

# O EQUILÍBRIO SAGITAL DA COLUNA VERTEBRAL NAS DOENÇAS DEGENERATIVAS

DR HENRIQUE DA MOTA  
Médico Ortopedista do Centro Médico da Coluna Vertebral – Fortaleza/Ceará  
Pesquisador-Orientador CNPq – Departamento de Engenharia de Teleinformática da  
Universidade Federal do Ceará

## INTRODUÇÃO

Este capítulo se divide didaticamente em três partes que estão intimamente relacionadas, e cuja compreensão global propiciará um raciocínio essencial para a avaliação biomecânica clínica de estados patológicos bem definidos em termos de lesões ou disfunções de natureza mecânica da coluna vertebral.

Inicialmente, é essencial que se possa entender a evolução filogenética das estruturas espinhais e pélvicas, compreender a grande diversidade ontogenética encontrada, e poder vislumbrar a lógica que nos permita escolher elementos principais na análise biomecânica, pelo conhecimento da própria dinâmica do desenvolvimento da espécie humana.

Em seguida, é importante poder definir o conceito de macro-equilíbrio de balanço sagital e uma parametrização apropriada ao estudo das características individuais, para utilizá-la numa abordagem clinicamente orientada ao diagnóstico e à terapêutica.

Finalmente, iremos entender como algumas patologias degenerativas podem se correlacionar a um padrão de organização relativo de elementos osteoarticulares específicos, e apresentaremos, de forma geral, um modelo para compreensão do micro-equilíbrio segmentar, fechando todo um raciocínio biomecânico clinicamente aplicável no dia-a-dia de nossos consultórios e ambulatórios.

## A AQUISIÇÃO DA POSTURA HUMANA BÍPEDE E ERETA

Na longa história evolutiva da espécie humana, surgiram alterações em quase todas as estruturas de nosso corpo (Lovejoy 2005). A bacia, elo maior de equilíbrio, passou por alterações importantes, e o surgimento da cunha sacroilíaca passa a conferir uma força de reação que seria impossível nas bacias filogeneticamente ancestrais (Fig.1).

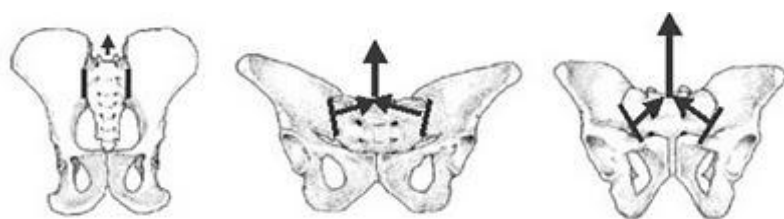


Figura 1. À esquerda, bacia do chimpanzé; ao centro, a bacia de Lucy (*Australopithecus afarensis*) e à direita, a bacia do homem moderno

Como pode ser visto na figura 1, existe uma nítida tendência de transformação de uma articulação sacroilíaca verticalizada, sem quase nenhum tipo de força de reação a uma

aplicação de força axial, em uma articulação sacroilíaca na forma de uma cunha, com um encaixe anatômico que permite o surgimento desta força de reação.

Com esta variação, a bacia passa a ter a capacidade de suportar mais carga, o que é realidade na postura com tendência bípede e ereta constante, ao contrário da postura bípede eventual ou quadrúpede ancestrais, onde o peso é repartido com os membros superiores.

Paralelamente à evolução do encaixe em cunha da articulação sacroilíaca, surge um dos principais fatores mecânicos responsáveis pela postura bípede: a nova organização das alavancas pélvicas, com um alargamento antero-posterior da bacia, e um conseqüente afastamento crescente do eixo de rotação femoral com relação à projeção vertical do centro do platô sacral. Isto levou a um aumento de braço de alavanca para a ação da musculatura extensora dos quadris (a principal responsável pela postura bípede). O glúteo máximo agora tem boa vantagem mecânica na geração e manutenção de uma postura bípede (Fig.2).

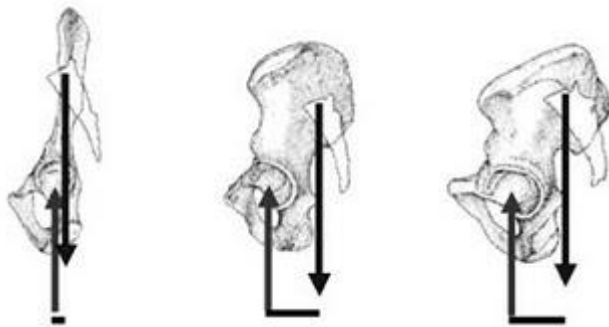


Figura 2. À esquerda, bacia do chimpanzé; ao centro, a bacia de Lucy (*Australopithecus afarensis*) e à direita, a bacia do homem moderno

Juntamente com o alargamento antero-posterior e latero-lateral da bacia, acima citados, surgem modificações marcantes na região caudal da coluna vertebral, em um processo que chamaremos de “piramidalização” da coluna lombar. Este processo se caracteriza por um maior alargamento relativo das distâncias interfacetárias das vértebras lombares distais em relação aos segmentos vertebrais mais proximais (Fig.3).

