

慢性血液透析患者への運動処方

Exercise Training for hemodialysis patients

桜井佳世 柘植美智子^{*1} 植月かおる^{*1}
生田善一^{*1} 斉藤明^{*1} 太田和宏^{*1}
桜井伸二^{*2} 蛭田秀一^{*2} 宮村実晴^{*2}

Kayo SAKURAI, Michiko TSUGE^{*1}, Kaoru UETSUKI^{*1},
Yoshikazu IKUTA^{*1}, Akira SAITO^{*1}, Kazuhiro OHTA^{*1},
Shinji SAKURAI^{*2}, Shuichi HIRUTA^{*2}, Miharu MIYAMURA^{*2}

The effect of exercise training on physical fitness level was assessed in hemodialysis patients by the measurement of heart rate and physical fitness test.

The results were follows :

- (1) Daily physical activities levels of hemodialysis patients were supposed very low from their heart rate changes in daily life.
- (2) Exercise training reduced the heart rate in exercise and in daily life.
- (3) After 3 months of exercise training, fitness test score of hemodialysis patients improved (38%) and nearly reached the level of the healthy.
- (4) Mean heart rates during rhythm dance (128beats/min) and table tennis (135beats/min) were higher than those during bicycle ergometer pedalling (124beats/min) and treadmill walking (118beats/min).
- (5) There was a positive correlation between training duration and training effect. (reduction of heart rate and gain of fitness test score)

Those results suggest that exercise training can improve some of cardio-vascular dysfunction and low physical fitness level which exists in some dialysis patients.

はじめに

1972年身体障害者福祉法が改正され、慢性腎不全患者が内部障害者として認定されることになった。これによって透析療法の高額な医療費が保証されることになり、より多くの腎不全患者に透析療法を受ける機会が与えられた¹⁷⁾。1984年12月現在の透析患者数は約60,000人で、10年前のそれ(9,300人)と比べ約6.5倍に増加している¹³⁾。さらに10年以上の長期透析者も5,000人を越え¹³⁾、

不治の病であった腎不全も透析技術の進歩により日常生活、さらに社会生活への復帰が可能なものになってきた。

しかし、透析患者の約70%は30~50歳代の働き盛りがしめているのに対し、完全社会復帰率(週5日以上就業)は約35%であり¹³⁾、透析を受けている人々の社会復帰への門戸は広いとはいえないのが現状である。その原因としては、①患者は平均週3回、一回5時間前後の透析を受けていること、②腎機能障害、透析により合併症をおこし

^{*1}社会福祉法人 新生会

^{*2}名古屋大学総合保健体育科学センター

^{*1}Social Welfare Agents Shinseikai

^{*2}Reserch Center of Health, Physical Fitness and Sports, Nagoya University

やすいこと^{1) 16) 18)}, ③体調が変化しやすいこと, ④体力レベルが低く労働が制限されること, などが考えられている。中でも体力レベルの改善は, 透析患者が社会復帰を果たすための重要な課題であるといえよう。そこで本研究では透析患者の日常生活やトレーニング中の心拍数の測定を行ない, 心拍数からみた種々の運動種目による特性やそのトレーニング効果を明かにするとともに, 透析患者への運動処方のある方について検討しようとした。

方 法

〈対 象〉

対象者は社会復帰を目指し, 社会福祉法人新生学舎に入所または通所している透析患者男子12名, 女子3名である。(表1)

すべての患者は週3回, 1回約5時間の血液透析治療を受けている。患者は身体トレーニングの他に, 腎不全や透析療法についての学習, 栄養指導などの教育訓練を受講していた。

〈トレーニング〉

トレーニングは週3回, 非透析日に行ない, 約2時間で10種目前後の運動を行なった。トレーニングプログラムは各患者の体力, 病状に応じて作成するが, 患者とのミーティングにより各人の希望や目指す社会復帰の程度, 職種なども考えあわせて作成した。

トレーニングを処方する際の注意事項としては

- 1) 患者は定期的に医師の診察や心電図, 胸部レントゲン撮影, 血液検査などをうけ, トレ

ーニングの開始, 中止, 軽減などは医師の指示によること。

- 2) 最初の1～2週間はごく軽い負荷にすること。
- 3) 運動前後および途中において, 血圧, 心拍数のチェックを行なうこと。
- 4) 各患者の当日の体調によって運動内容や強度を調節し, 決して無理をさせないこと。などがあげられる。

