

5 BIOMECÂNICA DA POSTURA SENTADA

5.1 A coluna vertebral

A coluna vertebral tem sido tema de estudo ao longo de anos, tendo em vista sua importância na vida do ser humano. De acordo com Kapandji (2000:12), a coluna vertebral é o eixo do corpo e deve conciliar dois imperativos mecânicos contraditórios: a rigidez e a flexibilidade. Consegue esta façanha graças à sua estrutura. Em conjunto, pode ser considerada como o mastro de um navio, apoiado na pelve, continua até a cabeça e, no nível dos ombros, suporta uma grande verga transversal: a cintura escapular. Em cada nível, existem tensores ligamentares e musculares.

Todas as funções da coluna acontecem sob a influência do sistema nervoso central. Trata-se de uma adaptação ativa graças ao ajuste permanente do tônus dos diferentes músculos da postura pelo sistema extrapiramidal.

A flexibilidade do eixo vertebral é devido à sua configuração por múltiplas peças superpostas, unidas entre si por elementos ligamentares e musculares. Deste modo, esta estrutura pode deformar-se apesar de permanecer rígida sob a influência dos tensores musculares.

A coluna vertebral, eixo do corpo e protetora do eixo nervoso, como esclareceu Kapandji (2000), constitui o pilar central do tronco. Desempenha um papel protetor do eixo nervoso, fato que a deixa muito sensível e com uma necessidade maior de cuidados quanto ao seu uso.

De acordo com Oliver (1998:1), a coluna vertebral consiste em 24 vértebras individualizadas acompanhadas de cinco fusionadas, formando o sacro e, usualmente, quatro fusionadas formando o cóccix.

Apresenta quatro curvaturas no plano sagital que são: a curvatura sacral, fixa devido à soldadura definitiva das vértebras sacrais, de concavidade anterior; a lordose lombar, de concavidade posterior; a cifose dorsal, de convexidade posterior e a lordose cervical, de concavidade posterior (Figura 5.1). Vista de frente ou de costas, porém, é retilínea.

Estas curvas surgiram no percurso da evolução da espécie humana na passagem da posição quadrúpede à posição bípede, que levou à retificação e depois à inversão da curvatura lombar, inicialmente côncava para frente; assim apareceu a lordose lombar côncava para trás (KAPANDJI, 2000:16).

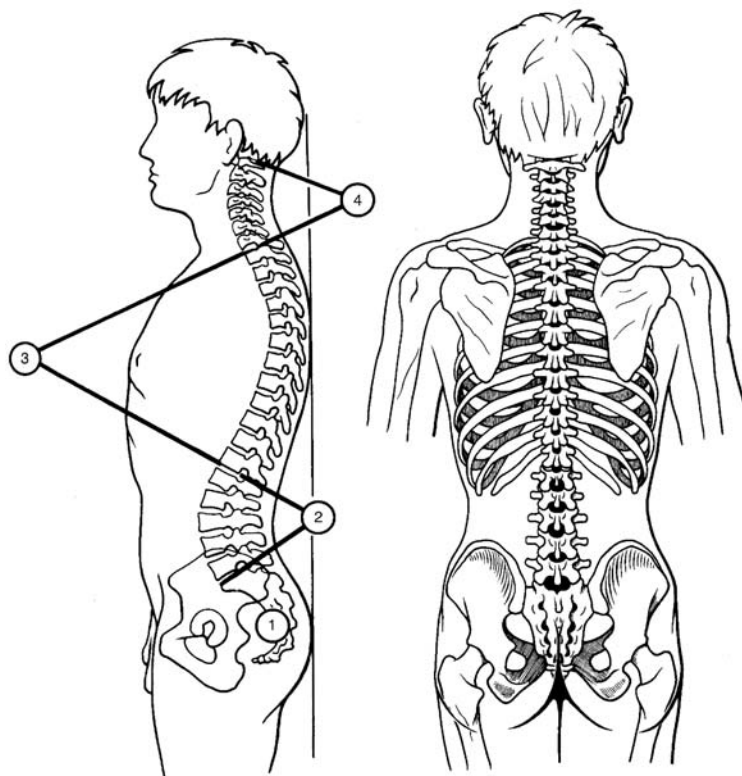


Figura 5.1 – As curvaturas da coluna vertebral em conjunto:
1 – curvatura sacral; 2 – lordose lombar; 3 – cifose dorsal;
4 – lordose cervical. Fonte: Kapandji (2000:17)

No percurso do desenvolvimento do indivíduo (Figura 5.2), segundo T.A. Willis (apud KAPANDJI, 2000:16), pode-se observar como ocorre a mesma evolução na coluna vertebral. No primeiro dia de vida, (a) a coluna lombar é côncava para frente. Com cinco

meses, (b) a curvatura continua sendo ligeiramente côncava para frente; e (c) somente aos treze meses a coluna lombar se torna retilínea. A partir dos três anos (d) pode-se apreciar uma ligeira lordose lombar que se vai consolidar aos oito anos e (e) e adotar sua curvatura definitiva aos dez anos (f), conclui-se, então, que a evolução do indivíduo é paralela à evolução da espécie.

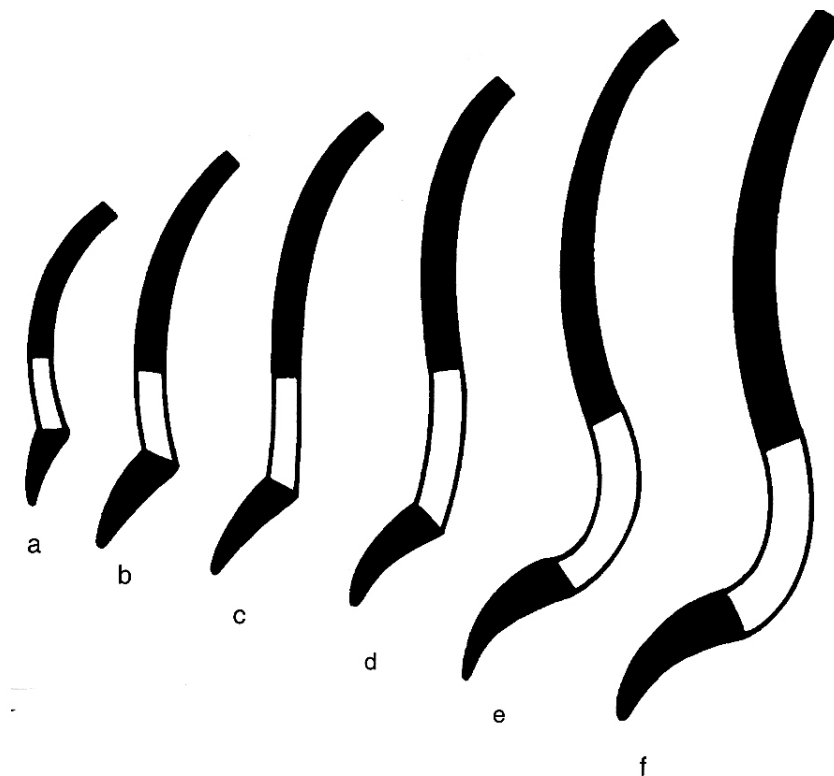


Figura 5.2 – A aparição das curvaturas da coluna vertebral.
Fonte: Kapandji (2000: 19).

Essas curvaturas auxiliam a dissipar as forças verticais compressivas, suprindo desta forma a coluna de uma importante capacidade de absorção de choques, tomando-se como referência uma coluna retilínea (a), cujo número de curvaturas é igual a zero, e, se considerarmos a sua resistência como uma unidade, numa coluna com uma só curvatura (b), a sua resistência é o dobro da primeira. Numa coluna com duas curvaturas, (c) a sua resistência é cinco vezes maior do que a da coluna retilínea. Por último, no caso de uma

coluna com três curvaturas móveis (d), como a coluna vertebral com a sua lordose lombar, a sua cifose dorsal e a sua lordose cervical, a sua resistência é dez vezes maior do que a da coluna retilínea.

5.1.1 Anatomia da coluna vertebral

a – Vértebras

De acordo com Knoplich (2003), as vértebras são em número de 33, porém cinco formam o sacro e quatro a cinco formam o cóccix. “Uma vértebra-tipo, [...], é formada por: corpo vertebral; arco posterior, que inclui as apófises transversas laterais, em número de duas, e a apófise espinhosa posterior; orifício vertebral; apófises articulares e pedículos ou lâminas” (Figura 5.3).

As vértebras são formadas por sistemas trabeculares em seu interior. O corpo vertebral consiste em uma fina camada externa de osso cortical. O corpo vertebral tenderia a permanecer colapsado, se não fosse seu recheio de osso esponjoso, cujas trabéculas agem como apoio sem torná-lo excessivamente pesado (WAINWRIGHT et al., 1976 apud OLIVER et al., 1998:3).

