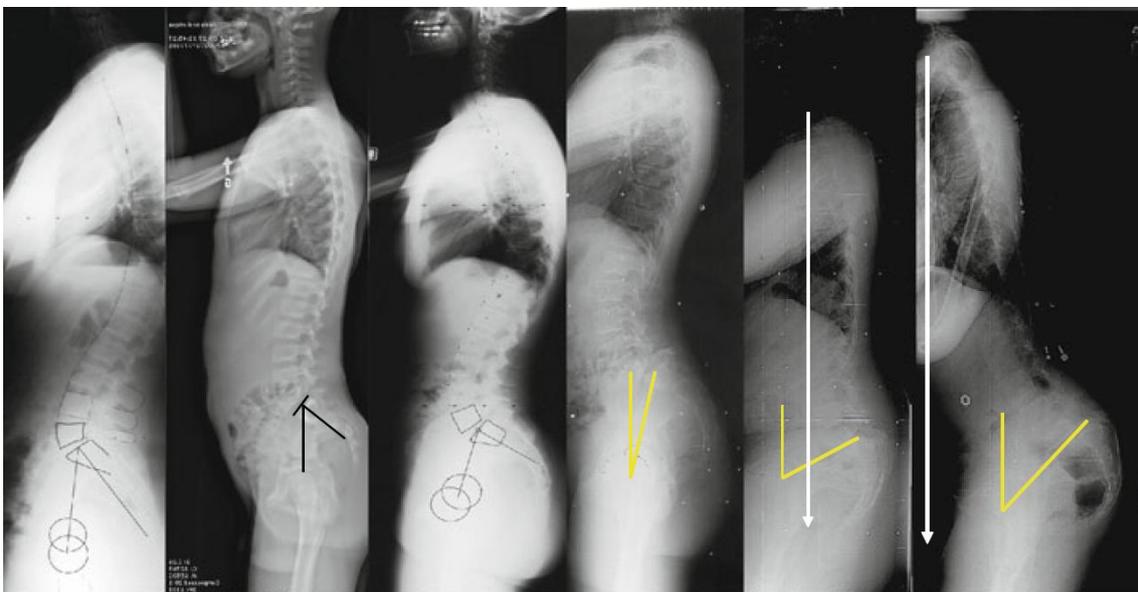


Figura 6 - Radiografias de perfil ilustrativas dos 6 tipos de posturas espino-pélvicas<sup>(14)</sup>

Esta classificação, organiza os diversos subgrupos em ordem ascendente de gravidade de acordo com o equilíbrio espino-pélvico, permitindo aos ortopedistas criarem

algoritmo de decisão cirúrgica, visto que a complexidade da cirurgia deverá aumentar à medida que a gravidade da espondilolistese aumenta.

## Diagnóstico

### Sintomatologia

No que toca à abordagem de uma espondilolistese, principalmente em idade pediátrica, devemos ter em conta que na maioria dos casos ela é assintomática. Pode, no entanto, cursar com lombalgia aguda ou crónica, o sintoma mais frequente, habitualmente de ritmo mecânico, que agrava com movimentos de extensão da coluna ou com a prática de desportos de competição e alivia geralmente com o repouso<sup>(17)</sup>. Se a dor não for tratada, após algum tempo, poderá persistir mesmo nas tarefas do dia a dia. A lombalgia pode ser isolada, possivelmente relacionada com a instabilidade do segmento afetado, ou associada a dor ciática com irradiação para a perna por irritação da raiz do nervo em L5<sup>(7)</sup>. Poderá existir ainda parestesias ou sensação de falta de força nas extremidades. É de referir que a intensidade da dor não está diretamente relacionada com o grau de progressão do deslizamento<sup>(4, 5)</sup>.

Sendo uma doença frequentemente assintomática, muitas vezes a razão da consulta são as alterações posturais ou da marcha. À observação o doente poderá apresentar uma hiperlordose, que agrava com o deslizamento, como forma de compensação, atitude escoliótica, contratura dos músculos ísqueo-tibiais e até claudicação<sup>(18)</sup>. Na marcha pode ainda existir o sinal de Phalen-Dickson (Figura 7), que se caracteriza pela existência de uma postura do tronco para a frente com flexão dos joelhos e do quadril e passos curtos<sup>(2, 5)</sup>. Em situações de compressão marcada e persistente poderá estar presente a incontinência urinária de esforço, que deverá ser despistada na consulta<sup>(18)</sup>.



