透析前 5 分間のバランスマット運動の有用性

櫻井 真由美¹ 大野 良晃² 榎野 亮次郎² 杉田 省三²
井上 圭右² 吉本 充² 稲葉 雅章³

¹寿楽会クリニック ²大野記念病院

³大阪市立大学医学部代謝内分泌病態内科学・腎臓病態内科学

キーワード：歩行速度，血液透析，運動療法

〈要旨〉

透析患者においては歩行速度の低下が予後の悪化や入院のリスクとなることが報告されている。このため当院で患者の歩行速度を改善させるために透析前 5 分間のバランスマット上の運動を 2 か月間施行したところ、コントロール群 12 名は歩行速度に変化がなかったのに対し運動群 13 名は 0.81 ± 0.19 m/s から 1.05 ± 0.20 m/s と有意に改善した ($p=0.043$)。歩行速度と骨格筋指数 (SMI)、握力、開眼片足立位時間、5 回立ち上がり所要時間とは単相関を示した。重回帰分析では 5 回立ち上がり所要時間のみが歩行速度に対して有意な因子であった ($p=0.002$)。運動群では介入後 2 か月の歩行速度と片足立位時間、5 回立ち上がり時間はそれぞれ相関を示したが重回帰分析では 5 回立ち上がり時間のみが有意であった ($p=0.003$)。バランスマット上の運動で歩行速度が改善し、最も寄与した因子は下肢筋力の向上である可能性が示唆された。

Five minutes' balance pad training before hemodialysis improves patients' gait speed

Mayumi Sakurai¹, Yoshiteru Ohno², Ryojiro Makino², Shozo Sugita², Keisuke Inoue²,
Mitsuru Yoshimoto², Masaaki Inaba³

¹Jyurakukai Clinic: ²Ohno Memorial Hospital: ³Department of Metabolism, Endocrinology and Molecular Medicine, Osaka City University

Keywords: gait speed, hemodialysis, balance pad training

〈Abstract〉

【Background】 It has been reported that gait speed can be used to predict mortality and hospitalization among hemodialysis patients, but there are few reports about effective and safe ways of improving the gait speed of such patients. We examined the effects of 5 minutes' balance pad training before hemodialysis. 【Methods】 Twenty-five hemodialysis outpatients (age: >59 years old) were enrolled in this study. The training group included 13 patients. Gait speed, the one-foot standing time, and the 5 times standing-up time were assessed. The training group performed 2 months of 5 minutes' balance pad training before hemodialysis. 【Results】 The gait speed of the training group improved from 0.81 ± 0.19 m/s to 1.05 ± 0.20 m/s ($p=0.043$). The gait speed of all patients was correlated with the skeletal muscle mass index, handgrip strength, the one-foot standing time, and the 5 times standing-up time. Multiple regression analysis showed that the 5 times standing-up time affected gait speed in all patients. In the training group, the one-foot standing time ($p=0.047$) and 5 times standing-up time ($p=0.046$) improved after 2 months' training. Both parameters exhibited correlations with gait speed. Multiple regression analysis showed that the 5 times standing-up time affected gait speed ($p=0.003$). 【Conclusion】 Balance pad exercises are effective at improving gait speed in hemodialysis patients.

緒 言

歩行速度は生存率と正相関することが報告されている¹⁾。透析患者においても歩行速度は予後や入院のリスクの予測因子であることも報告されている²⁾。このため、透析患者の歩行速度を改善させることは重要であると考えられる。

現在透析患者に対する運動は透析中あるいは非透析日の30分以上の有酸素運動ならびにレジスタンストレーニングが一般的にすすめられている^{3,4)}。しかし、維持透析患者にこれだけの負荷をかけてトレーニングを継続することは困難である。特に問題となっている歩行速度が0.8 m/s以下の透析患者は身体能力も衰えているものが多く、30分の有酸素運動やレジスタンストレーニングを施行することは現実的に難しく、また自己での運動は転倒を伴う危険性もある。