〈測定内容〉

① 心拍数の記録

心拍数の記録は竹井機器社製の心拍メモリー装置を用い, 日常生活中心拍数の連続記録, トレーニング初期と後期の運動中心拍数の測定を行なった。

② 運動負荷テスト

モナーク社製自転車エルゴメーターを用い, 同負荷(40W, 5分間)でトレーニング2週間ごとに運動負荷テストを行ない, 心拍数, RPEの測定を行なった。

③ 体力診断テスト

トレーニング前後に握力, 背筋力, 垂直跳び, 復横とび, 踏み台昇降, 伏臥上体そらし, 立位前屈の7種目の体力診断テストを行なった。

結 果

1 日常生活での心拍数

社会復帰していない透析患者男子2名について一日の心拍数の変化を図1に示した。对患者のうちHAの場合は非透析日にトレーニングを行な

Table 1. Physical characteristics of patients.

	n	Age (yrs)	Height (cm)	Body Weight (kg)	Dialysis Duration (months)
Male	12	47.4 (9.8)	160.3 (9.9)	55.1 (8.0)	33.8
Female	3	33.0 (7.8)	151.4 (3.7)	43.0 (2.4)	2.2

Mean(SD)

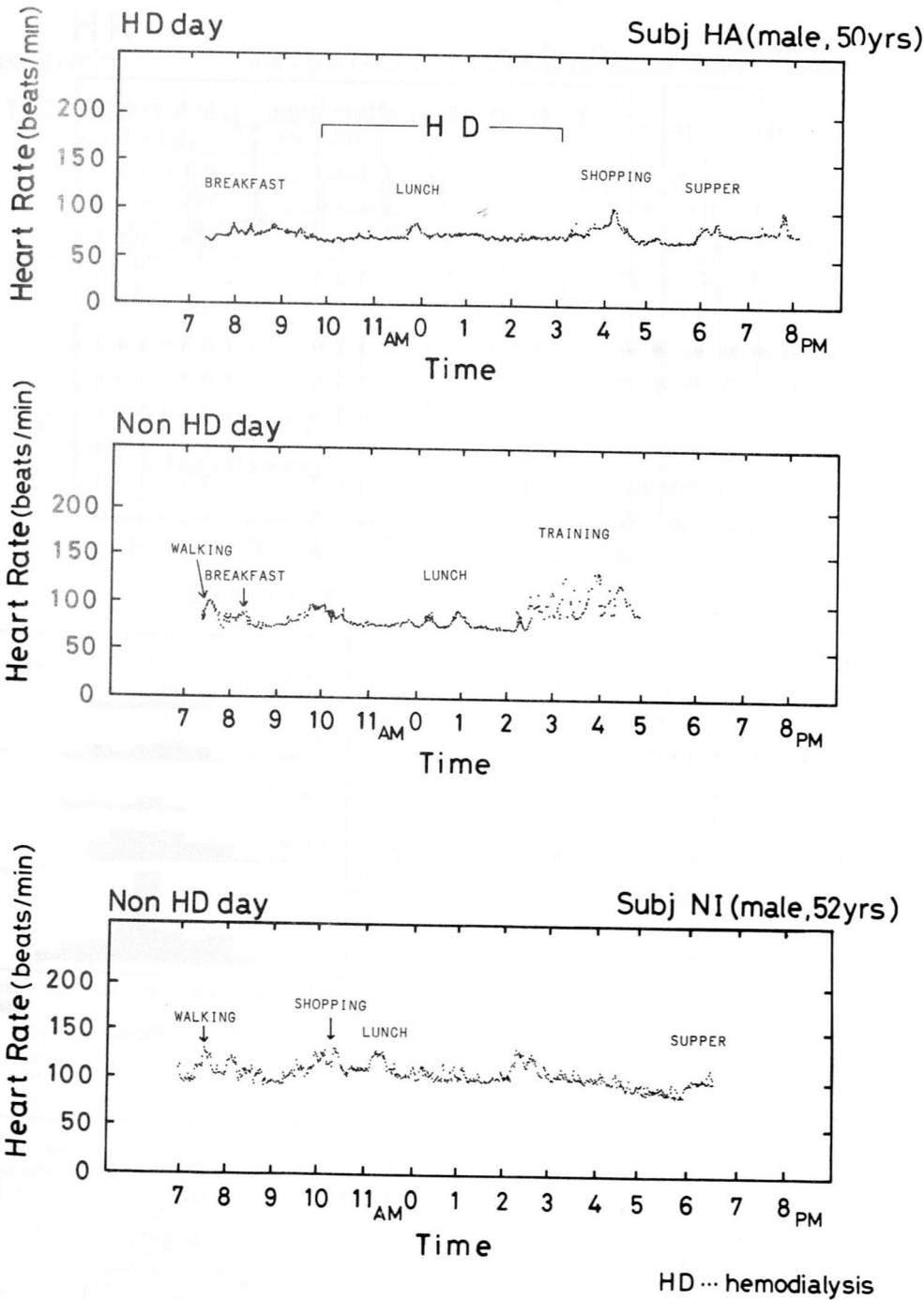


Fig. 1 Heart rate changes of hemodialysis patients in daily life.