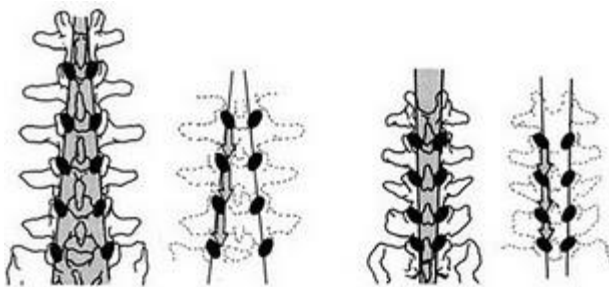


Figura 3. À esquerda, coluna piramidal (humana); à direita, coluna funicular (chimpanzé)

Com o surgimento da “piramidalização” da coluna lombar, torna-se agora possível o aparecimento de uma lordose segmentar, e, com o surgimento da lordose segmentar, surge a possibilidade de um alinhamento da linha de gravidade do segmento corporal

cranial ao centro das cabeças de fêmur a uma menor distância horizontal do eixo de rotação bicoxofemural, surgindo a postura ereta, com equilíbrio em pêndulo inverso, com oscilações pendulares preferenciais no plano sagital, e com a possível localização desta linha de gravidade exatamente sobre o eixo bicoxofemural, produzindo uma economia energética otimizada, pela inexistência de torque regional.

Juntamente com a “piramidalização”, a coluna lombar passou por uma redução evolutiva do número de suas vértebras, com o conseqüente aumento do ângulo lordótico entre cada um dos segmentos, que parece ter surgido em um processo relacionado à eliminação, por seleção natural, das primeiras escolioses ancestrais que surgiam nas colunas lombares mais longas e móveis. Por outro lado, como entenderemos mais adiante, isto favoreceu o surgimento paleopatológico da espondilólise e espondilolistese na espécie humana.

Desta forma, uma estrita necessidade de harmonização de grandezas lineares e angulares, adquiridas filogeneticamente (espaçamento interfacetário da piramidalização lombar, ângulo de inclinação do platô sacral, grau de lordose, etc) nem sempre é alcançada no aspecto ontogenético (ou seja, em cada indivíduo, particularmente), levando ao surgimento de certos padrões de anormalidade que se podem manifestar nosologicamente. Neste contexto surgem as degenerações.

## O BALANÇO SAGITAL

O balanço sagital do sistema espinopélvico (sistema mecânico composto por elementos osteoarticulares e neuromiofasciais da estrutura coluna-pelve-membros inferiores, relacionado diretamente ao balanço postural), antes limitado ao estudo dos desequilíbrios anteriores, em particular das escolioses, aparece hoje como um fator prognóstico essencial na conduta das afecções da coluna e em particular nas afecções degenerativas lombares. (Jackson e MacManus 1994) (Legaye, Hecquet, et al. 1993) (Mangione e Senegas 1997) (Marnay 1988)

De forma geral, todo o macro-balanço sagital do sistema espinopélvico tem um objetivo simples, não importando, aparentemente, a existência ou inexistência de patologias. Este objetivo é: fazer com que o centro de pressão no polígono de apoio, em posição ortostática, permaneça posicionado a cerca de 60% de sua distância anteroposterior (Geiger, et al. 2007). Com este fim, cada sistema biomecânico espinopélvico segue um caminho particular, usando seus recursos estruturais para uma otimização funcional, orientado às tarefas que deve desenvolver.

Levar em conta os diferentes parâmetros pélvicos e raquidianos do balanço sagital parece constituir efetivamente uma ajuda preciosa para o diagnóstico, o prognóstico evolutivo e o tratamento das afecções degenerativas da coluna.

Depois do crescente reconhecimento da importância do balanço sagital na função normal da coluna e no surgimento de várias patologias (Berthonnaud, Dimnet, et al. 2004) (Delmas, et al. 1999) (During, et al. 1985) (Duval-Beaupère e Legaye 2004) (Fender, et al. 1992) (Vaz, et al. 2002), definir os valores individuais dentro de uma normalidade passa a ser algo de importância maior na compreensão do funcionamento biomecânico do sistema espinopélvico.

É difícil falar de equilíbrio sagital normal, devido à grande variabilidade entre os indivíduos e pelo amplo intervalo de valores apresentados nos indivíduos assintomáticos, em termos padrão de organização relativo de elementos do sistema espinopélvico (Fender, et al. 1992) (Legaye, Hecquet, et al. 1993) (Roussouly, Berthonnaud e Dimnet 2003) (Vaz, et al. 2002). Mesmo assim, eu apontaria o balanço sagital “normal” do sistema espinopélvico como aquele mais frequentemente achado nos indivíduos assintomáticos e que se pode definir como um equilíbrio harmonioso do segmento corporal cranial ao eixo bicoxofemoral (segmento que une os dois centros das cabeças femorais), com um gasto energético muscular mínimo, com a finalidade ortostática de posicionar sua linha de gravidade do segmento superior do corpo em uma situação de menor torque em relação ao próprio eixo bicoxofemoral e a linha de gravidade global em uma estrita zona do polígono de apoio (Geiger, et al. 2007), e atendendo a uma condição de postura relativa dos componentes osteoarticulares e miofasciais que não se correlacione ao surgimento precoce de degenerações ou disfunções. Qualquer comportamento sistêmico que se afaste desta definição está se distanciando do “normal”, com riscos para conseqüente desenvolvimento de patologias.

### OS PRINCIPAIS PARÂMETROS DO BALANÇO SAGITAL

Vários autores estabeleceram os parâmetros radiológicos do equilíbrio sagital e insistiram sobre a importância da posição da bacia na estática vertebral (During, et al. 1985) (Stagnara, et al. 1982) (Kobayashi, et al. 2004) (Legaye, Hecquet, et al. 1993), e estudaram suas variações na população adulta jovem (Berthonnaud, Dimnet, et al. 2004) (Guigui, et al. 2003) (Roussouly, Berthonnaud e Dimnet 2003) (Vaz, et al. 2002), pediátrica (Duval-Beaupère e Legaye, 2004) (Mac-Thiong, et al. 2004) e em pacientes acima de 40 anos (Gelb, et al. 1995).

