

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 10 日現在

機関番号：16401

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2010～2013

課題番号：22300197

研究課題名(和文) 固定式全方向歩行訓練器の開発とその有用性調査

研究課題名(英文) Validity of posterior oblique Walking-Exercise by the use of an fixed Omnidirectional Walking Machine

研究代表者

石田 健司 (KENJI, ISHIDA)

高知大学・教育研究部医療学系・准教授

研究者番号：10274367

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,000,000円、(間接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：全方向型歩行訓練器を開発し、機器の正確性・安全性を確認後、横歩きと、通常では行えない斜め後方歩行訓練の有用性を調査した。斜め後方歩行は29名(男14名、女15名:平均年齢68.6歳)を対象とし、1回2分、週2回、19回歩行訓練を行った。訓練前後に、左右の腸腰筋、中臀筋、大腿四頭筋の等尺性筋力を評価し、椅子5回立ち上がり時間と左右それぞれの開眼片足立位時間を測定した。結果、評価した筋力は左右とも有意($p<0.0007$)に増加し、椅子5回立ち上がり時間も、訓練方向に関わらず、有意($p=0.0012$)に改善した。斜め後方訓練は短時間・短期間の訓練で、下肢筋力並びに椅子5回立ち上がり時間は向上できた。

研究成果の概要(英文)：OBJECTIVES:We developed an fixed Omnidirectional Walking Machine.In general, it was impossible to do posterior oblique walking,but by means of this machine, we were successfully able to exercise the aged in posterior oblique walking.We investigated the validity of posterior oblique Walking-Exercise. DESIGN:Participants were 29persons average aged 68.8years(male14,Female15).Posterior oblique walking exercises were performed once two minutes, twice a week, for a total of 19 exercises. Muscular strength(Iliopsoas,gluteus medius,and quadriceps muscle) and five times chair rise time were evaluated at the beginning and the end of this study. RESULTS:Regardless of right or left oblique training direction, all muscular strength increased significantly ($p<0.0007$), and five times chair rise time improved significantly($p=0.0012$). CONCLUSION:Posterior oblique walking in a short time and in a short period has brought about increase of muscular strength and improvement on five times chair rise time.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：歩行訓練器 高齢者 歩行訓練 斜め後方歩行 側方歩行 筋力 バランス能力 介護予防

1. 研究開始当初の背景

これまで我々は、平成 10,11 年度:科学研究費補助金(基盤研究 C)採択:「歩行機能回復を促進するためのリハビリテーション介護装置の開発研究」において、インテリジェント機能を有する歩行訓練器を開発した。本機器は高機能(牽引機能・下肢動作モニター機能・左右のバランス評価機能等)を有する歩行訓練器(図 1)であった。本機器の特徴は、(1)左右別々の牽引器が有り、バランスをモニター可能で、姿勢の制御ができる(2)下肢動作モニター機能により、歩行のリズムが崩れると自動停止し体幹を支えることができ、転倒を予防できる(3)モニター画面に架空の線を引かせ、Visual Biofeedback Therapy が可能であった。



図 1 : インテリジェント歩行訓練器

その後、平成 19 年度独立行政法人科学技術振興機構シーズ発掘試験研究助成「全方向移動が可能な歩行訓練機の介護予防事業への展開に関する研究」において、軽量型で、全方向に歩行訓練が可能な機器に展開、その有用性を評価し、要介護 2・3 の症例にも有用であることを示した(図 2)。



図 2 : 全方向型歩行訓練機

この機器は、研究分担者・王の開発したオムニホイールにより、前後・左右・斜め走行が可能で、スピードも訓練を受ける者に合わ

せることが可能である。

今回更に、広い場所を取らず、固定式で、全方向(前後・左右・斜め等)の歩行訓練ができる歩行訓練機を開発を思い立ったので申請した。これは、360 度回転できるトレッドミルを利用しており、このような固定式全方向型歩行訓練機は、まだ開発されていない。

2. 研究の目的

これまで我々は転倒予防や廃用予防の観点から、全方向型歩行訓練機(図 2)を製作、要介護者に対する訓練効果を報告し、高齢者の横歩きや斜め前方後方歩きの意義について検討(文献・・・)してきた。

今回、全方向型歩行訓練機の機能を失わず、場所をとらない訓練機器に発展させた。今回開発した訓練機器自体は設置場所から動かないが、機器の床面をトレッドミルとした。トレッドミル自体を 360 度自由に設定した角度に回転することができる(図 3)ようにし、前歩き・後歩き・横歩き・斜め歩きなど、人間が本来持っている複雑で複合的な歩行動作の訓練ができる機器となった。本機器の特徴は、(1)360 度回転型のトレッドミル機能を導入することにより、従来の歩行訓練と異なり、多様な歩行動作の訓練が総合的に行え、かつ狭い場所でも設置可能であり、(2)免荷機能と移乗機能を融合することで、医療・介護労働者及び要訓練者に肉体的負担を掛けることがなく、安全かつスムーズに車椅子から機器に移乗できる点である。