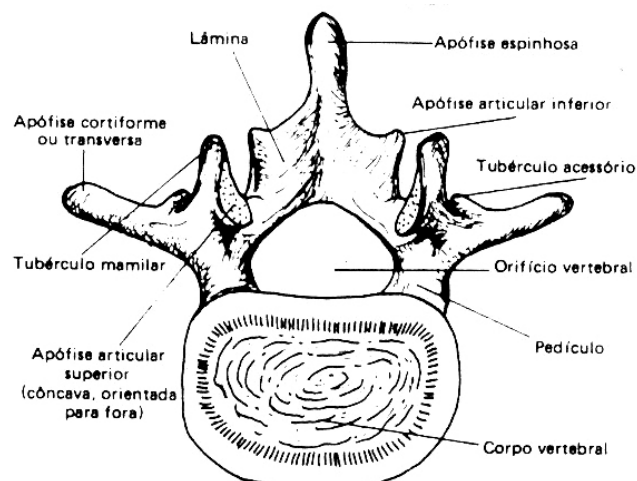


Figura 5.3 – Vista superior de uma vértebra lombar típica.
Fonte: Knoplich (2003:21).

b – Articulações

De acordo com Knoplich (2003:19), as articulações da coluna são de dois tipos:

- Díartroses: juntas verdadeiras, com superfície cartilaginosa, líquido sinovial e cápsula;
- Anfiartroses: não são verdadeiramente articulações, mas permitem movimento. São semimóveis, não tendo líquido sinovial, como os discos intervertebrais e as conexões ligamentares. São formadas pelas facetas articulares das vértebras e também incluem a articulação atlantoaxóidea com o crânio; as articulações costovertebrais das costelas e as sacroilíacas da coluna com a bacia, que são responsáveis pelos movimentos da coluna, apresentando alterações de desgaste. Nas anfiartroses, os movimentos são pequenos, porém também há alterações de desgaste, pelo fato de o disco desempenhar uma função de suporte do peso corporal.

c – Discos intervertebrais

Os discos intervertebrais, de acordo com Knoplich (2003), contribuem com cerca de um terço de todo o comprimento da coluna lombar, constituindo, mais ou menos, um quinto do comprimento cervical. A altura do disco intervertebral na cervical é ligeiramente maior na parte anterior do que na posterior, dando-lhe aspecto de cunha, o que explica a curvatura na cervical (lordose). Na região torácica, são praticamente paralelos. Na lombar, a altura do disco na sua porção anterior é duas vezes a da região posterior, conferindo-lhe forma em cunha e contribuindo para a formação da curva lordótica e está em íntimo contacto com a cartilagem hialina que cobre o corpo vertebral e que se ossifica na idade adulta.

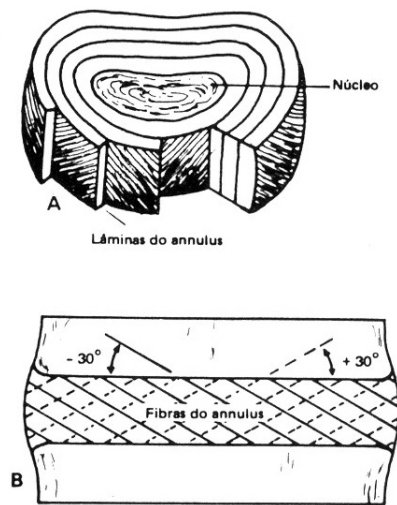


Figura 5.4 – Disco intervertebral: A) O disco tem o núcleo pulposo cercado por lâminas concêntricas do annulus. Em duas camadas adjacentes, as fibras são de orientações opostas. B) As fibras têm uma orientação de inclinação de ± 30 graus em relação ao disco. Os traços ponteados são uma das eventualidades de direção e dos tacos cheios, a outra, mas que não coexiste num mesmo annulus.

Fonte: Konplich (2003:34)

O disco é formado por uma parte chamada annulus e pelo núcleo pulposo. O annulus é formado por lamelas fibroelásticas arranjadas em forma diagonal, mas principalmente concêntricas, que mantêm sob pressão o núcleo pulposo (Figura 5.4).

O núcleo pulposo é formado por um hidrogel devido à presença de água, que varia conforme a idade da pessoa. Isto permite absorver uma força compressiva, além de permitir um deslocamento do núcleo conforme a ação desta força sobre as vértebras.

d – Ligamentos

A resistência da coluna ao trauma é aumentada pelos ligamentos vertebrais, que têm função restritiva e estão ligados aos discos, reforçando a sua elasticidade e sendo muito aderentes à estrutura da vértebra. O ligamento longitudinal posterior, que percorre todo o comprimento da coluna, desde a região cervical até o sacro, vai-se estreitando no nível da vértebra L1 até chegar ao sacro com a sua menor largura (KNOPLICH, 2003:20).

e – Orifício de conjugação ou forâmen intervertebral

É a abertura entre os corpos vertebrais que permite a saída do nervo espinhal e a entrada de vasos sanguíneos e ramos nervosos que inervam as estruturas da região (Figura 5.5). Os limites deste orifício de conjugação variam da região cervical para a torácica e a lombar; na cervical, o orifício de conjugação está limitado na frente pelas apófises unciformes, o que dificulta o aparecimento de hérnia discal, mas pode causar osteófitos degenerativos compressivos. Na parte posterior do orifício cervical, encontram-se as articulações interapofisárias.

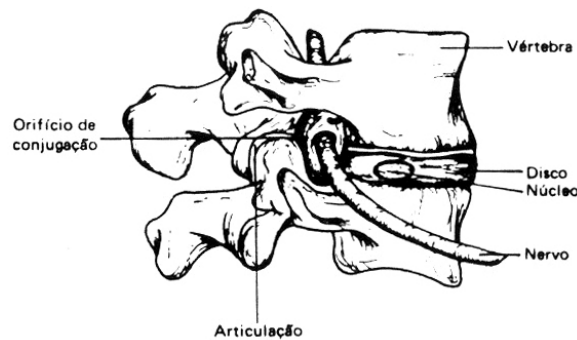


Figura 5.5 – Orifício de conjugação ou forâmen intervertebral. Fonte: Konplich (2003:23).

Nas regiões torácica e lombar há, no limite anterior, o ligamento longitudinal posterior e, na porção posterior, o ligamento amarelo e as articulações interapofisárias.

Existem no orifício de conjugação, além dos nervos, as artérias, veias e nervos que ali adentram e vão suprir os elementos construtivos da coluna.

De uma forma resumida Imamura (2001:376) diz que:

[...] a coluna lombar pode ser dividida em compartimento anterior, médio e posterior; cada compartimento constitui uma unidade mecânica funcional. O compartimento anterior é constituído pelos corpos vertebrais e pelo disco

intervertebral; e adaptado à absorção de choques e a suportar peso. O compartimento médio é formado pelo canal raquidiano e pelos pedículos. O compartimento posterior protege posteriormente os elementos neurais e é o responsável pelo direcionamento das unidades funcionais nos movimentos de flexão anterior e extensão, flexão lateral e rotação.

5.1.2 Dor na coluna

A incidência dos problemas relacionados às dores da coluna é tão freqüente e usual que deve ser estudada como se fosse uma doença epidêmica e social. Mesmo não se conhecendo todos os aspectos etiológicos dessa doença, devem-se procurar meios concretos para tratá-la e, o que é mais importante, preveni-la (KNOPLICH, 2003:30).

Knoplich ressalta que, paradoxalmente, essa afecção benigna, de recuperação espontânea na maioria das vezes, causa enorme perda para a economia do País. Eleva as taxas de absenteísmo do trabalho, transtornando a vida dos trabalhadores e suas famílias, no entanto, é pouco estudada entre nós.

Horai (apud KNOPLICH, 2003), num inquérito realizado na cidade de Gotemburgo, Suécia, constatou que 65% da população adulta teve, antes da aposentadoria, pelo menos um episódio de dor na região lombar. Nachemson (apud KNOPLICH, 2003), analisando esta mesma cidade, já num período de maior industrialização, afirma que a incidência subiu para 80%. Está comprovado que as dores da coluna são mais freqüentes entre 25 e 45 anos de idade, em ambos os sexos, atingindo assim o ser humano no período de maior produtividade. Os dois sexos têm freqüência igual, porém, em alguns levantamentos, tem-se notado que no homem há uma maior incidência na região lombar e na mulher na região cervical.

Dessa forma, os produtos que possam proporcionar ou agravar os problemas de dores na coluna têm que ser analisados e modificados de forma a não causar tais males.

Viel (2000:13) afirma que a origem da dor na coluna vertebral é devido não só ao fato de ela ter os ligamentos ricamente inervados, mas também porque as cápsulas articulares apresentam uma inervação muito abundante e os músculos inervados. Mesmo sendo os discos intervertebrais pouco inervados, as deformações que eles impõem aos ligamentos são suficientes para desencadear a dor.

a – Cervicalgias

A cervicalgia se caracteriza pela dor no nível da coluna cervical. De acordo com Knoplich (2003:124), quando a dor desta região se irradia para o ombro, braço e mão passa a se denominar cervicobraquialgia, admitindo-se que o plexo braquial, formado das terminações C2 a C8, tenha sido afetado. Teixeira (2001:307) diz que a cervicalgia é síndrome dolorosa regional que acomete, acometeu ou acometerá 55% da população em algum momento. Estima-se que 12% das mulheres e 9% dos homens apresentem cervicalgia crônica. São mais propensos a desenvolvê-la os idosos, trabalhadores braçais, indivíduos tensos ou que executem atividade adotando posturas prejudiciais.

A dor na região cervical é resultante de uma agressão às raízes nervosas por tumor, infecção, inflamação, trauma ou compressão contínua ou intermitente da raiz nervosa. Knoplich (2003:124) identifica três locais de agressão ao nervo:

Na sua origem medular e nas meninges, quando ainda existe um ramo motor e um sensitivo, que vão constituir-se no nervo; são doenças estudadas na Neurologia, [...].

