

Locomoção humana: diretrizes terapêuticas com base nos conhecimentos evolutivos

Human locomotion: therapeutic guidance based on evolutionary knowledge

Roberto Borges Filho¹, Sérgio J.A. Almeida²

¹ Fisioterapeuta, Mestre pela Faculdade de Medicina de São José do Rio Preto, ² Sexólogo, Professor Doutor da Faculdade de Medicina de São José do Rio Preto

Resumo Os conhecimentos atuais das adaptações à postura ereta no ser humano vêm ao encontro das necessidades do graduando em ampliar seu aprendizado para que quando profissional possa incluir em sua avaliação a correlação e aplicação terapêutica dos conceitos evolutivos. As adaptações à postura ereta por um lado tiveram suas vantagens, mas por outro originaram inúmeras dificuldades de adaptação que culminaram nas disfunções mecano-posturais. Assim, ampliado estes conceitos, o acadêmico e futuro clínico ou educador poderá utilizá-los de maneira mais eficaz e produtiva, contribuindo para seu desenvolvimento técnico, sobretudo, contribuindo para as orientações quanto à qualidade de vida do paciente, ampliando o leque de conhecimentos com relação ao desenvolvimento humano que se apresenta de forma dinâmica, assim como, é observada na escalada humana com relação à postura e locomoção eretas. **Objetivo:** Demonstrar a importância do conhecimento da evolução humana, particularmente das adaptações físicas da dinâmica de adoção da postura para locomoção ereta, enfatizando a locomoção humana.

Palavras-chave Evolução, Adaptação, Locomoção

Abstract The current knowledge of human adaptation to continuous upright standing position meets the undergraduate students' necessities of extending their learning so that when he or she becomes a professional they can embody in their assessment the evolutionary concepts of therapeutic correlation and its application. The adaptations to the upright standing position on one hand had their advantages, but on the other hand, they originated a number of adaptation difficulties that reached the highest point with the biomechanics disorders. Thus, by extending these concepts, the college student, the future physician, and the educator will be able to use them in a more efficient and productive way, contributing for its technical development. Specially, contributing to guidance for the patient's quality life, extending the appropriate range of knowledge in relation to human development presenting itself in a dynamic form, as well as, it is observed in the final steps to modern man with regard to upright standing position and locomotion. **Objective:** To demonstrate the significance of the human being evolution, specially the physical adaptations of the upright standing and locomotion dynamics adoption, emphasizing the human being locomotion posture.

Keywords Evolution, Adaptation, Locomotion

Introdução

“O andar dos seres humanos é um negócio altamente arriscado e, por uma questão de frações de segundos, o homem não cai de cara no chão; na verdade, a cada passo que dá, ele beira uma catástrofe”. Napier J. (Antropólogo Britânico)

Apesar do Homo sapiens não ser o único primata a andar sobre dois pés (Chimpanzés utilizam esta forma de locomoção

em certas circunstâncias ambientais), nenhum outro primata o faz tão habitualmente ou locomovendo-se com passos tão largos⁽¹⁾.

A locomoção é composta por movimentos integrados e complexos dos segmentos de um corpo humano definido fisicamente como um complexo sistema de segmentos articulados em equilíbrio estático e dinâmico, onde o movimento é causado por forças internas e externas atuando fora do eixo articular, provo-

cando deslocamentos angulares dos segmentos e por forças externas ao corpo⁽²⁾.

A locomoção humana difere da maior parte da locomoção animal por ser bípede, impondo maior participação dos sistemas descendentes, controladores da postura, durante a marcha. Por conseguinte as redes neuronais espinhais que contribuem para a locomoção humana, são com muita probabilidade, mais dependentes dos centros supra espinhais. Assim, os humanos com transsecções completas da medula espinhal ficam incapazes de realizar passadas rítmicas como as observadas no gato espinhal. Contudo, estudos sobre o desenvolvimento indicam que os infantes humanos nascem com circuitos reflexos inatos, capazes de gerar padrões rítmicos⁽³⁾. Neonatos apresentam passadas rítmicas quando colocados em esteira móvel, e existe evidência de que esse padrão reflexo é um precursor da sinergia locomotora do adulto⁽⁴⁾.