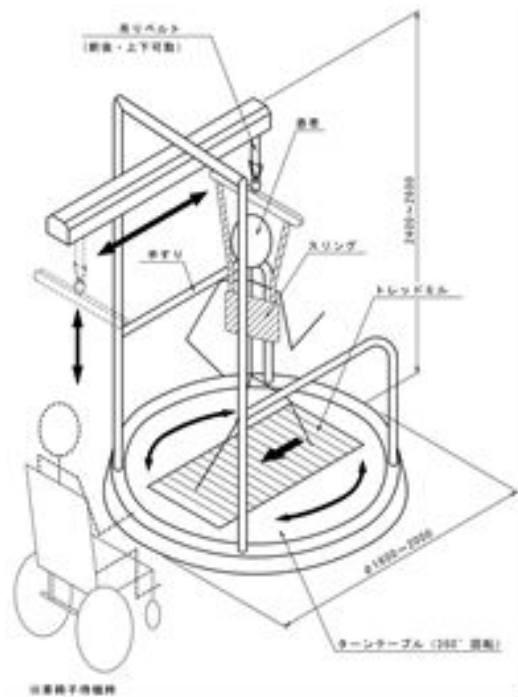


図 3 : 今回作成した機器の概略

(トレッドミルが 360 度回転可能、吊り上げ可能)

<文献>

特別講演「今、リハビリテーション医が、工学会に期待するもの」、石田健司、第7回生活支援工学系学会連合大会 講演要旨集 P3、2009

廃用症候群に対する訓練効果 運動器慢性期疾患に対する運動療法、石田健司、王碩玉、金原出版、285-288、2009

〔廃用症候群を治すには〕治療介入の実際運動器疾患、石田健司、永野靖典、総合リハビリテーション 37(4)、313-318、2009

全方向移動型歩行訓練機を用いた運動訓練の有用性 石田健司、王碩玉、永野敬典、岸孝司、運動療法と物理療法 19(4)、246-250 2008

3. 研究の方法

初年度は、機器の試作と機能性・安全性の評価に充てた。2年目は臨床評価とポータブル型の機器を試作した。3年目には機器の再調整を行い、4年目は臨床評価と、研究成果の社会・国民への発信を行った。

初年度に、固定式全方向歩行訓練器を一台製作(図4)し、走行確認や動作確認、安全性の検証を行なった。

本機器の有する機能に関して確認した内容は、次の通りである。

- (1) 車いすから本機器へのスムーズな騎乗が可能か
- (2) トレッドミルのスムーズな動きと正確性の確認
- (3) 360度回転するトレッドミル本体の、スムーズな回転と正確な回転動作の確認
- (4) 牽引機能の正確性と安全性の検証



図4：今回の開発機器の全景
(100kgまで吊り上げ機能を有する)



図5：立位部分(回転盤部分)
(トレッドミル本体は、360度回転が可能で
訓練させたい方向に自由に設定可能である)

2年目は、図4の開発機器を用いて横歩きの歩行訓練を行い、有用性を検証した。対象者は健康人10名:平均年齢55歳、全例女性。

最初の2週間は、右方向歩行訓練を1回につき3分間行い、次の2週間は左方向歩行訓練を1回につき3分間行った。それぞれの訓練前後に、徒手筋力測定器で左右の中殿筋、大腿四頭筋、腸腰筋の筋力を評価した。

また、図4の機器は大きく、地域への搬送が困難であったため、ポータブル型の歩行訓練器を試作した。運搬が容易な機器となり、より多くの検証を行うことが可能になった。

3年目は、機器の安全性を考慮し、再調整を行った。本機器での臨床意義の検証を行うために、機器の動作が一定になるように調整を続けた。

最終年度には、図4の機器で、通常では行えない斜め後方歩行訓練の有用性を調査した。29名(男14名、女15名:平均年齢68.6歳)を対象とし、1回2分、週2回、19回の歩行訓練を行った。左右の方向は、誕生日の末尾が偶数か奇数かで決め、ランダム化した。訓練前後に、左右の腸腰筋、中臀筋、大腿四頭筋の等尺性筋力を評価し、椅子5回立ち上がり時間と左右それぞれの開眼片足立位時間、重心動揺系で外周面積と単位面積軌跡長を測定した。

