

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 2 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22500574

研究課題名（和文）可変ブレーキを用いた下肢荷重トレーニング機器の開発

研究課題名（英文）Development of an equipment for weight-bearing training with variable brake (ER fluid brake)

研究代表者

木村 佳記 (KIMURA YOSHINORI)

大阪大学・医学部附属病院・技術職員

研究者番号：00571829

研究成果の概要（和文）：側方抵抗レッグリーチやスプリットスクワットは、膝関節への力学的ストレスは小さく、下肢筋の強化には有効であることを明らかにした。これらのトレーニングをより安全かつ効果的に行うため、ER 流体を負荷器としたトレーニングシステムを開発した。システムはコンピュータにより抵抗と速度が制御でき、力学的データの計測も可能とした。側方抵抗レッグリーチの運動解析の結果、新システムでのトレーニングは、従来の装置での運動に比べてトレーニング効果が高まることを示唆した。さらに、運動解析の結果を踏まえて速度制御性を高め、力学データのレポート出力機能も付加した。

研究成果の概要（英文）：We researched resistive lateral leg reach or split squat exercises and these results demonstrated exercises didn't increased mechanical stress in the knee joint but strengthened muscles of the lower limb. In order to obtain more safe and effective exercise, a training system equipped an electro-rheological fluid brake was developed. This system can control the resistance force and the speed, and measure kinetic data. The motions analysis of resistive lateral leg reach suggested that the exercise with the new training system was more effective than the exercise with the conventional equipment. Based on the motion analysis, we improved speed control performance of the training system and added a reporting function of kinetic data.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2011 年度	600,000	180,000	780,000
2012 年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：スポーツ科学

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学、スポーツ科学

キーワード：トレーニング科学、トレーニング機器、ER 流体、閉運動連鎖、closed kinetic chain、筋力トレーニング、等速度運動、isokinetic exercise

1. 研究開始当初の背景

我々は先行研究で resistive backward leg reach は膝関節に後方剪断力が作用しつつ膝

関節伸展モーメントが高め、resistive lateral leg reach は膝関節に外反モーメントを作用させずに股関節外転モーメントを高めることを明らかにした。これらの結果が

ら、膝前十字靭帯の再建術後や傷害予防のトレーニングへの適用の有効性が示唆された。しかし、先行研究で用いたゴムバンド利用した抵抗機器は張力の微調整が困難であった。また、従来のダンベルなどの重量物の負荷は上肢や腰部への負担が大きく、下肢関節への負荷の調整が難しかった。

2. 研究の目的

本研究の目的は、可変ブレーキを負荷器とし、負荷量を柔軟に調整でき安全かつ汎用性の高い荷重トレーニング用の抵抗機器を開発し、荷重位での駆動力や制動力などの複合的な筋力トレーニングと評価を可能にすることである。これより下肢関節傷害の治療や予防トレーニングにおける科学性の向上に寄与する。

3. 研究の方法

(1). 下肢荷重トレーニング装置の構造およびシステムを考案して試作機を製作する。

(2). 健常者に対して試作機を用いた resistive backward leg reach、resistive lateral leg reach などの運動解析を行い、下肢関節および筋への影響を明らかにし、得られた結果から試作機を改変する。

(3). 試作機にトルク計測装置を取り付け、評価機器としても使用できるようにする。さらに、対象者へのフィードバック用に力学データのレポート出力機能を付加し、汎用性を高める。

4. 研究成果

(1)平成 22 年度

① 側方レッグリーチ動作の解析

トレーニング機器を使用して行う側方抵抗レッグリーチの運動解析と筋活動の分析を行い、本動作は荷重位において膝関節外反モーメントを抑制しながら股関節外転筋と膝関節伸展筋を強化できるトレーニングであることを明らかにした。

②スプリットスクワット動作の解析

下肢を前後に開いて行うスプリットスクワット動作の後脚に着目して解析を行った。体幹の前傾と前脚の下腿の前傾を抑制することで、後脚の股関節伸展モーメントの発揮が抑制されて膝関節伸展モーメントが高まり、大腿四頭筋の活動も顕著に増大した。さらに関節間力の算出による圧縮力は両脚スクワットよりも小さく、また後方剪断力が作用したため、関節面への圧縮負荷と前方剪断力を抑制しながら大腿四頭筋に高負荷を与えることができるトレーニングであると考えられた。