Grande quantidade de trabalho experimental sobre tipos bastante diferentes de locomoção, como natação, vôo e andar, tanto em vertebrados, como em invertebrados, indica que todas as formas de locomoção dependem dos mesmos princípios gerais de organização neuronal- redes neuronais oscilatórias intrínsecas são ativadas e moduladas por entradas aferentes e por centros motores superiores no tronco encefálico e no córtex. Ao longo da evolução, estratégias semelhantes se desenvolveram em muitas espécies, e não existe razão para se acreditar que os humanos sejam fundamentalmente diferentes^(3,4).

Adaptações a bipedia

Entre os mamíferos, o modo de locomoção terrestre bípede a passos largos é único da linha evolutiva humana e pode ter sido a mudança chave que tornou possível a evolução de outras características distintamente humanas. O pé é considerado a parte mais tipicamente humana da anatomia do homem, constituindo o sinal principal e distinto que separa o homem de outros animais⁽⁵⁾.

As características humanas tais como a perfeição de mãos que utilizam ferramentas e assim indiretamente, provavelmente estimularam a evolução de encéfalos anteriores cada vez maiores. Além das mudanças no pé, a evolução do modo de caminhar bípede a passos largos, a partir do modo quadrúpede dos antropóides, necessitou de maior reorganização na estrutura e função da pelve e dos ossos da perna e de seus músculos associados^(1,4,7,11,13,14,15,16,18).

Na marcha humana, o peso é transmitido desde o osso Tálus, a toda parte de sustentação periférica do pé. Os ossos são mantidos juntos pelos ligamentos e as meias cápsulas são impedidas de se aplaiarem através dos ligamentos, da aponevrose plantar, dos tendões dos músculos extrínsecos e intrínsecos do pé. Esses ossos se modificaram através da evolução para a postura bípede tornando-se ao mesmo tempo flexíveis para o movimento e mais fortes para desenvolver sua tarefa de sustentação⁽⁶⁾.

O músculo plantar, que atua sobre os artelhos na maioria dos mamíferos, ficou reduzido a um músculo vestigial, enquanto que o músculo Sóleo, que atua somente sobre a articulação do tornozelo e é pequeno na maioria dos mamíferos, tornou-se relativamente grande no homem enquanto um ser ereto.

Os metatarsos, para que alcançasse maior equilíbrio, encurtaram-se e o ligamento plantar se responsabilizou em permanecer constantemente retesado contribuindo dessa maneira com a formação do arco plantar dos pés⁽⁷⁾.

O calcâneo e a articulação do tornozelo são considerados as

mais belas adaptações para suportar todo peso do corpo humano.

Outra característica do pé é que o calcanhar reto garante base firme para a locomoção. O Hálux que se assemelha a um polegar, é meio afastado dos outros dedos e pode ter sido usado para agarrar galhos^(1,7).

Pisar sobre uma superfície estimula os receptores de pressão situados nas plantas dos pés, causando uma contração reflexa dos membros extensores. Isto é conhecido como Reflexo de Contração dos extensores cuja utilidade é evidente na locomoção e postura ereta, contribuindo para a manutenção desta^(1,7).

Na posição ereta, o peso distribui-se uniformemente entre o dorso do pé e o calcanhar. Sob a tensão de sustentação de peso, o pé se alonga e se alarga ligeiramente.

Quando da quadrupedia os pré-humanos não necessitavam de uma força propulsora na marcha tão grande como na bipedia atual, conseqüentemente o músculo Sóleo (que forma com o músculo gastrocnêmio uma unidade funcional chamada de Tríceps Sural) por exemplo que é um músculo motor primário da flexão plantar e também um estabilizador da parte inferior da perna e do tarso, aumentou seu tamanho para a proporção de uma alavanca mais potencialmente propulsiva, além de ajudar a manter a posição ereta por grande parte do tempo⁽⁸⁾.