Agressão ao nervo por compressão no nível do orifício de conjugação, que produz os sinais de artrose cervical [...].

Compressão do feixe vaso-nervoso, mais à distância, na região cervicotorácica.

Teixeira (2001:307) atribui a cervicalgia a atividades ocupacionais, posturas anormais, estresses psíquicos, ansiedade e depressão e diz que outras afecções, como hérnias discais, traumatismos, tumores, infecções regionais e ou sistêmicas, costumam ser precipitadas por fadiga ou estresse psicológicos e outros fatores.

Outros fatores importantes relacionados às cervicalgias, lembra Teixeira, é a excessiva flexão ou extensão cervical em decorrência de estresses emocionais, a sobrecarga funcional decorrente do manuseio ou transporte de objetos pesados em um ombro e a execução de atividades que impliquem a elevação dos membros superiores.

b – Dorsalgias

De acordo com Knoplich (2003:125), a região dorsal, em proporção, é a que corresponde a uma maior área, por isso quando se diz que existe uma dor nas costas, está-se afirmando que a dor é na dorsal ou região torácica.

A região dorsal, por apresentar com menor mobilidade, é a que tem menor número de casos de artrose, devido à presença das costelas da caixa torácica. Knolich diz que as dores da região dorsal estão freqüentemente associadas a patologias mais raras, ao achatamento de vértebras osteoporóticas etc. Stump (2001:337) afirma que a dor localizada na região dorsal geralmente é causada por anormalidades posturais.

c – Lombalgias

Fatores constitucionais, individuais, posturais e ocupacionais, exercem influência na ocorrência das lombalgias [...] permanecer sentado por muito tempo, expor-se a estímulos vibratórios prolongadamente [...] a má postura, a fraqueza dos músculos abdominais e espinais e a falta de condicionamento físico são fatores de risco para o desenvolvimento de lombalgias (IMAMURA et al., 2001:376).

O uso inadequado de equipamentos esportivos, assim como treino mal conduzido são responsáveis por lombalgias em mais de 75% dos atletas jovens. Knoplich (2003:126) designa lombalgia como um processo doloroso que se instala na cintura pélvica; quando existe irradiação da dor para os membros inferiores, admite-se que o nervo ciático deve estar afetado.

Heliovaara et al. (apud KNOPLICH, 2003:126) fizeram um estudo epidemiológico com 8.000 finlandeses acima de 29 anos que não se queixavam de dores. Ele relata que eles foram examinados de 1978 a 1980 e que, em 1991, foram reexaminados. Nesse estudo, houve uma prevalência de dor na região lombar em 77% dos homens e 74% das mulheres, sendo que a presença de dor na perna foi de 35% dos homens e 45% das mulheres.

Knplich afirma que a dor da irradiação da lombociataigia está intimamente ligada a uma agressão ao nervo raquidiano e que os agentes podem ser um tumor, infecção, inflamação, trauma ou uma compressão contínua e intermitente do nervo no nível do orifício de conjugação.

Oliver (1998:38) diz que o grau de curvatura da lordose lombar varia consideravelmente entre os indivíduos, e em cada um deles ela altera-se em diferentes posturas e posições. Aponta fatores como sexo, idade, posições em pé prolongadas, compressão e uso de calçados inadequados como aqueles que influenciam a lordose lombar.

Os estudos mostram que o ângulo L5/L1 da lordose é maior entre as mulheres durante os anos férteis do que entre os homens (TAYLOR, apud OLIVER, 1998:38). Durante a gravidez, grande quantidade deste hormônio está presente no sangue circulante, mas ele é também encontrado em pequenas proporções no sangue de mulheres não-grávidas (HYTTEN; LEITCH, apud OLIVER, 1998:38), além disso, o nível de relaxina presente entre adolescentes e indivíduos de idade mediana pode ser responsável pelo relaxamento dos ligamentos da coluna e por uma acentuação na lordose lombar encontrada na mulher. Oliver (1998), observa que antes, na adolescência, e após a meia-idade, não há diferença na lordose entre os dois sexos.

À proporção que a idade avança tem-se observado um aumento da lordose e no volume do abdômen. Oliver (1998:38) diz que alguns indivíduos, com a idade, apresentam uma acentuação na lordose que se pode tornar bastante pronunciada em determinados casos.

A outra causa apontada por Oliver é a posição em pé, estática prolongada. Nesta situação, a coluna lombar está numa posição estática ereta e os músculos do tronco começam a sofrer fadiga. A altura do disco intervertebral é reduzida de modo que a natural tendência da coluna lombar no sentido da extensão torna-se exagerada.

Também a compressão ou carga vertical sobre a coluna tende a acentuar a lordose. Se um peso é sustentado à frente da coluna, a atividade do seu eretor toma lugar para prevenir a queda do tronco para frente, com subsequente acentuação na lordose (OLIVER, 1998:39).

O uso de sapatos de salto alto faz com que o centro de gravidade do corpo seja transferido para a frente. Isto se associa a um aumento na inclinação pélvica e conseqüente acentuação da lordose.

d – Escolioses

Oliver (1998:3) explica que, quando a coluna é examinada por sua face posterior, uma curva lateral da coluna, designada escoliose, poderá ser notada em alguns indivíduos. Curvas escolióticas são mais comuns nas regiões torácica e lombar. Segundo o autor, duas amplas divisões são reconhecidas: não-estruturais e estruturais, apresentadas a seguir:

- Curvas não-estruturais não possuem anormalidade estrutural subjacente e podem ser corrigidas temporariamente com a mudança de postura ou por meio de tração. Estas curvas são reduzidas freqüentemente ou estão ausentes quando o corpo é inclinado para frente ou durante o decúbito, ocasiões em que o efeito da gravidade é eliminado. Curvas posturais são exemplos de escoliose não-estrutural.
- Quando a escoliose estrutural está presente, existem anormalidades das vértebras e costelas. Os corpos vertebrais sofrem rotação no sentido da convexidade da curvatura, enquanto os processos espinhosos desviam-se na direção de sua concavidade. Durante a flexão anterior, a rotação das costelas e vértebras ocorre no sentido da convexidade da curva estrutural. Em alguns casos, a deformidade pode ser tridimensional, consistindo em um componente de flexão anterior ao lado de flexão lateral e anormalidade rotacional.

Palastanga et al. (apud OLIVER, 1998:3) dizem que a escoliose é mais comum na população branca do que na negra e é encontrada com maior incidência entre as mulheres, com uma proporção de 5:1, comparada ao sexo masculino.

5.2 Constrangimentos interfaciais e problemas da postura sentada

De acordo com Viel (2000:01), a coluna vertebral é um mecanismo complexo, perfeitamente adaptado à sua função. É também uma ferramenta frágil que suporta mal a solicitação excessiva, seja ela repetida no tempo ou decorrente de um esforço breve, mas intenso. Ele lembra que a influência do envelhecimento é forte: após os 35-40 anos de idade, a pessoa que era capaz de permanecer sentada durante muitas horas percebe uma redução de sua resistência.

A coluna vertebral reage às vibrações: a condução de caminhões, ônibus ou mesmo automóveis que submete-a a choques repetidos. Pressões excessivas podem igualmente ocorrer durante a realização de um trabalho ou durante a prática desportiva.

De acordo com Viel (2000:12), as dores resultantes de atividades desportivas ou profissionais em posição em pé terão como consequência o surgimento de dores na posição sentada. O desencadeador encontra-se em outro lugar, mas o sofrimento se manifesta no automóvel ou no escritório.

E, falando em postura sentada, Moraes (1992) diz que a pressão dos discos intervertebrais é maior quando se está sentado, mesmo com o tronco ereto, em torno de 40% maior que na posição de pé. Quando se flexiona o tronco, a situação é ainda pior, as bordas frontais das vértebras são pressionadas umas contra as outras com uma força considerável. Nesta postura, a pressão intradiscal é ainda maior, cerca de 90% a mais que a postura de pé, e este fato pode levar a lesões, tanto nos discos intervertebrais como nas vértebras e até áreas periféricas à coluna.

De acordo com Oliver et al. (1998:296), há uma crescente tendência para as pessoas despendem longas horas na posição sentada, quer durante ocupações escolares ou profissionais, quer com propósitos de recreação. Um grande número de pessoas que sofrem de dores na região dorsal considera que esta posição agrava seu problema que

[...] podem ter início numa idade precoce, e um número crescente de crianças parece apresentar dores na região dorsal [...] padrões viciosos de postura sentada, quando tendo início numa idade precoce, são difíceis de corrigir mais tarde, e isto enfatiza a necessidade de se projetar produtos [...] que possam ser ajustadas às peculiaridades individuais.

Pesquisas apresentadas por Viel (2000:43) mostram o quanto as crianças sofrem com problemas na coluna devido a longas jornadas sentadas em carteiras escolares, ao fato de realizar estudos em suas residências e à prática de esportes mal orientados ou de grande impacto. Segundo o autor, a frequência da dor nas costas no meio escolar parece elevada se considerarmos os resultados das pesquisas realizadas por especialistas. Ele ressalta que a frequência aumentada da prática de esportes e de atividades físicas, cada vez mais exigentes, pode ser responsável pela taxa de desconforto. Além dos períodos de estudo, observam-se também os choques causados pelos saltos em *skate*; os choques sofridos por ocasião de corridas em *mountain bike*; a prática cada vez mais intensa de esportes competitivos.

