

博士（保健学）学位論文

血液透析患者に対する効果的な透析中運動方法開発のための  
介入研究

The Intervention Study on Development of the Effective Intradialytic  
Exercise for Hemodialysis Patients

2017年

指導教員 宮城 重二教授

野口 雅弘

NOGUCHI, Masahiro

女子栄養大学

## 目次

### 序章

I. 研究の背景	1
II. 研究の枠組み	8
III. 研究の目的	9

### 第1章

#### 実験1 負荷可変式仰臥位エルゴメータを使用した透析中

##### 運動のケース研究

1. 研究の目的	10
2. 研究方法	10
1) 対象	10
2) 測定項目	11
3) 使用機器	12
4) 各種検査項目および検査方法	12
(1) 上腕足首間脈波伝搬速度 (baPWV)	12
(2) 上腕足首血圧比 (ABI)	13
(3) 血管内皮機能 (反応性充血指数: RHI)	13
(4) Functional Reach Test (FRT)	14
(5) Timed Up and Go test (TUG)	14
(6) 開眼片脚立位時間	14
(7) 膝伸展筋力	15
(8) 10m (メートル) 歩行速度	15
(9) 6分間歩行距離	15
5) 透析中運動の介入方法	16

(1) 文献検討	16
(2) 本研究における運動介入方法	17
3. 研究の結果	19
4. 考察	19
1) 動脈硬化指標に関する考察	19
2) 身体運動機能の効果に対する考察	22
3) 本研究の限界と今後の展望	22

## 第2章 回転数を一定にした透析中の仰臥位エルゴメータ

### 運動介入の効果

1. 研究の目的	25
2. 研究方法	25
1) 対象	25
2) 測定項目	26
3) 使用機器	27
4) 各種測定項目	27
(1) 握力	27
(2) 長座体前屈	27
5) アンケート項目および評定方法	28
(1) ライフスタイルに関するアンケート	28
(2) 家族・経済に関するアンケート	29
(3) 健康感・ストレスに関するアンケート	30
(4) QOL アンケート (LSIK) について	31
6) 透析中運動の介入方法	32
(1) 実験1からの変更点	32

(2) 介入方法	32
(3) 運動介入時の測定項目	33
7) 統計解析方法	34
3. 研究の結果	35
1) 対象者の特性	35
2) 心理社会的因子の結果	36
(1) ライフスタイル	36
(2) 家族・経済	37
(3) 健康感・ストレス	37
3) QOL (LSIK) の結果	38
4) 年齢別の介入前後および高齢群と 非高齢群間の比較	38
5) 透析原疾患の介入前後および DM 群と non-DM 群の比較	38
6) 回転数群別での基本属性および対象者特性のまとめ	39
7) 回転数群別での介入前後の比較	39
8) 高齢群と非高齢群で分けた各回転数で群分けした 介入前後と回転数以上群と未満群の比較	40
9) 回転数の決定要因の分析 (多重ロジスティック回帰分析)	41
4. 考察	42
1) 年齢, 性別と透析中運動の関連性	42
2) 心理社会的因子と透析中運動の関連性	42
3) 透析原疾患と透析中運動の関連性	42
4) 健康関連指標の質的指標 (QOL) に対する透析中	

運動の影響	43
5) 健康関連指標の量的指標に対する透析運動の影響	44
6) 各回転数を保つための決定要因の検討（多重ロジスティック回帰分析の結果の考察）	47
7) 本研究の限界と今後の展望	49
結論	52
謝辞	54
引用・参考文献	54
図表	
参考資料	

## 序章

### I. 研究の背景

#### 1. 慢性腎臓病，透析患者の現状

日本の身体障害児・者実態調査結果では身体障害を，視覚障害，聴覚・言語障害，肢体不自由（上肢切断・上肢機能障害・下肢切断・下肢機能障害など），内部障害（心臓機能障害・呼吸器機能障害・腎臓機能障害・膀胱・直腸機能障害・小腸機能障害・ヒト免疫不全ウイルスによる免疫機能障害）に分けている<sup>1)</sup>．その中では，内部障害患者は1970年に全体に対する構成比が5%であったが，2006年には30.7%と年々増加している．現在では，内部障害の中で腎臓機能障害患者は心臓機能障害に次いで，2番目の多さを誇る<sup>1)</sup>．日本腎臓学会の報告<sup>2)</sup>では，2005年の慢性腎臓病（chronic kidney disease；CKD）患者数は成人人口の12.9%，1,329万人である．また，日本における2013年末の慢性透析患者数は314,180人，導入患者数は38,024人，死亡者数30,708人であった<sup>3)</sup>．

透析患者の増加は，国民医療費の増大にもつながる．大平<sup>4)</sup>によれば，2011年の調査で維持透析にかかる医療費は1兆3500億円にのぼり，国民医療費の3.7%を占めると報告されている．CKD患者の増加に伴い，国民医療費，透析医療費は増加の一途をたどっており，今後も増加することが予測される．透析に至る原因疾患として，1997年までは糸球体腎炎などの炎症疾患が最も多かったが，1998年以降糖尿病性腎症が最も多い疾患となっている<sup>3)</sup>．

#### 2. CKD患者，透析患者に対する運動の歴史的経緯

CKD患者に対する治療において，運動療法は古くから積極的に行われ

るべきではなく、生活に制限を設けるべきであるという考えがあった。1966年（昭和41年）の慢性腎炎の管理に関する文献では、阿部ら<sup>5)</sup>は糸球体へ負担をかけないような生活制限が必要と述べている。ただし、このころの腎炎治療では治療法が確立しておらず、運動することで腎臓に負担がかかる、安静にしておくしか何もしようがない、という考え方であった。また、1983年（昭和58年）の慢性糸球体腎炎の治療法に関する東條<sup>6)</sup>の報告では、糸球体腎炎の一般的対症療法として、生活指導と食事療法が基本であり、これに薬物療法が加えられると述べており、生活指導は病態に合わせて安静度を設けて、運動制限を行うとのことであった。また、1987年（昭和62年）の厚生省進行性腎障害調査研究班研究業績<sup>7)</sup>では、糸球体腎炎20症例にトレッドミル運動負荷試験を行い、循環動態、糸球体濾過量、尿蛋白排泄の変化を測定し、4.7METs相当の運動は軽度の腎炎でも過剰な循環反応と尿蛋白排泄増加をきたし、腎障害を助長する可能性があるため、不適切と結論付けている。1997年の日本腎臓学会による「腎疾患患者の生活指導・食事療法に関するガイドライン」<sup>8)</sup>では、腎不全の重症度に合わせて生活活動の制限を設けるように提言されている。

しかしながら、1990年代以降徐々に、腎不全患者、透析患者の体力低下、運動耐容能低下の問題が指摘され始めた。Johansenら<sup>9)</sup>は、血液透析患者では筋萎縮が生じており、筋萎縮と虚弱な身体機能の関連性を指摘している。松嶋<sup>10)</sup>によれば、透析患者の筋力、全身持久力、柔軟性は健常人の半分にも満たず、非透析日の活動量は著しく低下し、安静時と嫌気性代謝閾値（Ananerobic Threshold; AT）到達時の心拍較差が健常人の60%程度であると報告されている。1996年から2004年までの透析患者における運動効果をみた国際的なメタアナリシス<sup>11)</sup>では、血

液透析患者への通常のエクササイズが転帰に好影響を及ぼすと報告している。日本腎臓学会による CKD 診療ガイドライン 2013<sup>12)</sup> では、運動が CKD を進展するというエビデンスはなく、明らかでないため、運動制限は推奨されないとしている。山川ら<sup>13)</sup> も、CKD と運動の関連を国内外の文献からレビューし、運動制限の腎保護に対する肯定的な論文は少なく、国内の小規模な研究がほとんどで、運動制限が腎保護に寄与するというエビデンスは高くないと報告している。

また、CKD 患者や透析療養患者に対する運動療法の効果についての研究発表もこの頃より増え始めている。CKD 成人患者と腎移植患者の定期的な運動効果を検証したメタアナリシス<sup>14)</sup> では、CKD 成人患者において、体力適性、歩行能力、心血管系要素（血圧、心拍数など）、QOL、一部の栄養パラメーターに対し、定期的運動は有意に有益な効果があるというエビデンスが認められた。

