

足関節周囲筋群へのエクササイズが足部アーチに及ぼす影響

医療法人承継会 井戸田整形外科
平野佳代子 井戸田 仁 畑川猛彦
日本福祉大学 健康科学部
小林寛和
財団法人スポーツ医・科学研究所
岡戸敦男

【はじめに】

足部アーチ（以下、アーチ）は主として荷重時に機能し、ランニング、ジャンプ、ストップなど、スポーツ動作遂行時に大きな役割を果たす。

アーチは靭帯、関節包、足底腱膜などの静的支持と、筋による動的支持により保持されている¹⁾。安静立位では静的支持が主体となる²⁾が、立位や歩行、スポーツ動作などで荷重負荷が増すと、動的支持の割合が強まるとされる^{2~4)}。そのため、足関節・足部周囲筋の疲労はアーチを降下させ、外傷の誘因ともなってしまう。外傷予防を考える上でも、アーチを支持する筋の機能向上が重要となる。

今回、足関節エクササイズ（以下、ex's）が荷重時のアーチ高へ与える影響について知ることを目的として、アーチ高の経時的な計測を実施した。

【対象と方法】

対象は80名・80肢（男性40名・40肢：年齢20.5±1.7歳、身長171.0±4.9cm、体重66.8±9.4kg、女性40名・40肢：年齢19.5±0.8歳、身長158.3±5.3cm、体重50.9±8.4kg）とした。対象の除外条件は、①足部・足関節に外傷既往がある、②足関節・足部に筋力低下がある（MMT5レベル未満）、③荷重位での足関節背屈（以下、背屈）角度が30度以下とした。

対象を10名ずつ無作為に4群（A, B, C, D）に分類した。各群で異なる内容のチューブ抵抗 ex's を4週間実施させた。頻度は1日に20回5セットとし、各運動の強度は20回連続で可能な程度（主動筋への筋疲労を実感する）に設定した。ex'sの内容は、A群：足外返し、B群：足内返し、C群：背屈、D群：A～Cの全て、とした（図1）。

図1. 各群におけるエクササイズの方法



ex'sの実施前後に、舟状骨高とアーチ長を計測し、アーチ高率（（舟状骨高÷アーチ長）×100）を算出した。計測は、（荷重背屈位）＝対象側の足部を前方へ一足分踏み出し足関節30度背屈位まで下腿を前傾した肢位で実施した。また、アーチ高率の変化をみるために、ex's実施前後の計測値の差から変化量を算出した。

統計学的分析は、男女別の実施前後のアーチ高率には、対応のあるt検定を用いた。アーチ高率の変化量における男女間の差には、対応のないt検定を用い、比較検討した。有意水準は5%未満とした。

【結果】

結果を表1に示す。ex'sの実施前後のアーチ高率について、男性（表1-a）では、C群（21.8±3.1% → 23.0±3.1%, p=0.001）とD群（22.7±2.7% → 25.7±3.6%, p=0.006）が、女性（表1-b）ではA群（23.9±3.1% → 25.7±1.8%, p=0.018）、B群（23.1±5.1% → 25.0±4.6%, p=0.007）、C群（21.7±3.1% → 25.0±2.7%, p=0.001）、D群（21.7

±3.6% → 24.4±3.3%, p=0.0007) で有意な上昇を示した。

アーチ高率の変化量(表 1-c)は、C 群において女性が男性より有意に増加していた(女性: 3.4±2.3%, 男性: 1.2±0.8%, p=0.004)。

表 1. エクササイズによるアーチ高率の変化

(単位: %)

a. エクササイズ実施前後の比較(男性)			b. エクササイズ実施前後の比較(女性)		
	実施前	実施後		実施前	実施後
A:外返し	23.2±3.3	24.7±3.2	A:外返し	23.9±3.1 *	25.7±1.8
B:内返し	23.2±3.4	24.3±2.8	B:内返し	23.1±5.1 *	25.0±4.6
C:背屈	21.8±3.1 *	23.0±3.1	C:背屈	21.7±3.1 *	25.0±2.7
D:全て	22.7±2.7 *	25.7±3.6	D:全て	21.7±3.6 *	24.4±3.3

c. エクササイズ実施前後の変化量における男女間の比較			
	男性	女性	
A:外返し	1.5±2.4	1.8±2.0	
B:内返し	1.1±2.5	1.9±1.8	
C:背屈	1.2±0.8	3.4±2.3 *	
D:全て	3.0±2.6	2.7±1.7	*: p<0.05

【考察】

下肢外傷のリハビリテーションや外傷予防策として、足関節・足部の ex's が行われている。それによるアーチへの効果については、足部内在筋を中心に検討がなされ、ex's の有効性が示されている。築山ら⁵⁾は、5 週間の足指筋力増強訓練が、足指の筋力増強と Arch index の日内変動に効果があったと報告し、石坂ら⁶⁾は、4 週間の足趾圧迫練習が、足趾圧迫力の増加と舟状骨高の上昇に影響したことを確認した。Do-Young ら⁷⁾は、足部と足指の ex's は、母趾外転筋の機能と、内側縦アーチ角に影響をもたらすと述べている。

アーチ支持には後脛骨筋・長腓骨筋・長母指屈筋などの外在筋も関与しており^{2,3,8,9)}、今回は外在筋の機能向上を目的とした足関節 ex's を一定期間にわたり実施させ、ex's がアーチに及ぼす影響について検討を試みた。

