

令和 4 年 6 月 20 日現在

機関番号：32620

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K10860

研究課題名(和文) 疲労骨折の予防を目的としたトレーニングの開発 - 下肢筋力に着目して -

研究課題名(英文) Development of Training for Prevention of Stress Fracture - Focusing on Lower Limb Muscle Strength

研究代表者

桜庭 景植 (Sakuraba, Keishoku)

順天堂大学・大学院スポーツ健康科学研究科・名誉教授

研究者番号：50175460

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：疲労骨折は、一度発症すると完治までに2-3ヶ月を要するため、スポーツ選手にとっては予防が重要な障害の一つである。これまでに疲労骨折の予防方法は明らかにされていなかった。そこで、本研究では、下肢の筋力に着目して疲労骨折の予防方法を明らかにすることとした。その結果、骨代謝マーカーは下肢筋力が高い方が低くなる可能性が示された。また、単に筋力が高いだけでなく、伸張性筋力が高いことが重要であることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

研究成果は、これまでに疲労骨折の予防方法がなかったアスリートに対して、下肢筋力の重要性を示した最初の研究となる。また、単純に下肢の筋力を強くするだけでなく、筋の収縮様式にも着目し、伸張性筋力を高めることの重要性も示した。これは、筋を肥大させなくても疲労骨折を予防できる可能性を示した。これらの得られた結果は、疲労骨折発症の予防方法確立へ貢献し、疲労骨折のないスポーツ活動をするために役立つと期待できる。

研究成果の概要(英文)：Stress fractures are one of the most important disorders for athletes to prevent because once they develop, it takes 2-3 months to heal completely. Until now, methods to prevent fatigue fractures have not been clarified. Therefore, in this study, we decided to clarify how to prevent Stress fracture by focusing on muscle strength of the lower limb. The results indicated that bone metabolism markers may be lower in patients with higher lower limb muscle strength. In addition, it was shown that not only higher muscle strength but also higher muscle strength under eccentric contraction of the lower limb muscles is important.

研究分野：スポーツ医学

キーワード：疲労骨折 下肢筋力 骨代謝マーカー 筋収縮様式

1. 研究開始当初の背景

疲労骨折は、一度発症すると完治までに2-3ヶ月を要するため、スポーツ選手にとっては予防が重要な障害の一つである。しかしながら、実験を行う時に疲労骨折罹患者を集めることが難しいことや動物実験でも疲労骨折の発症モデルを作るのは難しく、明確な予防法を学術的に示すのは難しい。これに対して我々はこれまでの研究で、骨吸収マーカーである TRACP-5b が疲労骨折を発症しやすい選手で高いことを明らかにしてきた。

これまでに明確に疲労骨折の予防方法を示されたのは、6時間以上の睡眠をとることと、練習量を減らすことが最も疲労骨折を減らすためには有用であった(Finestone 2008)。しかし、練習を継続してパフォーマンスを高めるためには、練習量を減らすことは必ずしも望まれない。

これまでに障害予防の方法として、筋力強化が行われてきた。筋が強いことは、ランニング時の接地においてショックアブソーバーの役割を担い、骨へのメカニカルな負荷を軽減する可能性がある。そこで、疲労骨折の予防にも下肢筋力が有用ではないかとの仮説を立案した。

2. 研究の目的

(1) 女子長距離選手を対象に骨代謝マーカーと膝関節伸展屈曲筋筋力の関係を明らかにすることとした。

(2) 女子長距離選手を対象に膝関節伸展・屈曲筋筋力を調査し、疲労骨折既往がある選手の膝関節周囲筋力の特徴を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 大学女子長距離選手 10 名(20.2±1.2 歳, BMI:19.0±1.3)を対象とした。測定項目は骨代謝マーカーとして骨形成を示す TotalP1NP、骨吸収を示す TRACP-5b を測定した。筋力は等速性筋力測定装置を用いて、膝関節伸展・屈曲筋筋力を短縮性収縮下角速度 60・180・300 度/秒(CC60・180・300) 伸張性収縮下角速度 60・180 度/秒(EC60・180) 膝関節 60 度屈曲位での等尺性収縮(IM)で行い、最大トルク(PT) 最大トルクの体重比(PT/BW)、最大仕事量(PW) 最大仕事量の体重比(PW/BW)で評価した。各測定項目の相関関係を分析した。

(2) 大学女子長距離選手 16 名(19.3±0.9 歳)を対象とした。筋力測定後、2 年間追跡調査を行い、16 名中疲労骨折を発症した選手(疲労骨折群)は 10 名(BMI19.3±0.6kg/m²)、疲労骨折を発症しなかった選手(対照群)は 6 名(BMI19.0±1.7 kg/m²)であった。筋力は等速性筋力測定装置を用いて、膝関節伸展・屈曲筋筋力を短縮性収縮下角速度 60・180・300 度/秒(CC60・180・300) 伸張性収縮下角速度 60・180 度/秒(EC60・180) 膝関節 60 度屈曲位での等尺性収縮で行い、体重比での比較を行った。短縮性筋力に対する伸張性筋力の割合についても分析を行った。