①および②の結果から、可変ブレーキを負荷器としたトレーニング機器によって同様の運動を行うことで更に安全で効果的なトレーニングが可能になると推察された。

③可変ブレーキを用いた抵抗機器の作成

トレーニング機器のシステムを構築し、試作機を作成した。機器は足を載せる可動式の台と、これをスライドさせるレールを配置した土台および ER 流体を用いた可変ブレーキシステムから構成した。

(2)平成 23 年度

①パソコンによる抵抗および速度制御のシステム付加

本装置の抵抗値と速度のパソコン制御を可能にする専用のソフトを開発した。まず、抵抗値の制御が可能となり、パソコン制御下での等負荷での抵抗トレーニングが実施可能となった。さらに、運動中に装置に加わった速度、最大速度、最大速度到達時間、パワーなどのパラメータがソフトにより算出可能となった。このことから、荷重位での下肢の駆動力のトレーニングと定量的評価が可能となり、これまでにはなかったトレーニングと評価の方法が開発された。しかし、速度の制御は、下肢の力に対する制動力が不足す

るために運動を制御しきれなかった。

②健常者を対象としたトレーニング動作の運動解析

本装置の等負荷モードにおいて、健常者の側方抵抗レッグリーチ動作における支持脚の運動解析を行った。本装置での運動は従来のゴムバンドを用いた抵抗装置による運動に比べて、運動の開始初期から股関節外転モーメントが高まり、最大値が有意に高値を示すとともに、仕事量も増大した。さらに、膝関節の外反モーメントの発生も抑制された。このことから、本装置を用いた側方抵抗レッグリーチ動作は、荷重位での動作に重要な股関節外転筋の活動を高め、また膝関節の外反モーメントを抑制しながら大腿四頭筋、大殿筋、腓腹筋などの抗重力筋を強化できるトレーニングであることが示唆された。

(3)平成 24 年度

①速度制御性の向上

パソコンによる速度制御システムを改変して速度の制御性能を高めた。健常者による動作検証実験の結果、1.0m/s未満の速度における等速度制御が可能であることを示した。制動力は117Nが最大であった。さらに装置の電気回路系の配線を改修した結果、制動力は132Nまで高まった。

②力学データ出力機能の付加

ソフトの改変により装置から得られる力学情報の表示機能高め、結果のチャート式出力機能も付加して被験者へのフィードバックを可能にした。

以上の研究成果から、本装置によるトレーニングは、運動中に変化する下肢関節角度に対して適切な負荷を常に与えることが可能で

あり、実際の動作に直結する筋力の強化が可能と考えられた。したがって本研究は、荷重位での新たなトレーニング方法やその体系を確立することに貢献すると考えられた。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 5 件)

①木村佳記、小柳磨毅、中江徳彦、田中則子、向井公一、佐藤睦美、小川卓也、横谷祐一郎：前十字靭帯再建術後のリハビリテーションにおける閉運動連鎖エクササイズ。日本機械学会第 24 回バイオエンジニアリング講演会、CD-ROM, 8B14, 2012.

②小柳健一、木村佳記、小柳磨毅、井上昭夫、本吉達郎、大島徹：立位での下肢の等速運動トレーニング装置、生活生命支援医療福祉工学系学会連合大会 2012 講演論文集, GS3-4-3 (2012).

③中田研、前達雄、木村佳記：半月板損傷-縫合術 - 臨床スポーツ医学 29(1):109-122, 2012

④木村佳記、小柳磨毅、中江徳彦、田中則子、小川卓也、横谷祐一郎、向井公一：スプリットスクワットの運動解析。臨床バイオメカニクス 32: 441-448, 2011.

⑤木村佳記、小柳磨毅、田中則子、小川卓也、中江徳彦：側方への抵抗レッグリーチ動作における支持脚の運動解析。臨床バイオメカニクス 31:445-452, 2010.

[学会発表] (計 6 件)

①小柳磨毅：スポーツ選手に対する低侵襲治療の実際—運動療法— (招待講演)。第 18 回日本最小侵襲整形外科学会、奈良 (奈良県新公会堂) 2012. 11. 16

②木村佳記、小柳磨毅、向井公一、中江徳彦、多田周平、里田由美子、田中則子、境隆弘、佐藤睦美、小田邦彦：等抵抗負荷の側方抵抗

レッグリーチ動作における支持脚の運動解析. 第 39 回日本臨床バイオメカニクス学会、千葉（幕張メッセ・国際会議場）、2012.