Table 2. Exercise duration and mean heart rate in each exercise item.

種 目	運 動 時 間 (分)	心 拍 数 の 平 均 値 (回/分)	心 拍 数 の 範 囲 (回/分)
ラ ジ オ 体 操	5	1 2 1	9 4 - 1 5 5
自転車エルゴメーター	5	1 2 4	9 7 - 1 4 9
トレッドミル (歩行)	5	1 1 8	9 8 - 1 4 3
踏 台 昇 降 運 動	3	1 3 4	1 0 9 - 1 5 9
チェストウエイト	3	1 1 9	9 5 - 1 3 7
肩 関 節 回 転 運 動	3 - 5	1 2 0	1 0 3 - 1 4 3
腹 筋 ・ 背 筋 運 動	3	1 1 6	1 0 2 - 1 3 8
ボ ー ト こ ぎ	3	1 1 4	1 0 3 - 1 3 6
反 復 横 と び	0.3	1 2 5	1 1 6 - 1 3 4
マット上での柔軟体操	1 0	1 0 7	9 1 - 1 3 4
リ ズ ム 体 操	1 0 - 1 5	1 3 5	1 1 3 - 1 5 5
卓 球	2 0 - 3 0	1 2 8	1 0 2 - 1 6 1

ているが、それ以外は心拍数の変動の少ない不活
発な生活を送っていた。

NI は現在では仕事や運動は行なわず、家庭に
いることが多い。活動量は少ないが平均心拍数は
99beats/min と高い値を示していた。

2 運動中の心拍数

表 2 はトレーニング開始20日を経過した9名の
患者 (男子6名, 女子3名) について主な種目別
に一回の継続時間, 心拍数の平均値および範囲を
示したものである。継続時間が10分以上のものは
柔軟体操, ダンス, 卓球のみであった。平均心拍
数が120beats/min を超えるものはラジオ体操,
自転車エルゴメーター, 踏み台昇降, 反復横とび,
肩関節回転運動, ダンスおよび卓球の7種目であ
った。図2は主な種目別心拍数をヒストグラムで
示したものである。図3はトレーニング中の心拍
数の分布を9名の平均値で示したものであり, 平
均心拍は112beats/min であった。トレーニング
時間は平均134分であったが, これは回復期や休
憩時間を含んだものであり, 実動時間は約45%
の60分であった。

3 トレーニング前後における運動中の心拍数

1) 自転車エルゴメーターによる同一負荷での比
較

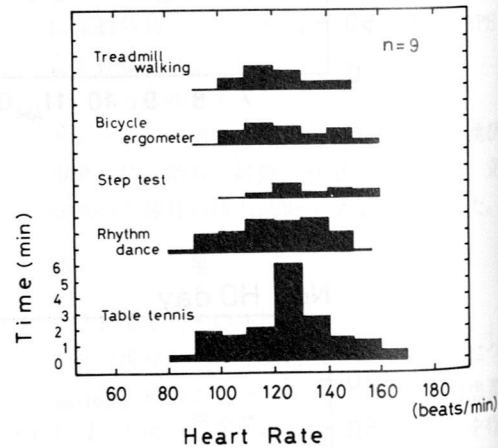


Fig. 2 Distribution of heart rate in several exercise items.

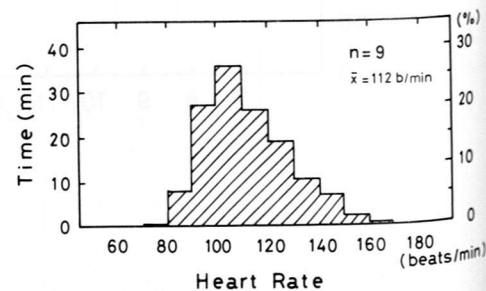


Fig. 3 Heart rate distribution during exercise training.