1. ex's 実施前後におけるアーチ高率の変化

男女ともに、全ての ex's を実施した D 群でアーチ高率が上昇したことから、足関節 ex's が荷重時のアーチ高の保持に有効であることが示唆された。中尾¹⁰⁾は椅座位における背屈 10° 位で荷重負荷を加えた場合のアーチ高の保持には、筋活動が関与していることを報告している。本研究は、荷重下での背屈 30° で計測しており、下腿が前傾することで荷重点が前方に移動すること、また荷重量も増加することから筋活動

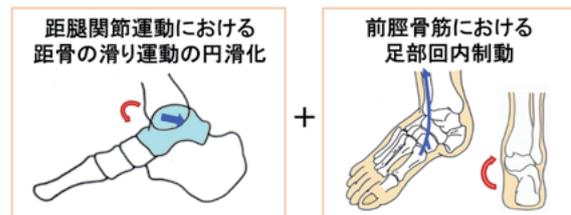
が高まり、動的支持が向上したものと考えられる。D 群では全ての ex's を実施しており、各運動の主動筋(A 群:前脛骨筋, B 群:腓骨筋群, C 群:後脛骨筋)の機能が向上し、他の外在筋や内在筋との協働により、アーチ高の保持が可能になったと理解できる(図 2)。

図 2. 荷重下における下腿前傾でのアーチ高の保持



男女ともに C 群でアーチ高率が上昇したことは、背屈運動の反復による効果も含まれるであろう。背屈運動の反復が距腿関節運動における距骨の滑り運動を円滑化し、荷重時の背屈における距骨の前方への倒れこみを最小限に抑えたことでアーチ降下を抑制し、さらに背屈運動の主動筋でもある前脛骨筋が、足部回内を制動した結果、アーチ高の保持につながったのと考えられる(図 3)。

図 3. 足関節背屈運動のエクササイズの効果



男性では C・D 群でのみアーチ高率が有意に上昇したのに対し、女性では全ての群で有意に上昇した。一般的に、女性は男性と比較して関節弛緩性が大きく、筋力が弱い。そのため、荷重によるアーチの降下が大きいことが予測される。Hashimoto ら¹¹⁾は、運動習慣の少ない女子は男子に比べて、静止片脚立位で足アーチ高が低く、さらに前足部に荷重を移しても、それ以上のアーチ高の低下は認めなかったとのことから、女性はアーチ支持において、静的支持への依存が高いとしている。ex's の実施によって筋機能が向上すると、アーチ支持における動的支持の比率が高まる

ことが予測される。今回の結果より、女性が男性に比べて動的支持が向上し、それに ex's が強く関与したことが示唆された。

2. アーチ高率の変化量における男女間の差

アーチ高率の変化量は、C 群においてのみ女性が男性より大きくなっていった。これには、前項にあげた性差、背屈運動によるアーチへの影響に加え、前脛骨筋による回内制動機能の向上が考えられる。

女性の足部は一般的に回内足傾向にもある。下腿前傾により足部回内が増長され、アーチが降下してしまう。関節弛緩性が大きい女性では、歩行時に足部内側への荷重が強くなるとの報告¹²⁾から、足部回内が増長される可能性が高い。したがって、下腿前傾に伴う足部回内を制動する背屈筋群の足内返し機能が向上し、女性は C 群において男性よりアーチ高率の変化量が大きくなったものと理解できる。

【結語】

1. 足関節 ex's が、荷重時のアーチ高の保持に及ぼす影響について検討した。
2. 男性は C・D 群、女性は全ての群で、ex's 実施前後でアーチ高率の上昇がみられた。
3. 各群のアーチ高率の変化量を男女で比較すると、C 群では女性が男性より大きかった。
4. 以上の結果から、足関節 ex's は、荷重時のアーチ高の保持に効果があることが示唆された。

【参考文献】

- 1) Huang CK, et al: Biomechanical Evaluation of Longitudinal Arch Stability. Foot & Ankle, 14(6):353-357, 1993.
- 2) 鈴木良平: 足のバイオメカニクスとその臨床応用. 日本リウマチ・関節外科学会雑誌, 2:423-429, 1983.
- 3) 藤原正敏: 筋電図ならびにコンプライアンス法による足アーチ保持機構の研究. 福島医学雑誌, 368(4):415-426, 1986.
- 4) 岡戸敦男ほか: ランニングによる足部アーチ高率の変化について. 東海スポーツ傷害研究会会誌, 27:65-67, 2009.
- 5) 築山尚司ほか: 足縦アーチの日内変動および足指筋力増強訓練が及ぼす効果について. 運動療法研究会講演論文集, 18:78-81, 2005.

- 6) 石坂正大ほか: 足趾圧迫練習が内側縦アーチに及ぼす影響. 理学療法科学, 22(1):139-143, 2007.
- 7) Do-Young J et al: A comparison in the muscle activity of the abductor hallucis and the medial longitudinal arch angle during the curl and short foot exercise. Phys Ther Sport, 12(1):30-35, 2010.
- 8) 寺本司ほか: 背屈時の足内側アーチの変化に関与する筋性因子. 日本足の外科学会雑誌, 14:117-119, 1992.
- 9) Filkowski PM et al: Intrinsic pedal musculature support of the medial longitudinal arch: an electromyography study. J Foot Ankle Surg, 42:327-333, 2003.
- 10) 中尾英俊ほか: 足部アーチに荷重負荷した際の下腿・足部の筋活動の変化. 理学療法科学, 24(3):423-426, 2009.
- 11) Hashimoto M et al: Evaluation of the function of the human foot in two different conditions using radiography. J Phys Ther Sci, 16(1):57-64, 2004.
- 12) Kim D et al: Generalized joint laxity associated with increased medial foot loading in female athletes. J Athl Train, 44(4):356-362, 2009.