さらに近年では、透析中に運動をすることで身体機能への様々な好影響を及ぼすとする研究成果の報告もある。透析中の高強度レジスタンストレーニング（筋力抵抗運動）で介入した研究<sup>15)</sup> では、透析中の高強度レジスタンストレーニングにより、透析患者の蛋白同化反応と筋力増強に寄与したとされるが、身体機能には変化が見られなかったとの報告がある。上月ら<sup>16)</sup> は、種々の報告から、透析中に運動を行うことで蛋白同化が促進され、またリン等の老廃物の透析除去効率が高まり、1回の透析時間を4時間から5時間にしたのと同程度の効果があると報告している。実際に透析中に運動を行うことで、医療スタッフの監視下で運動を行うことができることでの安全性、透析時間以外にさらに運動時間を設ける必要のない利便性の2つの面からも運動の導入、脱落が予防できることは大きなメリットとなる。しかしながら、透析中運動について



は現在でも運動方法については特にガイドラインも定められておらず、施設の方針や運動を担当するスタッフの個人的な考え方や経験によって様々な介入方法で行われているのが現状である。

### 3. 透析患者と肥満、体組成の関連

先述したように、透析原因疾患は糖尿病性腎症が 1 位となっており、近年の生活習慣病の増加が CKD 患者数増加の一因となっている。生活習慣病の増加については、その背景に内臓脂肪の蓄積があり、内臓脂肪の蓄積の結果、動脈硬化が進展し、糖尿病や脂質異常症、高血圧症といった疾患を生じる。腎臓には、糸球体、ボーマン囊、近位および遠位尿細管、集合管によるネフロンという機能単位で主に水分などの排泄を行っている。腎臓の主な機能は、代謝上不要となった老廃物（尿素、クレアチニン、尿酸など）や主に日常の食事から入ってくる水と電解質を排泄している<sup>17)</sup>。糸球体では、水や電解質などが濾過され、尿細管で再吸収を行うことで、体液や電解質を一定に保つ。腎機能では、この糸球体での濾過量が重要となる。腎臓の炎症や動脈硬化の進展により、糸球体濾過量（GFR）が減少する状態を CKD という。

肥満とは、日本においては体重と身長から計算される BMI（Body Mass Index）で 25.0 を超える場合をいう。BMI の標準値は 18.5 から 24.9 であり、25.0 を超える肥満の状態では CKD リスクが増大する<sup>18)</sup>。

日本腎臓学会が策定したエビデンスに基づく CKD 診療ガイドライン 2009<sup>19)</sup> には、肥満、メタボリックシンドロームと CKD との関連について解説されている。肥満では蛋白尿が出現しやすく、糖尿病を除外しても、蛋白尿や CKD の発症に対する有意な危険因子であるとされ、加齢、糖尿病、高血圧よりリスクは少ないものの BMI が上昇することによっ

て、CKD 発症リスクは増加するとされている。また、BMI が標準体重の BMI に比べ、BMI25 以上では CKD に対する相対危険度が 1.40、BMI30.0 以上の肥満群では相対危険度が 1.83 との報告もある<sup>20)</sup>。

肥満と CKD との関連では、近年肥満関連腎臓病も問題となっている。先述した CKD 診療ガイドライン 2009 によれば、肥満者は非肥満者に比し、糸球体濾過量 で 61%、腎血流量 で 31% 増加しており、濾過率が上昇しており、腎組織では巨大化した糸球体や足突起の融合・消失がみられ、腎生検検体の 7 割に巣状分節性糸球体硬化 (FSGS) が認められると報告されている。また、足突起の形態的变化と尿蛋白排泄量は相関する。しかし特発性 FSGS と比較すると、足突起の組織障害は軽く、血清 Cr の上昇は緩徐で、末期腎不全への進行も少ない。

#### 4. 透析患者と動脈硬化、運動介入

動脈硬化の病因について、Dishman ら<sup>21)</sup> は、動脈硬化は、リポ蛋白質レベルからの肉体的ダメージ、あるいは、喫煙あるいは高ホモステインレベルからの化学的ダメージによる血管内皮細胞への組織損傷の結果、始まると述べている。アテローム発生のプロセスとして、血管内皮細胞の損傷は、剥離および平滑筋細胞の肥厚と増殖に結びつく主要な刺激であり、また、血小板は血管収縮・血栓形成の物質および脂質沈着をリリースして傷害された内皮に付着し、主要な LDL コレステロールが病変に蓄積する<sup>22)</sup>。血管内皮細胞は、血管の収縮や拡張の調節、血液凝固の調節、血管炎症の調節を行う内分泌器官とされる。Furchgott ら<sup>23)</sup> は、血管内皮細胞から内皮由来血管弛緩因子(EDRF)が産生されていると報告している。更に、Palmer ら<sup>22)</sup>は、血管内皮細胞からの EDRF が一酸化窒素(NO)であると報告している。NO は血管拡張作用があり、

動脈硬化による血管内皮機能の障害では酸化 LDL の作用による NO の産生低下が生じるとされる。Dishman ら<sup>21)</sup>は、上記の動脈硬化への一連の段階を幼少期より始まる過程としている。幼少期から段階を経て構築された病態が、中高年期に様々な疾病として明らかになる。

動脈硬化を主因とする脳血管障害や心筋梗塞は日本人の死因や介護要因となる主要疾患であり、CKD も動脈硬化を主要因とする重要な疾患の一つである。CKD 患者では、冠動脈疾患や心不全の合併頻度は対照集団の 2~3 倍であり、動脈硬化の危険因子である脂質異常症や高血圧の合併頻度も明らかに高いといわれている<sup>24)</sup>。特に、透析患者における心血管疾患のリスクは健常者の 20 倍以上であり、40~50%の患者は心血管死であるともいわれている。

動脈硬化には、血管内膜に粥腫（プラーク）が蓄積することにより血管内腔が狭くなるアテローム型動脈硬化、中膜の肥厚・石灰化により血管壁が硬くなるメンケベルグ型動脈硬化、小動脈および細動脈壁の硝子様変性を認める細動脈硬化の 3 種に大別される<sup>25)</sup>。CKD の各病期での血管病変は、ステージ 1~3 までの軽度~中等度の CKD 患者では粥腫内の脂質と糸球体濾過量は逆相関を示し、粥腫が徐々に成熟するが、腎機能が悪化するに従い、粥腫の成熟スピードが落ちる。CKD ステージ 4~5 の重度 CKD では細動脈の硝子様変性や壁効果が急速に悪化する。また、透析患者では冠動脈に有意な狭窄がなくても冠動脈石灰化が強いほど冠血流予備能が悪いことも確認されている<sup>26)</sup>。

動脈硬化に対しては、適切な身体活動によりその進展を防ぐことができるとされている。CKD 患者に対する運動から動脈硬化や血管の生理学的指標への影響を検討した研究がいくつかみられる。Headly ら<sup>27)</sup>は、慢性腎不全ステージ 3 の患者に対し、短期間の有酸素運動介入による動

脈機能の効果をみた RCT (Randomized Controlled Trial : 無作為化比較試験) で, 16 週間の有酸素運動介入で最高酸素摂取量が 8.2% 増加したが, 動脈硬化の指標である脈波伝搬速度 (Pulse wave velocity: PWV) は変化がなかったとの報告をしている. Koh ら<sup>28)</sup> は, 腎臓ケア 3 施設の多施設間で, 70 人の血液透析患者に対し, 監視下での透析中バイク運動と自宅での自主トレーニングを比較し, 6 ヶ月間, 週 3 回の運動介入で, 運動持久力の指標である 6 分間歩行距離, PWV に全く改善は見られなかったと報告している. Parsons ら<sup>29)</sup> は, 末期腎不全 (ESKD) 患者の生理的有酸素運動能力, 機能的運動耐容能, 心血管アウトカムにおける透析外および透析中運動プログラムの影響についてレビューし, 大部分の透析中運動プログラム後の血圧低下や血管機能の向上は, 低強度あるいは中等度強度運動プログラムのどちらかが冠動脈に利益をもたらすことができることを示唆しているが, 生存率, 罹患率, 冠動脈リスクといった健康アウトカムにおける運動あるいは身体活動介入の長期間の影響に関するエビデンスがないとの報告をしている. また, 末期腎不全患者に 12 週間週 3 回の透析中運動を行い, 心拍変動と左室機能を評価した Reboredo らの研究<sup>30)</sup> では, 12 週間では心拍変動と左室機能に変化はないとの結論であった.