Autores europeus descreveram o ângulo de Incidência Pélvica (formado, na radiografia sagital, entre a linha perpendicular ao platô sacral, partindo do seu ponto médio, e a linha que une o centro do platô sacral ao ponto médio do segmento que une os dois centros das cabeças femorais, conhecido como eixo bicoxofemoral) como um parâmetro anatômico pélvico fundamental, que é específico e constante para cada indivíduo após o final do desenvolvimento e crescimento, e que determina a orientação pélvica e a importância de elementos essenciais do sistema espinopélvico, como o valor da lordose lombar (Legaye, Duval-Beaupère, et al. 1998). Esta descrição abriu uma nova perspectiva de avaliação biomecânica clínica nas alterações da coluna vertebral.

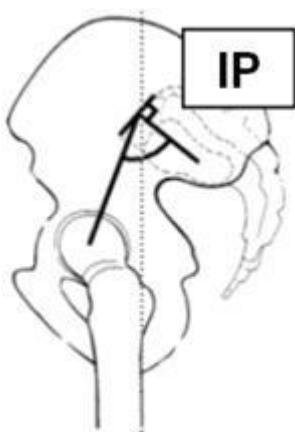


Figura 4. Ângulo de Incidência Pélvica

É essencial saber que o ângulo de Incidência Pélvica (Fig.4) é invariável, não importando a posição em que seja realizada a radiografia; quer seja em extensão, flexão ou posição neutra dos quadris. Logo, é uma constante anatômica individual. Em outras palavras, cada pessoa tem um valor que lhe é característico e condiciona um comportamento sistêmico particular.

Juntamente com o ângulo de Incidência Pélvica, DUVAL-BEAUPÈRE et all. descreveram dois outros ângulos: o Declive Sacral (formado pela intersecção de uma linha horizontal com a linha do platô sacral) e a Versão Pélvica (formada pela intersecção de uma linha vertical com a linha que une o eixo bicoxofemoral ao centro do platô sacral), que são, ao contrário da Incidência Pélvica, variáveis conforme a postura adotada. Isto nos permite chamá-los de ângulos posicionais (Fig. 5) (Legaye, Duval-Beaupère, et al. 1998).

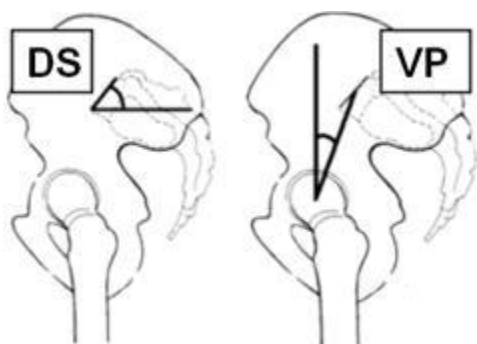


Figura 5. Ângulos posicionais de Declive Sacral e Versão Pélvica

A determinação de parâmetros anatômicos e posicionais constitui um passo essencial para o entendimento dos movimentos recíprocos do sistema bacia-coluna-membros inferiores, pois as relações anatomo-funcionais do sistema espinopélvico produzem tipos morfológicos (morfotipos) com comportamentos diversos e que podem, em algumas situações, predispor o surgimento de patologias degenerativas.

#### OS MORFOTIPOS ESPINOPELVICOS E SEUS COMPORTAMENTOS BIOMECÂNICOS

O sistema espinopélvico tem o comportamento de um pêndulo inverso (Loram e Lakie 2002) (Fig.6).

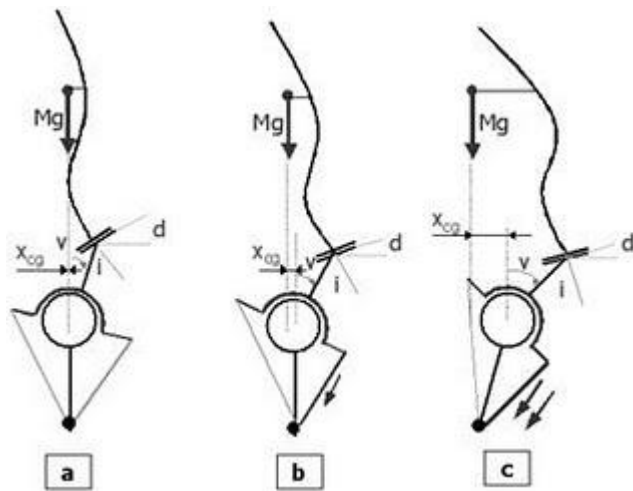


Figura 6. Modelo do pêndulo inverso. Fig a. Representa o pêndulo inverso em equilíbrio econômico, pois, uma vez que o centro de massa ( $Mg$ ) está alinhado com o eixo bicoxofemoral, há gasto energético mínimo para manutenção postural. Nas fig. b e c, com a partida do centro de massa na direção anterior, existe uma resposta muscular de realinhamento (setas oblíquas), com crescente gasto energético muscular

Como acima exemplificado, o sistema espinopélvico responde às variações do posicionamento do centro de massa (ou baricentro) (Duval-Beaupère, Schmidt e Cosson 1992). Esta resposta, contudo, desenvolve-se dentro de limites anatômicos impostos pelos parâmetros pélvicos.

Podemos definir, didaticamente, o ângulo de 50 graus como o valor médio de incidência pélvica na população adulta assintomática, e, através de outros estudos realizados em indivíduos com patologias da coluna, sugerimos os valores iguais ou menores de 45 graus como valores de incidência pélvica baixa e valores iguais ou maiores de 60 graus como de incidência pélvica alta (Berthonnaud, Labelle, et al. 2001) (Fiére, Da Mota e Roussouly 2001) (Fiére, Da Mota e Berthonnaud, et al. 2001) (Barrey, et al. 2007).

Desta maneira, podemos classificar simplificada e o sistema espinopélvico em três grupos: os de incidência pélvica normal, os de baixa incidência pélvica e os de alta incidência pélvica.