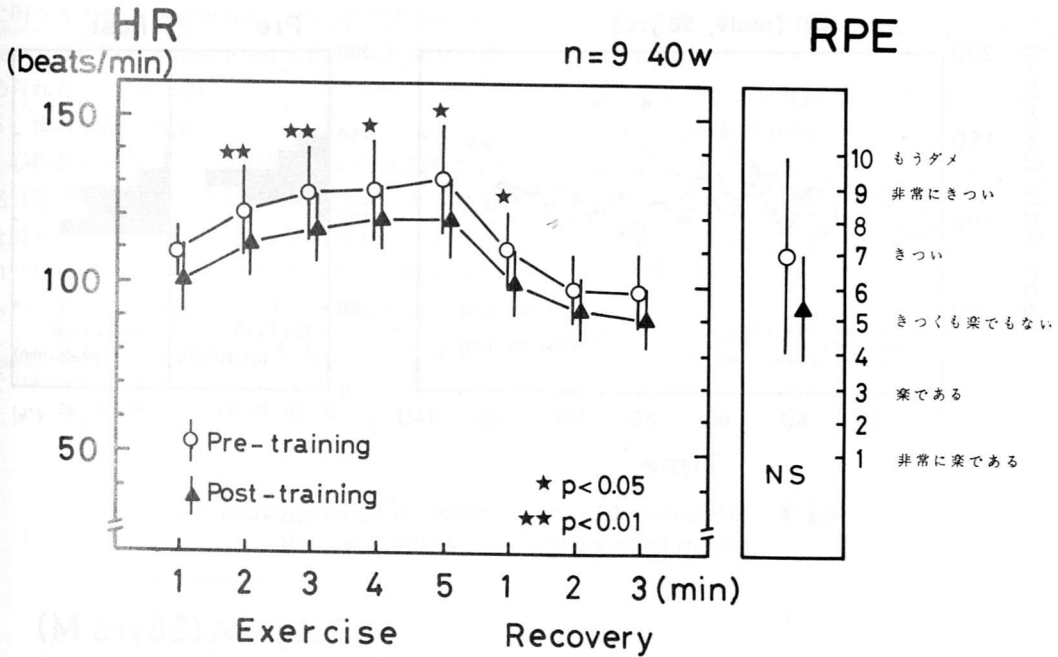


Fig. 4 Comparison of heart rate changes during bicycle pedaling before and after training.

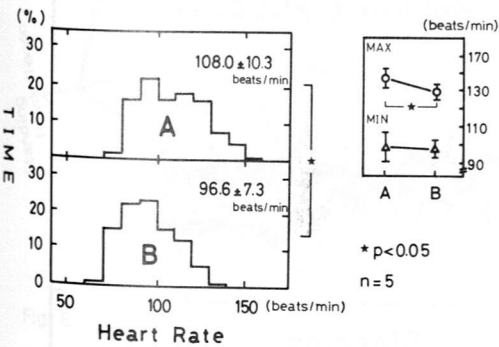


Fig. 5 Comparison of heart rate distribution in the same training program before and after training.

図4は男子9名についてトレーニング前と約2か月後に同一負荷(40W, 5分)で自転車運動を行なわせた時の心拍数の変化を示したものである。トレーニング前に比べ2か月後では心拍数は約10beats/minの有意な減少を示し($P < 0.01$, $P < 0.05$)運動5分目のRPE(主観的運動強度)も低下する傾向が認められた。(統計的に有意差なし)

2) 同一トレーニングプログラムでの比較

図5はトレーニング時間が2か月以上の患者(男子4名, 女子1名)について, トレーニング初期(A)と後期(B)とを同一トレーニングプログラムで行なった際の心拍数の比較をヒストグラムで表したものである。図中の右側には運動中の心拍数の最高値と最低値を示した。平均心拍数はAが108.0beats/minであるのに対し, Bは96.6beats/minと有意に減少し($P < 0.01$)心拍数の最高値もA 144.8beats/minからB 129.8beats/minへと有意な減少を示した。($P < 0.01$)

図6は2か月のトレーニングによって, 心拍数の低下が顕著に認められた58歳男子の例を示したものである。この患者の場合心拍数は全般的に低下を示していた。

4 トレーニング前後における日常生活での心拍数

図7は患者NA(58歳, 男子)の一日の心拍数をトレーニング前(Pre)と3か月後(Post)とで比較したものである。心拍数は覚醒時, 睡眠時とも

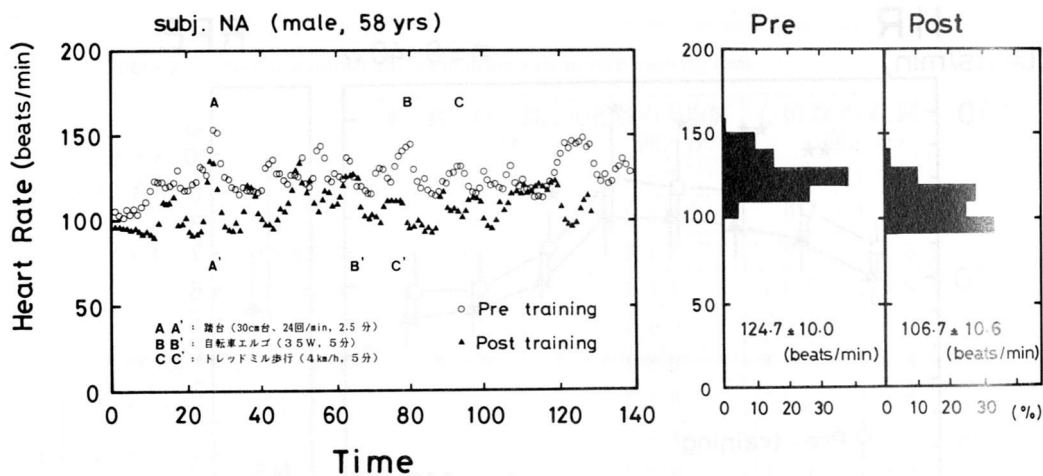


Fig. 6 Comparison of heart rate changes in the same training program before and after training. (subj. NA)