## 5. 透析中運動の現状の課題

上述したように, 現在までに透析患者に対する透析中運動の効果が少しずつ報告されてきてはいるが, 具体的な運動方法については, 明確化されていない. 今後, 透析患者に対する効果的な統一された運動方法を明確化することで, 透析患者に対する運動介入を容易にし, 健康寿命の延伸に寄与することが可能である. そのためには, 定量的な運動負荷に

より、身体にどのような影響が生じるのか、運動に対する用量反応関係を明らかにする必要がある。本研究では、透析患者の透析中の運動方法確立のために、透析中の統一された運動による効果を検証する。効果検証のためのアウトカムとして、透析患者での健康指標として重要な肥満指標と動脈硬化指標、身体運動機能を設定する。

## II. 研究の枠組み

本研究では、透析中運動に関わる要因として、生物心理社会関連指標と健康関連指標を設定した。生物心理社会関連指標は、基本属性と心理社会的因子とした。基本属性は、年齢、性別、透析原疾患の3つを設定した。健康関連指標は、量的指標と質的指標に分け、量的指標には肥満指標、動脈硬化指標、身体運動機能指標の3つを含めた。質的指標には、生活の質（quality of life; QOL）を評価することとした。生物心理社会関連指標によって、健康関連指標は影響を受け、健康関連指標は量的指標、質的指標それぞれで相互に関連していると考えられる。そのため、研究の枠組みを図1の様に図式化した。透析中運動という運動曝露は、これら生物心理社会関連指標と健康関連指標のすべてに影響を与えることで、健康に利益をもたらすと考えられる。本研究では、定量的な運動介入がこれらの指標にどのような影響を与えるのかを明らかにするものである。

本研究は、透析中運動の効果検証のため、運動介入を2段階に分けて実施した。第1段階は実験1とし、実験1の内容を第1章にまとめた。実験1では、運動方法の検討を第1の目的とし、最初の運動介入として心拍数設定によるペダル負荷設定による運動負荷方法で介入を行い、効果判定とともに、健康関連指標の量的指標の関連性を検証し、今後の透

析患者に対する理学療法についての示唆を得ることを目的とした。第 2 段階は実験 2 とし、実験 2 の内容を第 2 章にまとめた。実験 2 では、実験 1 の介入実験を踏まえて、回転数を統一した定量的な運動介入を行い、また研究の枠組みに合わせて基本属性や健康関連因子の質的指標の調査も行い、それらの関連性や運動による影響について考察し、今後の透析運動について検討した。調査項目の詳細については、表 1 の調査項目一覧に示した。

### Ⅲ. 研究の目的

CKD により血液透析療養となった患者に対し、運動強度の様々な設定方法を試みた透析中運動の介入を行い、その運動による健康関連指標への影響および生物心理社会関連指標との関連について明らかにし、それらの結果から、透析中運動の介入方法の最適な運動強度の設定について検討する。

## 第 1 章

### 実験 1 負荷可変式仰臥位エルゴメータを使用した 透析中運動のケース研究

#### 1. 研究の目的

様々な研究結果により、CKD 患者あるいは血液透析患者への運動介入は好影響を及ぼすことが報告されてきている。しかしながら、どの程度の運動を行うべきか、運動処方指針は明確ではなく、種々の研究者によってさまざまな方法で介入が試みられている現状である。今後、更なる透析患者への運動の効果の検証とともに、効果的な運動方法を確立する必要がある。

本研究では血液透析患者に対して、負荷可変式仰臥位エルゴメータ機器を使用した透析中の仰臥位エルゴメータ運動介入を実施し、可変式仰臥位エルゴメータ機器による透析中運動の効果検証と、他の健康関連因子との関連性を検証し、今後の透析患者に対する理学療法についての示唆を得ることを目的とした。

#### 2. 研究方法

##### 1) 対象

本研究の対象者は、金沢市内の MK 医院に通う研究開始前に参加の同意を得た外来血液透析患者 7 人（男性 4 人，女性 3 人，年齢  $71 \pm 9$  歳，透析年数  $10 \pm 9$  年）であった。募集は、当該機関に通院する外来血液透析患者に研究の内容を案内する広告と口頭による呼びかけを行い、自発的に参加の意思を表明した者を対象者とした。対象者のうち 4 人の透析

原疾患が糖尿病性腎症であった（男性 3 人，女性 1 人）．対象患者の除外基準は，先行研究<sup>10, 31)</sup>における運動療法の絶対的禁忌と同様の項目を設けた．すなわち，明らかなうっ血性心不全（New York Heart Association 分類（以下，NYHA 分類）IV 度），急性心筋梗塞の発症日，不安定性狭心症合併，解離性大動脈瘤合併，心室頻拍またはコントロールされていない重篤な不整脈，高度の大動脈弁狭窄症，2 週間以内の塞栓症，活動期または最近の静脈血栓症，急性感染性疾患，拡張期高血圧（115mmHg），医師による研究参加の不許可，明らかな認知症（長谷川式簡易知能評価スケール（以下，HDS-R）10 点以下）に該当する患者は除外した．

本研究は，ヘルシンキ宣言を遵守し，実施された．対象者には研究内容，参加・不参加の自由，個人情報保護，運動中止基準，安全性の確保などについて書面と口頭で説明し，同意書への署名を得たうえで開始した．なお，本研究は研究開始前に研究実施施設の法人内に設置されている研究倫理委員会に倫理申請し，承認を得た（受付番号 No. 2）．

## 2) 測定項目

測定項目は肥満指標，動脈硬化指標および身体運動機能であった．肥満指標として，体重，Body mass index (BMI)，体脂肪率，脂肪量を測定した．動脈硬化指標として，上腕足首間脈波伝搬速度(brachial-ankle pulse wave velocity; baPWV)，上腕足首血圧比(ankle-brachial index; ABI)および血管内皮機能を測定した．身体運動機能として，Functional Reach Test (FRT)，Timed Up and Go test (TUG)，開眼片脚立位時間，10m（メートル）歩行速度，6 分間歩行距離，膝伸展筋力を測定した．



### 3) 使用機器

体重, BMI, 体脂肪率, 脂肪量は, 体内脂肪計 TBF-310 (株式会社 タニタ, 東京, 日本), baPWV および ABI は, 血圧脈波検査装置 BP-203RPEII (オムロンコーリン株式会社, 東京, 日本) により, 透析前後に測定した. 血管内皮機能は, endo-PAT 2000 (イタマーメディカル株式会社, カイザリア, イスラエル) を使用して, 反応性充血指数 (reactive hyperemia index ; RHI) により評価した. baPWV, ABI 測定は透析前後に測定し, RHI は非透析日に身体運動機能と同日に測定を行った.

膝伸展筋力は徒手筋力計ミュータス F-1 (アニマ株式会社, 東京, 日本) を使用し, 座位で下腿下垂位での徒手抵抗による右側の最大筋力を測定した. 2 人のセラピストで測定し, 測定時に背中から身体を抑え, 固定を強化した. 長座体前屈は, デジタル長座体前屈計 T.K.K.5412 (竹井機器工業株式会社, 日本) を使用した. FRT, TUG, 開眼片脚立位時間, 10m 歩行速度, 6 分間歩行距離, 膝伸展筋力は非透析日に測定を行った.

透析中の運動介入には, てらすエルゴ II 高負荷タイプ (昭和電機株式会社, 東京, 日本) を使用した. この機器は, ペダルの重さを 20W から 70W の間で 10W ごとに調節できる負荷可変式仰臥位エルゴメータ機器である.

### 4) 各種検査項目および検査方法

以下に, 各種検査方法について記載する.

#### (1) 上腕足首間脈波伝搬速度(baPWV)

動脈の近位側 (A 点) と遠位側 (B 点) に脈波を計測するトランスデ

ユーザーを置くと、AB間のPWVは、2点間の距離を2点間で脈波が伝搬するのに要した時間で割った値で表わされる<sup>32)</sup>。これを上腕と足首の2点間で測定したものをbaPWVという。本研究で使用した機器では、上腕の脈波を起点として、足首の脈波の伝播時間差を計算し、身長的一次式で算出された距離をこの脈波伝播時間で割ることでbaPWVを求めることができる。動脈硬化が進展していない場合は、脈波は血管壁に吸収されるため、速度は遅くなるが、動脈硬化が進展すると速度は上昇する。baPWVは1800cm/sが心血管疾患発症の高リスクの目安とされている。

#### (2) 上腕足首血圧比 (ABI)

ABIは、上腕動脈の血圧に対する足関節レベルの血圧の割合を意味する。ABIは、足関節より中枢の主幹動脈の狭窄または閉塞性病変の存在と側副血行路による代償の程度を示しており、腹部大動脈を含めた閉塞性動脈疾患がなければABIは1.00以上を示す。ABIが0.90以下の場合、下肢動脈に50%以上の有意な狭窄を示す感度は90%で特異度は95%とされる<sup>32)</sup>。また、糖尿病や維持透析患者における動脈の高度石灰化症例では、ABIは1.40以上の高値を示すことがあり、1.40を超える場合には、超音波検査などの動脈の詳細な検査が必要となる。