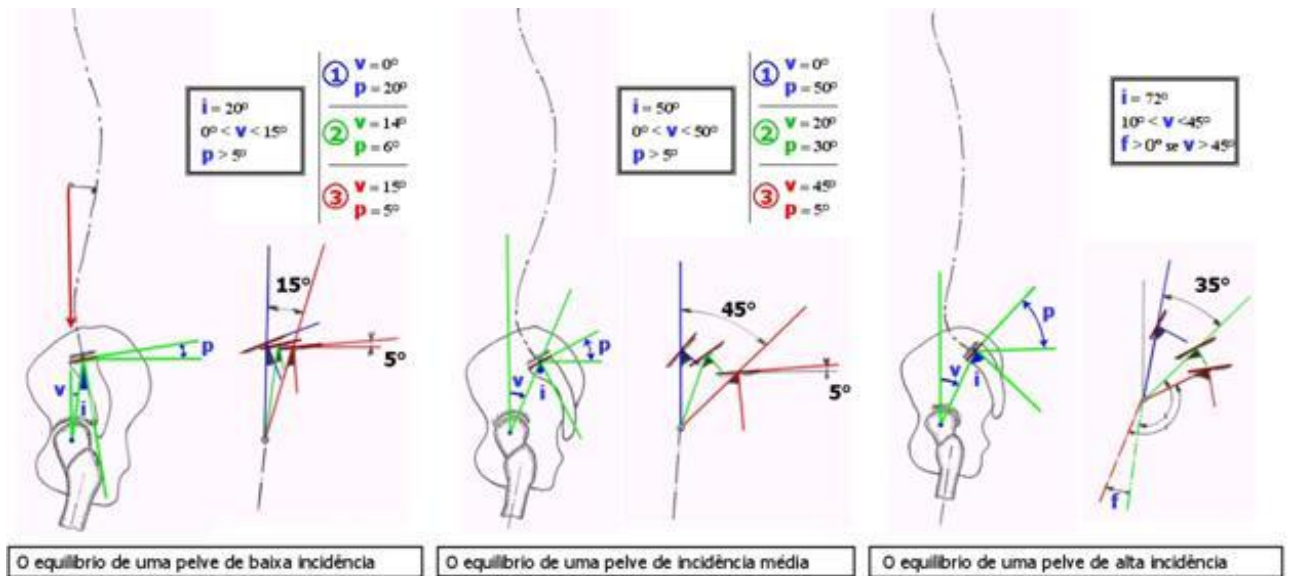


Figura 7. Representação de morfotipos espinopélvicos de, respectivamente, incidência baixa, média e alta.

É interessante entender o comportamento do sistema espinopélvico em diferentes graus de incidência, e antes de iniciarmos este tópico é importante ressaltar que existe uma correlação geométrica entre a constante individual Incidência Pélvica e os ângulos posicionais de Versão Pélvica e Declive Sacral (Fig.8).

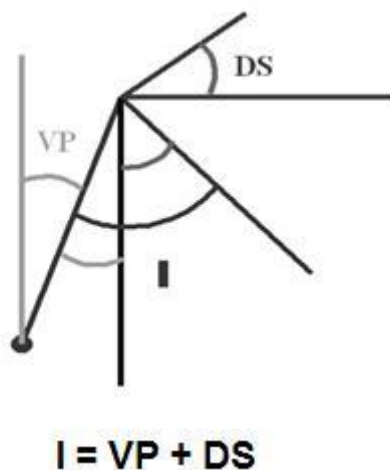


Figura 8. Correlação geométrica entre os parâmetros pélvicos.

Percebe-se, na figura 8, que o ângulo de incidência (I) é a soma geométrica dos ângulos posicionais de versão pélvica (VP) e de declive sacral (DS). Desta forma, uma vez que a Incidência Pélvica é invariável em cada indivíduo, os valores de Versão Pélvica e de Declive Sacral são limitados pelo valor da incidência.

O morfotipo médio, aquele da incidência de 50 graus, e que surge com maior frequência na população assintomática, parece ser o mecanicamente mais ajustado às solicitações de nossas atividades modernas.

No equilíbrio em pêndulo inverso de um sistema espinopélvico de incidência média, temos uma grande variação angular entre anteversão e retroversão máximas da bacia, o que gera uma boa possibilidade de dispersão da ação da linha de gravidade em cada estado do sistema. Neste grupo de pacientes, encontra-se menor quantidade de patologias de tipo degenerativo, por uma menor concentração de pontos de pressão sobre as estruturas da coluna vertebral. As cargas estão bem distribuídas.

Além da situação média, no entanto, podem existir outros tipos de comportamentos, uma vez que o parâmetro de incidência pélvica do sistema se dirija para valores extremos.

Estes comportamentos dos morfotipos de alta ou de baixa incidência podem ser geradores de patologias distintas na coluna vertebral, por influírem diferentemente na concentração de forças e no comportamento dos segmentos intervertebrais relacionados.

No equilíbrio de um sistema espinopélvico de incidência baixa, existe uma tendência de aproximação da linha de gravidade em relação à junção lombossacra, e temos uma pequena variação angular entre anteversão e retroversão máximas, o que gera uma menor dispersão dos pontos de pressão sobre o disco intervertebral e a um aumento da forças sobre o núcleo pulposo. Nesta condição surgem as patologias discais.

Por outro lado, os morfotipos de alta incidência estão caracteristicamente relacionados a um grupo diverso de patologias. Neste grupo de alta incidência, temos concentrados os pacientes hiperlordóticos que desenvolvem problemas relacionados à sobrecarga dos elementos posteriores da coluna lombar, menor dispersão dos pontos de pressão na concavidade lombar e com o aumento de forças compressivas nas facetas articulares e pars interarticulares, com aparecimento de alterações sobre estas estruturas.

