

症例報告



運動療法の実施時期の違いが運動中の循環動態と自律神経反応に与える影響：症例検討による非透析日と透析後の比較*

増田明保¹⁾・矢部広樹²⁾・河野健一³⁾・森山善文⁴⁾
 櫻井ひとみ⁵⁾・春日弘毅⁶⁾

【要 旨】

【目的】本症例検討の目的は、高齢の透析患者に対して同一負荷の運動を非透析日と透析後に実施し、生体反応の違いを比較することである。【症例】症例は肺炎・腸炎にて入院した70歳代女性で、入院前の日常生活動作は自立していた。【方法】退院前の非透析日と透析後に同一の運動を実施した。運動は、安静5分の後、20分間のアシスト付きエルゴメータを実施した。また運動中は血圧と心拍数に加え、血圧心拍センサー（WHS-1，ユニオンツール株式会社）にて副交感神経活動（High frequency: 以下，HF）と交感神経活動（Low frequency/ High frequency: 以下，LF/HF）を測定した。【結果】透析後の運動中のHFと血圧は、非透析日と比較して高値で推移していた。LF/HFと心拍数は非透析日と比べ透析後に低値で推移していた。【考察】透析による除水の影響からLF/HFが減弱し、透析後は心拍数が低値で推移したと考えられる。透析後の運動時は心拍数が増加しにくい点や血圧の上昇に留意する必要があると考えられる。

キーワード：血液透析，自律神経，運動療法

はじめに

血液透析患者は週に3回の透析治療を必要とするため、何らかの疾患に罹患し入院加療している透析患者に対するリハビリテーション介入は、非透析日、透析中、透析後のそれぞれで実施される可能性がある。しかしながら、多くの透析患者は

倦怠感を感じており¹⁾、臨床では特に透析後においてリハビリテーションの介入を拒否されることが少なくない。一方で、日本糖尿病理学療法学会の調査²⁾によれば、透析患者に対する透析日のリハビリテーションは、透析後に実施される場合が全体の81.5%と報告されており、透析後に運動療

* Different effects of different exercise days in which non-dialysis and after dialysis on cardiovascular and autonomic response

1) 医療法人偕行会 名古屋共立病院 リハビリテーション課
 (〒454-0933 名古屋市中川区法華一丁目172番地)
 Akiho Masuda, PT: Department of Rehabilitation, Nagoya Kyoritsu Hospital

2) 聖隷クリストファー大学 リハビリテーション学部 理学療法学科
 Hiroki Yabe, PT, PhD: Department of Physical Therapy, School of Rehabilitation Sciences, Seirei Christopher University

3) 国際医療福祉大学 成田保健医療学部 理学療法学科
 Kenichi Kono, PT, PhD: Department of Physical Therapy, School of Health Sciences at Narita, International University of Health and Welfare

4) (医) 偕行会 名古屋共立病院 ウェルネスセンター
 Yoshifumi Moriyama, HFP: Department of Wellness Center, Nagoya Kyoritsu Hospital

5) (医) 偕行会 名古屋共立病院 透析室
 Hitomi Sakurai, Ns: Department of Nurse, Nagoya Kyoritsu Hospital

6) (医) 偕行会 名古屋共立病院 腎臓内科
 Hirotake Kasuga, Dr.: Department of Nephrology, Nagoya Kyoritsu Hospital

E-mail: ot@kaikou.or.jp

法が実施される場面も多く存在する。先行研究では非透析日と比べ透析後は運動時の心筋収縮能が低下していること³⁾や、透析後は筋への酸素血流量が減少する⁴⁾と報告されていることから、透析後に実施する運動療法は非透析日とは生体へ与える影響が異なる可能性がある。つまり透析後にリハビリテーションを実施する場合は、非透析日とは異なる生体反応に考慮しつつ、運動プログラムを立案しなければならない。しかしながら、非透析日と透析後の運動に対する生体反応の違いと、透析後の運動に対する注意点は、明らかにされていない。