#### (3) 反応性充血指数 (血管内皮機能: RHI)

RHIは、左右の指各1本に指尖細動脈血管床の容積脈波を検出する専用プローブを装着し、両側の5分間の脈波基礎情報を取り、その後5分間片腕を駆血したあとの再灌流刺激に反応する容積脈波の経時的増加から、動脈の内皮依存性血管拡張機能を測定する検査法である<sup>32)</sup>。再還流時に増加するズリ応力により、血管内皮細胞より一酸化窒素(NO)などの血管拡張物質が分泌され、動脈中膜にある血管平滑筋細胞を弛緩さ

せることにより，血管が拡張する．これを血管内皮機能という．RHIは血管内皮機能を表す指標である，1.65をカットオフポイントとする．

#### (4) FRT

FRTは，立位で上肢を出来る限り前方に伸ばし，その到達距離を記録することで，バランス能力を量的に評価する検査方法である．本研究では，壁に模造紙を貼付し，模造紙横に壁に接するように立位を取り，手を伸ばした状態から体幹を前屈していき，バランスが乱れない，支持基底面が変化しない最大で姿勢が保持できる点を到達点として，距離を記録した．その際に，体幹が回旋しないように注意した．手指は伸ばした状態とし，第3指を基準とした．測定は2回行い，最大値を代表値として記録した．

#### (5) TUG

TUGは，椅子に着座した状態から合図とともに，起立，3メートル歩行，180度方向転換，3メートル歩行，着座という一連の流れの最大速度を測定するバランス検査法である．検査にはストップウォッチを使用し，「スタート」の合図とともに即座に起立し，着座までできるだけ早く速度で歩行していただくように説明した．開始前は，椅子の背面に背中を合わせ，同一の姿勢で開始するように配慮した．2回測定し，最大速度の結果を代表値とした．

#### (6) 開眼片脚立位時間

開眼片脚立位側では，文字通り片足立ちができる最大時間を測定した．開始姿勢は，両手を腰に当て，両足を肩幅に開いた姿勢とし，参加者のタイミングにより，片足を持ち上げ，持ち上がった瞬間から時間を測定した．場所は平行棒横とし，ふらついた場合はすぐに平行棒で支えるように配慮した．持ち上げている下肢は，前方・後方どちらに上げてもいい

いが、支持脚につけるなどでバランスを取らないように指示した。測定は、左右 2 回ずつ行い、最大値を代表値として記録した。

#### (7) 膝伸展筋力

測定には、リハビリテーション室内の低床ベッドを使用した。測定姿勢は、機器をベッドの脚に固定するためベッド端で端座位とした。ひざ裏がベッドに当たるように深く座り、大腿部を水平にするため、大腿下にタオルを置いた。機器のセンサーパッドは、脛骨内果の上縁にセンサー下端が来るように装着した。センサーパッドは、下腿の前面に装着し、力を入れる方向と垂直になるように置いた。ベルトでセンサーおよび測定部位をベッド脚に連結した。参加者に力を抜くように指示し、ゼロ校正を行い、ゼロ校正後、合図とともに思いきり膝を伸ばすようにアタッチメントを押すよう指示した。このとき、センサーが側方にずれないように、センサーを軽く押さえた。測定時は、両上肢を胸の前で組ませた。測定者以外の補助者は、後ろから体幹を支えるようにした。測定は 5 秒間とし、30 秒間休憩をはさみ、2 回測定した。今回は右側で 2 回測定し、最大値を記録した。

#### (8) 10m (メートル) 歩行速度

院内の病棟廊下を使用し、10m をできるだけ速い速度で歩行することとした。10m の前後に 2.5m ずつ歩行距離を設け、全部で 15m 歩行とした。2 回測定し、最大値を代表値とした。

#### (9) 6 分間歩行距離

院内の病棟廊下を使用し、6 分間で出来るだけ努力して歩行することとした。途中で疲れた際は、廊下に準備した椅子で休憩も可能とした。休憩中も時間は経過することを伝えて、6 分間の最大歩行距離を測定した。6 分間歩いた距離の総和を代表値とし、1 メートル未満は切り捨て

とした。

## 5) 透析中運動の介入方法

### (1) 文献検討

日本において腎不全，透析患者に対する決まったプロトコールは確立されていない。そのため，本研究ではアメリカスポーツ医学会(American College of Sports Medicine; ACSM) のガイドライン<sup>33)</sup> および日本循環器学会や日本心臓リハビリテーション学会などの 10 学会で作成した「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」<sup>31)</sup>(以下，心リハガイドライン)に沿って，実験プロトコールを作成した。実験全体のスケジュールを図 2 に示す。

心リハガイドラインでは，様々な心血管疾患の疾患別に過去の研究データから推奨される運動処方の方法が提示されている。CKD に関する記載はないが，疾患として類似する慢性心不全の運動処方を参考にした。ガイドラインにおける心不全の運動処方の詳細を，表 2 に示す。それによれば，運動の種類は歩行や自転車エルゴメータ，軽いエアロビクス体操などの有酸素運動や，低強度レジスタンストレーニングが推奨されている。運動強度は，開始初期は 5~10 分程度の軽い運動とされ，安定期には最高酸素摂取量の 40~60%，自覚的運動強度の Borg 指数で「9：楽である」～「11：ややきつい」程度とされている。運動頻度は週に 3~5 回程度で，注意事項として，運動開始初期は特に低強度として心不全増悪に注意が必要と記載されている。

ACSM のガイドラインは，様々な疾患についての運動処方が示されている。ACSM ガイドラインでは，運動処方を頻度 (Frequency)，強度 (Intensity)，時間 (Time)，種類 (Type) で説明される。これを FITT

の原理という。その中で、CKD についての運動処方 は下記のように記述されている。

頻度は有酸素運動で、週に 3~5 日、レジスタンストレーニングで週 2~3 日、強度は中等度で有酸素運動であれば予備酸素摂取量の 40~60%、自覚的運動強度で 11~13 (楽であるからややきつい程度)、レジスタンストレーニングでは 1 回反復できる最大負荷 (1 repetition maximum; 1RM) の 70~75% とされている。また、時間は有酸素運動では、継続した 20~60 分の運動で、もし継続が難しければ 3~5 分の断続的な運動をあわせて 20~60 分とすることでも良いとしている。レジスタンストレーニングは 10~15 回の反復運動を 1 セットとし、主要な筋群の 8~10 個の異なるエクササイズを選んで行うと良いとされる。運動の種類として、歩行、自転車運動、水泳のような有酸素運動や、マシンや自重を用いたレジスタンストレーニングとされている。

この ACSM ガイドラインでは、透析患者に対する運動処方では、非透析日に運動し、透析後に運動を行うべきではないとされており、もし透析中に運動を行うのであれば、最初の 30 分間は血圧や脈拍が安定しないため注意すべきであると記載されている。

## (2) 本研究における運動介入方法

本研究は、透析中の運動介入の効果判定により、効果的な透析中運動強度設定方法の示唆を得ることを目的としている。そのため、運動の種類は、透析中の運動である。

心リハガイドライン、ACSM ガイドラインともに、運動の種類は有酸素運動もしくはレジスタンストレーニングが推奨されているが、統一した運動方法という観点では、透析患者のように筋力が低下しており、性差や廃用の程度によって筋力が異なる場合に、筋力に抵抗をかけるレ

スタンストレーニングは均一した定量的な運動方法となりにくい。そのため、有酸素運動を行うことが良いと考えられる。透析中、透析患者は3～4時間程度ベッド上臥床している。そのため、透析中のベッド上臥位エルゴメータ運動による有酸素運動を行うことで運動時間が確保しやすい。そのため、本研究では透析中の仰臥位エルゴメータ運動を行うこととする。

運動頻度については、心リハガイドラインおよびACSMガイドラインの両方において、有酸素運動は週3～5回と明記されている。運動は透析中に行うことから、透析時の週2～3回を運動頻度とした。