Figura 7 – Doente com sinal de Phalen-Dickson

Ao exame objetivo, como referido anteriormente, o doente poderá revelar uma alteração da marcha já referida anteriormente. A palpação da região lombossagrada deve ser feita vértebra a vértebra na tentativa de identificar alguma alteração<sup>(7)</sup>. O doente que apresenta espasmo muscular pode revelar sinais de desconforto<sup>(4)</sup>. Em situações mais avançadas, poderá ser possível identificar um

ressalto e uma cifose nesta região, com um sacro retrovertido e verticalizado que provoca a aparência de coração ao nível das nádegas<sup>(2, 17)</sup>. Em decúbito ventral a dor à extensão da coluna contra resistência manual é sugestiva de espondilolisteseparticularmente se o doente apresentar uma dor localizada no lado afetado. Embora o exame neurológico, na maior parte dos doentes não apresente alterações, em deslizamentos importantes, podemos ter sinais neurológicos, como tensão radicular e défices de força muscular.No exame objetivo particular atenção deve ser dada à força de dorsiflexão do tornozelo (L4) extensão do 1º dedo do pé (L5) e a flexão e eversão plantar (S1)<sup>(4)</sup>.

### Meios complementares de diagnóstico

O estudo imagiológico do doente com dor lombar deve ser solicitado de forma criteriosa. Quando a dor é recente e o doente não apresenta sinais constitucionais importantes ou outra sintomatologia como febre, dor noturna, queixas neurológicas ou genito-urinárias, deverá ser recomendado repouso e medicação analgésica. No entanto, se a dor persistir mais do que duas semanas, ou estivermos perante jovens atletas que praticam desportos que envolvem extensão lombar, os exames de imagem são tipicamente necessários.

O primeiro meio complementar de diagnóstico a ser solicitado num doente com a suspeita de espondilolistese deverá ser a radiografia antero-posterior e de perfil da coluna lombossagrada<sup>(17)</sup>. A radiografia de perfil é a que melhor apresenta a anatomia da *pars interarticularis*<sup>(7)</sup>. Poderá recorrer-se ainda à radiografia de profile oblíquas direita e esquerda, nas quais se poderá identificar o sinal característico do “terrier escocês”



Figura 8 – Terrier escocês. A seta aponta para o local da espondilólise, que se assemelha à coleira do cão<sup>(33)</sup>

(Figura 8) onde as orelhas são as apófises articulares superiores, o olho o pedículo, o

nariz a apófise transversa, o pescoço a *pars interarticularis* e a pata anterior a apófise articular inferior<sup>(17)</sup>. Quando se identifica uma “coleira”, esta representa a espondilólise ao nível da *pars interarticularis*<sup>(2)</sup>. Atualmente este tipo de radiografias perdeu a sua relevância, visto que tem uma sensibilidade limitada e expõe os doentes a radiação desnecessária. As radiografias totais da coluna são igualmente úteis e permitem avaliar o equilíbrio, sobretudo no plano sagital. Existem alguns sinais que nos podem dar uma ideia do tempo de evolução da doença, como a forma trapezoide de L5 e a forma de cúpula ou arredondamento do prato superior de S1, que são secundários ao processo da espondilolistese e não fatores prognósticos<sup>(7)</sup>. Para além da avaliação diagnóstica que a radiografia permite, é também útil na avaliação pós-operatória.

A Tomografia Computorizada (TC) é a técnica de excelência para avaliação de defeitos ósseos. Auxilia na avaliação do grau de displasia, no grau de estenose do canal vertebral e foraminal e na distinção entre lesões agudas e crónicas. É um excelente método para *follow-up*, para excluir outras lesões em casos de diagnóstico diferencial com outras patologias como os osteomas osteoides e também para planear a cirurgia. Não deve ser usado como método inicial, principalmente pela alta dose de radiação que emite<sup>(7)</sup>.

Quando existe evidência de uma espondilolistese de alto grau, está aconselhada a realização de uma ressonância magnética (RM) para avaliar as relações neuroanatómicas e o estado dos discos adjacentes. Poderá ainda realizar-se sempre que existem sinais de radiculopatia ou compromisso neurológico, de modo a identificar as raízes nervosas, cauda equina e anomalias intraespinhais<sup>(2, 13)</sup>. Em casos de espondilólise é útil também na deteção do edema medular no pedículo e na região da *pars*, um sinal precoce de lesão. Uma vantagem da RM é a ausência de radiação. Todavia, não deve ser utilizada em substituição da Radiografia e da TC visto que podem ocorrer falsos positivos<sup>(7)</sup>.