## ANÁLISE BIOMECÂNICA CLÍNICA DO BALANÇO SAGITAL DO SISTEMA ESPINOPÉLVICO EM DIVERSAS PATOLOGIAS DEGENERATIVAS

Como vimos até agora, os extremos de incidência pélvica, para cima ou para baixo, são fatores relacionados ao surgimento de patologias como a hérnia de disco, a osteocondrose intervertebral (patologia onde surgem as alterações de platôs vertebrais nos diversos graus descritos por Modic) (Fiére, Da Mota e Roussouly 2001) (Modic, et al. 1988), espondilólise e espondilolisteses de diversas classificações (Vialle, et al. 2007) (Barrey, et al. 2007).

No entanto, nem todas as pessoas com incidências pélvicas extremas desenvolvem degenerações, como nem todas as pessoas que desenvolvem degenerações tem incidências extremas. Para compreender isto, irei passar, a partir de agora, a fazer uma abordagem clinicamente orientada e centrada sobre algumas patologias degenerativas comuns, baseado no conhecimento da dinâmica filogenética, em minha experiência clínica pessoal e em dados da literatura pertinente.

Antes de tudo, é importante notar que os pacientes normais estão divididos entre todos os estratos de morfotipos (incidências médias, altas e baixas), mas veremos, no entanto, que podem existir diferenças de harmonização de variáveis entre sujeitos normais e sujeitos patológicos, mesmo que se encontrem dentro de um mesmo morfotipo (Barrey, Jund, et al. 2007).

## HÉRNIAS DE DISCO E DEGENERAÇÕES DISCAIS

As patologias discais surgem nos níveis mecanicamente mais solicitados (coluna lombar e cervical inferior) (Loyau e Macro 1992) e não costumam ocorrer nas altas incidências, estando concentradas entre os pacientes com sistemas espinopélvicos de baixa incidência, onde existe uma possibilidade de concentração de carga sobre o disco intervertebral.

Nas discopatias degenerativas, encontramos um valor médio de incidência pélvica cerca de 2 a 4 graus menor que o valor médio da população dita normal, um declive sacral e uma lordose também significativamente menores (Barrey 2004), e é interessante notar que nas hérnias de disco os valores de incidência são ainda menores que nas degenerações sem hérnias, e costumam ocorrer em indivíduos mais jovens em média três anos (Barrey, et al. 2007).

Em 2001, foi realizado um estudo com 60 pacientes com indicação cirúrgica de hérnia discal e, pela primeira vez, mostrou-se que existe uma população de risco para o desenvolvimento de hérnia discal, com base em parâmetros espinopélvicos. Os pacientes com hérnia tinham uma média de idade de  $41 \pm 11$  anos, e foram comparados a uma população controle assintomática com uma média de idade de  $26,5 \pm 4$  anos.

Observamos que a incidência pélvica teve uma média de  $47,64^\circ \pm 10$ , o que foi essencial para dizer que temos um morfotipo de risco. Outro dado importante é que no grupo dos pacientes com hérnia discal encontramos um valor médio de versão pélvica de  $17,40 \pm 7$ , enquanto o grupo controle tem um valor médio de  $12,8 \pm 6,8$ , o que é significativo e indica a existência de uma grande retroversão relativa, o que pode ser uma tentativa de abertura do forame de conjugação para alívio da ciatalgia presente. O que, de fato, nestes casos, não ocorreu, pois todos foram submetidos à cirurgia para alívio sintomático (Fiére, Da Mota e Roussouly 2001).

Com as observações de sua prática clínica, Roussouly vislumbrou a existência de diferentes padrões de lordoses e estabeleceu uma interessante classificação. Segundo a classificação dos tipos de lordose do Centro de Massues (Roussouly, Berthonnaud e Dimnet 2003), existem quatro tipos de lordose, de acordo com o posicionamento do ápice da curva lombar. O tipo 1 tem o ápice de curva no meio do muro anterior de L5, o tipo 2 tem o ápice no disco L4/L5, o tipo 3 tem o ápice no meio do muro anterior de L4 e o tipo 4 tem o ápice no disco L3/L4. Os valores médios respectivos de incidência são  $41^\circ$ ,  $44^\circ$ ,  $51^\circ$  e  $63^\circ$ .

Na população assintomática, os sujeitos dos grupos 1 e 2 somados representam 32% da população, mas no grupo das patologias discais (degeneração + hérnias) os grupos 1 e 2 somados representam 53% dos pacientes. Isto indica que os tipos de curva de baixa incidência representam risco para desenvolvimento de patologias discais.

Na população de patologias discais, se os pacientes forem estratificados por idade, notar-se-á que 63% daqueles que se tornaram sintomáticos antes dos 45 anos estão classificados com curvas tipo 1 e 2, com incidências médias mais baixas, contra apenas 42% daqueles que se apresentam com sintomas após 45 anos de idade (na população normal os tipos 1 e 2 somam 32% dos sujeitos). Isto mostra que quanto menor for a incidência, mais cedo uma patologia discal pode se manifestar.

É também interessante notar que a classificação de Massues tem relação com o nível da degeneração discal. As lordoses tipo 2 concentram cargas na parte baixa da coluna lombar, com discopatias em L4/L5 e L5/S1, ao passo que as lordoses tipo 1 desenvolvem discopatias ao nível lombar médio, em L2/L3 e L3/L4 (Barrey 2004).

## ESPONDILOLISTESE

## DEGENERATIVA

A espondilolistese degenerativa é provocada por uma falência mecânica dos meios de união entre duas vértebras (articulações facetárias e disco intervertebral).

O sentido do deslizamento segue o declive da vértebra subjacente, ou seja, para frente (anterolistese) na coluna lombar inferior e para trás (retrolistese) na coluna lombar superior. Contrariamente à espondilolistese por lise ístmica, o deslizamento interessa a totalidade da vértebra, inclusive o arco posterior.