運動強度は、心リハガイドラインでは様々な強度設定方法が示されている。最高酸素摂取量や嫌気性代謝閾値から設定する方法や、心拍予備能や最大心拍数から設定する方法は心肺運動負荷試験による最大運動能力あるいは嫌気性代謝閾値の評価が必要になるが、これには専門的な設備が必要とされ、今回用いることは難しい。そのため、安静時心拍数や自覚的運動強度から設定する方法が良いと考えられる。自覚的運動強度は、心リハガイドラインで9～11、ACSMガイドラインで11～13とされている。しかし、自覚的運動強度は患者個人の主観が大きく反映するため、臥床が多く、下肢筋力が廃用している透析患者では、局所的な疲労により、実際の強度よりも強く疲労を訴える可能性がある。そのため、今回は心拍数による設定を試みる。心リハガイドラインでは、心拍数による設定方法として、Karvonen法という運動強度算出のための式が提示されている。Karvonen法は、 $220 - \text{年齢}$ で得られる予測最大心拍数と安静時心拍数の差に運動強度係数0.3～0.5（30～50%の運動強度）をかけ、その値に安静時心拍数を足し合わせることで得られる。心リハガイドラインでは、心不全重症者では、係数0.3から始めるように示されて

いることから、本研究では、係数 0.3 の時の脈拍数から開始し、定数 0.5 程度の中等度強度を目標に Watt 数を可変するようにした。そのため、機器の最低負荷である 20W のペダルの重さから開始し、1~2 週間の運動で Watt 数を可変し、目標心拍数となる最適負荷を決定するように試みた。ペダル回転数は、特に明記されていないが、高齢者でも楽にこぐことができる 1 分間に 40 回転を、メトロノームに合わせて漕ぐように指示をした。

運動時間は 30 分とし、ACSM ガイドラインで示されているように、透析開始 30 分間は血圧、脈拍が安定しない可能性があるため、リスク回避のため、透析開始後 30 分以降から開始した。体調不良時や本人の中止や休みの申し出、医師や看護師からの中止要請時には、運動中止とした。

### 3. 研究の結果

3 ヶ月間の運動介入期間で、1 名の対象者が運動とは関連のない理由による入院のため、中止となった。3 ヶ月間運動介入を完遂できた対象者は 7 名であった（脱落率 12.5%）。

対象者特性は表 3 に示す。BMI 上、症例 A が肥満、症例 G がやせに分類された。また、透析原疾患は、糖尿病性腎症が 4 人、糸球体腎炎などの非糖尿病性腎症が 3 名であった。傾向として、非糖尿病性腎症患者の方が、透析年数が長い患者がおり、糖尿病性腎症患者は透析年数が短い患者が多かった。

介入前後の動脈硬化指標の結果を表 4 に示す。各データとも症例によって、介入前後で増大、低下を示しており、全症例に同じような介入後の変化は認められなかった。RHI は、症例 A、症例 E では介入前後で大



大きく低下したが、症例 D、症例 G では改善傾向を示した。症例 B、症例 C では、介入後の測定で機器エラーにより測定不能であった。baPWV では、糖尿病性腎症患者である症例 D、症例 E、症例 F、症例 G では、介入前から 2,000cm/s 以上であった。介入前後の変化では、症例 A、症例 B は介入前後でほとんど数値に変化はなく、症例 C、D、E は数値が 100~200cm/s 程度の増加を示した。症例 F、G では数値は低下傾向を示し、特に症例 G では baPWV は大きく低下した。ABI では、透析原疾患では特に差異は認められなかった。介入前後の比較では、症例 A、B、C、D は介入後に ABI は低下する傾向を示し、症例 E、F はわずかながら増加した。症例 A、D、G は 1.0 を下回り、低い傾向がみられた。介入前 ABI が 1.10 を超えている症例 B、症例 C、症例 E では、他の症例に比べ 6 分間歩行距離が長距離で、10m 歩行速度も速い傾向がみられた。

介入前後の身体運動機能の結果は、表 3 に示す。FRT では、症例 E、G を除いた症例全てで介入後に距離が延長した。TUG は、症例 C、D、E、F、G で速度が上昇し、症例 A、B では速度が低下した。膝伸展筋力では、症例 A、D、F で介入後に筋力が増大した。10m 歩行速度は、症例 A、症例 D で歩行速度が向上した。6 分間歩行距離は、症例 B を除いてほぼ全員が距離延長していた。しかしながら、FRT や TUG、膝伸展筋力など歩行機能に関わる項目が改善している症例でも距離延長の程度はばらつきが認められた。

## 4. 考察

### 1) 動脈硬化指標に関する考察

先述したとおり、動脈硬化は血管内皮細胞の剥離から始まり、加齢と

ともに徐々に硬化を増していき、粥腫を形成して、最終的に閉塞しやすい環境となる。つまり、血管内皮機能障害、動脈の硬化とともに血管内に粥腫が形成、血管内閉塞という流れで、動脈硬化性疾患を発症する。そのため、今回測定した RHI, baPWV, ABI は動脈硬化の重症度を反映していると言える。本研究の結果、baPWV は透析前後で 2,200~2,300cm/s と高値であった。血管機能の非侵襲的評価法に関するガイドライン<sup>32)</sup>によれば、baPWV は 1,800cm/s が心血管疾患発症の高リスクの目安とされており、本研究の対象者は高リスク患者が多いことが示唆された。透析原疾患別でみると、1,800cm/s を超えている 5 人のうち、4 人は透析原疾患が糖尿病性腎症であり、この 4 人は全員が 2,000cm/s を超えていることから、糖尿病性腎症は動脈硬化進行に影響している可能性があると考えられる。また、本研究では後期高齢者に該当する症例 A, 症例 D, 症例 G において、ABI が全て 0.9 を下回り、他の対象に比べて著明に低値を示していた。

Kuang ら<sup>34)</sup>は、baPWV の低い腹膜透析患者は高い患者に比べ、有意に高齢で、透析年数が長いと示している。Chang ら<sup>35)</sup>は、透析方法によって baPWV を比べた場合、腹膜透析患者よりも血液透析患者の方が baPWV は有意に高いと報告している。また、末期腎不全患者の baPWV と関連要因を調査した研究では、年齢、糖尿病が独立して関連する因子であったことが報告されている<sup>36)</sup>。以上のことは、血液透析患者では baPWV が高値になりやすく、長期間の透析、高齢、糖尿病といった因子は、baPWV の増悪要因であることを示している。本研究の結果では、非糖尿病患者に比べ、糖尿病群の方が baPWV が高値を示したことは先行研究の結果を支持するものと考えられる。しかしながら、本研究では非糖尿病群の方が体重、BMI が高く、透析年数は有意に高かった。これ

は、透析年数や肥満指数というものに差異があっても糖尿病性腎症患者は baPWV が悪化し、動脈硬化が進展している可能性を表しているかもしれない。

本研究の結果から、先行研究同様に透析患者では、動脈硬化が進行している可能性がある。ABI は 0.9 がカットオフ値とされており、0.9 を下回ると末梢動脈の閉塞を疑う<sup>32)</sup>。先述したとおり、後期高齢者に該当する対象者では、ABI は 0.9 を下回っていた。この結果は、血管の閉塞に至る要因として、透析患者では加齢に関わる可能性があることを示唆するものかもしれない。

以上の結果から、透析患者の運動方法の検討には透析原疾患と年齢の影響を考慮していく必要があると考えられる。

## 2) 身体運動機能の効果に対する考察

身体運動機能の結果では、膝伸展筋力、10m 歩行速度は、介入前後で増加、低下が混在しており、個人差が多い結果であった。しかしながら、FRT、TUG、6 分間歩行距離は改善している対象者が多く、6 分間歩行においては、症例 B が 20m 程度低下しているが維持されており、その他の症例 A、C、D、E、F については歩行距離が延長していた。この結果は、身体運動機能の中でも 6 分間歩行距離の改善が大きい可能性を示すものと考えられる。透析中の定期的な仰臥位エルゴメータ運動では、バランス能力の向上や歩行距離を延長に好影響を及ぼす可能性があるかもしれない。

## 3) 本研究の限界と今後の展望

本研究では、負荷可変式のてらすエルゴという機器を使用して、介入

を行ったが、ペダルの重さで負荷量をコントロールしようとする回転数が極端に落ちる、あるいは局所疲労が早期に生じ、休憩が多くなるといった現象が頻発し、一定の運動強度を保つことができなかった。そのため、本研究の結果では、一定の定量的な運動負荷による結果とは言い切れず、毎回透析時の定期的な運動によって、歩行機能はわずかな改善傾向を示したものの明確な運動処方に結びつく結果は得られなかったと考えられる。今回使用したてらすエルゴという機器は、ペダルの重さが調整できる負荷可変式の機器であったが、運動中にどの程度の運動を行ったかというモニタリングが明示されないという機器の特性上、定量的な運動を全員が行えていたか記録できなかった。本研究の経験から、長期間の身体活動の低下により廃用が生じやすい透析患者においては、単純にペダルを重くするという負荷可変方法は難しく、今後定量的な負荷量を処方するための他の介入方法を検討する必要がある。