No caso de nenhum estudo ser conclusivo, é comum a reavaliação após seis semanas para avaliar alguma progressão nos doentes que mantêm lombalgia<sup>(18)</sup>.

Quanto à cintigrafia óssea, esta tem a capacidade de excluir outras causas de sintomatologia semelhante à da espondilolistese, como as fraturas ósseas agudas, artrite das facetas articulares, tumores benignos ou malignos, infeção, pseudoartrose ou mesmo doenças ósseas metabólicas. É mais útil em doentes jovens para identificar fraturas da

*pars* que podem ter um potencial de regeneração e para identificar outras fraturas ocultas da *pars*<sup>(19)</sup>.

## Tratamento

O tratamento da espondilolistese é, sem dúvida, a questão menos consensual, especialmente no que toca à espondilolistese de alto grau. Existem duas possíveis vertentes: a conservadora e a cirúrgica. Geralmente, as espondilolisteses de baixo grau em crianças em crescimento são tratadas conservadoramente, sendo que aproximadamente 80% das crianças tratadas desta forma registam uma diminuição significativa da sintomatologia<sup>(2)</sup>. Se a criança se encontrar pouco sintomática, deverá ser recomendada a abolição de atividades desportivas e a administração de anti-inflamatórios não esteroides, combinado com um plano de exercício que permitirá alongar a cadeia muscular posterior e fortalecer o *core*<sup>(17)</sup>. Caso a sintomatologia não regreda com a estratégia anterior, poderá optar-se em situações de espondilólise aguda, confirmada com cintigrafia óssea, pela ortótesetoracolumbossagrada (TLSO) na tentativa de reduzir a lordose lombar, evitando movimentos repetitivos de hiperextensão da coluna lombar. O doente utiliza a TLSO durante 23 horas por dia durante seis meses com restrição da atividade física, seguidos de um período com descontinuação da inatividade e início gradual da atividade desportiva até que o doente se apresente assintomático<sup>(17)</sup>.

Apesar do tratamento não cirúrgico ser importante, nem sempre consegue fazer regredir a sintomatologia por completo, pelo que nestes casos, principalmente quando nos referimos à idade pediátrica, o cirurgião deve equacionar o tratamento cirúrgico para permitir a estabilização da coluna<sup>(2)</sup>. As crianças devem ser avaliadas anualmente durante o seu crescimento, visto que existe um risco de progressão da lesão durante o pico de crescimento. Todavia, não nos podemos apenas focar nas crianças sintomáticas, pois aquelas que apresentem um deslizamento superior a 50% ou que tenham uma progressão da deformidade ou défice neurológico, também devem ser tidas em conta para o tratamento cirúrgico<sup>(1, 5, 20)</sup>.

As complicações que podem surgir dos atos cirúrgicos são o ponto mais sensível da cirurgia. Os défices neurológicos, transitórios ou permanentes, são as principais complicações que merecem atenção, pelo que a decisão cirúrgica deve ser ponderada caso a caso<sup>(21, 22)</sup>.

Existem diversas opções cirúrgicas a ter em conta. No entanto, o objetivo do tratamento cirúrgico de um doente com espondilolistese de alto grau é comum: a descompressão

das estruturas nervosas que se encontrem comprimidas a fusão do menor número de vértebras possível de segmentos móveis da coluna<sup>(5, 23)</sup>. Deve-se também almejar a melhoria do alinhamento espino-pélvico, visto que permite minimizar o esforço muscular do doente para correção da postura e, conseqüentemente, diminuir a dor sentida<sup>(24)</sup>.

Existem três principais abordagens que merecem particular atenção. São elas a artrodese *insitu*, a instrumentação e a redução.

Segundo a classificação mais atual da SDSG, antes de tomar alguma decisão cirúrgica, devem-se aferir o grau de deslizamento (alto ou baixo), segundo a classificação de Meyerding, a incidência pélvica (baixa, normal ou alta) e o equilíbrio espino-pélvico (equilibrado ou desequilibrado)<sup>(13, 25)</sup>.

