

UM ESTUDO CINEMÁTICO DO PADRÃO DE PASSADA DE CORREDORES
DE LONGA DISTÂNCIA, DE DIFERENTES NÍVEIS DE
HABILIDADE, EM DIVERSAS VELOCIDADES

por

S.C.CORREA¹

RESUMO -- O propósito deste estudo foi descrever como corredores de longa distância adaptam seu padrão de corrida a diferentes velocidades e também como diferentes níveis de habilidade influenciam esse padrão. Dezesesseis atletas de corrida de longa distância foram filmados no plano sagital, correndo sobre uma esteira rolante nas velocidades de 4,44m/s, 5,00m/s e 5,55 m/s. Os fatores analisados foram comprimento e frequência de passo; tempo de suporte, de vôo e do passo; ângulos articulares do membro inferior, durante a flexão e extensão máximas, no toque no solo e na impulsão final; e os torques, durante a fase de balanço, devidos à atividade muscular nas articulações do quadril, do joelho e do tornozelo. Diferenças estatisticamente significativas, devidas ao aumento da velocidade ($p < 0,05$) foram encontradas no comprimento do passo, tempos de suportes e de vôo, flexão e extensão máximas do quadril, flexão máxima do joelho durante o balanço e no torque positivo máximo no quadril e no tornozelo. Os melhores corredores apresentaram, a nível de significância de 0,05, menor comprimento de passo, maior frequência de passo, menor tempo de suporte e de passo na velocidade de 5,00m/s; maior flexão máxima do quadril em todas as velocidades, menores valores máximos do torque negativo no quadril e no joelho e menor valor máximo do torque positivo no joelho na velocidade de 4,44m/s.

INTRODUÇÃO

Do ponto de vista mecânico a velocidade de corrida é dependente da variação de frequência e comprimento da passada. Ambos os parâmetros são influenciados por componentes temporais de passada, amplitude dos movimentos articulares do membro inferior e pelos torques exercidos nas articulações. Por outro lado, o grau de habilidade em correr também exerce um papel importante no padrão de passada desenvolvido pelos atletas em diferentes velocidades. A fim de melhor compreender as componentes que influenciam a velocidade de corrida, o propósito deste estudo foi descrever o modo como os corredores de longa distância adaptam o seu padrão de corrida às diversas velocidades e a influência do grau de habilidade neste padrão.

METODOLOGIA

Um total de dezesseis atletas de longa distância, do sexo

¹ Departamento de Biociências da Atividade Física - EEFD/UFRJ - M.Sc. pela COPPE/UFRJ (1987)

masculino, que estavam em treinamento para competições oficiais, serviram de amostra. A idade da amostra variava de 20 a 35 anos, a altura média foi de 1,74cm ($\theta = \pm 7$ cm) e o peso médio de 65,12kg ($\theta = \pm 6,47$ kg). Para a segunda parte deste estudo a amostra foi dividida em dois grupos - grupo de elite e grupo médio, com diferenças significativas somente nos seus tempos na corrida de 5.000 m e na sua capacidade máxima de absorção de oxigênio, calculada com relação à velocidade na corrida dos 5.000 m de acordo com Miyashita, Miura, Kobayashi e Hoshikawa (1973). As médias para os grupos de elite e médio foram, respectivamente, para a corrida de 5.000 m 14'46" ($\theta = \pm 18$ ") e 16'46" ($\theta = \pm 1'01$ ") e para o VO_{2max} 70,39 ($\theta = \pm 2,81$) e 54,53 ($\theta = \pm 7,52$) ml/kg.min.

Cada indivíduo utilizou o seu próprio tênis de corrida e tinha pequenas marcas contrastantes colocadas sobre as seguintes marcas anatômicas: quinta articulação metatarsal, face externa da região do calcanhar, maléolo externo, epicôndilo lateral do fêmur, grande trocânter e na região média do tronco (Winter, 1979). Por meio de um pulso obtido em cada batida do pé no chão resultante da saída de um aparelho interruptor de corrente elétrica colocado na sola de cada tênis do indivíduo, foi possível detectar o instante do toque no chão e de impulsão final.