通常、エルゴメータ運動での運動負荷量は、ペダルの重さと回転数によって決定する。ペダル回転数の身体への影響を調査した文献レビュー<sup>37)</sup>では、身体負荷量の決定には、ペダルの重さよりもペダル回転数の影響が大きいことを示唆しており、心拍一定負荷での回転数可変式運動処方を提案している。しかしながら、現在の仰臥位エルゴメータ運動用の機器では、心拍一定負荷などの複雑な負荷可変方法は機器の特性上難しく、今後ベッド上での仰臥位エルゴメータ運動でペダルの重さや回転数が身体にどのような影響を及ぼすのか調査し、最適な運動処方の方法を考案していくことが必要であると考えられる。

また、本研究は、1つの医院で希望する患者のみを対象に行ったために、対象者が少なくなってしまう。今後、複数の施設で対象者を増加して、さらに検証することで、より効果的な運動方法の示唆が得られる

と考えられる。

さらに，本研究で測定した RHI であるが，上肢指尖動脈の脈は信号により，内皮依存性血管拡張反応を捉えるものである．特に RHI は両側の上肢で測定を行うため，一側の上肢にシャントを増設している血液透析患者では脈波信号が読み取れないことが多く，測定エラーがたびたび発生した．そのため，血管内皮機能の妥当性の高い評価は難しく，血液透析患者には今後超音波で前腕動脈の拡張反応をみる血流依存性血管拡張反応（Flow Mediated Dilatation : FMD）検査などの，他の方法による評価を検討する必要があると考えられる．

## 第 2 章

### 実験 2 回転数を一定にした透析中の仰臥位エルゴメータ 運動介入の効果

#### 1. 研究の目的

本研究では、CKD により透析療養となった患者に対し、回転数を一定にした定量的な運動介入を行い、その運動による身体への影響を明らかにすることを目的とした。また、基本属性（性別、年齢、透析原疾患）、心理社会的因子への運動による影響も検討した。

#### 2. 研究方法

##### 1) 対象

本研究の対象者は、石川県津幡市にある M 病院および金沢市にある MK 病院の透析センターで、透析療養をしている外来患者 27 名（年齢  $66 \pm 10$  歳、男性 19 名、女性 8 名）であった。募集は、当該機関に通院する外来血液透析患者に研究の内容を案内する広告と口頭による呼びかけを行い、自発的に参加の意思を表明した者を対象者とした。対象患者の除外基準は、先行研究<sup>10, 31)</sup>における運動療法の絶対的禁忌と同様の項目を設けた。すなわち、明らかなくつ血性心不全（NYHA 分類 IV 度）、急性心筋梗塞の発症日、不安定性狭心症合併、解離性大動脈瘤合併、心室頻拍またはコントロールされていない重篤な不整脈、高度の大動脈弁狭窄症、2 週間以内の塞栓症、活動期または最近の静脈血栓症、急性感染性疾患、拡張期高血圧（115mmHg）、医師による研究参加の不許可、明らかな認知症（HDS-R 10 点以下）に該当する患者は除外した。

参加者には研究開始前に、研究内容等について書面及び口頭で説明し、参加の意思を同意書にて確認した。

本研究は、ヘルシンキ宣言を遵守し、実施された。対象者には研究内容、参加・不参加の自由、個人情報保護、運動中止基準、安全性の確保などについて書面と口頭で説明し、同意書への署名を得たうえで開始した。なお、本研究は研究開始前に、研究実施施設の法人内に設置された研究倫理委員会に倫理申請を行い、承認を得た（受付番号 No.6）。

## 2) 測定項目

実験全体のスケジュールを図 3 に示す。

測定項目は、肥満指標、動脈硬化指標、身体運動機能指標であった。肥満指標は、体重、BMI、体脂肪率、脂肪量であった。動脈硬化指標は、baPWV および ABI であった。身体運動機能は体力要素に含まれる筋力、柔軟性、バランス能力、心臓呼吸系持久力（運動耐容能）とした。具体的な測定項目は、筋力として握力および膝伸展筋力、バランス能力として開眼片脚立位、柔軟性として長座体前屈、運動耐容能として 6 分間歩行距離を測定した。それぞれの測定は、透析日の透析前に測定した。実験 1 では、非透析日に測定したが、非透析日では病院に来ることができない患者が多いため、実験 2 では参加者確保のために透析日に測定を行った。

測定は 3 ヶ月間（12 週間）の運動介入前後で測定した。測定は、複数の理学療法士で担当し、検査方法を事前に書面にマニュアル化して確認し、測定前には全員で測定練習を行うことで、測定の統一および検者間誤差を出来る限り少なくするように配慮した。

### 3) 使用機器

肥満指標は、体内脂肪計 TBF-310（株式会社タニタ社，東京，日本）で測定した。動脈硬化指標である baPWV および ABI は、血圧脈波検査装置 BP-203RPEIII（オムロンコーリン社，東京，日本）により測定した。

握力は、デジタル握力計（竹井機器工業，グリップ D TKK5401），膝伸展筋力測定は、筋力計ミュータス F-1（アニマ株式会社，東京，日本），柔軟性はデジタル長座位前屈計 T.K.K.5412（竹井機器工業株式会社，新潟，日本）を使用した。

運動介入には、ペダルの重さは変えられず、軽い負荷（想定実質負荷 10W 程度）で、回転数がカウントできる電動サイクルマシンエスカルゴ PBE-100（株式会社明成，東京，日本）を使用した。

### 4) 各種検査方法

実験 1 と同様の検査項目は割愛し、ここでは実験 2 で新たに測定する項目について、検査方法を説明する。

#### (1) 握力

簡易な筋力検査法として、新たに握力検査を行う。握力は、非シャント側で行った。末梢から 2 番目の近位指節間関節の握力のグリップ位置を合わせるように設定し、体幹から器具を離れた状態で最大の力を発揮するように指示した。その際に、息を止めずに行うように指示し、身体を屈曲させるなどの過度な努力は禁じた。2 回測定し、最大値を代表値とした。

#### (2) 長座位前屈

柔軟性の評価として、長座位からどれだけ体幹を前屈できるか測定し



た。開始肢位は、両下肢を長座位体前屈計の間に入れ、長座位姿勢とした。その際、壁に頭部、背部、殿部をぴったりとつけるが、足関節の角度は固定しないようにした。肩幅の広さで両手掌を下にして、手掌の中央付近が、長座位体前屈計の手前端にかかるように置き、肘関節伸展として、背筋を伸ばした状態とした。その位置をゼロ点とし、両手を機器から離さずにゆっくりと前屈して、機器全体をまっすぐ前方にできるだけ遠くまで滑らせた。このとき膝が曲がらないように注意した。最大に前屈したところの数値を記録した。測定は2回実施し、最大値を代表値とした。

#### 5) アンケート項目および評定方法

心理社会的因子（ライフスタイル、家族・経済、健康感・ストレス）については資料1の質問紙票、QOL（Life Satisfaction Index K：生活満足度尺度 K，以下 LSIK）については資料2の質問紙表によりアンケート調査を行った。心理社会的因子の選定および評定方法については、先行研究を参考にした<sup>38)</sup>。調査は、介入前と介入後の身体運動機能調査に合わせて参加者に用紙を渡し、記入をお願いした。

##### (1) ライフスタイルに関するアンケート

ライフスタイルについては喫煙状況、飲酒状況、就寝および起床時間、不眠の有無、社会参加の有無について聴取した。

喫煙は、「あなたはたばこを吸っていますか」という設問に対し、喫煙している場合は喫煙年数と1日の喫煙本数を聴取した。飲酒については、「1. ほとんど毎日」、「2. 週に4～5日」、「3. 週に2～3日」、「4. 週に1日以下」、「5. 以前は飲んでいたが今は飲まない」、「6. 以前から飲まない」の6項目で聴取した。その結果、1, 2, 3に該当する場合に

飲酒群，4，5，6に該当する場合を非飲酒群とした。

就寝時間については、「あなたは平日（仕事日）何時に寝ますか？」という設問に対し、「午後10時以前」、「午後10時台」、「午後11時台」、「午前0時台」、「午前1時台」、「午前2時以降」、「不規則である」の7項目，起床時間については、「6時以前」、「6時台前半」、「6時台後半」、「7時台前半」、「7時台後半」、「8時以降」、「不規則である」の7項目で聴取した。

不眠の有無は、「夜眠れていますか？」という設問に対し、「1. 快眠である」、「2. まあまあ眠れている」、「3. あまり眠れていない」、「4. 不眠である」の4項目で聴取し，1，2に該当した場合に睡眠良好群，3，4に該当した場合に不眠群とした。