今回、われわれは維持透析患者に対し、透析前のバランスマットを用いた運動にて歩行速度が改善しうかどうかを検討した。

I. 方 法

1. 対 象

当施設の透析導入後6か月以上が経過し、状態が安定していると判断した患者を対象とした。「心疾患における運動量に関するガイドライン」⁵⁾に示されている禁止・中止基準に該当する患者は除外した。週3回透析療法を受けており、本研究の趣旨に対して同意が得られた59歳以上の外来維持透析患者25名に対し、現在の身体能力を測定した。そのうち2か月の運動療法に同意が得られた維持透析患者13名を運動群、同意が得られなかった12名を対照群とし、両群の臨床背景および身体能力を比較検討した。連続変数は平均値±標準偏差で表し、Student's *t* 検定を行い、2群間の相関分析はSpearmanの相関係数検定を行った。解析にはStat View5.01を用いて、*p* 値5%未満を有意水準とした。

本研究は世界医師会による2013年改定のヘルシンキ宣言に則り倫理委員会で承認され実施した(承認番号2016-002)。

2. 運動療法

週3回の透析穿刺前に5分程度の運動をバランスマット(Alcan Airex® AG社製, AIREX Balance-Pad plus)を用いて施行した。バランスマット上で開脚立位、閉脚立位、タンデム立位、開眼片足立位を患者の

能力に応じてポーズをとってもらい、可能なものはそのまま左右の脚を交代しながら15秒から30秒ずつ姿勢を保持させた。週3回2か月間施行した。

3. 測定項目

1) 臨床的背景因子

年齢、性別、BMI、透析期間、糖尿病罹患数、骨格筋指数(skeletal muscle index: SMI)を測定した。SMIはInBody社の体成分分析器InBodyS10®を用いてBIA法で四肢の筋量を透析終了後安静10分で測定したのち、身長²で割って算出した。

2) 身体機能

運動機能は握力(kg)、歩行能力は10mの歩行速度(m/秒)、バランス能力は開眼片足立位時間(秒)、下肢筋力は椅子から5回立ち上がるのに要する時間(秒)の4項目を測定した。握力計はスメドレー式握力計を用いて利き手で2回測定し、値が高いほうを採用した。歩行速度の測定にはデジタルストップウォッチを用いて12mの平坦な歩行路のスタート地点から1mと11m地点にあらかじめテープを貼っておき、遊脚期の足部が1mのテープを越え接地した時点から、11mのテープを越え接地した時点までの歩行時間を測定し、速度(m/秒)に換算した。測定は2回行い、最速値を解析値とした。片足立位時間の測定にはデジタルストップウォッチを用いて左右の片足立位時間を2回測定し、長いほうを採用し、左右の合計を解析値とした。5回立ち上がり時間には90cmの椅子を使用し、5回の立位にかかった時間をデジタルストップウォッチにて測定した。

歩行速度、片足立位時間、5回立ち上がり時間の改善率は2か月の数値から初回値を引いたものを初回値で割ったものを%に換算して算出した。その際、片足立位時間が初回0秒だった3名については計算ができないために欠測値とした。

II. 結 果

1. 臨床的背景

臨床的背景因子および身体機能の比較を表1に示す。平均年齢は運動群74.2±7.5歳、対照群68.0±7.1歳で運動群は有意に高齢であった。運動群の歩行速度は0.81±0.19 m/sとコントロール群の1.04±0.19 m/sよりも有意に遅かった。5回立ち上がり時間は運動群19.2±11.4秒であったのに対し、対照群は16.7±7.2秒であり、運動群のほうが有意に遅かった。片足立位時間は運動群12.1±27.4秒であったのに対し対照群は14.3±14.2秒であり*p*=0.05であったことより有意差は

表 1 Patient characteristics

	All patients (n=25)	Training group (n=13)	Control group (n=12)	P value
Age (years)	71.3±7.79	74.2±7.5	68.0±7.1	0.048
Gender (male/female)	17/8	9/4	8/4	0.903
BMI (kg/m ²)	22.4±3.8	22.6±3.8	22.1±4.0	0.643
HD duration (years)	8.7±5.3	8.5±5.6	8.9±5.3	0.537
Number of DM patients (%)	13 (53.2%)	7 (54%)	6 (50%)	0.695
SMI (kg/m ²)	7.3±1.6	7.0±1.1	7.6±2.1	0.301
Handgrip strength (kg)	20.3±8.9	18.9±7.6	21.8±10.1	0.643
Gait speed (m/s)	0.9±0.2	0.8±0.2	1.0±0.2	0.011
One-foot standing time (sec)	13.1±21.6	12.1±27.4	14.3±14.2	0.050
5 times standing-up time (sec)	18.3±10.0	19.2±11.4	16.7±7.2	<0.001
Number of Sarcopenia due to Asian Working Group for Sarcopenia (%)	7 (28%)	3 (23%)	4 (33%)	0.999