Utilizou-se uma câmera de 8mm (Cannon, Autozoom, 1044, Eletronic) com uma velocidade de 54 quadros por segundo para filmar os movimentos no plano sagital dos atletas correndo em uma esteira rolante nas velocidades de 4,44; 5,00 e 5,55 m/s. As coordenadas das marcas corporais e de fundo foram extraídas do filme utilizando-se um digitalizador Bausch-Lomb que possuía uma interface com o computador SDE-45. Antes de se iniciar o modelo de segmento de linhas, as coordenadas foram digitalizadas utilizando-se um filtro passa baixa do tipo Butterworth de 4a. ordem com uma distorção nula de fase com frequência de corte de 6 Hz (Pezzack, Norman and Winter, 1977).

Os tempos de suporte, de voo e de passada foram determinados multiplicando-se o tempo entre os quadros do filme pelo número de quadros necessários para a finalização desta fase; o comprimento e frequência do passo foram calculados como proposto por Elliot e Blanksby (1979); a convenção utilizada para os ângulos foi a dada por Cavanagh e Grieve (1973) e para determinar os torques musculares resultantes nas articulações do quadril, joelho e tornozelo, durante a fase de balanço utilizou-se o método descrito por outros pesquisadores (Dillman, 1971; Winter, 1979). Para se obter as constantes antropométricas para cada indivíduo foram utilizados os coeficientes de Dempster (1955), baseados na altura e peso do indivíduo. As velocidades e acelerações foram calculadas utilizando-se o método da diferença finita.

Através do uso da análise de variância, com o cálculo posterior do "Novo Teste de Amplitude Múltipla de Duncan" (Morehouse e Stull, 1975), se localizou onde se encontram as diferenças entre as médias dos parâmetros nas três condições. As diferenças entre os grupos com diferentes níveis de habilidade em cada velocidade foram analisadas utilizando-se o teste t de Student para grupos independentes. Para ambos os testes estabeleceu-se o nível de significância de 0,05.

RESULTADOS

Comprimento e frequência de passada

Tanto o comprimento como a frequência de passada aumentaram com a velocidade de corrida mas só foi encontrada uma diferença significativa para o comprimento de passada (Figura 1).

O grupo médio, com relação ao de elite, apresentou passadas maiores com uma menor frequência em todas as três velocidades do estudo, com uma diferença significativa somente na velocidade de 5,00 m/s (Tabela 1).

Tabela 1. Parâmetros de passada dos grupos médio e de elite na velocidade de 5,00 m/s.

Grupo de	Comprimento da passada (metros)	Frequência da passada (pass./min)	Tempo de Vôo (s)	Tempo de suporte (s)	Tempo de passo (s)
Elite n = 7	1,48* (0,07)	203,36* (9,62)	0,09 (0,02)	0,20* (0,01)	0,29* (0,01)
Médios n = 7	1,58 (0,07)	189,30 (7,23)	0,09 (0,01)	0,22 (0,01)	0,32 (0,01)

* As médias são significativamente diferentes a nível de 0,05. Os valores entre parênteses representam o desvio padrão

Componentes Temporais da Passada

O tempo para uma passada não sofreu alteração significativa com o aumento da velocidade, diminuindo de 0,31 s ($\theta = \pm 0,2$) para 0,30 s ($\theta = \pm 0,02$), com o tempo de vôo aumentando significativamente de 0,08 s ($\theta = \pm 0,02$) para 0,10 s ($\theta = \pm 0,02$) e o tempo de suporte diminuindo significativamente de 0,23 s ($\theta = \pm 0,02$) para 0,20 s ($\theta = \pm 0,02$).