社会参加の有無については、「病院以外で，地域の活動などに参加していますか」という設問に対し、「1. よく参加している（週に1～2回以上）」、「2. たまに参加している（月2回以上）」、「3. あまり参加していない（月1回程度）」、「4. 参加していない」の4項目で聴取し，1・2に該当するも場合に参加群，3・4に該当する場合に不参加群として示した。

## (2) 家族・経済に関するアンケート

家族に関するアンケートは，配偶者の有無，同居家族について，身の回りの世話をしてくれる方について，聴取した。同居家族については，「1. 一人暮らし」、「2. 配偶者」、「3. 配偶者と子どもら」、「4. 子どもら」、「5. その他」の5項目で聴取した。身の回りの世話をしてくれる方については，「1. 配偶者」、「2. 子どもら（孫含む）」、「3. 介護サービスの利用」、「4. 特にいない」、「5. その他」の5項目で聴取した。

経済については，「1. 満足している」、「2. まあまあ満足している」，

「3. あまり満足していない」,「4. 満足していない」の4項目で聴取し, 1, 2に該当する場合を満足群, 3, 4に該当する場合を不満足群とした。また, 家族・経済に関する項目の中で, 経済についての調査のみ介入前後に行った。

### (3) 健康感・ストレスに関するアンケート

健康感では, 主観的健康感, 自覚症状, 今後の健康の3つの項目について聴取した。

主観的健康感は, 「あなたは普段, 自分を健康だと思えますか」という設問に対して, 「1. 非常に健康だと思う」, 「2. 健康な方だと思う」, 「3. あまり健康ではない」, 「4. 健康ではない」の4項目で聴取し, 1, 2に該当する場合に健康群, 3・4に該当した場合に不健康群と示した。

自覚症状は, 「1. 疲れやすい」, 「2. 肩や首筋に凝りや痛みがある」, 「3. 食欲がない」, 「4. 頭痛や頭重感がある」, 「5. 目が疲れやすい」, 「6. よく下痢や便秘をする」, 「7. 動悸がする」, 「8. 腰痛がある」, 「9. よく眠れない」, 「10. 憂うつで気が沈みやすい」, 「11. 何をするにもおっくうで根気がない」の11項目の自覚症状の有無を聴取し, 1項目1点とし, 11点満点で示した。

今後の健康は, 「ご自分の健康についてどのようにしたいと思っていますか」という設問に対し, 「1. 今よりも良くしたい」, 「2. 今の状態を保ちたい」, 「3. 今より悪くなるのは困るが, 積極的に考えたことがない」, 「4. 健康のことには関心がない」の4項目で聴取し, 1・2に該当する場合に維持・改善群, 3・4に該当する場合に無関心群と示した。

ストレスについては, 「あなたは普段ストレスを感じていますか」という設問に対して, 「1. まったく感じていない」, 「2. あまり感じていない」, 「3. まあまあ感じている」, 「4. よく感じている」の4項目で聴取

し、1・2 に該当する場合に非ストレス群、3・4 に該当する場合にストレス群とした。

#### (4) QOL アンケート (LSIK) について

QOL を評価する尺度は、様々な研究で開発されており、数多く存在する。その中でも、大きく 2 種類があり、1 つは医学分野で治療等の効果を測定する目的として開発された健康関連 QOL 尺度で、2 つ目は社会心理学、老年学において主観的幸福感や生きがいといったような概念を用いて、日常生活や人生全体に対する満足度、充実度を測定する主観的 QOL である<sup>39)</sup>。本研究では、健康関連指標を量的指標と質的指標に分け、それらの関連から透析中運動の効果を検討する。経験上、質的指標である QOL 指標のうち、生活全体の幸福感や人生の満足感など、今までの人生や現在の生活を肯定的に考える対象者は運動効果も高いと考えられる。また、本研究では透析患者では低いと考えられる健康関連 QOL 尺度ではなく、患者個人の生活者としての人生全体の幸福感や生活の満足度に主眼を置くことを目的とした。そのため、本研究では、日常生活や人生全体に対する満足感や充実感を評価する尺度である生活満足度尺 K (LSIK) を用いて、QOL を評価する。

LSIK は、次の 9 つの質問から構成されており、生活全体の幸福感や人生の満足度などを聴取するアンケートである。質問項目は、「1) あなたは去年と同じように元気だと思いますか」、「2) 全体として、あなたの今の生活に不幸せなことがどれくらいあると思いますか」、「3) 最近になって小さなことを気にするようになったと思いますか」、「4) あなたの人生は、他の人にくらべて恵まれていたと思いますか」、「5) あなたは、年をとって前よりも役に立たなくなったと思いますか」、「6) あなたの人生を振り返ってみて、満足できますか」、「7) 生きることは大

変きびしいと思いますか」, 「8) 物事をいつも深刻に考えるほうですか」, 「9) これまでの人生で, あなたは, 求めていたことのほとんどを実現できたと思いますか」の 9 つとなっている. 各項目を「はい・いいえ」の 2 択で質問し, 幸福度が高いとされる選択肢を選ぶと 1 点を加算し, 合計 9 点で採点する. 全体の点数は, 第 2 次因子「主体的幸福感」とし, 全体の点数が高いほど主体的幸福感が高い. 設問の内容によって, 第 1 次因子を 3 つに分け, 「人生全体についての満足感」(質問 2, 4, 6, 9, 合計 4 点), 「心理的安定」(質問 3, 7, 8, 合計 3 点), 「老いについての評価」(質問 1, 5, 合計 2 点)とする.

## 6) 透析中運動の介入方法

### (1) 実験 1 からの変更点

実験 1 の運動介入は, 従来 of 心臓リハビリテーションなどの内部障害系リハビリテーションで用いられる心拍数による運動強度設定を, ペダルの重さという負荷を可変する調整方法で運動を試みた. しかしながら, 運動中は心拍数のモニタリングができないこと, ペダルを重くする負荷方法は局所疲労を早く招くため心拍調節が難しいこと, 回転数カウントができないため回転数の統一が図れず, 運動量の統一が難しいこと, といった問題点が生じた. そのため, 実験 2 ではペダルの重さを変えずに, ペダルの回転数を統一し, 定量的な運動量をすべての参加者で統一するように試みた.

### (2) 介入方法

本研究の目的として, 対象者に対する均一した定量的な運動介入による身体への影響を明らかにすることで, 今後の透析患者への運動方法の確立の一助としたい. 透析患者のように骨格筋力が低下しており, 性差

や廃用の程度によって筋力が異なる場合に、筋力に抵抗をかけるレジスタンストレーニングは均一した定量的な運動方法となりにくい。そのため、今回も有酸素運動を行うことが良いと考えられる。

心血管疾患ガイドラインや ACSM ガイドラインでは、有酸素運動を週 3～5 回程度で推奨されている。透析中はベッド上臥床となるため、ベッド上臥床で行える有酸素運動を選択したほうが良いと考えられる。また、有酸素運動としてよく行われる歩行運動は、広いスペースが必要なこと、透析患者では末梢神経障害や筋力低下のために転倒リスクが高いことなどから対象が限られてしまうことなどが考えられる。そのため、今回も実験 1 同様、ベッド上仰臥位エルゴメータ運動を行うこととした。透析患者は透析の頻度が週に 2 回～3 回となっており、運動頻度は統一が図られる。運動強度は、下肢筋力の低下した透析患者ではペダルの重さを重くすると下肢疲労が早く生じ、運動継続が困難となりやすいことが実験 1 の研究の結果判明した。そのため、ペダルの重さは変えず、ペダル回転数を統一することにより、定量的な運動とした。ペダル回転数は、実験 1 では 1 分間に 40 回転という遅い速度で行ったが、今回はペダルの重さが軽いことから、一般的な運動負荷試験で行う 1 分間に 60 回転（1 秒間で 1 回転）とし、運動時間を 30 分に統一した。

### (3) 運動介入時の測定項目および運動強度

運動介入前後で、血圧、脈拍を測定した。運動後には、運動中の運動強度を自覚的運動強度のスケールである **Borg Scale** で、運動中の胸部の苦しさと下肢の疲労感の 2 通りの自覚的運動強度を聴取した。運動中の回転数の確認は、機器の回転数表示を運動後に確認した。これは、運動中の総回転数を記録しており、今回は運動時間を 30 分に設定したため、30 分で回転数 60 回/分で、1,800 回転（基準値）で統一を図った。