BMI: body mass index, SMI: skeletal muscle index, HD: hemodialysis, DM: diabetes mellitus

図 1 Factors correlated with gait speed (Pre-training)

出なかったものの対照群のほうが、片足立位時間が長い傾向にあった。

性別、BMI、透析期間、糖尿病罹患数、SMI、握力、サルコペニアの人数に関しては両群で有意差は認められなかった。

2. 年齢と身体機能の関連

両群では年齢差が生じていたために年齢が結果に及ぼした影響を検討した。25例の年齢と歩行速度、片足立位時間、立ち上がり速度は相関を認めなかった ($r=0.012$, $p=0.27$, $r=0.004$, $p=0.77$, $r=0.015$, $p=0.6$)。

一方、握力とSMIは年齢と相関した ($r=0.18$, $p=0.03$, $r=0.17$, $p=0.04$)。

3. 歩行速度に関連する因子

図1に25例の歩行速度と有意な相関を示した因子を示す。歩行速度はSMI($r=0.324$, $p=0.049$)、握力($r=0.457$, $p=0.025$)、開眼片足立位時間 ($r=0.160$, $p=0.015$)と正の相関を示し、5回立ち上がり時間と負の相関を示した ($r=-0.733$, $p=0.042$)。年齢、BMIとは相関を認めなかった。

重回帰分析結果を表2に示す。単相関を示した4項

表 2 Multiple regression analysis of total patients

Dependent variable : gait speed

Independent variable : one-foot standing time, 5 times standing-up time, SMI, handgrip strength

independent variable	β	p value
SMI	0.437	0.106
Handgrip strength	-0.141	0.622
5 times standing-up time	-0.691	0.002
One-foot standing time	-0.01	0.960

図 2 1) Change of gait speed after 2 months training
2) Change of gait speed

目の中で 5 回立ち上がり時間が歩行速度と有意な相関を示した ($r = -0.691$, $p = 0.002$).

4. 運動療法が歩行速度に与える影響

図 2 に運動群と対照群の歩行速度の改善度を示す。運動群では介入前後で 0.8 ± 0.19 m/s から 1.05 ± 0.20 m/s と有意に改善した ($p = 0.043$) のに対し、対照群では 0.99 ± 0.23 m/s から 1.06 ± 0.22 m/s と変わらなかった ($p = 0.976$)。歩行速度改善率をみると対照群は $1.3 \pm 3.9\%$ であったのに対し、運動群では $18.6 \pm 10.5\%$ の改善を認めた ($p < 0.001$)。

コントロール群の 2 か月後の片足立位時間は 16.98 ± 35.5 で初期のデータと有意差を認めなかった ($p = 0.47$)。

5. 運動療法がほかの身体機能に与える影響

開眼片足立位時間は運動後では 15.9 ± 27.9 秒と運動前の 12.1 ± 27.4 秒より有意に長くなった ($p = 0.047$)。5 回立ち上がり時間は運動前では 19.2 ± 11.4 秒であったのが運動後は 14.8 ± 5.5 秒と有意に短縮した ($p = 0.046$)。握力と SMI は運動前と比較してどちらも有意差を認めなかった (18.9 ± 7.3 vs. 19.0 ± 6.1 , $p = 0.99$, 7.0 ± 1.1 vs. 6.7 ± 0.8 , $p = 0.26$)。図 3 に有意差が認められた運動群の運動前後の開眼片足立位時間と 5 回立ち上がり時間のグラフを示す。

6. 2 か月後の歩行速度に関連する因子

図 4 に運動群の 2 か月後の歩行速度と片足立位時間、5 回立ち上がり時間の関係を示す。歩行速度は片足立

図 3 Change of one-foot standing time and 5 times standing up time in training group

図 4 Correlation between gait speed, one-foot standing time and 5 times standing-up time post-training