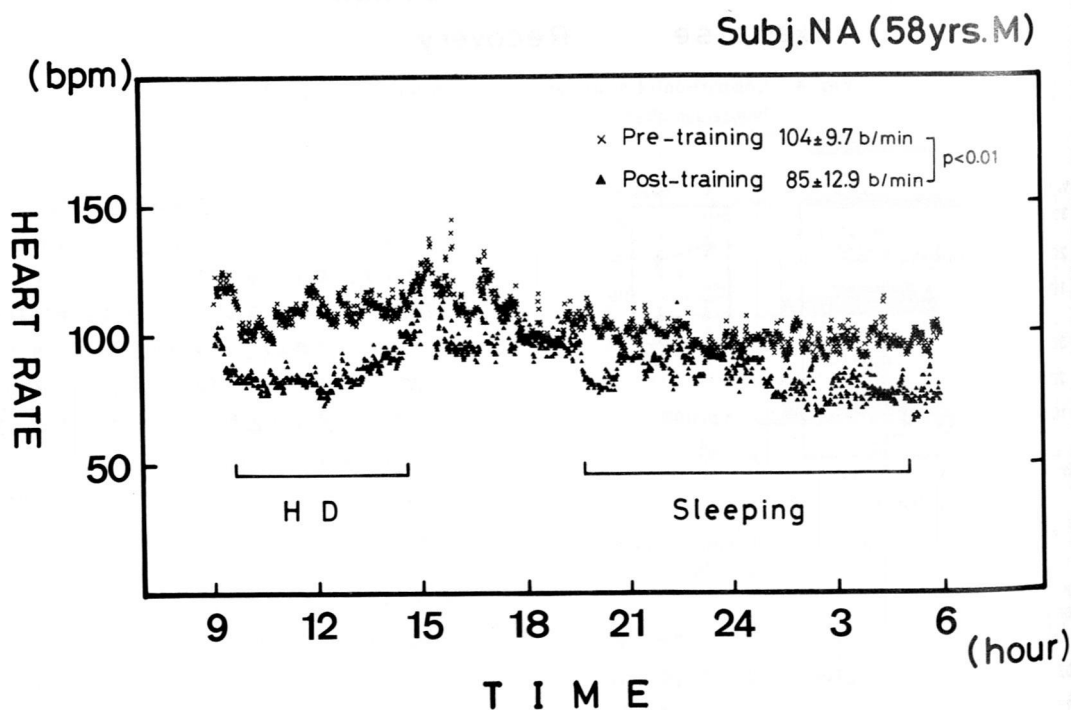


Fig. 7 Comparison of heart rate changes in daily life before and after training. (Subj. NA)

に明らかな低下が認められ、平均値では Pre 104 beats/min, Post 85beats/min と約18%の減少が認められた。(P<0.01)

5 体力診断テスト

心拍数をトレーニング前後において比較した10名(男子8名, 女子2名)の体力診断テスト結果を図8に示した。体力テストは7項目で、それぞれ一般成人²¹⁾を50としたTスコアで比較を行なった。Tスコアの総合計でみると透析患者はトレーニング前が233であり、一般成人を350とするとその約67%であった。しかし平均3か月のトレーニングの結果、患者の得点は317と一般成人の約9

1%となり、36%の有意な向上が認められた。(P<0.01)

6 トレーニング前後における血液の物理的組成

表3は赤血球(RBC)、ヘマトクリット(Ht)、ヘモグロビン(Hb)のトレーニング前後における値を示した。各項目ともトレーニング後においてやや増加する傾向にあったが、いずれも有意な差ではなかった。

考 察

1 透析患者の体力を低下させる要因

透析患者の体力を低下させる第1の要因としては、図1に示したような日常生活での活動量の減少が考えられる。透析患者は透析前(慢性腎炎、腎不全期)において活動量を制限されており、さらに透析導入期の入院、その後透析に適応するまでの安静など、長期にわたり非活動的な生活を送っている患者が多い。第2の要因としては、表4にも示すような透析患者特有の多くの合併症¹⁾¹⁶⁾¹⁸⁾が考えられる。特に貧血や循環器合併症は患者の呼吸循環機能を著しく低下させ¹⁰⁾、社会復帰さらに日常生活の大きな妨げとなっている。

2 透析患者におけるトレーニング効果

透析患者では最大酸素摂取量(VO_2max)に代表される呼吸循環機能や脚筋力の低下が著しいが²⁾¹⁹⁾、トレーニングによってそれらが改善することが報告されている²⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾²³⁾²⁴⁾。またトレーニングによって透析患者の病態の改善、たとえば糖、脂質、蛋白代謝異常、貧血、血圧の改善などにも効果があったという報告もなされている²⁾