Quando a fusão das vértebras é efetuada com a vértebra deslocada na sua posição anormal, não anatômica, a técnica designa-se de artrodese *insitu*. Este é atualmente o método mais utilizado<sup>(26)</sup>. É considerado um dos métodos de eleição para o tratamento de espondilolisteses de baixo/médio grau, pela sua segurança e bons resultados, revelando-se satisfatória em cerca de 75 a 80% dos doentes<sup>(27)</sup>. No geral, existe uma melhoria da sintomatologia, com mobilidade mantida e alívio da dor<sup>(2)</sup>. A fusão *insitu* não permite, no entanto, uma restauração da aparência física ou equilíbrio sagital da coluna, sendo que esta técnica se encontra associada a uma maior incidência de progressão do deslizamento e de pseudoartrose que poderá ir até aos 50%<sup>(13, 28)</sup>. É relatado também que quanto maior o número de vértebras incluídas na fusão, maior a probabilidade de ocorrer um ou mais casos de pseudoartrose<sup>(19)</sup>. Foram também relatados casos de síndrome da cauda equina<sup>(23, 26)</sup>.

Para a correção de casos mais graves, como as espondilolisteses de alto grau (tipos 5 e 6 na classificação proposta pelo SDSG), está indicada a fusão postero-lateral ou mesmo circunferencial<sup>(2, 20, 28)</sup>. Esta técnica é maioritariamente utilizada em doentes com evidência de postura anormal ou naqueles que, já tendo sido submetidos a tratamento conservador, têm uma progressão demonstrada, de modo a que seja restabelecido o equilíbrio sagital da coluna vertebral<sup>(26)</sup>. Neste tipo de espondilolisteses em adolescentes e crianças, a artrodese circunferencial pode proporcionar uma fusão mais sólida<sup>(20)</sup> e com um melhor *outcome* a longo prazo comparativamente à fusão postero-lateral<sup>(29)</sup>; indicada para casos menos graves, tal como sugere Lambergetal.<sup>(30)</sup> num estudo

onde seguiu sessenta e nove doente durante uma média de 17,2 anos. 14% dos doentes submetidos a uma fusão postero-lateral demonstraram uma falência na união, comparativamente com os 4% dos doentes submetidos à fusão circunferencial.

A redução, ou seja, o reposicionamento da vértebra na sua posição anatómica, é o tema mais debatido. já que não se encontra isenta de possíveis complicações neurológicas, implicando um maior tempo operatório podendo ainda, à semelhança da artrodese *insitu*, culminar na perda da redução após a cirurgia. Não existe um consenso no que toca à realização ou não de redução vertebral dada a falta de estudos comparativos que permitam tirar conclusões seguras e com elevado grau de evidência<sup>(20)</sup>. Há que ter em conta que nas espondilolisteses de alto grau existe uma maior probabilidade de ocorrer uma estenose grave da cauda equina, visto que as facetas articulares de L5-S1 podem ser displásicas e, como tal, todo o corpo vertebral apresenta um deslocamento anterior, incluindo a lâmina posterior.

A redução da espondilolistese de alto grau tem sido cada vez mais utilizada, dada a maior prevalência de fusões mal sucedidas em doentes com espondilolistese de alto grau onde a redução não foi tentada<sup>(2)</sup>. A eficácia cada vez maior promovida pelos novos tipos de instrumentação tem ajudado a alcançar condições biomecânicas para a obtenção de uma fusão sólida ao diminuir as forças de tensão na massa óssea de fusão<sup>(13)</sup>. Por outro lado a correção vai aumentar a inclinação sagrada (sacral slope), que por sua vez irá diminuir a lordose lombar, aumentar a cifose torácica e normalizar a linha de gravidade, tal



Figura 7 – Caso de uma criança de 11 anos antes (A) e um anos após correção cirúrgica (B)<sup>(28)</sup>

como pode ser visto na Figura 7. Esta abordagem determina ainda uma redução da taxa de síndromes de cauda equina no pós-operatório, comparativamente à fusão postero-lateral, dada a capacidade de acrescentar uma melhor descompressão de todos os

elementos neurológicos resultante da correção da cifose lombossagrada, sem dúvida uma das medidas mais relevantes no restauro do equilíbrio espino-pélvico com repercussão significativa na marcha e na estética<sup>(7)</sup>.