O grupo médio apresentou, quando comparado com o grupo de elite na velocidade de 5,00 m/s um maior tempo de suporte e de passada e nenhuma diferença significativa para o tempo de vôo (Tabela 1).

Amplitude dos Movimentos Articulares da Perna

A amplitude do movimento na articulação do quadril aumentou muito com a velocidade de corrida. A flexão máxima passou de 35,6º ($\theta = \pm 7,00$) para 40,8º ($\theta = \pm 5,7$) e a extensão máxima de -24,3º ($\theta = \pm 4,7$) para -29,3º ($\theta = \pm 4,9$). A flexão máxima na articulação do joelho durante a fase de balanço aumentou de 115,9º ($\theta = \pm 9,9$) para 124,3º ($\theta = \pm 9,9$) e a flexão plantar e dorsiflexão máxima do joelho não se alteraram significativamente com o aumento da velocidade.

O grupo médio mostrou, nas três velocidades estudadas, com

relação ao grupo de elite, uma flexão máxima da articulação do quadril em torno de 17% menor (Figura 2) e uma flexão plantar na fase de impulsão, em média de 9 graus maior (Figura 3).

Torques Resultantes nas Articulações da Perna durante a Fase de Balanço

Ocorreu um aumento significativo com a velocidade de corrida nos valores máximos dos torques positivos nas articulações do quadril e tornozelo durante o balanço, sendo essa alteração respectivamente de 17% e 20%.

O grupo médio apresentou, quando comparado com o grupo de elite, na velocidade de 4,44 m/s um maior valor de torque negativo nas articulações do quadril e joelho e um maior valor máximo do torque positivo no joelho (Figura 4). Os valores para os torques negativos máximos nas articulações de quadril e joelho foram, respectivamente, -129,25 N.m ($\theta = \pm 32,15$) e -84,49 N.m ($\theta = \pm 21,14$) para os corredores médios e -86,42 N.m ($\theta = \pm 19,39$) e -57,01 N.m ($\theta = \pm 10,14$) para os corredores de elite. Os valores para o torque positivo na articulação do joelho para os grupos médio e de elite foram, respectivamente, 56,77 N.m ($\theta = \pm 26,44$) e 30,91 N.m ($\theta = \pm 5,49$).

DISCUSSÃO

O aumento com a velocidade de corrida no comprimento e frequência do passo está de acordo com várias outras pesquisas (Ballreich, 1976; Hoshikawa, Matsui & Miyashita, 1973; Luhtanen & Komi, 1978; Nelson, Dillman, Lagasse & Bickett, 1972, Roy, 1981). O aumento na velocidade da corrida até a máxima estudada nesta pesquisa é dependente principalmente do comprimento do passo que é resultante do aumento na flexão e extensão máxima na articulação do quadril.

O tempo de suporte diminui com o aumento da velocidade dos segmentos da perna e no início da fase de balanço esses segmentos são desacelerados pelo aumento no valor máximo do torque positivo na articulação do quadril e tornozelo. Em seguida, para aumentar a velocidade à frente da perna, ocorre um aumento na flexão máxima na articulação do joelho durante o balanço, a fim de diminuir o momento de inércia da perna em torno da articulação do quadril.

Os resultados encontrados neste estudo com relação às diferenças entre os atletas de nível médio e de elite mostram que os corredores de elite apresentam uma maior frequência de passo com um menor comprimento. Esses resultados estão de acordo com os relatados por Cavanagh, Pollock e Landa (1977) e Nelson e Gregor (1976). O menor comprimento de passo é resultante de uma menor flexão plantar na fase de impulsão apresentada pelo grupo de elite. A maior velocidade dos segmentos da perna adquirida pelo grupo de elite gera uma maior flexão máxima na articulação do quadril, sendo esta obtida com um menor torque aplicado nas articulações de quadril e joelho. Isto significa que o grupo de elite provavelmente realizou uma otimização do esforço muscular.