そこで本症例検討の目的は、高齢透析患者において、非透析日と透析後で同一の運動を実施した際の循環応答と自律神経活動を測定した経験から、透析後の運動に対する生体反応と、透析後のリハビリテーション実施時のリスク管理について考察することである。

症例紹介

症例は70歳代の女性、慢性糸球体腎炎により21年前に血液透析を導入した。入院前のADLは屋内外独歩にて自立しており、ADLやIADLも全て自立していた。既往歴は、くも膜下出血手術後、大腸癌術後、労作性狭心症、僧帽弁閉鎖不全症、高血圧症であった。糖尿病の診断はなく、運動麻痺や関節痛等の運動に影響を与える症状はなかった。

現病歴

入院2日前から体の不調を自覚していたが、入院日の昼間より下痢や発熱の症状を認め救急搬

送。来院時、嘔吐と発熱(39.6度)を認め、各種検査の結果より肺炎の診断にて入院となった。

検査所見

CTにて右下葉に肺炎像が認められ、1病日目の血液検査結果はAlb 3.2 g/dl, BUN 37.5 mg/dl, Cre 7.8 mg/dl, CRP 3.9 mg/dl, Hb 12.4 g/dl, WBC 11700 個/ μ l, 好中球 92.3%であった。12病日目はAlb 3.3 g/dl, BUN 36.4 mg/dl, Cre 7.9 mg/dl, CRP 2.5 mg/dl, Hb 12.2 g/dl, WBC 7300 個/ μ l, 好中球 67.6%であった。

入院後の経過とリハビリテーションの実施状況

入院後、絶食となり肺炎治療が開始となり、1-9病日まで抗生剤を使用、3病日目より食事摂取の再開と、リハビリテーション(理学療法・言語聴覚療法)が開始となった。理学療法は、3-12病日に計7回介入しており、歩行練習と有酸素運動を実施した。加えて6病日目より筋力トレーニングを実施した。言語聴覚療法は3-9病日に計4回介入しており、舌の筋力トレーニングを中心に実施した。病棟でのADLは1病日目のみ移動に車椅子を用いており、移乗は監視、車椅子自操は全介助であった。翌日よりADLはすべて自立、独歩にて自立歩行が可能であった。

透析状況(表1)

ドライウエイト(Dry weight: 以下, DW)は11病日まで57.3 kg, 12病日以降は57.0 kgであった。透析条件として、透析時間は4時間、血液量は250 ml/分にて、透析治療が実施されていた。本症例の入院中の透析治療における体重増加率

表1. 運動時と運動非実施時の透析状況

	中1日平均	中2日平均	透析後運動実施時(12病日)
DW (kg)	57.2 $\pm$ 0.2	57.3 $\pm$ 0.0	57.0
透析時間(時間)	4.0 $\pm$ 0.0	4.0 $\pm$ 0.0	4.0
血液量(ml/分)	250.0 $\pm$ 0.0	250.0 $\pm$ 0.0	250.0
体重増加量(kg)	1.7 $\pm$ 0.4	2.9 $\pm$ 0.6	1.8
体重増加率(%)	3.0 $\pm$ 0.7	5.1 $\pm$ 0.9	3.2
除水量(kg)	2.0 $\pm$ 0.5	2.5 $\pm$ 0.4	1.9
時間除水量(ml/h)	2080.0 $\pm$ 117.2	2326.5 $\pm$ 111.0	2055.0
除水率(%)	3.6 $\pm$ 0.9	4.4 $\pm$ 0.7	3.3
収縮期血圧平均値(mmHg)	152.0 $\pm$ 5.8	153.0 $\pm$ 0.9	145.0
拡張期血圧平均値(mmHg)	68.0 $\pm$ 6.3	69.0 $\pm$ 0.5	60.0