Existem, no entanto, desvantagens na realização da redução: aumento do tempo operatório, maior risco de lesões neurológicas durante o procedimento cirúrgico e perda da redução no período pós-operatório<sup>(27)</sup>. É de referir que existe uma menor taxa de complicações operatórias em doentes pediátricos quando comparado com adultos<sup>(20)</sup>. Acrescentar ainda que nalguns casos de crianças pequenas, dadas as diminutas dimensões das estruturas ósseas não permitir a instrumentação, a redução pode ser realizada com recursos a técnicas não cirúrgicas com gesso, após o final da cirurgia<sup>(2)</sup>.

Longo et al.<sup>(20)</sup> realizou em 2012 uma revisão sistemática que englobou 266 doentes onde comparou a clínica e as alterações radiográficas de doentes com espondilolistese de alto grau submetidos a artrodese *in situ* e a artrodese após redução. Concluiu que a redução melhora significativamente a biomecânica da coluna, corrigindo a deformação cifótica local e o deslizamento vertebral. As percentagens comparativas são apresentadas na Tabela 2.

|   | Redução (n=165) | Artrodese <i>in situ</i> (n=101) |
|---|-----------------|----------------------------------|
| <b>Redução da Percentagem de Deslizamento</b> | 27,8 ± 13,2%    | 3,7% ± 5,9%                      |
| <b>Redução do Ângulo de Deslizamento</b>      | 20,9° ± 1,7°    | 3,4 ± 3°                         |
| <b>Aumento da Lordose Lombar</b>              | 0,5 ± 6,6°      | 11,5° ± 7,1°                     |
| <b>Pseudoartrose</b>                          | 5,5%            | 17,8%                            |
| <b>Défice Neurológico</b>                     | 7,9%            | 8,9%                             |

Tabela 2 – Resultados de uma revisão sistemática comparando a redução a artrose *in situ*. Os valores apresentados correspondem às alterações verificadas após a cirurgia<sup>(20)</sup>.

A instrumentação poderá ser utilizada para eliminar a complicação da progressão da deformidade que pode ocorrer após uma fusão *insitu*. É atualmente utilizada nas espondilolisteses de alto grau, obviando a necessidade de colocação de gesso ou ortótese<sup>(7)</sup>. Por um lado, a instrumentação permite aumentar a taxa de sucesso na fusão,

conferindo uma maior estabilização da coluna<sup>(2)</sup>. Por outro lado, piora as condições intra-operatórias, com um aumento da perda de sangue e um período operatório mais longo<sup>(2)</sup>. Numa meta análise recente que teve em conta estudos com diferentes procedimentos cirúrgicos para a correção da espondilolistese, foi demonstrado que, apesar de existir uma taxa de fusão superior, não existiram alterações significativas na dor ou na satisfação em doentes submetidos a instrumentação comparados com os que não foram submetidos a este procedimento<sup>(31)</sup>.

Nenhuma cirurgia se encontra isenta de complicações. A mais comum destas complicações é a pseudoartrose, ou seja, uma não união ou fusão<sup>(21)</sup>. O doente pode apresentar dor e um aumento da deformação, pelo que deverá ser novamente submetido a intervenção cirúrgica de correção. O risco de pseudoartrose é superior quando realizada uma fusão *insitu* comparativamente a uma fusão circunferencial<sup>(22)</sup>. Outra complicação que pode surgir de uma abordagem anterior no género masculino é a ejaculação retrógrada, que pode ser permanente ou transitória, pelo que o doente deve ser informado deste risco, já que não existem tratamentos cirúrgicos capazes de reverter a situação<sup>(2, 21)</sup>. Para além do mencionado, existem casos relatados de síndrome da cauda equina com qualquer uma das técnicas anteriores com ou sem redução, podendo estar relacionada com uma hiperextensão prolongada durante o posicionamento do doente, ou devido a um fenómeno vascular. Apesar de se verificar um número elevado de complicações, os resultados funcionais pós-cirúrgicos da espondilolistese de alto grau são bastante favoráveis<sup>(22)</sup>.

No que toca ao tratamento da espondiloptose, Robert W. Gaines, ao realizar um estudo com trinta doentes ao longo de vinte e cinco anos, verificou que o seu procedimento, ou seja, a vertebrectomia de L5 com a redução de L4 sobre S1, demonstrava resultados muito satisfatórios, com uma percentagem de complicações reduzida. Todos os doentes aparentaram ter uma melhoria na marcha inclinada e na postura<sup>(32)</sup>. Todavia, outros estudos indicam que este tipo de tratamento pode incorrer em complicações neurológicas graves, dado o encurtamento da coluna, com taxas a atingir o terço dos doentes submetidos a este procedimento<sup>(7)</sup>. Estas complicações incluem lesões nervosas, especialmente ao nível de L5 por um alongamento marcada da cauda equina, havendo ainda a referir elevada taxa de disfunções a nível intestinal, urinária e sexual<sup>(31)</sup>.