4. 研究成果

(1) 骨形成を示す TotalP1NP は平均 86.2 ± 43.8ng/ml、骨吸収を示す TRACP-5b は平均 373.5 ± 143.8mU/dL であった。TotalP1NP と TRACP-5b は強い正の相関関係がみられた(r=0.92, p<0.01)。膝関節伸展の IM の PT と TotalP1NP および TRACP-5b とは負の相関関係がみられた(それぞれ r=-0.80, r=-0.66, p<0.05)。膝関節伸展の CC60 の PW と TotalP1NP および TRACP-5b の間に負の相関関係がみられた(それぞれ r=-0.82, r=-0.77, p<0.01)。また、膝関節屈曲の CC180 の PT と TotalP1NP および TRACP-5b の間に負の相関関係がみられた(それぞれ r=-0.66, r=-0.69, p<0.05)。

以上の結果から、膝関節伸展屈曲筋筋力が低い選手ほど骨形成および骨吸収マーカーが高く、高回転型の骨代謝回転である可能性が示された。

表 1. 骨代謝マーカーと下肢筋力の相関関係

		伸展				屈曲				
		CC60	PT	PT/BW	PW	PW/BW	PT	PT/BW	PW	PW/BW
TotalP1NP	r	-0.722	-0.229	-0.828	-0.502	-0.547	-0.177	-0.447	-0.105	
	p	p<0.05	ns	p<0.01	ns	ns	ns	ns	ns	
TRACP-5b	r	-0.569	-0.227	-0.776	-0.630	-0.475	-0.246	-0.424	-0.20	
	p	ns	ns	p<0.01	ns	ns	ns	ns	ns	
		伸展				屈曲				
		CC180	PT	PT/BW	PW	PW/BW	PT	PT/BW	PW	PW/BW
TotalP1NP	r	-0.695	-0.302	-0.655	-0.337	-0.669	-0.411	-0.412	-0.112	
	p	p<0.05	ns	p<0.05	ns	p<0.05	ns	ns	ns	
TRACP-5b	r	-0.593	-0.339	-0.625	-0.440	-0.694	-0.582	-0.479	-0.29	
	p	ns	ns	ns	ns	p<0.05	ns	ns	ns	
		伸展		屈曲		伸展		屈曲		
		IM	PT	PT/BW	PT	PT/BW	IM	PT	PT/BW	
TotalP1NP	r	-0.800	-0.526	-0.675	-0.423	-0.675	-0.423	-0.675	-0.423	
	p	p<0.01	ns	p<0.05	ns	p<0.05	ns	p<0.05	ns	
TRACP-5b	r	-0.662	-0.479	-0.615	-0.478	-0.615	-0.478	-0.615	-0.478	
	p	p<0.05	ns							

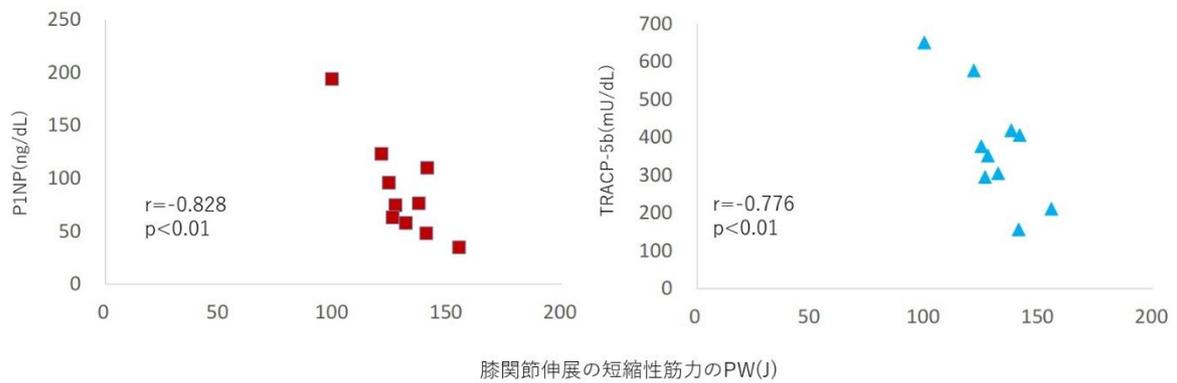


図1. 骨代謝マーカーと膝関節伸展の短縮性筋力PWの関係

(2)膝関節伸展の短縮性筋力に対する伸張性筋力の割合は、疲労骨折群と比較して対照群で高い値を示した($p < 0.05$)。これは、疲労骨折群は短縮性筋力を基準にして伸張性筋力が弱いことを示している。疲労骨折群のまた、膝関節屈曲の EC180 は、既往歴群 $2.0 \pm 0.2 \text{ N} \cdot \text{m}/\text{kg}$ 、対照群 $2.5 \pm 0.3 \text{ N} \cdot \text{m}/\text{kg}$ であり($p < 0.01$)、EC60 においても既往歴群 $2.2 \pm 0.3 \text{ N} \cdot \text{m}/\text{kg}$ 、対照群 $2.6 \pm 0.2 \text{ N} \cdot \text{m}/\text{kg}$ であった($p < 0.05$)。