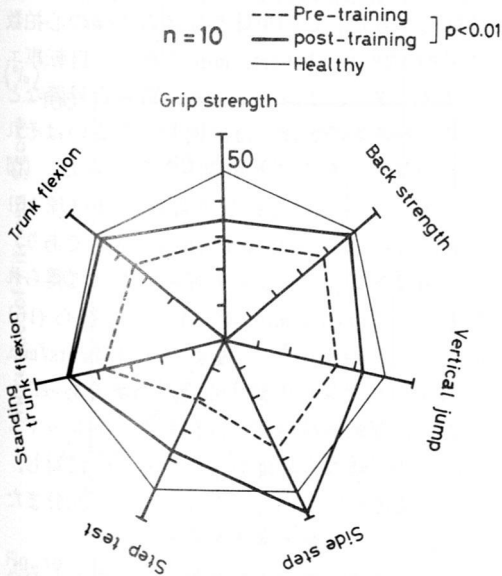


Fig. 8 Comparison of fitness test scores before and after training.

Table 3. Comparison of RBC, Ht, and Hb values before and after training.

	n	Age (yrs)	Training duration (days)	RBC ($10^4/mm^3$)	Ht. (%)	Hb. (g/dl)
Pre training	12	42.7 (9.9)	59.6 (22.4)	236.0 (30.3)	21.6 (2.7)	7.0 (0.9)
Post training				242.2 (43.7)	22.3 (3.5)	7.3 (1.2)

Mean(SD)

Table 4. Tabulated summary of the disorders as seen in hemodialysis patients.

透析患者の合併症	
1. 循環器合併症	
・心不全	
・心外膜炎	
・高血圧症	
・低血圧症	
・脳血管障害	
・高カリウム血症	
2. 貧血	
3. 代謝異常	
(糖, 脂質, たんぱく質, Ca, P など)	
4. 消化管出血	
5. 感染症	

3) 4) 5) 6) 7) 8) 10) 23) 24)。一般にトレーニングによって運動時や安静時の心拍数は減し^{20) 22)}, 透析患者においてもトレーニングにより運動中の心拍数が減少することが報告されている^{2) 10)}。我々は今回トレーニング効果の指標として心拍数をとりあげ, 日常生活, 運動中における心拍数がトレーニングによって減少することを確認した。

透析患者では, 体液の貯溜, 貧血, 高血圧, 代謝異常, 動脈硬化症などが認められている^{10) 11) 14)}。このため心臓には常に大きな負担がかかり循環器の合併症をおこしやすく, これが透析患者の主たる死亡原因となっているのである^{11) 13)}。トレーニングにより日常生活や運動中の心拍数が減少し, その心拍数の減少が心臓への負担を軽減することを示唆するものであれば, 運動処方では透析患者の循環機能にとって有益であると考えられる。

3 透析患者への運動指導

1) 種目について

透析患者への運動処方を試みた研究の多くは呼吸循環機能の向上に主眼をおいており, トレーニング内容としては自転車エルゴメーター, トレッドミル, ジョギング, 歩行などに限られ

ている^{2) 5) 7) 8) 23) 24)}。しかしながら, 体力診断テストの結果より, 透析患者では全般的な体力の低下がみられ, 全身の各部位を動かすようなトレーニングも必要である。さらに, トレーニング当初は多くの患者が自分の体力に自信をなくしており, 運動に対して消極的である場合が多い。それゆえ, トレーニングを継続させるためには, 多種目で飽きのこないもの, 楽しめる内容を加えることが効果的であると考え, 透析患者に対し運動内容はできるだけ豊富にすることを試みてきた。

我々は患者が楽しみながら, しかも長時間行なえるような運動として, 卓球やリズム体操を励行してきた。この卓球やリズム体操の心拍数は平均 128 と 135 beats/min であり, 自転車エルゴメーター, トレッドミル, 踏み台昇降などで得られるものと比べほぼ同じ, あるいはそれ以上の強度であることが明らかとなった。(図 2, 表 2) さらに心拍数の最高値は卓球 161 beats/min, リズム体操 155 beats/min であり, この値はトレッドミル最大運動によって得られた張ら (150 beats/min, n=9)²⁾, 長谷ら (161 beats/min, n=23)⁹⁾, 古賀ら (145 beats/min, n=10)¹⁵⁾の結果に匹敵する高い水準であった。

さらに運動継続時間は, 自転車, トレッドミルが 5 分, 踏み台昇降が 3 分であるのに対し, リズム体操が 10~15 分, 卓球では 20~30 分またはそれ以上も継続することができた。