Não se pretende com esta abordagem comparativa entre os grupos de níveis de habilidade diferentes, afirmar definitivamente

que o padrão apresentado pelo grupo de elite é mais eficiente que o apresentado pelo grupo médio, pois vários parâmetros, além dos mecânicos estudados, poderiam afetar o desempenho do atleta na pista. No entanto, o estudo permite uma identificação inicial das diferenças mecânicas apresentadas entre os dois grupos e, pode servir de base para um trabalho mais abrangente.

REFERÊNCIAS

- BALLREICH, R. (1976), Model for estimating the influence of stride length and stride frequency on the time in sprint events. In P.V. Komi (Ed.), Biomechanics V (pp.208-212). Baltimore: University Park Press.
- CAVANAGH, P.R. & GRIEVE, D.W. (1973), "The graphical display of angular movement of the body", British Journal of Sport Medicine, 7, 129-133.
- CAVANAGH, P.R., POLLOCK, M.L. & LANDA, S. (1977), A Biomechanical comparison of elite and good runners. In P. Milvy (Ed.), Annals of New York Academy of Sciences, 301, 328-345, New York, N.Y.
- DEMPSTER, W.T. (1955), Space requirements of the seated operator. WADC Technical Report (pp. 55-159). Wright-Patterson Air Force Base, Ohio.
- DILLMAN, C.J. (1971), A Kinetic analysis of the recovery leg during sprint running. In J.M. Cooper (Ed.), Selected Topics in Biomechanics: Proceedings of the C.I.C. Symposium (pp. 137-165). Chicago: Athletic Institute.
- ELLIOT, B.C. & BLANKSBY, B.A. (1976), "A Cinematographic Analysis of over ground and treadmill running by males and females". Medicine and Science in Sports and Exercise, 8, 84-87.
- HOSHIKAWA, T., MATSUI, H. & MIYASHITA, M. (1973), Analysis of running pattern in relation to speed. In S. Cerquilini, A. Venerando & J. Wartenweiler (Eds.), Biomechanics III (pp. 342-349). Basel: S. Karger A.G.
- LUHTANEN, P. & KOMI, P.V. (1978), Mechanical factors influencing running speed. In E. Asmussen & K. Jorgensen (Eds.) Biomechanics VI-B (pp. 23-29). Baltimore: University Park Press.
- MIYASHITA, M., MIURA, M., KOBAYASHI, K. & HOSHIKAWA, T. (1973), A study on relations between physical performance and physical resources. In S. Cerquilini, A. Venerando & S. Wartenweiler (Eds.), Biomechanics III (pp. 344-353), Basel: S. Karger A.G.
- MOREHOUSE, C.A. & STULL, G.A. (1975), Statistical principles and procedures with applications for physical Education. Philadelphia: Lea & Febger.
- NELSON, R.C., DILLMAN, C.J., LAGASSE P. & BICKETT, B. (1972), "Biomechanics of overground versus treadmill running". Medicine and Science in Sports and Exercise 4, 233-240.

- NELSON, R.C. & GREGOR, R.S. (1976). "Biomechanics of distance running: A longitudinal study". *Research Quarterly*, 47, 417-428.
- PEZZACK, J.C., NORMAN, R.W. & WINTER, P.A. (1977). "An assesement of derivative determining techniques used for motion analysis". *Journal of Biomechanics*, 10, 377-382.
- ROY, B. (1981). Temporal and dynamic factors of long distance running. In A. Morecki, K. Fidelus, K. Kedzioni & A. Wit (Eds.). *Biomechanics VII B* (pp. 219-225). Baltimore: University Park Press.
- WINTER, D.A. (1979). *Biomechanics of human movement*. New York: John Wiley & Sons, Wilery Interscience Series.