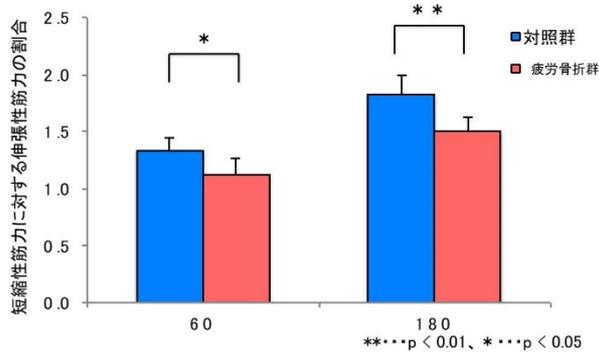


図2. 膝関節伸展筋力に対する伸張性筋力の割合の群間比較

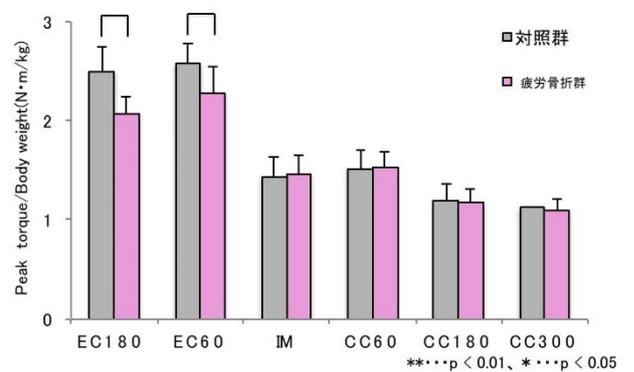


図3. 膝関節屈曲筋力の群間比較

疲労骨折既往がある選手は膝関節伸展・屈曲の伸張性筋力が低かったことから、疲労骨折の予防には膝関節伸展屈曲の伸張性筋力を高くすることが重要である可能性が示された。

(1)の結果から、骨代謝マーカーは筋力が高い方が低くなる可能性が示された。特に TRACP-5b は、疲労骨折しやすい選手で高い値を示すため、下肢の筋力の重要性が確認できた。また、(2)の結果から、単に筋力が高いだけではなく、伸張性筋力が高いことが重要であることが示された。本成果は、これまでに疲労骨折の明確な予防方法がなかった現状に筋力の重要性を示す意味で有用である。また、コロナウイルス感染症により、若干の実験計画の修正を強いられたが、結果として、疲労骨折の発症した選手としなかった選手の比較をできた点で、極めて重要なデータを得ることができたと考える。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 藤田真平, 桜庭景植, 窪田敦之, 若松健太, 洪定男, 鈴木良雄, 長門俊介, 仲村明, 山澤文裕	4. 巻 26 (3)
2. 論文標題 大学男子長距離選手における疲労骨折の予防・早期発見に対する骨代謝マーカーの有用性	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本臨床スポーツ医学会誌	6. 最初と最後の頁 382-389
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Fujita S, Sakuraba_K, Wakamatsu K, Kubota A, Koikawa N
2. 発表標題 Comparison of lower limb muscle strength with and without stress fracture in collegiate female long-distance runners.
3. 学会等名 The 25 th Annual Congress of European College of Sport Science (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤田真平、桜庭景植、窪田敦之、若松健太
2. 発表標題 骨代謝マーカーを用いた疲労骨折の早期発見と予防
3. 学会等名 第30回日本臨床スポーツ医学会学術集会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤田真平、桜庭景植、窪田敦之、若松健太、高澤祐治、鯉川なつえ
2. 発表標題 大学女子長距離選手における下肢筋力と骨代謝マーカーの関係
3. 学会等名 第29回日本臨床スポーツ医学会学術集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤田真平, 櫻庭景植, 窪田敦之, 若松健太, 鯉川なつえ, 山澤文裕
2. 発表標題 大学男子長距離選手における練習内容の違いが骨代謝マーカーに及ぼす影響
3. 学会等名 第73回日本体力医学会大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	藤田 真平 (Fujita Shimpei) (30814529)	桜美林大学・健康福祉学群・助教 (32605)	
研究分担者	若松 健太 (Wakamatsu Kenta) (00551045)	桜美林大学・健康福祉学群・准教授 (32605)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------