De acordo com Moraes (1983:404):

[...] as muitas posturas assumidas são tentativas de usar o corpo como um sistema de alavancas num esforço para contrabalançar o peso da cabeça e do tronco. Esticar as pernas para frente e fechar as juntas dos joelhos, por exemplo, aumenta a base da massa do corpo e reduz o esforço de outros músculos para estabilizar o tronco. Outras posturas, como segurar o queixo com a mão enquanto o cotovelo se apóia sobre o braço da cadeira, ou reclinar a cabeça sobre o apoio da cabeça são outros exemplos. É significativo que estas mudanças na postura não ocorrem deliberadamente.

Oliver et al. (1998:296) apresentam os efeitos sobre a curva lombossacra nas posições em pé, sentada e curvada em que: (a) a curvatura lombar é acentuada na posição em pé; (b) há marcante retificação da curvatura lombar quando o indivíduo está sentado em uma cadeira vertical comum, com o tronco e coxas em um ângulo reto e (c) observa-se a retificação da curva lombar similar àquela de “b” (Figura 5.6).

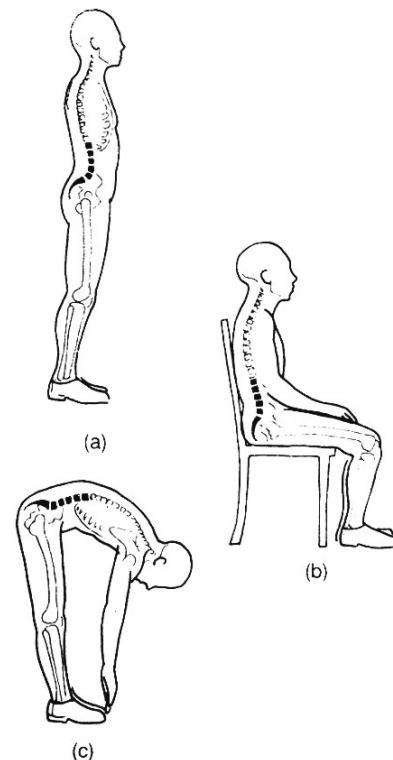


Figura 5.6 – Os efeitos sobre a curva lombossacra nas posições em pé, sentada e curvada.
Fonte: Keegan (apud OLIVER et al., 1998:296).

Oliver et al. (1998:297), afirmam que a pressão intradiscal é geralmente mais elevada na posição sentada sem apoio (Figura 5.7) do que na posição

em pé, o que é devido, em grande parte, ao músculo psoas maior, que possui uma ação vigorosa como estabilizador da coluna lombar nesta posição, ao mesmo tempo em que exerce um considerável efeito compressivo sobre a coluna. Acréscimos ou decréscimos na pressão intradiscal podem ser produzidos por uma alteração na lordose lombar.

Em estudos efetuados sobre espécimes de autópsias (NACHEMSON, apud OLIVER, 1998:67), quando os discos eram inclinados para frente em 8° , a pressão intradiscal era aumentada em $1,5 \text{ kg/cm}^2$, o que corresponde a aproximadamente 20 kg de carga externa.

Uma razão para a pressão intradiscal relativamente alta nesta posição, segundo o autor, é a atividade da porção vertebral do psoas maior, o qual tem uma influência estabilizante sobre a coluna lombar e, ao mesmo tempo, um efeito compressivo. Desta forma,

contribui com uma carga considerável em acréscimo às forças gravitacionais. Uma outra razão é que, quando uma pessoa se senta sobre o plano horizontal, a coluna lombar apresenta usualmente algum grau de flexão, o que em si mesmo aumenta a pressão, permitindo assim uma transferência maior de carga das articulações apofisárias para os discos.

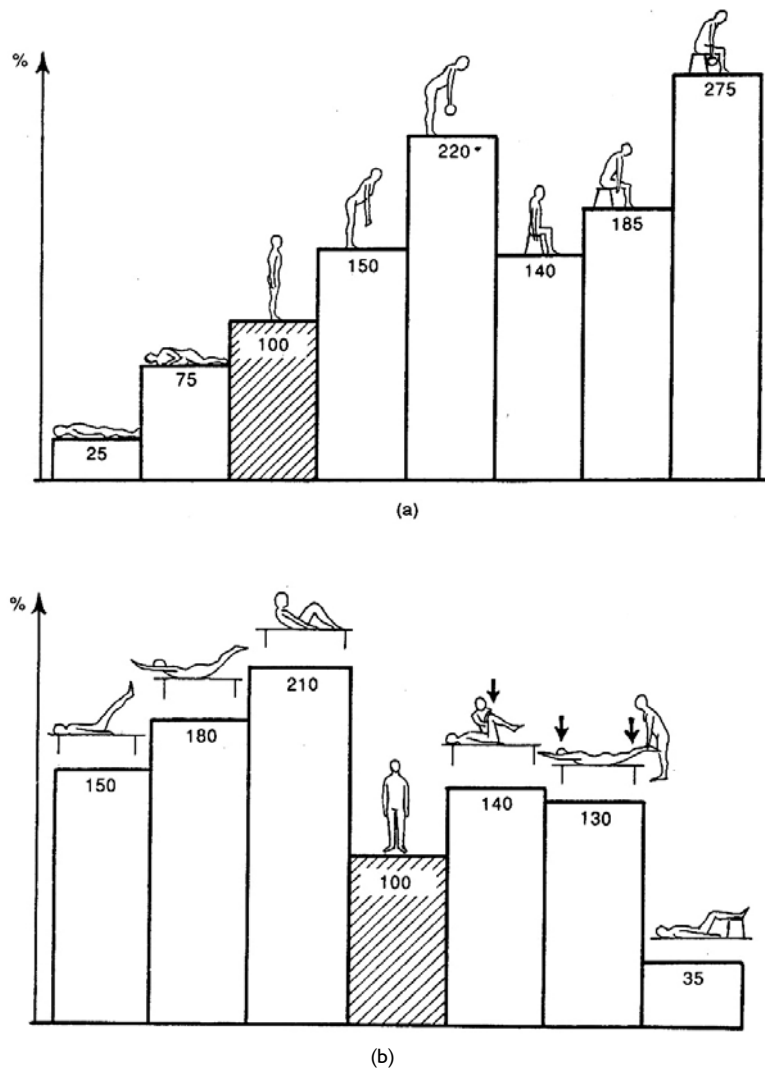


Figura 5.7 – Mudança relativa na pressão (ou carga) no 3º disco lombar: (a) em várias posições. (b) em vários exercícios de fortalecimento muscular.
Fonte: Nachemson (apud OLIVER et al., 1998:68).

Nos experimentos de Nachemson (apud OLIVER et al., 1998:67), quando o indivíduo inclinava-se para frente 20°, a carga sobre o disco era aumentada para 40-60 kg. Embora

a atividade do psoas fosse reduzida, a dos eretores da coluna aumentava, consideravelmente, no intuito de prevenir inclinação adicional do tronco e, por isto, possuía um efeito compressivo sobre os discos.

Silver (apud OLIVER et al., 1998:297) afirma que desvios da amplitude média por períodos prolongados conduzem à sobrecarga nas articulações e estruturas ligamentares. Numa coluna normal, ressalta ele, a posição sentada com uma postura em flexão pode levar ao hiperestiramento dos ligamentos intervertebrais e fibras anulares posteriores (Figura 5.8), aumentando consideravelmente a pressão intradiscal.

No que se refere à postura com flexão do tronco, apesar de ser apontada pelos pesquisadores como a pior, a atividade miolétrica nos eretores da coluna, segundo Oliver (1998), é nula nesta postura, sendo esta uma das razões por que as pessoas tendem a considerá-la inicialmente confortável. Pacientes com alterações degenerativas em suas articulações apofisárias lombares, algumas vezes, acham que sentar com suas colunas lombares apresentando algum grau de flexão assegura-lhes alívio da dor, porém, segundo Silver (apud OLIVER et al., 1998: 299), ao se sentar nessa postura há uma tendência de impor tensão adicional sobre as articulações apofisárias (Figura 5.10).

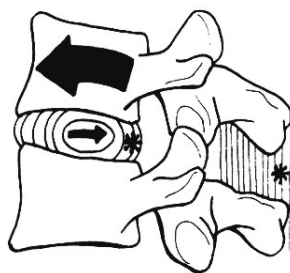


Figura 5.8 –Segmento móvel lombar em flexão, * = pontos de tensão.
Fonte: Oliver (1998:298).

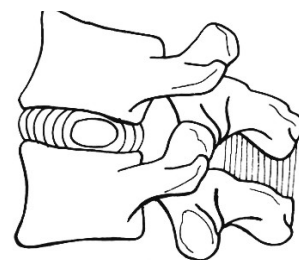


Figura 5.9 – Segmento móvel lombar em amplitude média.
Fonte: Oliver (1998:298).

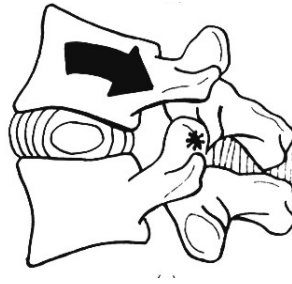


Figura 5.10 – Segmento móvel lombar em extensão.

* = pontos de tensão.

Fonte: Oliver (1998:298).