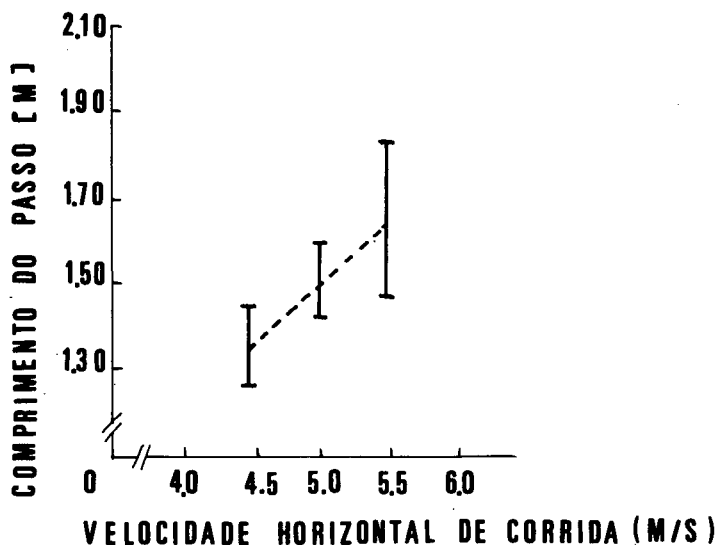


FIGURA 1. Comprimento da passada nas várias velocidades de corrida. As linhas foram traçadas à mão através dos valores médios (\pm S.D.).

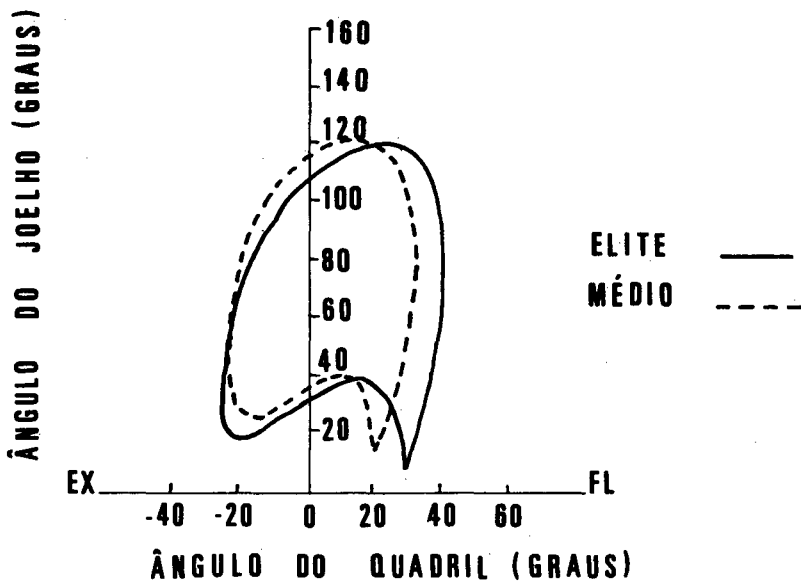


FIGURA 2. Diagrama típico de quadril-jelho para os corredores médios e de elite.