患者は単純で機械的な運動より, おもしろみのあるもの, ゲーム性のあるものや技術の習得程度の明らかなものを好んで行ない, またそういった運動の方が疲労感も少なく, 運動効果も高いことが確認された。

2) トレーニング期間について

図 9 は図 5 で示したように, トレーニングにより有意な心拍数の低下を示した患者 5 名 (○) に 3 名 (●) を加え, 心拍数の減少率とトレーニング日数との関係を示したものである。トレーニング日数は 5 名の○が 2 か月前後であるのに対し, ●の 3 名はそれぞれ 25, 24, 41 日であった。統計的には有意でないが, トレーニング

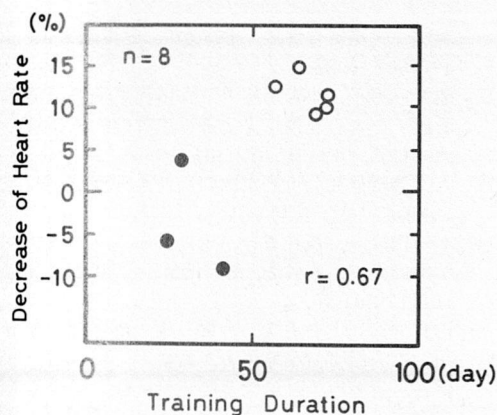


Fig. 9 Relationship between training duration and decrease of mean heart rate during daily training.

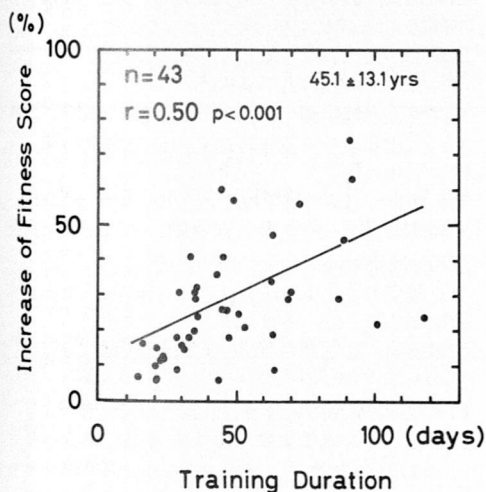


Fig. 10 Relationship between training duration and gain in fitness test score.

期間が長い患者の方が心拍数の減少率が大きい傾向が認められた。(r=0.67)

一方、図10は透析患者男子43名の体力診断テストのT得点の増加率とトレーニング期間との相関を示したものである。相関係数は $r=0.50$ ($P<0.001$)でトレーニング期間が長い患者がT得点の増加率が高い傾向が認められた。

病態の改善や $VO_2\max$ の有意な向上を報告した山家ら²³⁾、張ら²⁾、Goldbergら^{5) 6) 7)}、Hagbergら⁸⁾の研究においてもトレーニング期間は7~14か月と長期にわたるものであった。

以上のことから、ある程度のトレーニング効果を得るためには長期間のトレーニングが必要であることが示唆された。

透析患者では日常生活での自己管理つまり食事、水分管理、十分な休息をとった規則正しい生活習慣が重要であり、その指導もなされてきた¹⁸⁾。患者が体力の低下を防ぎ、社会に復帰していく上では、さらに活動的な日常生活の指導が必要であろう。運動処方では、トレーニング室内よりむしろ患者が各家庭、社会に帰ってからの方が難しく、かつ重要である。トレーニング終了時には、各患者に応じた今後の運動指導、例えば各種スポーツ活動への参加、手軽にできる散歩や体操などを紹介し、ひきつづき運動を継続させるような指導が必要であると考えられた。

患者にとって透析は一生の付き合いとなる。運動処方は患者が将来積極的、活動的な生活を営む上でのステップとなるような指導が望まれる。

まとめ

- 1) 透析患者の日常生活中心拍数の測定の結果、社会復帰をしていない患者では心拍数の変動が少なく、活動量の少ない生活を送っていた。
- 2) 透析患者において、2~3か月のトレーニングによって同一運動や日常生活での心拍数の有意な減少が認められた。
- 3) 体力診断テストの結果透析患者の値は健常者の約67%であったが、約3か月のトレーニングの結果、健常者に近いレベルにまで改善した。
- 4) 卓球やリズム体操などの運動は、楽しく行なえる上に、自転車エルゴメーターやトレッドミル歩行に比べ平均心拍数は高く、運動継続時間も長い傾向にあった。
- 5) トレーニング期間が長い方が運動時の心拍数の減少や、体力診断テストの向上などのトレーニング効果が得やすい傾向が認められた。

文 献

- 1) 阿岸鉄三：透析療法の問題点，からだの科学：PP. 28-32, 1983.