## **Conclusão**

Ainda existe um longo caminho a percorrer na investigação sobre a espondilolistese de alto grau. A sua etiologia, apesar de se considerar multifatorial, ainda não é bem conhecida. As classificações existentes parecem não se adequar na totalidade a todos os doentes, com necessidade de se criarem revisões a estas e até novas classificações que incluem diferentes pontos de vista. Por fim, o tratamento é a área que gera o mais número de teorias.

No entanto, existe um ponto de concordância que deve ser tido em conta quando um doente apresenta uma espondilolistese de alto grau. Se existir um desequilíbrio espino-pélvico, a sua correção é a medida mais importante para que não existe progressão da deformidade e conseqüente agravamento da doença. Já as técnicas e os procedimentos a aplicar neste doente são mais passíveis de discussão.

Para que seja possível chegar a um consenso, é necessário que mais estudos comparativos com técnicas bem definidas e acompanhamento dos doentes a longo prazo sejam realizados. Grande parte dos estudos inclui uma variedade de graus e tipos de espondilolisteses que dificultam a formulação de conclusões baseadas na evidência<sup>(23)</sup>.

Numa visão a longo prazo, a abordagem da espondilolistese em idade pediátrica poderá passar pela criação e utilização de um algoritmo de decisão terapêutico que seja prático e passível de utilizar nos diversos estádios de desenvolvimento pediátrico, o que permitiria uma abordagem mais fundamentada e não operador-dependente.

## **Bibliografia**

1. Lonstein J. E. (1999) Spondylolisthesis in Children. *SPINE* 24:2640-2648.
2. Hu S. S., Tribus C. B., Diab M. and Ghanayem A. J. (2008) Spondylolisthesis and Spondylolysis. *The Journal of Bone & Joint Surgery* 90-A:656-671
3. Roussouly P., Gollogly S., Berthonnaud E., Labelle H. and Weidenbaum M. (2006) Sagittal Alignment of the Spine and Pelvis in the Presence of L5-S1 Isthmic Lysis and Low-Grade Spondylolisthesis. *SPINE* 31(21):2484-2490
4. D'Hemecourt P. A., Micheli L. J (2016) Spondylolysis and spondylolisthesis in child and adolescent athletes: Clinical presentation, imaging and diagnosis. *UpToDate*. Disponível em: <[www.uptodate.com/online](http://www.uptodate.com/online)>
5. Tebet M. A. (2014) Conceitos atuais sobre equilíbrio sagital e classificação da espondilólise e espondilolistese. *Revista Brasileira de Ortopedia* 49 (1):3-12
6. Sedney C. L., McConda D. B. and Daffner S. D. (2014) Natural history of spondylolysis and spondylolisthesis. *Seminars in Spine Surgery* 26:214-218
7. Attiah. M. A., Macyszyn L. and Cahill P. J. (2014) Management of spondylolysis and spondylolisthesis in the pediatric population: A review. *Seminars in Spine Surgery* 26:230-237
8. Wiltse L. L. (1981) Classification, terminology and measurements in spondylolisthesis. *The Iowa Orthopaedic Journal* 1:52-57
9. Meyerding H. W. (1931) Spondylolisthesis. *Bone Joint Surg* (117):23-9
10. DeWald R. L. (1997) Spondylolisthesis. In: Birdwell K. H., DeWald R. L. *The textbook of spinal surgery*. 2<sup>th</sup> Edition. Philadelphia: Lippincott-Raven; 1211-54
11. Marchetti P. C. and Bartolozzi P. (1997) Classification of spondylolisthesis as a guideline for treatment in: Birdwell K. H., DeWald R. L., Hammerberg K. W. et al. *The Textbook of Spinal Surgery* 2ed:1211-1254
12. Legaye J., Duval-Beaupère G., Hecquet J. and Marty C. (1998) Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of sagittal curves. *EurSpine J* 7:99-103
13. Mac-Thiong JM. and Labelle H. (2006) A proposal for a surgical classification of pediatric lumbosacral spondylolisthesis based on current literature. *EurSpine J* 15:1425-1435
14. Labelle H., Mac-Thiong JM. and Roussouly P. (2011) Spino-pelvic sagittal balance of spondylolisthesis: a review and classification. *EurSpine J* 20 (Suppl 5):641-646