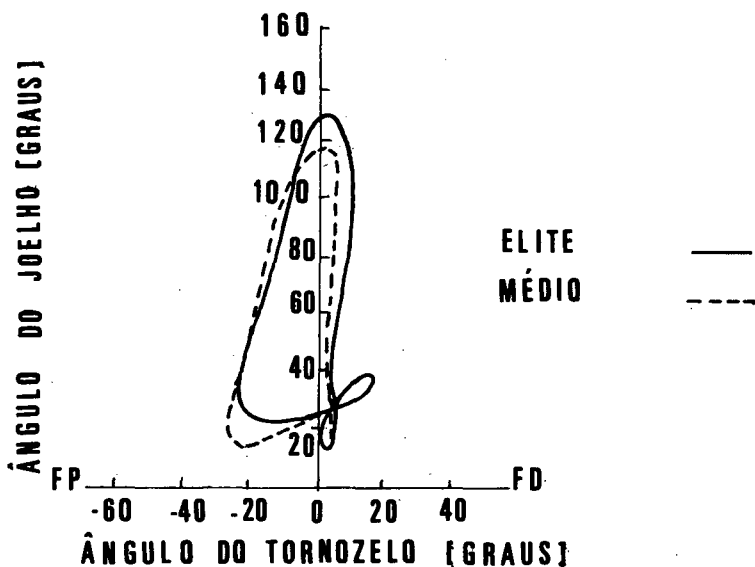


FIGURA 3. Diagrama típico de tornozelo-jelho para os corredores médios e de elite.

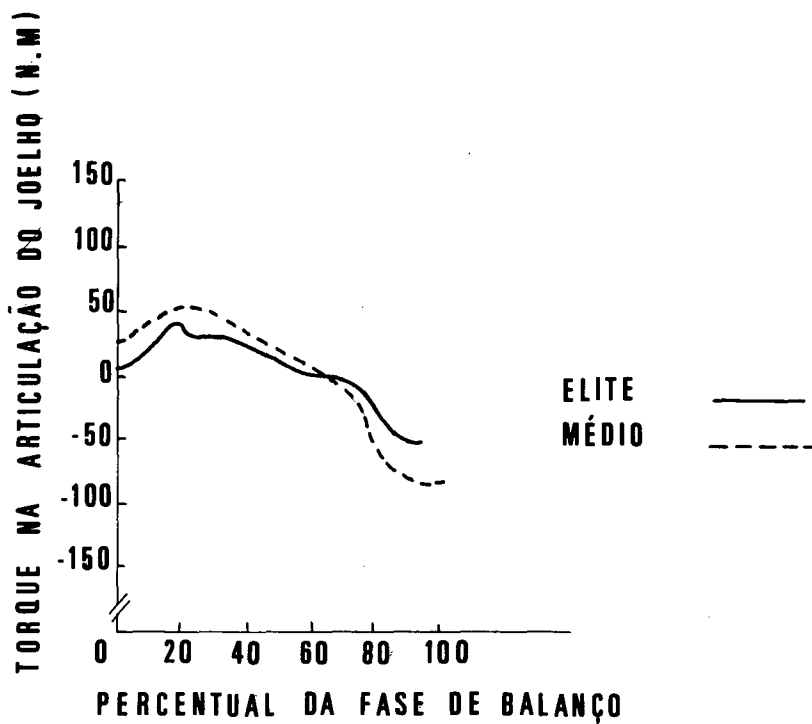


FIGURA 4. Torque médio na articulação do joelho devido à atividade muscular para os grupos médio e de elite.

A KINEMATIC STUDY OF THE STRIDE PATTERN OF LONG DISTANCE
RUNNERS WITH DISTINCT DEGREES OF SKILL AT DIFFERENT VELOCITIES

by

Sonia C. Corrêa

ABSTRACT -- The purpose of this study was to find how the long distance runners adapt their pattern of running to different velocities and also how distinct degrees of skill influence this pattern. Sixteen athletes of long distance running were filmed in the sagittal plane while running on a level treadmill at 4,44 m/s, 5,00 m/s and 5,55 m/s. The factors analysed were: stride length and rate; time of support, of flight and the time of the whole stride; joint angles of the lower limb during maximum flexion and extension, at foot strike and at the toe's off positions; the torques were studied during swing phase at the hip, knee and ankle joints. Statistically significant differences due to increase in speed ($p \leq 0,05$) were found in stride length, support time, flight time, maximum flexion and extension of the hip, maximum flexion of the knee during the swing and peak positive torque at the hip and ankle. The better runners presented at the 0.05 level lower stride length, greater stride rate, lower time of support and of stride at the speed of 5,00 m/s; greater maximum hip flexion at all speeds; lower peak values of negative torque at the hip and knee; and lower peak value of positive torque at the knee at the speed of 4,44 m/s.