- 2) 張光哲, 赤池真, 露木和夫, 野村正証, 長谷弘記, 海老根東雄, 矢吹壯, 鶴養恭介: 心臓リハビリテーションプログラムを用いた慢性血液透析患者の運動療法とその評価, 日腎誌 26 (2): PP.203-211, 1984.
- 3) Davis, T. A., I. E. Karl, A. P. Goldberg, H. R. Harter: Effects of exercise training on muscle protein catabolism in uremia, *Kidney Int.* 24 (16): pp.S52-S57, 1983.
- 4) Davis, T. A., I. E. Karl, E. D. Tegtmeier, D. F. Osborne, S. Klahr and H. R. Harter: Muscle protein Turnover: effects of exercise training and renal insufficiency, *Am. J. Physiol.* 248: pp.E337-E345, 1985.
- 5) Goldberg, A. P., J. Hagberg, J. A. Delmez, R. M. Carney, P. M. McKevitt, A. Ehsani and H. R. Harter: The metabolic and psychological effects of exercise training in hemodialysis patients, *Am. J. Clin. Nutr.* 33: pp.1620-1628, 1980.
- 6) Goldberg, A. P., J. M. Hagberg, J. A. Delmez, M. E. Haynes and H. R. Harter: Metabolic effects of exercise training in hemodialysis patients, *Kidney Int.* 18: pp.754-761, 1980.
- 7) Goldberg, A. P., E. M. Geltman, J. M. Hagberg, J. R. Gavin, J. A. Delmez, R. M. Carney, A. Naumowicz, M. H. Oldfield and H. R. Harter: Therapeutic benefits of exercise training for hemodialysis patients, *Kidney Int.* 24 (16): pp.S303-S309, 1983.
- 8) Hagberg, J. M., A. P. Goldberg, A. Ehsani, G. W. Heath, J. A. Delmez and H. R. Harter: Exercise training improves hypertension in hemodialysis patients, *Am. J. Nephrol.* 3: pp.209-212, 1983.
- 9) 長谷弘記, 張光哲, 中村良一, 玉城厚, 渡辺純郎, 赤池真, 露木和夫, 山家敏彦, 海老根東雄, 町井潔: 慢性血液透析患者における運動耐容能, 心機能および末梢循環機能の非侵襲的評価, 腎と透析 18 (5): PP.82-86, 1985.
- 10) 平沢由平: 透析患者の運動療法, 日本メディカルセンター, 1984.
- 11) 平沢由平, 田尻正記, 出口隆志, 三浦和正, 相沢義房: 循環器合併症, 維持透析, 日本臨床 43: PP.496-508, 1985.
- 12) 池井みや子, 小野田明子, 上田代恵子, 玉淵恵: 看護チームの連携による透析患者の生活指導, 看護学雑誌, 49 (4): 392-401, 1985.
- 13) 人工透析研究会: わが国の慢性透析療法の現況, 1984.
- 14) 木川田隆一, 茂在省一, 川島良和: 維持透析の医学的問題点 心機能, 維持透析, 日本臨床 43: PP.108-120, 1985.
- 15) 古賀伸彦, 山方勇次, 古賀一雄, 新里健, 原田孝司, 緒方弘文, 藤原恒夫, 原耕平, 垣本滋, 中野信吾, 近藤厚: 「最大運動負荷試験」による透析患者の心機能評価, 人工透析研究会会誌 10: PP.373-374, 1977.
- 16) 前田憲志: 長期透析療法と合併症, からだの科学 122: PP.73-76, 1985.
- 17) 小高通夫: 透析患者の余後と死因, 維持透析, 日本臨床 43: 481, 1985.
- 18) 斎藤明, 太田和宏 (監): 透析ハンドブック, 医学書院, 1985, PP.144-163.
- 19) 桜井伸二, 蛭田秀一, 桜井佳世, 宮村実晴, 斎藤明, 太田和宏: 人工透析患者の体力水準に関する研究, 体力科学 34: 581, 1985.
- 20) 鈴木洋児: 心臓血管系機能とトレーニング, (編) 宮村実晴, 矢部京之助, 体力トレーニング, 真興交易医書出版部, 1986, PP.95-106.
- 21) 東京都立大学身体適性学研究室 (編), 日本人の体力標準値第三版, 不昧堂, 1980.
- 22) 山地啓司: 心拍数の科学, 大修館書店, 1981, PP.154-457.
- 23) 山家敏彦, 張光哲, 赤池真, 露木和夫, 野村正証, 長谷弘記, 海老根東雄: 慢性血液透析患者における運動療法の効果, 日腎誌 26 (4): PP.399-406, 1984.
- 24) Zabetakis, P. M., G. W. Gleim, F. L. Pasternack, A. Saraniti, J. A. Nicholas and M. F. Michelis: Long-duration submaximal exercise conditioning in hemodialysis patients, *Clin. Nephrol.* 18 (1): pp.17-22, 1982.

(昭和61年1月23日受付)