Segundo Schuldt et al. (apud OLIVER, 1998:299), existem consideráveis diferenças nos níveis de atividade estática nos músculos do pescoço e do ombro em diferentes posições sentadas. A postura que induz a flexão do tronco fornece níveis mais elevados de atividade em relação à postura ereta.

5.3 Recomendações para a postura sentada

Segundo Viel (2000:43), o assento é um molde para a coluna vertebral, e é por essa razão que a posição sentada deve ser considerada com cuidado, tendo em mente que a criança é um ser que se movimenta muito, participando de múltiplas atividades ao longo do dia.

Em relação aos ângulos de conforto biomecânico na postura sentada, tem-se um número muito grande de autores que vêm estudando o assunto tendo em vista ser a postura sentada causadora de muitos constrangimentos àqueles que necessitam permanecer nela por muito tempo. Moraes (1983) lembra que, quando se trata da postura sentada, antes de qualquer coisa devem-se considerar as atividades implicadas na tarefa e, principalmente, os requisitos de visibilidade para então se recomendar algo.

Os seres humanos estão em constante movimentação, seja na postura sentada, seja na postura em pé, portanto, ao se falar sobre conforto, há que se considerar tal fato e pensar em termos de uma postura intermediária, sustentada durante um certo tempo.

“Esta postura requer um balanceamento global de forças entre o corpo e o seu entorno e entre partes do corpo. A força externa mais onipresente é a gravidade, à qual a atividade muscular e as tensões passivas nos tecidos macios devem se opor constantemente.” (GRIEVE; PHEASANT apud MORAES, 1983:402)

Segundo Panero (1983), a dinâmica do sentar pode ser mais claramente ilustrada pelo estudo da mecânica do sistema de suporte e estrutura geral de ossos envolvida.

De acordo com Tichauer (apud PANERO, 1983:57), “[...] o eixo de suporte do torso sentado é uma linha no plano coronal, que passa através da projeção do ponto mais baixo das tuberosidades isquiáticas sobre a superfície do assento”. Branton (apud PANERO, 1983:57) faz duas observações sobre este aspecto. A primeira é que, quando sentado, cerca de 75% do peso total do corpo está suportado em 26 cm², destas tuberosidades. Isto constitui uma carga excepcionalmente pesada, distribuída sobre uma área relativamente pequena, e, como resultado, uma compressão muito alta é exercida sobre a área caudal da nádega. Tichauer observa que esta compressão foi estimada em 6 a 7 kg/ cm². Estas pressões causam fadiga e desconforto e resultam numa constante mudança da postura do sujeito sentado, na tentativa de aliviar esta condição.

A segunda observação de Branton é que, estruturalmente, as tuberosidades formam um sistema de suporte de dois pontos que é inerentemente instável. Teoricamente, as pernas, pés e costas, em contato com outras superfícies que não a almofada do assento, deveriam prover o necessário equilíbrio. Tal pressupõe que o centro de gravidade esteja diretamente sobre as tuberosidades. Entretanto, o centro de gravidade do sujeito sentado ereto situa-se fora do corpo, cerca de 2,5 cm à frente do umbigo. A combinação do sistema de suporte de dois pontos, em conjugação com a posição do centro de gravidade, levou Branton a sugerir um esquema, no qual o sistema de massas é inerentemente instável sobre o assento.

De acordo com os estudos realizados sobre a postura sentada, em conjugação com a atividade muscular envolvida, mesmo quando o corpo parece estar em repouso, pode-se afirmar que sentar não é uma atividade estática. De acordo com Branton (apud PANERO, 1983:59), o corpo sentado não é meramente um saco de ossos inerte afundado por algum tempo no assento, mas um organismo vivo num estado dinâmico de contínua atividade.

Ao se falar em postura sentada, fica mais fácil analisá-la em relação ao plano sagital. Neste caso, vale citar os estudos de Mandal (apud MORAES, 1983:405), específicos sobre a articulação do quadril e seus ângulos, quando a tarefa implica escrever e/ou ler.

Moraes (1983:405) relata que Mandal mediu a distribuição da pressão sobre o assento e o estiramento dos músculos dorsais, usando cinco combinações de ângulos da base do assento e da articulação do quadril. Os resultados obtidos com dez sujeitos indicaram que há um menor estiramento dos músculos e uma distribuição mais equilibrada da pressão sobre as seções anterior, medial e posterior do assento (quando se eleva em 15° a borda posterior do assento), em vez de adotar a tradicional inclinação da borda anterior do assento em 5° para cima (Figura 5.11).

Oborne, entretanto, acrescenta: esta sugestão deve ser tratada com alguma cautela uma vez que aumenta a tendência do corpo escorregar para frente e se desestabilizar.

Viel (2000:10) concorda com Moraes e diz que se deve a Mandal o despertar do interesse pelas variações da postura sentada, além das convencionais, aproveitando os dados de Keegan e de Schoberth. Este fato ocorreu, segundo registros, nos meados da década de 70.

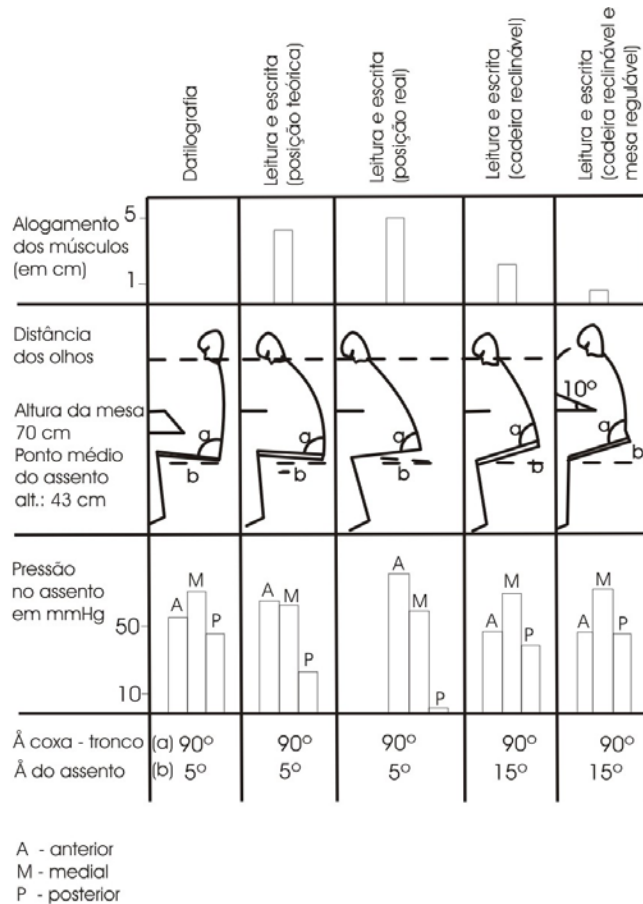


Figura 5.11 – Distribuição da pressão sobre o assento e o estiramento dos músculos dorsais, usando cinco combinações de ângulos da base do assento e da articulação do quadril.
Fonte: Osborne (apud MORAES, 1983:406).

A partir do fim da década de 80, os assentos inclinados para a frente foram largamente aceitos, e numerosos trabalhos refinaram a compreensão de sua contribuição para o conforto da pessoa que trabalha na posição sentada.

Oliver (1998:300) também se refere às recomendações de Mandal e sugere a inclinação do assento para torná-lo mais confortável. Em seus estudos, ele afirma que a postura espinal na posição sentada sofre influência do grau de inclinação do assento (Figura 5.12). Ele ressalta que um assento inclinado para trás estimula a flexão da coluna lombar e que para se sentar ereto sobre um assento reclinado em 5°, a coluna lombar deverá ser flexionada em 35°. Portanto, quando o indivíduo está trabalhando em uma mesa usando este tipo de assento, seu corpo será condicionado a se inclinar, afastando-se da

superfície de trabalho, e, para manter os olhos posicionados a uma distância conveniente, ele compensa através de flexão adicional da coluna.

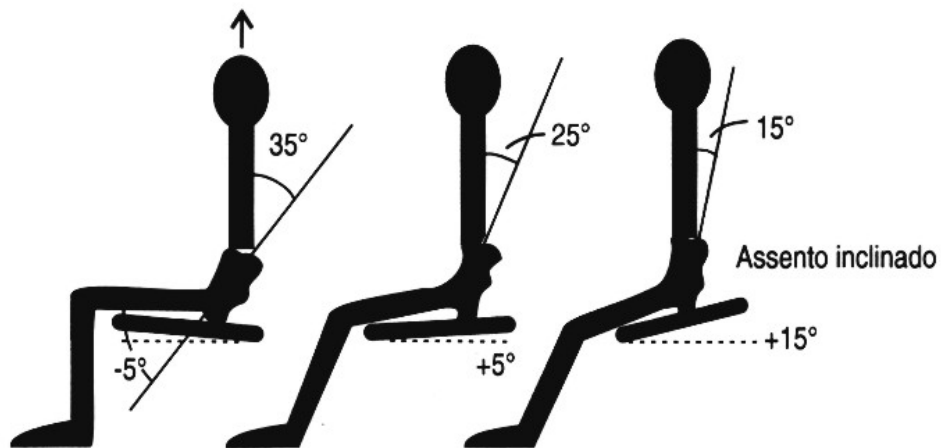


Figura 5.12 – O assento inclinado para trás aumenta a flexão da região lombar.
Fonte: Oliver (1998:300)

Aumentando a inclinação do assento para frente, (MANDAL, apud OLIVER, 1998:300), a coluna lombar se estende um pouco mais. Com 5° de inclinação do assento, o indivíduo pode sentar ereto apresentando apenas 25° de flexão lombar, que pode ser reduzida para 15° quando o assento é inclinado 15° para frente. Este tipo de assento também inclina o corpo para mais próximo da superfície de trabalho, propiciando um maior conforto.