表 3 Multiple regression analysis after 2 months of training

Dependent variable: gait speed (post training)

Independent variable: one-foot standing time (post training), 5 times standing-up time (post training)

Independent variable	β	p value
One-foot standing time (post training)	0.269	0.174
5 times standing-up time (post training)	-0.707	0.003

位時間とは正の相関を示し ($r=0.16$, $p=0.006$), 5 回立ち上がり時間とは負の相関を示した ($r=-0.80$, $p=0.013$)。握力, SMI は相関が認められなかった。

表 3 に重回帰分析の結果を示した。歩行速度と単相関を認めた片足立位時間, 5 回立ち上がり時間を検討した。5 回立ち上がり時間が歩行速度に対する独立した因子であった ($p=0.003$)。

歩行速度改善率と片足立位時間改善率, 片足立位時間改善率と 5 回立ち上がり時間の改善率に関しては相関関係を認めなかった ($r=0.20$, $p=0.48$, $r=-0.24$, $p=0.42$)。歩行速度改善率と 5 回立ち上がり改善率に関しては $r=-0.657$, $p=0.094$ であり, 有意な相関は認めなかった。

7. 運動療法前後の臨床検査値

運動介入前後での臨床的値の変化を表 4 に示す。

nPCR, BMI など栄養状態は変化を認めなかった。血圧, 脈拍は運動直後の透析前の値であるが, 血圧は変化を認めず, 脈拍の上昇も認められなかった。

III. 考 察

透析患者において歩行速度は生命予後や入院のリスクの予測因子であることが報告されており²⁾, 明らかな循環器疾患, 運動器疾患がないにもかかわらず歩行速度が落ちている場合は介入が望ましいと考える。しかし, 維持透析患者の負担が少なく, 安全に施行でき, 持続可能な効果的な運動法はいまだ確立されていない。今回, われわれはバランスマット上の短時間で済む簡単な運動を試みた。

運動群では対照群に比べて年齢が有意に高く, 歩行

表 4 Clinical data of the exercise group

	Pre-exercise	Post-exercise	P value
Normalized Protein Catabolic Rate (nPCR)	0.94 ± 0.18	0.88 ± 0.16	0.142
Kt/V	1.52 ± 0.20	1.49 ± 0.24	0.429
Body Mass Index (kg/m ²)	22.6 ± 3.7	22.6 ± 4.0	0.870
Creatinine (mg/dL)	11.6 ± 2.3	10.9 ± 1.98	0.017
Albumin (mg/dL)	3.76 ± 0.15	3.77 ± 0.19	0.759
Cholesterol (mg/dL)	135.3 ± 21.5	137.9 ± 24.9	0.600
Total lymphocyte count	1011.4 ± 302.8	1042.7 ± 368.2	0.590
Blood-sugar level (g/dL)	142.2 ± 36.7	138.8 ± 38.7	0.764
Systolic blood pressure (mmHg)	150.5 ± 12	147.1 ± 9.9	0.451
Diastolic blood pressure (mmHg)	71.5 ± 5.6	70.8 ± 10.6	0.928
Pulse rate (per minute)	75.7 ± 8.0	70.8 ± 10.6	0.045

速度, 5 回立ち上がり時間で有意な運動能力の低下が認められた (表 1). 運動療法に同意が得られた維持透析患者を運動群とし, 同意を得られなかった 12 名を対照群としたために体力の衰えを自覚し, 運動に積極的に取り組みたいという希望者が運動群では多かったためにこの結果が出たと考えられる.

運動群, 対照群を含めた 25 例すべての歩行速度とそれぞれに単相関する因子を検討したところ, SMI, 握力, 5 回立ち上がり時間, 片足立位時間が単相関を示した (図 1). この 4 項目で重回帰分析をしたところ 5 回立ち上がり時間のみが有意に独立した因子であった (表 2). このため, 下肢筋力が歩行速度に一番影響している可能性が示唆された.

2 か月の介入の結果, 歩行速度は対照群に比べて有意に改善したためにバランスマット上の運動は効果的であったと考えられた (図 2). 各項目で特に改善した 3 例を検討すると, 歩行速度は遅い患者ほど改善を認めた. 片足立位時間は両側で 10 秒以上立位保持が可能であるものが特に改善した. また, 5 回立ち上がり速度は立ち上がるのに時間を要した患者ほど改善した.