③小柳健一, 木村佳記, 小柳磨毅, 井上昭夫, 本吉達郎, 大島徹: 立位での下肢の等速運動トレーニング装置, 生活生命支援医療福祉工学系学会連合大会 2012. 愛知 (名古屋大学)、2012

④木村佳記、小柳磨毅、中江徳彦、田中則子、向井公一、佐藤睦美、小川卓也、横谷祐一郎: 前十字靭帯再建術後のリハビリテーションにおける閉運動連鎖エクササイズ. 日本機械学会第 24 回バイオエンジニアリング講演会、大阪 (大阪大学)、2012.

⑤Yoshinori Kimura, M Koyanagi, N Tanaka, N Nakae, T Ogawa, K Mukai: Posters: Motion analysis of a single-limb squat with resistance. Monaco (Grimaldi Forum Monaco). 2011. (Br J Sports Med 45:356)

⑥木村佳記、小柳磨毅、中江徳彦、田中則子、小川卓也、横谷祐一郎、向井公一: スプリットスクワットの運動解析. 第 37 回 日本臨床バイオメカニクス学会. 京都, 2010.

[図書] (計 4 件)

①小柳磨毅編著: 骨関節理学療法学. 医学書院、2013: I 骨関節疾患の評価と理学療法 3-18、II-3 膝靭帯・半月板損傷の理学療法 51-70.

②木村佳記: 膝前十字靭帯損傷術後のリハビリテーションにおける荷重トレーニングの研究. 大阪電気通信大学大学院博士論文, 116 項、2012.

③木村佳記、中田研: 半月板・関節軟骨損傷に対するリハビリテーションとリコンディショニングの実際. 下肢スポーツ外傷のリハビリテーションとリコンディショニング. 小柳磨毅 (編)、文光堂: 136-151, 2011.

④木村佳記. 小柳磨毅: サッカーにおける半月板損傷後のアスレティックリハビリテーション. 復帰をめざすスポーツ整形外科. 宗田大 (編), メジカルビュー社: 383-386, 2011.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

木村 佳記 (KIMURA YOSHINORI)

大阪大学・医学部附属病院・技術職員

研究者番号: 00571829

(2) 研究分担者

小柳 磨毅 (KOYANAGI MAKI)

大阪電気通信大学・医療福祉工学部・教授

研究者番号: 10440950

田中 則子 (TANAKA NORIKO)

大阪電気通信大学・医療福祉工学部・准教授

研究者番号: 20290380

小田邦彦 (ODA KUNIHICO)

大阪電気通信大学・医療福祉工学部・教授

研究者番号: 10440950

向井 公一 (MUKAI KOUICHI)

四條畷学園大学・リハビリテーション学部・准教授

研究者番号: 00353011

境 隆弘 (SAKAI TAKAHIRO)

大阪保健医療大学・保健医療学部・教授

研究者番号: 60353009

佐藤 睦美 (SATO MUTSUMI)

大阪保健医療大学・保健医療学部・講師

研究者番号: 40444533

小柳 健一 (KOYANAGI KENICHI)

富山県立大学・工学部・准教授

研究者番号: 30335377

(H23 より研究分担者として参画)

古荘 純次 (FURUSHO JUNJI)

福井工業大学・工学部・教授

研究者番号: 70107134

(H23 に連携研究者に変更)

(3)連携研究者

古荘 純次 (FURUSHO JUNJI)

福井工業大学・工学部・教授

研究者番号：70107134

(H23 に研究分担者から変更)

(4)研究協力者

中江 徳彦 (NAKAE NARUHIKO)

東豊中渡辺病院・リハビリテーション科

小川 卓也 (OGAWA TAKUYA)

行岡病院・リハビリテーション科

横谷 祐一郎 (YOKOTANI YUICHIROU)

行岡病院・リハビリテーション科

多田 周平 (TADA SHUHEI)

大阪大学医学部附属病院・リハビリテーショ

ン部・技術職員

里田 由美子 (SATODA YUMIKO)

豊中渡辺病院・リハビリテーション科

近藤 さや花 (KONDOU SAYAKA)

豊中渡辺病院・リハビリテーション科