Em estudo recente (Barrey, et al. 2007), as espondilolisteses degenerativas apresentaram uma Incidência Pélvica significativamente maior que a população assintomática (média de  $60^\circ \pm 11,3$ ) e, quando comparadas com população estratificada para a mesma média de incidência, mostraram um declive sacral cerca de 7 graus menor ( $40^\circ \pm 9$ , comparados a  $47^\circ \pm 9$  da população normal estratificada) e uma lordose cerca de 9 graus menor ( $59^\circ \pm 12$ , comparados a  $68^\circ \pm 5$  da população normal estratificada) (Barrey, Jund, et al. 2007). Nota-se, ainda, que os pacientes com espondilolisteses degenerativas estão preferencialmente concentrados nos tipos de lordose 3 e 4 pela classificação de Massues (Roussouly, Berthonnaud e Dimnet 2003)

No caso da anterolistese, para que exista o deslizamento para frente, é necessário que as articulações facetárias estejam profundamente degeneradas (Inoue, et al. 1988). Isto ocorre pelo possível carregamento excessivo sobre as facetas articulares, existente nos morfotipos de alta incidência, o que favorece o surgimento de uma degeneração artrósica, levando a uma listese em um quadro mais avançado, condicionada pela competência mecânica do disco intervertebral (Matsunaga, et al. 1990).

## ESTENOSE

## DE

## CANAL

## LOMBAR

O que chama a atenção nos pacientes com estenose lombar degenerativa, é que basicamente não há diferença dos parâmetros espinopélvicos em relação à população normal, tanto para a incidência pélvica, versão pélvica e declive sacral, havendo apenas uma discreta diminuição relativa da lordose lombar.

A distribuição dos pacientes com estenose degenerativa da coluna lombar entre as classes de lordose de Massues são as que mais se aproximam do grupo normal. Isto se torna lógico, quando partimos do princípio que temos um mecanismo misto de degeneração, ao mesmo tempo discal e facetário.

Podemos dizer que os pacientes com estenose degenerativa não desequilibram do ponto de vista sagital, mas simplesmente “afundam”. Vamos entender isto melhor após a compreensão do microequilíbrio sagital, o que vai complementar todo o raciocínio biomecânico até agora apresentado, explicando a totalidade do problema.

## AS DEGENERAÇÕES ARTRÓSICAS RELACIONADAS ÀS MEGA-APÓFISES

## LOMBOSSACRAIS E ÀS ARTICULAÇÕES FACETÁRIAS

Notei que o surgimento das mega-apófises não é apenas uma malformação, pois costuma surgir mais frequentemente em pacientes com ângulos muito altos de incidência pélvica. Talvez seja uma estratégia que minimize o risco de deslizamento L5/S1 em idade jovem, prolongando a funcionalidade normal da coluna até uma idade mais avançada, quando surgem artroses sintomáticas na neoarticulação. Isto foi uma estratégia favorecida pelo processo de seleção natural. É como se a estrutura da coluna buscasse gerar um bloqueio ao cisalhamento imposto por um declive regional anormalmente alto e de forte risco para listese, após a existência de uma lise ístmica provável. Nada é por acaso em um sistema dinâmico.

A respeito das degenerações facetárias, já sabemos que elas guardam relação com ângulos maiores de incidência pélvica. Creio que a relação entre o declive sacral e a lordose (que é condicionada pelo valor do declive sacral) sofra uma interferência limitante do grau de piramidalização. Desta forma, pacientes com o mesmo declive de outros sujeitos assintomáticos podem ter um morfotipo de risco para o desenvolvimento de artrose das facetas se seus gradientes de afastamento piramidal produzirem uma base estreita, ocasionando conflitos no “encaixe interfacetário” de segmentos adjacentes. Assim, com uma limitação do desenvolvimento ontogenético da lordose, cria-se um ponto de conflito e sobrecarga, levando à artrose. Fica mais uma idéia para enriquecer os estudos biomecânicos do sistema espinopélvico: determinar parâmetros de piramidalização regional lombar...

### A SÍNDROME DEGENERATIVA QUADRIL-COLUNA (HIP-SPINE SYNDROME)

A síndrome quadril-coluna foi inicialmente descrita em 1983 (Offierski e MacNab 1983). Estudos mais recentes mostraram que alterações funcionais dos quadris geram anormalidades do alinhamento sagital, e que a correção da função articular dos quadris em quadros artrósicos avançados, com a realização de artroplastias, produz uma redução significativa na escala visual e nos escores de Oswestry para a dor lombar (Ben-Galim, et al. 2007).

Os parâmetros espinopélvicos foram também estudados em pacientes que desenvolveram artroses dos quadris. Analisando uma população de 150 pacientes (média de idade de  $61 \pm 11,1$  anos) com artrose do quadril, em comparação com uma população de 150 pacientes (média de idade de  $58,9 \pm 11,7$  anos) com lombalgias por doenças degenerativas da coluna (58 com hérnias discais, 22 com estenose de canal lombar, 52 com espondilolistese degenerativa e 18 com escoliose lombar degenerativa), os autores identificaram que o grupo artrose do quadril tinha uma incidência pélvica média de  $58,5^\circ \pm 14$ , comparado ao grupo controle cujo valor era de  $51,9^\circ \pm 13,4$ , o que representava uma diferença significativa. Desta forma, pode-se considerar um morfotipo espinopélvico de alta incidência como um risco para desenvolvimento de artrose de quadril.

### O MICRO-EQUILÍBRIO SAGITAL: A IMPORTÂNCIA DA INTEGRAÇÃO TENSIONAL NAS PATOLOGIAS DEGENERATIVAS

Depois de tudo isto, eu perguntaria: por que alguns sujeitos de certo morfotipo desenvolvem uma patologia degenerativa e outros não desenvolvem? Eis uma boa questão!