特に歩行速度の改善に影響した因子を検討するために運動介入前後の値を検討したところ片足立位時間, 5 回立ち上がり速度のみが有意に改善し (図 3), 握力や SMI は運動前後では有意な変化はなかった. 運動介入前後で有意に改善した片足立位時間, 5 回立ち上がり時間が歩行速度と相関を示すか検討したところ, 片足立位時間は有意に正の相関を示し, 5 回立ち上がり時間は有意に負の相関を示した (図 4). 開眼片足立位時間が有意に改善したことよりバランスがよくなったと考えられ, また, 5 回立ち上がり時間が短縮したことより脚力も改善したと考えられた. バランスマット上の運動が二つの因子の改善につながり, 歩行速度が改善したと考えられた. この二つの因子のどちらが影響したかを検討するために重回帰分析を施行したところ

5 回立ち上がり時間のみが有意に独立して影響した因子であった. このため, 下肢筋力の改善が歩行速度の改善に最も影響した可能性が示唆された. ただし, 当研究では歩行速度改善率と 5 回立ち上がり時間改善率には $p < 0.1$ と若干の相関傾向を認めたものの, 有意差は認めなかったため, 脚力が歩行速度に大きく影響するかどうかは今後も検討が必要であると考ええる. 透析患者では下肢筋力低下は下肢筋量, 年齢, 身体能力の低下よりも有意に予後に関係したという報告があり^{6,7)}, 透析患者の予後, 歩行速度には下肢筋力が大きく関係すると考えられる. 心不全患者でも下肢筋力は生命予後の規定因子の一つであるとされており⁸⁾, 下肢筋力を維持することは今後の高齢者社会において重要な意味をもつと考えられるため, 今後も検討していく必要がある.

当施設で施行したバランスマット上の運動のみで歩行速度の改善, バランスの向上, 下肢筋力の強化につながったかはさらなる検討が必要である. バランスマットでの運動がバランスを向上させ, 運動に意欲的に取り組む環境をつくり, 患者が非透析日により活動的になり歩行速度の改善や下肢筋力強化につながった可能性も否定できない.

しかし, 透析前のマット上の 5 分間の立位, 片足立ちトレーニングは高齢者にも比較的負担が少なく短時間でかつ効果的な運動法であると考えられ, 今後の透析患者の予後のみでなくフレイルを改善, 予防するために有用な運動法であると考えられた.

結 語

維持透析患者に対するバランス運動療法は安全に施行可能で, 負担が少なく歩行速度の改善に有用と考える.

利益相反: 本研究は開示すべき COI はない.

文献

- 1) Studenski S, Perera S, Patel K, et al. Gait speed and survival in older adults. *JAMA* 2011; 305: 50-8.
- 2) Kutner NG, Zhang R, Huang Y, Painter P. Gait Speed and Mortality, Hospitalization, and Functional Status Change Among Hemodialysis Patients: A US Renal Data System Special Study. *Am J Kidney Dis* 2015; 66: 297-304.
- 3) 望月寿幸, 松尾善美, 八尾隆治, 他. 血液透析患者に対する運動療法介入研究のレビュー. *総合リハ* 2010; 38: 581-8.
- 4) Kouidi E. Exercise training in dialysis patients: why, when, and how? *Artif Organs* 2002; 26: 1009-13.
- 5) 循環器病の診断と治療に関するガイドライン (2011 年度合同研究班報告) 心血管疾患におけるリハビリテーションに関するガイドライン (2012 年度改訂版).
- 6) Isoyama N, Qureshi AR, Avesani CM, et al. Comparative associations of muscle mass and muscle strength with mortality in dialysis patients. *Clin J Am Soc Nephrol* 2014; 9: 1720-8.
- 7) Matsuzawa R, Matsunaga A, Wang G, et al. Relationship between lower extremity muscle strength and all-cause mortality in Japanese patients undergoing dialysis. *Phys Ther* 2014; 94: 947-56.
- 8) Hülsmann M, Quittan M, Berqer R, et al. Muscle strength as a predictor of long-term survival in severe congestive heart failure. *Eur J Heart Fail* 2004; 6: 101-7.