DW: Dry weight

は、中1日透析で平均 $3.0 \pm 0.7\%$ 、中2日透析で $5.1 \pm 0.9\%$ であった。除水量は中1日で 2.0 ± 0.5 kg、中2日で 2.5 ± 0.4 kg、除水率は中1日で $3.6 \pm 0.9\%$ 、中2日で $4.4 \pm 0.7\%$ であった。透析治療中の血圧は安定しており、概ね全ての透析治療でDWまでの除水が可能であった。透析後に運動療法を実施した12病日目の透析治療は中1日で実施された。その際の透析治療は、体重増加率 3.2% 、除水量 1.9 kg、除水率 3.3% であった。各指標は中1日の透析治療として平均的な値であった。

非透析日と透析後の運動療法の測定

入院中に実施したリハビリテーションに加え、11病日の非透析日と、12病日の透析後に、同一の運動負荷を実施した。各運動は同一時間帯に実施し、透析後は透析終了後から3時間の間隔を開けて実施した。実施運動のプロトコルは、10分の安静後、20分のアシスト付きエルゴメータ運動(exercise: 以下, ex)とし、測定項目は血圧(収縮期血圧, 拡張期血圧)と心拍数, 自律神経活動とした。血圧は2分半毎に測定した。心拍数と自律神経活動は、心拍センサー(WHS-1, ユニオンツール株式会社製)にてプロトコルを通して測定し、交感神経活動(Low frequency/ High frequency: 以下, LF/HF)と副交感神経活動(High frequency: 以下, HF)を、専用の解析ソフト(Software Development Kit, ユニオンツール株式会社製)を用いて測定した。各測定指標は、非透析日と透析後共に安静時の10分間と、運動中の5分毎の平均値を算出した。

倫理的配慮

本研究はヘルシンキ宣言を遵守し、厚生労働省の倫理方針に従い研究計画書を作成し、名古屋共立病院の倫理審査委員会の承認の下で実施した。対象者には同意説明文書を用いて説明し、同意を得て行った(倫理審査承認番号: K102-02)。

結果

1. 循環動態の結果

透析後の収縮期血圧と拡張期血圧は非透析日と比較して高値で推移した。透析後の心拍数は運動による増加がみられなかった(図1A, B, C)。

2. 自律神経活動の結果

透析後の運動中は非透析日と比較して副交感神経活動を反映するHFが下がり、交感神経活動を反映するLF/HFが低値で推移した(図2D, E)。

考察

本症例検討の結果、全く同等の運動負荷を行っても、非透析日と透析後で生体反応が異なることが示された。透析後の血圧は、非透析日と比較して安静時、運動時共に高値で推移したが、一方で運動に伴う心拍数の増加は少なかった。一般に、血圧は心拍出量と末梢血管抵抗の積で決定され、心拍出量は心拍数と一回拍出量によって規定される。先行研究では、透析による徐水により一回拍出量は低下し⁵⁾、透析直後は安静時・運動時共に心臓の仕事量が低下していると報告されている³⁾。これは透析治療の除水により静脈還流量が低下し、右房圧や左室容量が低下する結果であると考