Estudos laboratoriais apresentados por Eklund e Corlett (apud OLIVER, 2000:300):

[...] foram conduzidos entre operários desempenhando tarefas em linhas de montagem quando sentados em assentos apresentando duas inclinações diferentes: um assento *sit-stand* (isto é, com inclinação para frente) e um assento horizontal do tipo convencional. O assento *sit-stand* mostrou causar perda substancialmente menor na altura do disco, havendo uma sobrecarga biomecânica menor, menos desconforto da coluna vertebral e estimulação de uma postura espinhal ligeiramente menos fletida.

De acordo com Viel (2000:10), a nova visão da posição sentada está fundamentada na inclinação para frente do assento da cadeira, o que difere radicalmente do modelo adotado tradicionalmente.

A modificação, baseada no conhecimento da biomecânica (pressão intradiscal, geometria da pressão mínima), teve uma influência benéfica sobre as lombalgias da pessoa sentada, quer decorrente de um trabalho de escritório, quer de horas ao volante impostas aos representantes comerciais. (VIEL, 2000:10)

Na figura 5.13, Viel apresenta a redução das pressões de tração e de compressão, que pode ser obtida pela modificação da posição da coluna vertebral, mesmo com a utilização de uma cadeira tradicional.

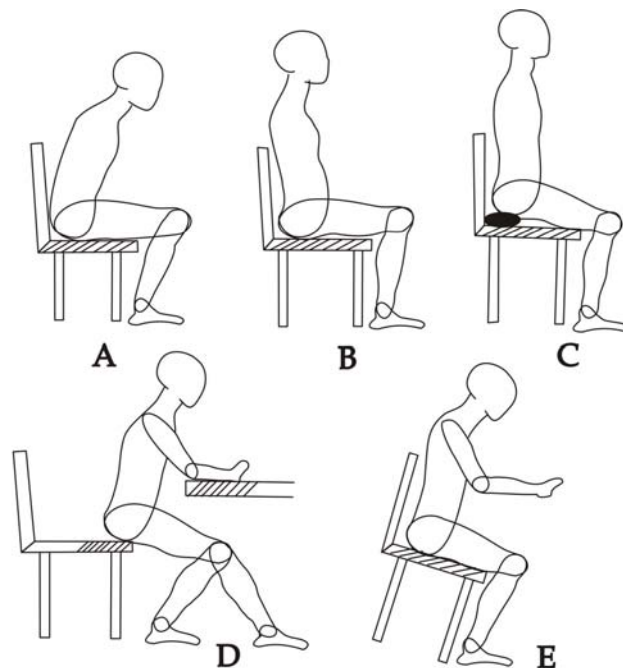


Figura 5.13 – a – Sentado numa cadeira comum, é fácil sentir uma "convexidade" no local onde deveria haver uma concavidade; b – Um endireitamento com esforço permite recriar a lordose lombar, mas essa posição não pode ser mantida por longo tempo; c – Uma toalha enrolada e colocada na porção posterior da cadeira, sob os ísquios, permite recuperar a lordose; d – O conforto é recuperado deslizando o corpo para parte anterior do assento, liberando as coxas, passando um pé sob a cadeira, inclinando-se e apoiando os cotovelos sobre a mesa. A lordose é recriada; e – Inclinando-se sobre os pés anteriores da cadeira, é possível recuperar a lordose; e apoiando os cotovelos sobre a mesa, fica-se bem posicionado para evitar as distensões na região lombar baixa. Fonte: Viel (2000:11)

Oliver (1998:297) ressalta que, em um assento bem projetado, a pressão intradiscal pode ser inferior àquela observada na posição em pé.

A posição sentada ideal para a maioria das pessoas é com as articulações intervertebrais em algum ponto da amplitude média como aparece na Figura 5.9, permitindo liberdade de movimento e tendo os músculos anteriores e posteriores balanceados, afirma Dunlop et al. (apud OLIVER 2000:297). Nesta posição, continuam os autores:

[...] a tensão entre as superfícies articulares das articulações apofisárias é menor do que na posição em pé e está concentrada nas porções mediana e superior das articulações. As articulações resistem às forças de cisalhamento, mas atuam menos eficazmente ao resistirem às forças compressivas intervertebrais. Contudo, mesmo uma posição sentada "ideal" não pode ser mantida por períodos prolongados, e é importante que o design do assento permita mudanças na postura.

5.4 Referências encontradas a respeito de ângulos posturais biomecânicos nas bicicletas Tradicional e Aerodinâmica

As recomendações encontradas na bibliografia, na sua grande maioria, estão relacionadas à bicicleta do tipo aerodinâmica. Acredita-se que isto decorre do fato de a referida bicicleta ser o estilo usado por profissionais para competição. As recomendações que relacionamos a seguir estão baseadas nas informações dos maiores campeões de ciclismo do mundo (AMBROSINI; HINAULT et al.; NORET et al. e PORTE apud PEQUINI, 2000) e nas recomendações antropométricas de Dreyfuss (1966), porém muitas destas não estão de acordo no que diz respeito às recomendações dos especialistas em coluna vertebral sobre a melhor postura. Existem discrepâncias entre os autores com respeito à postura da coluna vertebral e alguns dados antropométricos de especialistas nestas áreas, uma comparação e recomendações para utilização destes dados serão abordados neste trabalho em itens mais adiante.

- **Dreyfuss (1966:Q):**

As recomendações de Dreyfuss, referem-se não só à postura, como também ao dimensionamento das bicicletas Tradicional e Aerodinâmica. Dreyfuss só apresenta as recomendações em forma de desenho, conforme Figuras 5.14 e 5.15, e não escreve nada a este respeito, pelo menos a que tenhamos tido acesso. Estas figuras foram utilizadas como referências para a elaboração do nosso experimento com a finalidade de testar os dois tipos de bicicletas, de forma a selecionar, a partir dos resultados experimentais, a mais confortável do ponto de vista postural e dimensional.

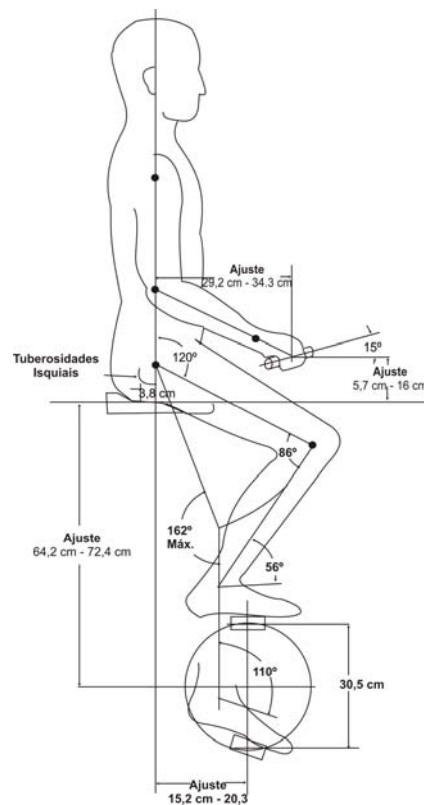


Figura 5.14 – Recomendações antropométricas e biomecânicas para a bicicleta Tradicional
Fonte: Dreyfuss (1966:Q).

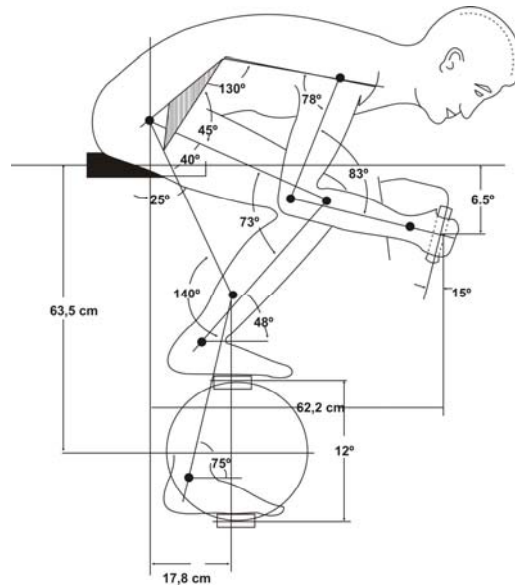


Figura 5.15 – Recomendações antropométricas e biomecânicas para a bicicleta Aerodinâmica
Fonte: Dreyfuss (1966:Q).

- **Ambrosini (apud PEQUINI, 2000:6.18)**

A posição e o ajuste do guidão determinam a posição do tronco e também influem sobre a ação das extremidades inferiores. Quanto mais inclinado para frente esteja o tronco maior será a tensão e maior o desenvolvimento de força dos músculos que tensionam a coxa, com o tronco inclinado, o quadril e o tornozelo participam mais facilmente devido a menor tensão dos músculos que flexionam a coxa e o pé ao pedalar a articulação do joelho se abre menos a cada golpe do pedal, ganhando-se agilidade.

A forma e posição do guidão devem ser tais, que permitam facilmente três posições:

- I. Tronco inclinado, a mais ou menos 70° sobre o plano horizontal, com guia fácil e segura; os braços ligeiramente flexionados sem tensão, e um apoio leve das mãos, confortável e estável sobre a parte elevada do guidão. Posição de descanso (Figura 5.16).