また、ポータブル型の機器を用いて、側方歩行訓練の有用性を調査した。訓練対象者は20名(全例男性、平均年齢78.8歳)で、1回3分、週2回、計20回の歩行訓練を行った。左右の振り分けは斜め後方歩行訓練と同様である。評価は訓練前後に左右の腸腰筋、中臀筋、大腿四頭筋の等尺性筋力を評価し、椅子5回立ち上がり時間と左右それぞれの開眼片足立位時間を測定した。

そして、本研究の研究成果を社会・国民に発信するために、第43回日本臨床神経生理学学会に、機械展示を行った。

4. 研究成果

初年度に行った機器の性能及び安全性の検証(1)~(4)では、有用性の検証を行っても良い機器であると判断された。

(1)車いすから本機器へのスムーズな騎乗

取り外し型のスロープで、被訓練者(ボランティア)を車いすに座ったままトレッドミル本体に載せることができた。そして、牽引用のハーネスを被訓練者の体幹・大腿に取り付け、牽引しながらトレッドミル中央に立たせた。体重 56~100kg のボランティア(10名)もスムーズに対応可能であった

(2)トレッドミルのスムーズな動きと正確性

転倒予防のため、トレッドミルが動く前と止まる前に、チャイム音を流し、動き始める時と止まる時のサインとした。また、スピードは徐々に上がり、徐々に静止した。設定速度に達した時の速度精度も高かった。走行中には、訓練を促せるよう音楽を流すように設定した。100kg のボランティアが乗っても、速度は一定であった。

(3)トレッドミル本体のスムーズな回転と正確な回転動作

トレッドミル本体が回転する前にはチャイム音を流し、回転が始まる時のサインとした。回転時には、トレッドミルが動く時とは異なる音楽を流し、走行動作時と回転動作時が区別できるようにした。100kg のボランティアが乗って、トレッドミル本体の回転を 50 回繰り返すと、回転に 5 度以内の誤差が生じたが、次年度に調整した。

(4)牽引機能の正確性と安全性

100kg のボランティアを持ち上げることが可能で、100kg までの免荷機能は正確であった。

2 年目に行った有用性の評価では、右中殿筋は、訓練前 180.1 ± 35.7 (N) が 1 週後 234.6 ± 44.9 となり、2 週後 250.8 ± 44.4 に増加した。訓練前・訓練 1 週後の P 値は 0.0010、訓練 1 週後・2 週後の P 値は、0.2461、訓練前・訓練 2 週後の P 値は、0.0005 であった。同様に左中殿筋は、 162.9 ± 16.4 から 221.7 ± 47.1 に、そして 243.3 ± 41.1 に増加し、P 値はそれぞれ 0.0011、0.1343、0.0002 であった。右大腿四頭筋は 216.0 ± 52.5 から 222.8 ± 54.4 に、そして 267.5 ± 39.0 に増加し、P 値は 0.6689、0.0003、0.0080 であった。左大腿四頭筋は、 218.2 ± 50.9 から 243.4 ± 61.2 に、そして 274.9 ± 50.1 に増加し、P 値は 0.2089、0.0066、0.0153 であった。右腸腰筋は、 158.1 ± 19.0 から 173.0 ± 25.3 に、そして 180.9 ± 15.4 に増加し、P 値は 0.5791、0.1058、0.0318 であった。左腸腰筋は、 158.2 ± 22.2 から 171.3 ± 26.9 に、そして 181.9 ± 12.3 に増加し、P 値は 0.1975、0.1062、0.0103 であった。

今回の訓練は横方向の歩行訓練 3 分間のみで、始めの 2 週間は右方向、次に左方向の歩行のみ行った。中殿筋は左右とも 1 週間で筋力は有意に増加し、四頭筋は 1 週間と 2 週間の間で有意に筋力は増加した。腸腰筋は 2 週間後には有意に増加していた。横歩きでは中殿筋は左右歩行に関わらず両側の筋力が増加していた。横歩き訓練は、中殿筋、大腿四頭筋、腸腰筋の中では、中殿筋の先ず効果が出て、次に大腿四頭筋、最後に腸腰筋の効果が出ていた。

4 年目の有用性調査では、訓練方向に関わらず、評価した筋力は左右とも有意 ($p < 0.0007$) に増加し、椅子 5 回立ち上がり時間も、訓練方向に関わらず、有意 ($p = 0.0012$) に改善した。斜め後方訓練は短時間で短期間の訓練で、下肢筋力並びに椅子 5 回立ち上がり時間は向上できた。

このことによって、本機器の有用性(筋力増強・転倒予防への有用性)が期待された。

最終年次には、機器を広く知ってもらうために機械展示も行った(図 6)。



図 6 : 機械展示風景

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 6 件)

Renpeng Tan, Shuoyu Wang, Yinlai Jiang, Kenji Ishida and Masakatsu G. Fujie, Nonlinear Adaptive Controller for Omni-directional Walker: Dynamic Model Improvement and Experiment, ICIC Express Letters, (査読あり) Vol. 6, No.3, 611-15, March 2012.