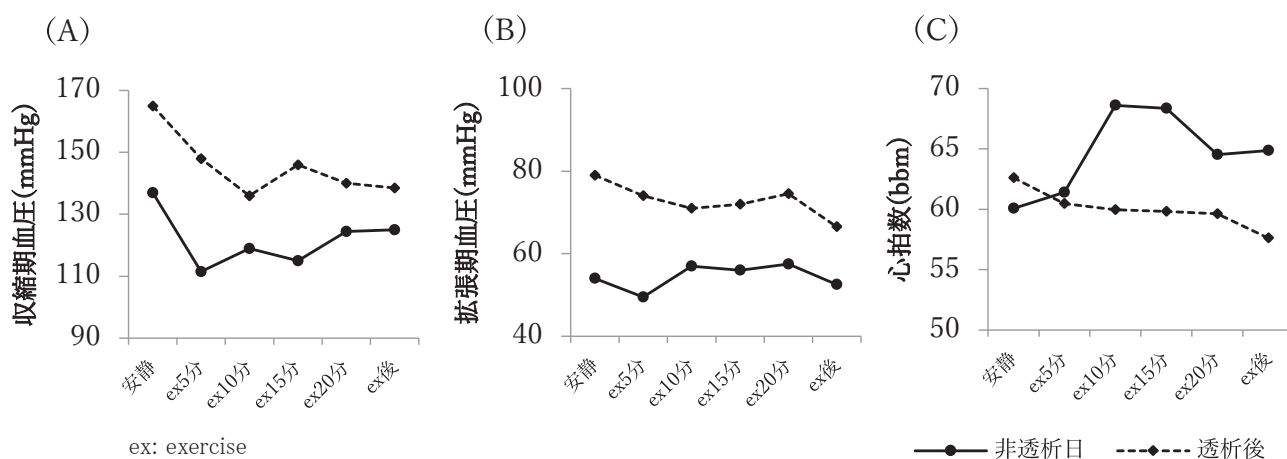


図1. 非透析日と透析後の収縮期血圧および拡張期血圧, 心拍数の推移

(A) 非透析日と透析後の収縮期血圧の推移

(B) 非透析日と透析後の拡張期血圧の推移

(C) 非透析日と透析後の心拍数の推移

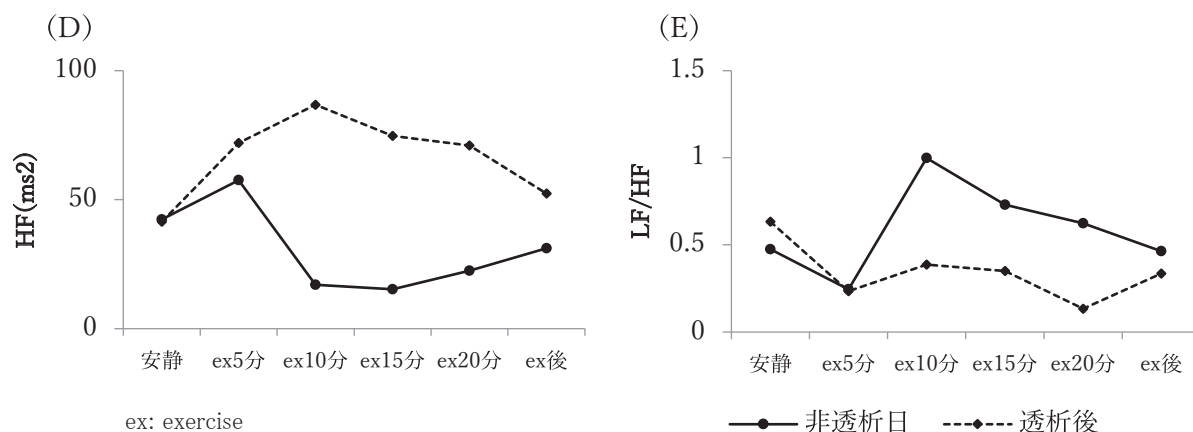


図2. 非透析日と透析後の High frequency および Low frequency/ High frequency の推移

(D) 非透析日と透析後の HF の推移 (E) 非透析日と透析後の LF/HF

えられるが、さらに本症例における透析後の運動中の心拍数は非透析日と比較して低値であった。以上より本症例の透析後の心拍出量は、同様の運動条件下においても非透析日と比較して減少している可能性があり、代償的に末梢血管抵抗を増加させることで、血圧を保っている可能性がある。