Figura 5.16 – Posição de Repouso.
Fonte: Ambrosini (apud PEQUINI, 2000:6.19).

2. Tronco inclinado, aproximadamente a 45° , braços mais flexionados e músculos mais ou menos tensos; apoio do guidão estável e sólido na alavanca dos freios. Esta posição é mais adequada para subida e para a marcha veloz (Figura 5.17).

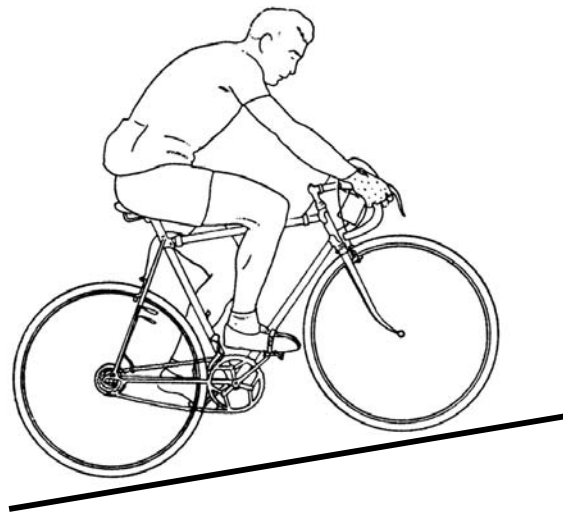


Figura 5.17 – Posição para subida que não requer muito esforço
Fonte: Ambrosini (apud PEQUINI, 2000:6.19).

3. Tronco inclinado, aproximadamente de 5 a 10 graus, com apoio sobre o guidão em sua curva mais baixa e para frente; maior tração dos braços para a ação de velocidade (Figura 5.18).



Figura 5.18 – Posição ligeiramente para trás.
Fonte: Ambrosini (apud PEQUINI, 2000:6.20)

- **Hinault et al. (apud PEQUINI, 2000:6.20)**

A postura sobre a bicicleta

O ciclista dito de cidade, mantém o tronco ereto. Esta posição apresenta o duplo inconveniente: de assentar todo o peso do corpo sobre a roda traseira e de expor o tronco contra o vento em prejuízo da velocidade.

O verdadeiro ciclista distribui equilibradamente o peso do seu corpo pelas duas rodas, mas, de qualquer modo, com predominância sobre a roda traseira.

A posição ótima

Os estudos realizados no laboratório de fisiologia e biomecânica da Régia Renault indicam que a melhor posição ergonômica deve coincidir com a

posição mais aerodinâmica. Andando à mesma velocidade, mas adaptando a posição aerodinamicamente ideal, o coração bate mais pausadamente e o ciclista sente-se melhor, porque o coração trabalha em melhores condições. A respiração, por sua vez, faz-se sem cortes, daí resultando uma situação de descontração.

O tronco e os braços formam um arco dinâmico, embora por vezes pareça imóvel, e os músculos regulam a tensão conforme as necessidades do momento: em andamentos lentos, os braços ficam quase retos e o tronco eleva-se. Quando é preciso andar em velocidade, as mãos descem para a zona das pontas do guidão, a cabeça decai, o tronco toma uma posição mais rebaixada, deslocando o centro de gravidade para frente e aliviando um pouco a roda traseira. Esta mudança de posição corporal deve ser feita com naturalidade, sem necessidade de mudar a posição da bacia no selim. A bacia deve manter-se estável durante a pedalada, e os músculos abdominais, dorsais e lombares devem ser suficientemente fortes e desenvolvidos para que a coluna vertebral mantenha bem a linha no seu plano vertical. No movimento de flexão para frente, deve-se tentar distender o dorso o mais possível, de maneira a evitar a formação de uma corcunda, na zona das omoplatas. Esta corcunda, freqüentemente observada nos ciclistas que pedalam encolhidos, é prejudicial em termos de aerodinamismo. Contraria a respiração, provoca contraturas ao nível das espáduas, e conduz, progressivamente, à deformação da coluna vertebral. Esta má posição do ciclista pode ser consequência de uma bicicleta ou de um espigão de guidão demasiado pequenos, o que provoca a redução da distância selim-guidão, não permitindo uma boa extensão do dorso. Os braços podem manter-se praticamente estendidos. Se o peso recai sobre o guidão, devem fletir-se ligeiramente os braços, para que, sem bloquear as articulações, eles desempenhem a sua missão natural de amortecedores. Os músculos que

asseguram o equilíbrio do tronco são constantemente solicitados, mesmo permanecendo estáticos.

As lombalgias

A junção entre o tronco e a bacia, no esporte ciclista, está em permanente sujeição a fortes tensões.

Convém saber que a união lombo-sacra é, em geral, uma zona frágil no homem. No ciclista, está sujeita a dois tipos de trabalho-esforço:

- 1 O aumento das tensões exercidas sobre os discos L5-S1 e L4-L5, em face das irregularidades do solo multiplicadas pela velocidade;
- 2 A contração desordenada dos músculos paravertebrais.

Quando a pedalada não é “fácil” e regular, o ciclista solicita excessivamente os músculos da região lombo-sacra (parte superior das nádegas), originando dificuldades extremas e anormais da união lombo-sacra. É esta a explicação para o aparecimento de lombalgias, por vezes agravadas por uma lombocitalgia (a chamada ciática).

Acredita-se que um estilo corrido, alongado, que coloque o menos possível os músculos paravertebrais sob tensão, é da maior importância para o ciclista corredor.

A maneira de colocar os braços sobre o guidão é fundamental. Quanto mais o tronco estiver curvado, em posição horizontal, menores serão as dificuldades criadas na zona lombar da coluna vertebral que, assim, é

obrigada a se descomprimir. Evidentemente que esta posição de curvado tem um limite, porque deve permitir o “sobe e desce” dos joelhos.

O método adequado consiste em manter o selim o mais alto possível, de tal modo que o corpo desça sobre o guidão. Evidentemente que a distância entre o selim e o guidão deve ser rigorosamente adaptada ao tipo morfológico de cada ciclista.

A prática desse conjunto de disposições pode evitar, ou pelo menos atenuar, a frequência e a importância das lombalgias.

- **Noret et al. (apud PEQUINI, 2000:6.23)**

Posição da bicicleta

Para que o ciclista obtenha o máximo rendimento, deve adotar uma posição racional e “formar corpo” com sua máquina. Implica que as características de sua bicicleta sejam harmônicas em todos os pontos com suas próprias características morfológicas. A morfologia de uma pessoa varia de um sujeito para outro, não somente em função da altura e do peso, mas também segundo as proporções entre os diversos elementos corporais: braços, pernas e tronco. Uma posição ideal deve permitir:

- 1 Facilidade respiratória;
- 2 Posição aerodinâmica;
- 3 Unir força e flexibilidade no pedalar;
- 4 Evitar qualquer dor muscular ou articular no pescoço, e nas regiões dorsal e lombar, ou que seria prejudicial em um esforço prolongado;

- 5 Uniforme distribuição do peso do corredor sobre sua bicicleta (por volta de 45% sobre a roda dianteira e 55% sobre a roda traseira);
- 6 Estabilidade;
- 7 Evitar o surgimento de certas deformações (escoliose e cifose) e traumatismos (ciáticas etc.).

Deve haver adaptação do material às características físicas do corredor, e é importante que o conjunto destes elementos esteja perfeitamente adaptado desde o princípio para propiciar o maior rendimento.

- **Porte (apud PEQUINI, 2000:6.24)**

Melhorar a técnica

A perfeita harmonia entre o indivíduo e a bicicleta é indispensável. O ciclista deve formar um corpo com sua bicicleta e dominar todas as facetas de seu uso. Uma boa posição proporciona um melhor rendimento, maior bem-estar e constitui a melhor prevenção de possíveis patologias musculares, tendinosas ou articulares.

Diferentes posições

O ciclista troca com frequência de posição sobre a bicicleta; por um lado, para descansar os músculos; por outro, para adaptar sua posição ao esforço exigido, seja pelo ritmo ou pela topografia do terreno. A posição das mãos sobre o guidão é que vai decidir a posição geral do corpo. O ciclista, em função das possíveis posições que adote, estará erguido, inclinado ou inclusive estendido sobre a bicicleta (Figuras. 5.19 a 5.31).

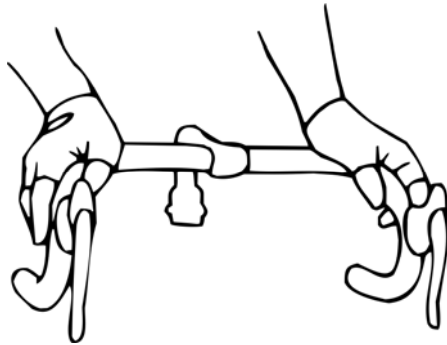


Figura 5.19 – Mãos sobre a parte exterior do guidão: para controlar em plano e relaxar-se.

Fonte: Porte (apud PEQUINI, 2000:6.25).

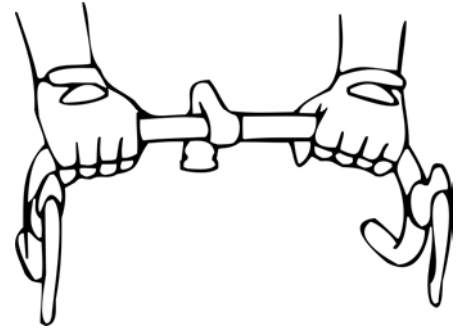


Figura 5.20 – Mãos sobre a parte plana do guidão, para rodar no plano.