15. Mac-Thiong JM., Labelle H. and Roussouly P. (2011) Pediatric sagittal alignment. *EurSpine J* 20 (Suppl 5):586-590
16. Hresko M. T., Labelle H., Roussouly P. and Berthonnaud E. (2007) Classification of high gradespondylolisthesis based on pelvic version and spinal balance: possible rationale for reduction. *SPINE* 32(20):2208-2213
17. Metkar U., Shepard N., Cho W. and Sharan A. (2014) Conservative management of spondylolysis and spondylolisthesis. *Seminars in Spine Surgery*
18. Violas P. and Lucas G. (2016) L5S1 spondylolisthesis in children and adolescents. *Orthopaedics&Traumatology: Surgery&Research* 102:141-147
19. Canale S. T. *Campbell's Operative Orthopaedics* (2003). Volume 2. Philadelphia, Pennsylvania
20. Longo U. G., Loppini M., Romeo G., Maffuli N. and Denaro V. (2014) Evidence-Based Surgical Management of Spondylolisthesis: Reduction or Arthrodesis in Situ. *TheJournalofBoneandJointSurgery* 96-A (1):53-58
21. Ogilvie J. W. (2005) Complications in Spondylolisthesis Surgery. *SPINE* 30:97-101.
22. Molinari M. R. W., Birdwell K. H., Lenke L. G., Ungacta F. F. and Riew K. D. (1999) Complications in the Surgical Treatment of Pediatric High-Grade, Isthmic Dysplastic Spondylolisthesis. *SPINE* 24 (16):1701-1711
23. Shufflebarger H. L. and Geck M. J. (2005) High-Grade Isthmic Dysplastic Spondylolisthesis. *SPINE* 30:42-48
24. Bourghli A., Aunoble S. and Reebye O. (2011) Correlation of clinical outcome and spinopelvic sagittal alignment after surgical treatment of low-grade isthmic spondylolisthesis. *EurSpine J* 20 (Suppl 5):663-668
25. Marawar S. V. (2014) The radiographic parameters for the prediction of spondylolysis and spondylolisthesis. *Seminars in Spine Surgery* 26:219-224
26. Moreau S., Lonjon G., Guigui P., Lenoir T., Garreau de Loubresse C. and Chopin D. (2016) Reduction and fusion in high-grade L5-S1 spondylolisthesis by a single posterior approach. Results in 50 patients. *Orthopaedics&Traumatology: Surgery&Research* 102:233-237
27. Labelle H., Roussouly P., Chopin D., Berthonnaud E., Hresko T. and O'Brien M. (2008) Spino pelvic alignment after surgical correction for developmental spondylolisthesis. *EurSpine J* 17:1170-1176

28. Ruf M., Koch H., Melcher R. P. and Harms J. (2006) Anatomic Reduction and Monosegmental Fusion in High-Grade Developmental Spondylolisthesis. *SPINE* 31:269-274
29. Helenius I., Remes V. and Poussa M. (2008) Uninstrumented in Situ Fusion for High-Grade Childhood and Adolescent Isthmic Spondylolisthesis: Long-Term Outcome - Surgical Technique. *The Journal of Bone and Joint Surgery* 90-A Supplement 2, Part 1:145-153
30. Lamberg T., Remes V., Helenius I., Schlenzka D., Seitsalo S. and Poussa M. (2007) Uninstrumented In Situ Fusion for High-Grade Childhood and Adolescent Isthmic Spondylolisthesis: Long-Term Outcome. *The Journal of Bone and Joint Surgery* 89-A:512-518
31. Ye Y., Chen D., Xu H. (2014) The comparison of instrumented and non-instrumented fusion in the treatment of lumbar Spondylolisthesis: a meta-analysis. *Eur Spine J* 23:1918-1926
32. Gaines R. W. (2005) L5 vertebrectomy for the surgical treatment of spondyloptosis: thirty cases in 25 years. *SPINE* 30 (Suppl 6):66-70
33. Serena S. H., Clifford B. T., Mohammad D. and Alexander J. G. (2008) Spondylolisthesis and Spondylolysis. *J Bone Joint Surg Am* 90 (3):656-671