Yinlai Jiang, Shuoyu Wang, Renpeng Tan, Kenji Ishida, Takeshi Ando and Masakatsu G. Fujie, User Control Intention Recognition of an Omnidirectional Walking Support Walker: Considering Both Directional and Rotational Intentions, ICIC Express Letters, (査読あり) Vol.6, No.2, 479-84, February 2012.

Renpeng Tan, Shuoyu Wang, Yinlai Jiang, Kenji Ishida, Masakatsu G. Fujie, and Masanori Nagano, Adaptive Control Method For Path Tracking Control of an Omni-directional Walker Considering Center of Gravity Shift and Lo

ad Change, International Journal of Innovative Computing, Information and Control, (査読あり) Vol.7, No.7(B), 4423-4434, 2011.

Jiang Y, Wang S, Ishida K, Ando T, Fujie Yinlai Jiang, Shuoyu Wang, Kenji Ishida, Takeshi Ando and Masakatsu G. Fujie, A Novel Direction Control Method for Walking Support with an Omnidirectional Walker, International Journal of Mechatronics and Automation, (査読あり) Vol. 1, Nos. 3/4, 244-252, 2011.

Jiang Y, Wang S, Ishida K, Ando T, Fujie MG.: Control of an omnidirectional walking support walker by forearm pressures.: Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc. (査読あり); 2011:7466-9. doi:10.1109/IEMBS. 2011.6091842.

Renpeng Tan, Shuoyu Wang, Yinlai Jiang, Kenji Ishida, Masakatsu G. Fujie, Adaptive control strategy with parameter optimization for omnidirectional walker, International Journal of Mechatronics and Automation, (査読あり) Vol. 1, Nos. 3/4, 172-180, 2011.

〔学会発表〕(計1件)

石田健司、永野靖典、固定式全方向歩行訓練器の開発—斜め後方歩きの歩行訓練効果— 第51回日本リハビリテーション医学会学術集会 2014.6.6.名古屋国際会議場 名古屋

〔図書〕(計1件)

Renpeng Tan, Shuoyu Wang, Yinlai Jiang, Kenji Ishida and Masakatsu G. Fujie, Motion control of omnidirectional walker for walking support, In Jinglong Wu ed. Biomedical Engineering and Cognitive Neuroscience for Healthcare: Interdisciplinary Applications, pp. 20-28, IGI Global, 2012.

〔産業財産権〕

取得状況(計2件)

名称: 全方向移動機能を持つ歩行機能障害者の機能回復用歩行訓練器

発明者: 米沢(王)碩玉 石田健司

権利者: 高知工科大学

番号: 特許第 4780435 号

取得年月日: 平成 23 年 7 月 15 日

国内外の別: 国内

名称: 全方向移動機能を持つ歩行訓練器

発明者: 米沢(王)碩玉 石田健司

権利者: 高知工科大学

番号: 特許第 5127003 号

取得年月日: 平成 24 年 11 月 9 日

国内外の別: 国内

〔その他〕

November 20-24 2012/12/09SCIS-ISIS 2012 Best Application Award User Directional Intention Identification for a Walking Support Walker -- Adaptation to Individual Differences with Fuzzy Learning (学会賞)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

石田 健司 (ISHIDA, Kenji)

高知大学・教育研究部医療学系・准教授
研究者番号: 10274367

(2) 研究分担者

王 碩玉 (WANG, Syoyu)

高知工科大学・工学部システム工学群・教授
研究者番号: 90250951

永野 靖典 (NAGANO, Yasunori)

高知大学・教育研究部医療学系・助教
研究者番号: 30380372
(H24-H24)

榎 勇人 (ENOKI, Hayato)

高知大学・医学部附属病院・理学療法士
研究者番号: 40598538
(H24-H24)

細田 里南 (HOSODA, Rina)

高知大学・医学部附属病院・理学療法士
研究者番号: 10626138
(H24-H24)

(3) 研究協力者

永野 敬典 (NAGANO, Hironobu)

株式会社 相愛

田村 梅子 (TAMURA, Umeko)

株式会社 相愛

岸 孝司 (KISHI, Takashi)

株式会社 相愛

猪野 真吾 (INO, Shingo)

有限会社 サットシステムズ

和食 一男 (WAJIKI, Kazuo)

有限会社 サットシステムズ