Fonte: Porte (apud PEQUINI, 2000:6.25).

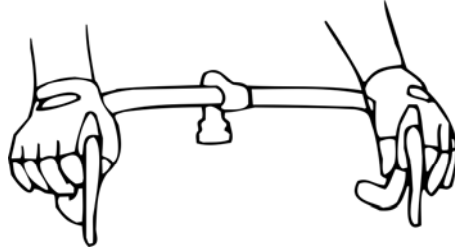


Figura 5.21 – Mãos sobre as manetas dos freios: para rodar no plano ou escalar uma costa.

Fonte: Porte (apud PEQUINI, 2000:6.25).

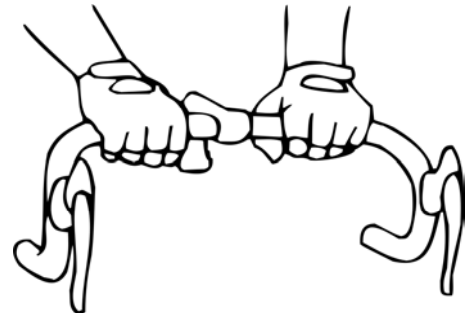


Figura 5.22 – Mãos no centro do guidão: para rodar a velocidade reduzida ou realizar uma subida permanecendo sentado.

Fonte: Porte (apud PEQUINI, 2000:6.25).

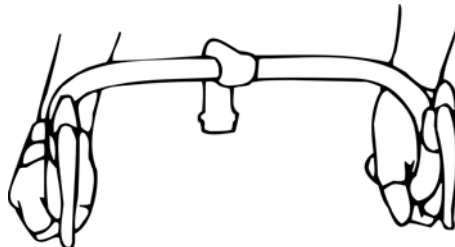


Figura 5.23 – Mãos na curva funda do aro do guidão: para rodar rápido no plano ou em descidas.

Fonte: Porte (apud PEQUINI, 2000:6.25).

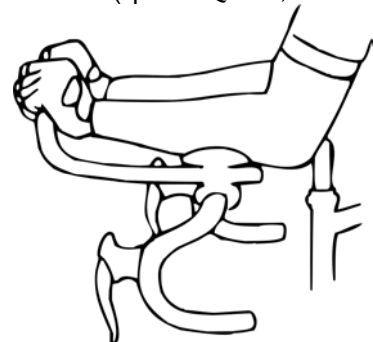


Figura 5.24 – Mãos e antebraços sobre o guidão scott para efetuar uma corrida contra-relógio e buscar o melhor aerodinamismo possível.

Fonte: Porte (apud PEQUINI, 2000:6.25).

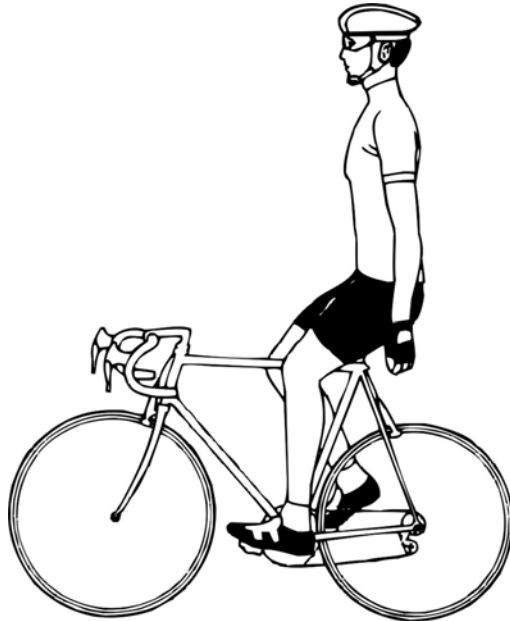


Figura 5.25 – No plano sem segurar-se no guidão.
Fonte: Porte (apud PEQUINI, 2000:6.26).



Figura 5.26 – No plano, a velocidade reduzida.
Fonte: Porte (apud PEQUINI, 2000:6.26).



Figura 5.27 – No plano e a velocidade rápida.
Fonte: Porte (apud PEQUINI, 2000:6.26).



Figura 5.28 – *Sprint*
Fonte: Porte (apud PEQUINI, 2000:6.26).



Figura 5.29 – Em descida.
Fonte: Porte (apud PEQUINI, 2000:6.26).

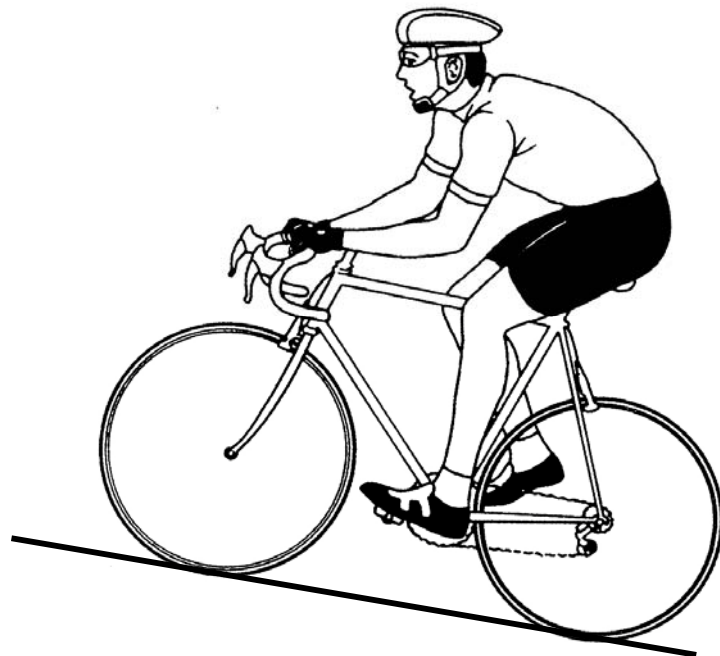


Figura 5.30 – Em subida, sentado sobre o selim.
Fonte: Porte (apud PEQUINI, 2000:6.26).

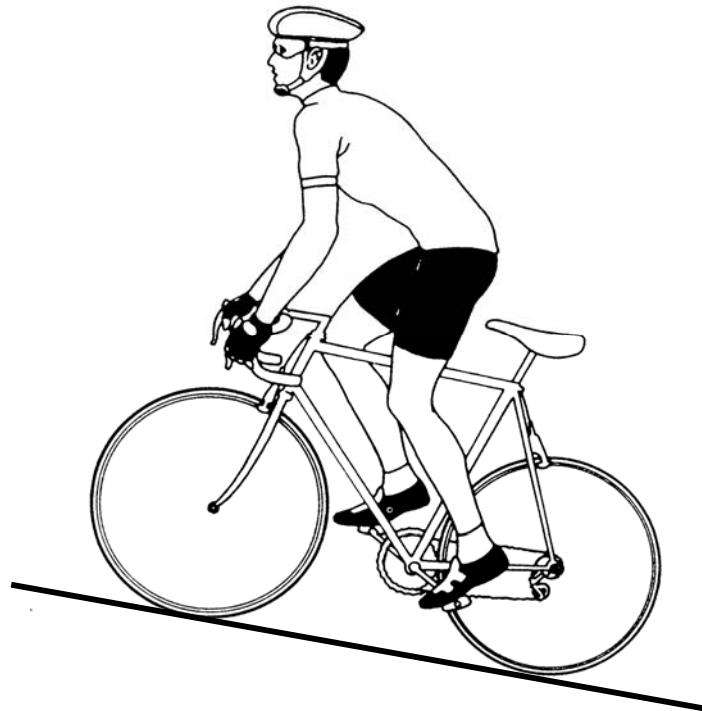


Figura 5.31 – Em subida, posição de “bailarina” pés sobre os pedais.
Fonte: Porte (apud PEQUINI, 2000:6.26).

Como se pode observar, as recomendações dos ciclistas divergem completamente das recomendações ergonômicas dos especialistas em coluna vertebral quanto ao posicionamento do tronco, pois, enquanto as recomendações ergonômicas são para quem se mantenha uma postura com o tronco ereto para que não haja pressão intradiscal, os ciclistas recomendam a flexão do tronco como uma boa postura.

Cabe destacar autores como Ambrosini (1990), Porte (1996), Noret (1991), Hinault (1988), Vespini (s/d) entre outros, como aqueles que recomendam a postura com flexão do tronco ao utilizar a bicicleta, enquanto autores como Knoplich (2003), Kapandji (2000), Oliver (1998), Nachemson, Silver, Eklund, Corlett e Dunlop (apud OLIVER, 1998), Viel (1983), Moraes (1983), Grieve, Pheasant e Mandal (apud MORAES, 1983), Panero (1983), Tichauer e Branton (apud PANERO, 1983) entre outros, afirmam ser esta postura prejudicial para a coluna vertebral, portanto, surge a necessidade d\de um estudo para avaliar a melhor postura do tronco sobre a

bicicleta de forma que atenda aos requisitos da prática do ciclismo, sem, no entanto, causar danos fisiológicos aos ciclistas.

Este trabalho propõe este estudo, a partir da execução de um experimento cujos resultados são apresentados no capítulo dez.