O músculo plantar que atua sobre os artelhos ficou reduzido a um músculo vestigial enquanto que o Sóleo, como já dito que atua somente sobre a articulação do tornozelo é pequeno na maioria dos mamíferos, e é grande no ser humano. O plantar na maioria os mamíferos é maior que o gastrocnêmio e é utilizado para flexionar os artelhos enquanto que sua ação no homem atual é de ser um acessório muito fraco da flexão do joelho e da flexão plantar^(1,7,13,14,15,16,18).

O músculo extensor longo dos dedos tem como inserção o osso fêmur na maioria dos mamíferos, já no ser humano atual ele perde esta inserção e conseqüentemente não apresenta uma ação direta sobre o joelho humano, mas sim sendo um motor primário da extensão dos artelhos, eversão e dorsiflexão do pé, tendo sua origem no côndilo lateral da tíbia, três quartos superiores da superfície anterior da fíbula, a membrana interóssea adjacente e a fásia profunda que o envolve^(6,7,8).

À medida que o homem foi deixando as árvores e passando ao bipedalismo, o Hálux foi perdendo a função de apreensão passando a colaborar no equilíbrio, sustentação e coordenação do corpo, vindo então para frente com os outros dedos como é atualmente⁽⁹⁾.

A marcha e o uso dos calçados

A evolução do pé desde um órgão flexível de preensão caracterizado por poderosos músculos intrínsecos até um mecanismo comparativamente rígido destinado a locomoção, chegou a um êxito apenas parcial, pois os músculos funcionais de preensão estão ainda presentes, embora reduzidos em tamanho e subordinados as necessidades estruturais requeridas para a locomoção bípede e demonstrando sua eficácia ainda nos tempos atuais onde pode-se observar povos primitivos que não usam sapatos e apresentam alta mobilidade, mobilidade esta contraria a condição estática de quem usa sapatos modernos que de certa forma engessam os pés e dificultam sua mobilidade, encurtando os ligamentos, retraindo as cápsulas articulares com conseqüente aderências tornando o arco relativamente rígidos além de limitar a propriocepção dos pés^(7,18).

Diversos estudos que a incidência de lesões nos membros inferiores tem-se mantido muito baixa nas populações que não

tem o hábito de usar calçados. Segundo estes autores a hipótese é que haveria adaptações associadas com atividades realizadas sem o uso do calçado que propiciariam a absorção do impacto e proteção contra lesões associadas à corrida, sendo que, a rigidez do pé calçado explicaria a alta incidência de lesões nos membros inferiores na população ocidental de corredores. A adaptação mais importante, segundo os autores em um grupo de 17 corredores submetidos a um programa progressivo de atividades descalças, foi uma diminuição no comprimento do arco longitudinal do pé, que teria um efeito positivo no mecanismo de absorção do impacto pelo próprio pé⁽¹⁰⁾.

Quando se corre descalço, receptores sensoriais de pressão e dor presentes na sola dos pés provocam mecanismos para redução do impacto^(10,18).

Usar sapatos tornou-se mais uma das adaptações humanas a postura e locomoção eretas, e, nas dores lombares, nas varizes, nos altos índices de problemas posturais no ser humano o pé também paga seu preço por esta condição quando necessita modificar o marcha constante em superfícies rígidas e lisas produz impacto muito violento em cada passo, falhando por limitar não proporcionar o desenvolvimento muscular produzido em terrenos irregulares que proporcionam diferentes posições e distribuindo a carga equitativamente além de proporcionar uma certa propriocepção interna entre pé e sapato^(1,7,10,18).