Em 1956, definiu-se como unidade funcional da coluna o Segmento Móvel Raquidiano (SMR): componente elástico e deformável constituído, de frente para trás, pelo disco, o ligamento vertebral comum posterior, as cápsulas articulares interapofisárias posteriores, o ligamento amarelo e o ligamento interespinhoso (Schmorl e Junghanns 1956).

O SMR assegura, a cada nível, a coesão intervertebral, no mesmo instante em que permite a mobilidade. A perda da função disco-vertebral perturba a execução de movimentos, levando a alterações simultâneas de todas as estruturas do Segmento Móvel Raquidiano. Ela é inicialmente segmentar e localizada no nível da lesão antes de repercutir sobre as curvas regionais e, finalmente, sobre todo o conjunto das funções da coluna vertebral.

Em 1982, Louis propõe a teoria de triangulação articular bi-ortogonal para demonstrar a sinergia funcional no seio do tripé vertebral. O autor põe em evidência um sistema articular ortogonal entre as superfícies articulares facetárias e o plano do disco. Desta maneira, de acordo com a posição do eixo da coluna com relação às forças aplicadas, as articulações anteriores (disco) e posteriores (facetar) participam dos esforços segundo modalidades diferentes, com alternância recíproca de movimentos de compressão e cisalhamento. Com a coluna em posição vertical temos compressão discal e cisalhamento facetário. Com a coluna em posição horizontal temos o cisalhamento discal e compressão facetária. Este raciocínio simplório evolui para chegar ao modelo que agora proponho: o modelo de integração tensional.

Além dos princípios de macroequilíbrio sagital, visto durante todo este capítulo, onde importam os parâmetros espinopélvicos globais, deve-se também levar em conta o microequilíbrio sagital existente em cada segmento móvel de Junghanns e entre estes segmentos. Isto adiciona um raciocínio mais aguçado aos problemas da disfunções da coluna vertebral.

Deve-se saber que a biomecânica da coluna não é aquela de uma transmissão de carga axial compressiva direta e constante sobre cada vértebra. De fato, as vértebras e suas articulações estão contidas em uma rede tensiva contínua e são mantidas integradas estruturas elásticas (músculos, ligamentos, fascias). Assim, compreendendo esta função elástica essencial de integração tensional para o microequilíbrio de cada Segmento Móvel Raquidiano, fica mais fácil entender porque alguns sujeitos com morfotipos específicos são levados a desenvolver patologias degenerativas, e outros não.

Em geral, se tivermos uma boa funcionalidade elástica segmentar e global, temos uma boa defesa mecânica contra as degenerações, sejam elas discas, facetárias, espondilólises, listeses, etc... Isto se deve ao fato de os componentes elásticos saudáveis manterem os componentes vertebrais em um estado de suspensão elástica, impedindo a continuidade compressiva e reações mecanobiológicas próprias, pois as estruturas discas e articulares exibem respostas biológicas diversas a estímulos mecânicos, dependendo do tipo de carregamento, magnitude, direção e zona anatômica da célula de origem. (Setton e Chen 2006). Por outro lado, se tivermos um quadro de falência tensiva, os morfotipos passam então a determinar sobrecargas de acordo com seus comportamentos mecânicos, daí surgem as degenerações.

**CONCLUSÃO**

Em vista do reconhecimento da importância do estudo do balanço sagital no desenvolvimento de afecções da coluna vertebral, é importante que nós ortopedistas estejamos familiarizados com os fundamentos e parâmetros desta ferramenta clínica. Seria ideal se adquiríssemos o hábito de analisar cada caso clínico pertinente à luz destes conhecimentos, pois as informações obtidas modificam de uma forma objetiva a nossa conduta, propiciando um melhor diagnóstico e, por consequência, um melhor resultado terapêutico. Seria também interessante perceber que poderíamos intervir populacionalmente, no sentido de adaptar as tarefas a grupos morfológicos específicos, reduzindo riscos de desenvolvimento de patologias variadas.

Estes conhecimentos de balanço sagital são novos no âmbito de nossa especialidade, mas chegam para enriquecer a abordagem clínica das futuras gerações de ortopedistas diante das dores, degenerações e deformidades da coluna vertebral.

## BIBLIOGRAFIA

1. Barrey, C. Equilibre sagittal pelvi-rachidien et pathologies lombaires degeneratives. Etudes comparative a propos de 100 cas. Lyon: UCBL, 2004.
2. Barrey, C, J Jund, O Nosedá, e P Roussouly. "sagittal balance of the pelvis-spine complex and lumbar degenerative diseases. A comparative study about 85 cases." *Eur Spine J*, 2007: 1459-1467.
3. Ben-Galim, P, et al. "Hip-spine syndrome: the effect of total hip replacement surgery on low back pain in severe osteoarthritis of the hip. ." *Spine*, 2007: 2099-2102.
4. Berthonnaud, E, H Labelle, G Grimard, e H Da Mota. "Sagittal spinopelvic radiological measurements of trunk balance: a variability study." *European Spine Journal*, 2001: 2001, s33.
5. Berthonnaud, E, J Dimnet, P Roussouly, e H Labelle. "Analysis of the sagittal spine and pelvis using shape and orientation parameters." *J Spinal Disord Tech*, 2004.
6. Delmas, V, A Delmas, V Galichon, EA Cabanis, e JC Pineau. "Rachis et station érigée. Quarante ans d'étude sur la colonne vertébrale." *Biom Hum et Anthropol*, 1999: 1-4.
7. Doring, J, H Goudfroy, W Keessen, TW Beeker, e A Lowe. "Towards standards for posture. Postural characteristics of the lower back system in normal and pathologic conditions." *Spine*, 1985: 83-87.
8. Duval-Beaupère, G, C Schmidt, e P Cosson. "A barycentremetric study of the sagittal shape of spine and pelvis : the conditions required for an economic standing position." *Annals of biomedical engineering*, 1992: 451-462.
9. Duval-Beaupère, G, e J Legaye. "Composante sagittale de la statique rachidienne." *Revue du rhumatisme*, 2004: 105-119.
10. Fender, P, J Sengler, P Michot, A Buemi, e C Leromaim. "Statique rachidienne normale. Etude clinique et radiographique chez 100 sujets âgés de 30 à 39 ans." In: *Le Rachis vieillissant*, 14-20. Paris: Masson, 1992.
11. Fiére, V, H Da Mota, E Berthonnaud, e P Roussouly. "Discal herniation, pelvic incidence and spinopelvic balance: a correlation study." *European Spine Journal*, august de 2001: s45.
12. Fiére, V, H Da Mota, e P Roussouly. "Analyse par logiciel sagittal spine d'une population de 60 patients opérés de hernie discale lombaire." *Rreunion du Group d'Etude de la Scoliose - GES 2001*. Nice - France, 2001.