運動負荷に伴う自律神経反応の生理学的なメカニズムに関する先行研究では、運動開始と運動負荷の増加に伴って副交感神経活動が減弱することが示されており⁶⁾、副交感神経活動の減弱と共に交感神経活動が亢進することで、心拍数の上昇や収縮期血圧の上昇がみられると言われている。さらに、先行研究では筋機械受容器反射も交感神経活動を亢進させる刺激である⁴⁾と報告されている。つまり本検討で用いた他動的自転車運動でも、運動の刺激と、筋長の変化に伴う筋機械受容器反射によって、副交感神経活動が減弱し、交感神経活動が亢進することが、正常な生体反応であると考えられる。実際に本症例においても、非透析日は上記の反応を確認することができたが、一方で透析後は、運動による副交感神経活動の低下と交感神経活動の亢進が見られなかった。これは透析日の心拍数が上昇しにくい結果を支持するものであると考えられる。上記の詳細なメカニズムは不明であるが、左室の容積減少に伴い左室機械受容器が刺激されると、心臓抑制中枢が興奮する⁷⁾⁸⁾という機序があるため、徐水に伴う左室容量と収縮の変化³⁾が、自律神経活動の反応性の変化に何らかの影響を与えている可能性がある。

本症例に対する透析後の運動療法のリスク管理として、透析後は非透析日と比べ運動中の心拍数は上昇しにくいことに留意し運動処方をする必要がある。さらに、本症例は糖尿病の既往はない

が、糖尿病などによる自律神経障害のある患者に対する透析後の運動療法では、血圧の上昇に注意が必要と考えられる。また透析後は末梢血管抵抗を増加させて血圧を保っている可能性があることから、末梢血流の低下を来している可能性を否定できないため、末梢性動脈硬化症の患者に対する運動においては、血圧の上昇や末梢冷感・疼痛の増大、皮膚の色調変化に注意が必要であると考えられる。今後さらに症例数を重ねて、非透析日と透析後の運動療法の違いについて検討する必要がある。

結論

非透析日と透析後に同一の運動負荷を実施することで、循環応答と自律神経活動の違いを比較検討した。透析後に実施する運動は、自律神経活動の反応性が低く、心拍数が増加しにくかった。一方で血圧は透析後の方が高値であったことから、透析後は心拍数が増加しにくい代償として末梢血管抵抗が増大し、血圧を維持している可能性がある。透析後の運動時は心拍数が増加しにくい点や、血圧が上昇しやすい点に留意し運動処方をする必要があると考えられる。

【文 献】

- 1) Caplin B, Kumar S, et al. : Patients' perspective of haemodialysis-associated symptoms. *Nephrology Dialysis Transplantation*. 2011; 26 (8) : 2656-2663.
- 2) 公益社団法人日本理学療法士協会：糖尿病足病変・糖尿病腎症患者における理学療法士の関わりの実態調査報告書。 http://www.japanpt.or.jp/upload/japanpt/obj/files/chosa/tounyou_houkokusyo_2016.pdf (2018年9月21日引用)

- 3) Obokata M, Negishi K, et al.: Comparison of different interdialytic intervals among hemodialysis patients on their echocardiogram-based cardiovascular parameters. *Am Heart J*. 2015; 169: 523-530.e2.
- 4) 荒井純子：近赤外線分光装置による末梢骨格筋への酸素供給の評価. *東京女子医科大学雑誌*. 2012; 82 (4) : 222-228.
- 5) 藤堂敦, 吉岡正訓・他：身体組成分析装置および非侵襲的心拍出量モニタを用いた血液透析中の循環動態モニタリングの検討. *透析会誌*. 2014; 47 (10) : 615-622.
- 6) Yamamoto Y, Hughson RL, et al.: Autonomic nervous system responses to exercise in relation to ventilatory threshold. *Chest*. 1992; 101: 206S-210S.
- 7) Barnas MG, Boer WH, et al.: Hemodynamic Patterns and Spectral Analysis of Heart Rate Variability during Dialysis Hypotension. *J Am Soc Nephrol*. 1999; 10: 2577-2584.
- 8) 水牧功一：神経調整性失神(血管迷走神経性失神). *昭和医学会雑誌*. 2011; 71 (6) : 530-541.