Outras adaptações

Dentre as adaptações ao bipedalismo no ser humano houve também, o encurtamento do osso Ílio que se situa acima e no lado do quadril junto com o Púbis abaixo e na frente e o Ísquio abaixo e atrás, que também se curvou para trás por razões obstétricas^(1,4,6,7,13,14,15,16,17). Também contribuiu e se modificou o Músculo Glúteo Máximo (peculiar ao homem) se deslocando para trás da articulação do quadril tendo como origem a superfície externa do Ílio, ao longo do quarto posterior de sua crista; a superfície posterior do Osso Sacro próximo ao Ílio, o lado do Cóccix e a fásia da região lombar e sua inserção em uma linha rugosa de 10 cm de comprimento, na face posterior do Fêmur, entre o trocanter maior, a linha áspera e o trato iliotibial da Fascia Lata para se tornar extensor (primariamente este músculo não intervém na extensão do quadril, se este não está flexionado em mais de 45 graus, a menos que haja uma forte resistência onde o ângulo de limitação é menor), rotador externo e abductor da coxa na articulação do Quadril ao invés de apenas primariamente abductor para subir em árvores em tempos iniciais, possibilitando a postura ereta e a locomoção com mais potência e estabilidade devido as fibras superiores que contribuem na abdução, especialmente quando o peso do corpo cai sobre um só membro, como já foi dito, na marcha ou na corrida, típicas atitudes do ser humano^(1,3,7,8,13,14,15,16). Devemos salientar que este músculo permanece relaxado na marcha humana normal, na maioria das pessoas, exceto quando é usado para deter o impulso do membro ao terminar a oscilação para frente e também a tendência das pessoas de se inclinarem para frente quando sobem escadas ou então quando nossos ancestrais subiam em árvores, já sendo um treino para o bipedalismo. Esta posição de inclinação proporciona um emprego mais eficaz do Glúteo Máximo. Podemos considerar a hipótese de que se as pessoas perderem a função do Glúteo Máximo irão caminhar normalmente, mas não poderão subir escadas, acalves, correrem, saltarem ou dançarem sem grande fadiga⁽¹²⁾.

O aumento do glúteo máximo é contrabalançado pelo aumento correspondente do quadríceps, o qual tende a impedir

que o joelho se dobre como consequência do impulso do centro de gravidade para frente quando o pé entra em contato com o solo¹³. Com relação ao contrabalanço do Glúteo com o quadríceps pode-se notar que para a manutenção da postura ereta um músculo anterior contrabalança com um posterior atuando, ambos de forma a estabilizar dinamicamente a posição auxiliada pelos reflexos^(1,6,7,8,11,12,13,14,15,16,17).

Correlações adaptativas entre a bipedia e a quadrupedia

A postura vertical do Homem está ligada ao fato de ser bípede. Mesmo os primatas arborícolas podem adquirir mais ou menos esta posição⁽¹⁵⁾.

Existem distinções variadas para a posição bípede, dentre elas são destacados três tipos: 1) corrida bípede, com joelhos curvos (muitos primatas utilizam esta forma); 2) caminhada bípede, com joelhos curvos (chimpanzés e gorilas); e 3) postura bípede, com os joelhos mantidos em posição reta (característica típica)⁽¹⁶⁾.

Os animais quadrúpedes, entre eles os antropóides e os macacos, sustentam seus corpos sobre quatro patas. A estabilidade da estrutura é boa, pois o centro de gravidade do animal se projeta dentro do retângulo formado pelos quatro membros, e devido a isso o osso fêmur fica exatamente alinhado com o osso da tíbia em uma linha vertical que parte da articulação com o corpo e se projeta até ao chão. O quadrúpede pode ficar em pé sobre duas patas sem maiores dificuldades, mas existe uma grande diferença de ficar parado em pé e de se locomover sobre os dois membros^(7,15,16). Se um macaco tentar caminhar como um bípede deverá oscilar lateralmente o suficiente para que o centro de gravidade, que se encontra entre suas pernas afastadas, se desloque, alternadamente, para cada um dos pés a cada passo^(1,2,11,13,14,15,16,17). Fazendo um movimento pendular com o corpo, um macaco gastará um grande quantidade de energia para caminhar ereto. Ao contrário, quando o homem caminha o seu centro de gravidade se desloca apenas poucos centímetros, pois os pés humanos se localizam lado a lado quando o homem está parado em pé, e quando caminha a distância entre os pés, vista anteriormente continua a mesma isto é, os pés mesmo em marcha continuam próximos a linha média do corpo⁽¹⁷⁾.

As articulações do quadril se encontram afastadas entre si tanto em um bípede quanto em um quadrúpede, mas no bípede o fêmur se direciona obliquamente para baixo e para dentro, de modo que as articulações do joelho ficam bem próximas, na linha média do corpo. As tíbias descem, então, diretamente para o chão. A superfície articular dos joelhos fica paralela ao solo, de modo que o eixo do fêmur fica inclinado em relação a essa superfície. O ângulo assim formado é chamado Ângulo de sustentação e diagnóstica o bipedismo de estilo humano. A inclinação do fêmur humano em relação à linha média é de sete graus^(6,7,8,11,13,14,15,16,17).