13. Geiger, EV, O Muller, T Niemeyer, e T Kluba. "Adjustment of pelvispinal parameters preserves the constante gravity line position." *International Orthopaedics*, 2007: 253-258.
14. Gelb, DE, LG Lenke, KH Bridwell, K Blanke, e KW MacEreny. "An analysis of sagittal spinal aligment in 100 asymptomatic middle and older aged volunteers." *Spine*, 1995: 1351-1358.
15. Guigui, P, N Levassor, L Rillardon, P Wodecki, e L Cardinne. "Valeur physiologique des paramètres pelviens et rachidiens de l'équilibre sagittal du rachis. Analyse d'une série de 250 volontaires." *Revue de chir orthop*, 2003: 496-506.
16. Inoue, SI, T Watanabe, S Goto, K Takahashi, K Takata, e E Shoe. "Degenerative spondylolisthesis. Pathophysiology and results of anterior interbody fusion." *Clinical orthopaedics and related research*, 1988: 90-98.
17. Jackson, RP, e AC MacManus. "Radiographic analysis of sagittal plane alignment and balance in standing volunteers and patients with low back pain matched for age, sex and size." *Spine*, 1994: 1611-1618.
18. Kobayashi, T, Y Atsuta, T Matsuno, e N Takeda. "A longitudinal study of congruent sagittal spinal alignment in an adult cohort." *Spine*, 2004: 671-676.
19. Legaye, J, G Duval-Beaupère, J Hecquet, e C Marty. "Pelvic incidence : a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves." *European Spine J*, 1998: 99-103.
20. Legaye, J, J Hecquet, C Marty, e G Duval-Beaupère. "Equilibre sagittal du rachis.Relations entre bassin et courbures rachidiennes sagittales en position debout." *Rachis*, 1993: 215-226.
21. Loram, I D, e Martin Lakie. "Human Balancing of a inverted pendulum: position control by small, ballistic-like, throw and catch movements." *Journal of Physiology*, 2002: 1111-1124.
22. Lovejoy, C.O. "The natural history of natural gait and posture. Part 1. Spine and pelvis." *Gait and Posture*, 2005: 95-112.
23. Loyau, G, e M Macro. "Vieillissement articulaire et arthrose rachidienne." In: *Le Rachis vieillissant*, 81-86. Paris: Masson, 1992.
24. Mac-Thiong, J, E Berthonnaud, J Dimar, R Betz, e H Labelle. "Sagittal alignment of the spine and pelvis during growth." *Spine*, 2004: 1642-1647.
25. Mangione, P, e J Senegas. "L'équilibre rachidien dans le plan sagittal." *Revue de chirurgie orthopédique*, 1997: 22-32.
26. Marnay, T. "Equilibre du rachis et du bassin." In: *Cahiers d'enseignement de la SOFCOT*, 281-313. Paris: Masson, 1988.
27. Matsunaga, S, T Sakou, Y Morizono, A Masuda, e AM Demirtas. "Natural history of degenerative spondylolisthesis. Pathogenesis and natural course of the slippage." *Spine*, 1990: 1204-1210.
28. Modic, MT, TJ Masaryk, JS Ross, e JR Carter. "Imaging of degenerative disk disease." *Radiology*, 1988: 177-186.
29. Offierski, CM, e I MacNab. "Hip-spine syndrome." *Spine*, 1983: 316-321.
30. Roussouly, P, E Berthonnaud, e J Dimnet. "Analyse géométrique et mécanique de la lordose lombaire dans une population de 160 adultes asyptomatiques : Essai de classification." *Revue de Chirurgie Orthopédique*, 2003: 632-639.
31. Schmorl, G, e H Junghanns. *Clinique et radiologie de la colonne vertébrale normale et pathologique*. Paris: Doin, 1956.
32. Setton, LA, e J Chen. "Mechanobiology of the intervertebral disc and relevance to disc degeneration." *J Bone Joint Surg* , 2006: 52-57.

33. Stagnara, P, et al. "Reciprocal angulation of vertebral bodies in a sagittal plane : approach to references for the evaluation of kyphosis and lordosis." *Spine*, 1982: 335-342.
34. Vaz, G, P Roussouly, E Berthonnaud, e J Dimnet. "Sagittal morphology and equilibrium of pelvis and spine." *European Spine J*, 2002: 80-87.
35. Vialle, R, B Ilharreborde, C Dauzac, T Lenoir, L Rillardon, e P Guigui. "Is there a sigittal imbalance of the spine in isthmic spondylolisthesis? A correlation study." *Eur Spine J*, 2007: 1641-1649.