As pernas afastadas do macaco acima citado proporciona um gasto enorme de energia, pois a oscilação gravitacional é grande e uma questão pode ser colocada quando o paciente sofre uma distensão muscular lombar quando pega um peso distante de seu centro de gravidade, podemos então imaginar o tamanho do estresse causado na musculatura de suas costas e, também concluindo com outra observação é quando a criança que ao tentar se posicionar em pé ainda trava o espetáculo de forças com a gravidade e um terapeuta deve ser bem cauteloso ao indicar um determinado esporte que soma com a força desenvolvida com a gravidade mais o gasto de energia despendido para um esporte

específico.

Conclusão

A estrutura relativamente rígida que constitui o pé do ser humano tem evoluído, a partir do órgão de preensão flexível do animal pré-humano que vivia nas árvores sendo o pé considerado a parte mais tipicamente humana da anatomia do homem, constituindo o sinal principal e distinto que separa o homem de outros animais.

Hipóteses sugeridas por estudos antropológicos para expli-

car a locomoção ereta refletem uma rica parte dos conhecimentos sobre as origens do homem.

As evidências evolutivas apontam para um aprofundamento destes estudos com o objetivo de aplicação nas avaliações clínicas.

O pé do paciente avaliado não está certamente pronto e acabado, esta estrutura locomotora faz parte da infinita caminhada humana numa dinâmica de adaptação.

Os estudos evolutivos podem constar no arsenal terapêutico de fisioterapeutas, médicos, educadores físicos, entre outros.

Referências bibliográficas

1. Lewin R. Evolução humana. São Paulo: Atheneu; 1999.
2. Sacco CN. Apostila didática/biomecânica da marcha humana [apostila]. Boletim 357 da Agência USP de notícias, 2001.
3. Machado ABM. Neuroanatomia funcional. 2ª ed. São Paulo: Atheneu; 2002.
4. Kandel ER, Schwartz JH, Jessel TM. Fundamentos da neurociência e do comportamento. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2000.
5. Jones FW. Structure and function as seen in the foot. London: Bailliere, Tindall & Cox; 1944.
6. Dobzhanski TG. O homem em evolução. São Paulo: Polígono; 1968.
7. Rasch PJ, Burke RK. Cinesiologia da postura. In: Cinesiologia e anatomia aplicada. 5ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1987.
8. Gregory WK. Our face from fish to man. New York: Capricorn Books; 1965.
9. Knoplich J. Enfermidades da coluna vertebral. 2ª ed. São Paulo: Panamed; 1986.
10. Robbins SE, Hanna AM. Running-related injury prevention through barefoot adaptations. Med Sci Sports Exerc 1987;19(2):148-56.
11. Galhardo E. Evolução humana. Faculdade de Ciências e Letras - UNESP Assis, 2003.
12. Santos TH, Moises HN. Biologia: novo manual. São Paulo: Nova Cultural; 1993.
13. Castro JA. Antropologia [dissertação]. Botucatu: Faculdade de Medicina de Botucatu, UNESP; 1967.
14. Morris D. O macaco nu. 8ª ed. Rio de Janeiro: Record; 1967.
15. Moody PA. Introdução a evolução. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos; 1975.
16. Strauss Jr WL. Fossil evidence of the evolution of the erect, bipedal posture. Clin Orthop 1962;25:9-19.
17. Rosa HA. Sobre a origem do homem. Porto Alegre: Mercado Aberto; 1988.
18. Amadio AC, Duarte M. Fundamentos biomecânicos para a análise do movimento humano. São Paulo: Laboratório de biomecânica, EE-FUSP. 162p. 1996

Correspondência:

Roberto Borges Filho
Av. Vale do Sol, 21 - Vale do Sol
15500-000 - Votuporanga - SP
Tel.: (17)3421-7137
rroberto@ig.com.br