## 7) 統計解析方法

糖尿病性腎症は、透析原疾患の中でも経過が悪く、予後にも影響することが示されている。日本における糖尿病性腎症における透析導入患者の5年生存率は、60.3%といわれており<sup>40)</sup>、透析原疾患として糖尿病性腎症は死亡リスクが65%高いという報告もある<sup>41)</sup>。そのため、透析原疾患で糖尿病性腎症群（DM群）と非糖尿病性腎症群（non-DM群）に区分した。また、年齢は65歳以上の高齢群と65歳未満の非高齢群の2群に区分した。

また、本研究では、運動量の統一を図り、統一の運動曝露による各測定値の結果を考察する。運動量は回転数により調整し、回転数を1,800回転に統一し、日々の運動介入時の回転数を記録する。今回は回転数が統一できていたことで、定量的な運動が行えていたとみなし、介入期間中の毎回の運動時回転数の平均値を代表値とし、1,800回転を基準とした。本研究の結果、基準の1,800回転の回転数が保っていた対象者と、1,800回転に満たない対象者に分かれており、回転数に大きなばらつきがみられた。そのため、効果的な運動量となるカットオフ値を探索するため、今回は10%毎に回転数で2群に分け、90%回転（1,620回転）、80%回転（1,440回転）、70%回転（1,260回転）のカットオフ値を設定した。そして、1,620回転以上群と同回転未満群、1,440回転以上群と同未満群、1,260回転以上群と同未満群にそれぞれ区分し、比較検討した。

透析原疾患、年齢、回転数の各群に対し、Shapiro-Wilk検定を行い、正規性を確認した。2群間での対応のない検定には、正規性が確認できた2群では対応のないt検定、正規性が棄却された群ではMann-WhitneyのU検定を使用した。

また、それぞれの群で基本属性による偏りがないかどうかを確認し、それらを調整した上で各群の中で介入前後の比較を行った。この介入前後の検定には、人数減少により正規性の確認が難しかったため、全ての群で Wilcoxon の符号付順位和検定を使用した。また、介入前後の各測定値の関連性は、Spearman の順位相関係数により検討した。

さらに、3つのカットオフ値に該当するかどうかの2値の名義尺度データを従属変数とした多重ロジスティック回帰分析を行った。独立変数は、年齢、透析原疾患、介入前開眼片脚立位時間、介入前長座体前屈、介入前6分間歩行距離を設定し、それらの変数を設定した理由については、結果において後述する。多重ロジスティック回帰分析における適合度は、Hosmer-Lemeshow 検定で確認した。

全ての解析には、SPSS Ver.22.0 (IBM corp., New York, USA)を使用した。有意水準は5%とした。

### 3. 研究の結果

#### 1) 対象者の特性 (表 6, 表 7)

対象者全員の対象者特性について、表 6 に示す。施設は同法人内 2 施設に分かれており、A 施設が 19 名、B 施設が 8 名であった。透析年数範囲は 3 ヶ月～27 年であった。透析回数は 1 名 (No.25) が週 2 回透析のため、運動曝露が少ないという結果であった。運動介入回数は、全体で  $36.0 \pm 3.0$  回であった。週 2 回透析の対象者のみ 26 回の介入となり、10 回程度少ない介入となった。

年齢別、透析原疾患別の介入前の測定値全体の特性については、表 7 に示す。全体では、透析原疾患は、糖尿病性腎症が 13 人、非糖尿病性



が 14 人であった。また、回転数の全体の結果は、 $1,521.1 \pm 421.9$  回転で、基準の 1,800 回転に満たない対象者も見られた。

年齢別の比較では、高齢群で非高齢群に比べて baPWV が有意に高値を示し ( $p < 0.05$ )、開眼片脚立位時間、6 分間歩行距離が有意に低値を示した ( $p < 0.01$ )。また、回転数について有意差は認められなかったが、高齢群で少ない傾向であった。

透析原疾患別の比較では、開眼片脚立位で DM 群が non-DM 群に比べ、有意に低値を示した ( $p < 0.05$ )。また、有意差は認められなかったが、動脈硬化指標である baPWV と ABI は DM 群の方が悪化している傾向であった。

## 2) 心理社会的因子の結果

### (1) ライフスタイル (表 8)

ライフスタイルに関するアンケート結果を表 8 に示す。

喫煙者は 2 人 (7%) であった。1 日の喫煙数と喫煙年数は、ID1 が 1 日 5 本で 50 年、ID7 が 1 日 20 本で 50 年であった。飲酒群は、2 人 (7%) であった。ID7 が週に 4~5 日、ID19 がほぼ毎日飲酒しているという結果であった。

就寝時間、起床時間において、介入前後ともに深夜 2 時以降まで起きているもしくは不規則であると答えた方は、2 人と非常に少なく、全体的に規則正しいライフスタイルであるといえる。

不眠については、介入前後ともに 4 人 (約 15%) の方が不眠であるとの回答であった。2 人が不眠から睡眠良好へ、1 人が睡眠良好から不眠へ、1 人が回答なしから不眠へ変更がみられた。

社会参加の有無は、介入前参加群は 4 人 (15%) であり、介入後は 8

人（30％）で、介入後に参加群が増えていた。参加した内容は、近所の集まりなどであった。

## （2）家族・経済（表 9）

家族・経済に関するアンケート結果を表 9 に示す。

27 人中 21 人（78％）が配偶者を有し、25 人（93％）が配偶者や子ども、孫との同居により生活していた。独居はわずか 2 人（7％）であった。経済状態は介入前後で聴取し、介入前は満足群が 21 人（78％）、不満足群が 6 人（22％）で、介入後は満足群が 17 人（63％）、不満足群が 10 人（37％）であった。4 人が満足から不満足へ変化したが、不満足から満足への変化は見られなかった。

## （3）健康感・ストレス（表 10）

健康感・ストレスに関するアンケートの結果を表 10 に示す。

主観的健康感は、介入前は 27 人中 9 人（33％）が健康群、18 人（66％）が不健康群に該当した。介入後は 8 人（30％）が健康群、18 人（66％）が不健康群、1 人が回答なしであった。介入前後で健康から不健康に変化した者は 4 人、不健康から健康に変化した者は 4 人であった。

自覚症状は、1 点が 4 人おり、最高は 8 点であった。自覚症状 0 点でも 4 人中 2 人は不健康群に属し、反対に自覚症状 5 点でも健康群に属している方もいるという結果であった。介入前後で自覚症状が増加した者は 8 人、減少した者は 9 人、不変であった者は 10 人であった。

今後の健康については、27 人中 3 人（11％）が無関心で、ほとんどの方が、維持・改善を望んでいた。介入前に維持・改善であったが、3 か月後に無関心となった方が 3 人、介入前に無関心であったが 3 か月後に維持・改善になった方が 1 人であった。

ストレスについては、ストレス群は介入前に 13 人（48％）、介入後に

12人(44%)であった。介入前にストレス群で介入後に非ストレス群となった者は、13人中2人、介入前に非ストレス群であったが介入後にストレス群となった者が14人中2人であった。

### 3) QOL (LSIK) の結果 (表 11)

LSIKの結果を表 11 に示す。

LSIKの第1次因子である「人生全体についての満足感」は4点満点中、介入前  $1.23 \pm 1.07$ 、介入後  $1.50 \pm 1.33$ 、「心理的安定」は3点満点中、介入前  $1.73 \pm 0.78$ 、介入後  $1.92 \pm 0.98$ 、「老いについての評価」は2点満点中、介入前  $1.08 \pm 0.74$ 、介入後  $1.23 \pm 0.71$  となり、全てで向上傾向であった。第2次因子である「主体的幸福感」については、9点満点中、介入前  $3.96 \pm 1.79$ 、介入後  $4.48 \pm 2.59$  と向上傾向であった。しかしながら、介入前後を統計学的に比較したところ、統計学的有意差は認められなかった。

### 4) 年齢別の介入前後および高齢群と非高齢群間の比較 (表 12)

高齢群と非高齢群に分けた年齢別の介入前後の比較を表 12 に示す。介入前後の比較では、高齢群において6分間歩行距離が介入後に有意に改善した( $p < 0.05$ )。

高齢群と非高齢群と比較では、介入前のbaPWVは高齢群で有意に高値を示した( $p < 0.05$ )。介入前の開眼片脚立位時間( $p < 0.01$ )、6分間歩行距離( $p < 0.01$ )、介入後の開眼片脚立位時間( $p < 0.05$ )、6分間歩行距離( $p < 0.01$ )の間では、高齢群で有意に低値を示した。

### 5) 透析原疾患の介入前後およびDM群とnon-DM群の比較 (表 13)

透析原疾患別の介入前後の比較を表 13 に示す.

DM 群に比べ, non-DM 群では透析年数および介入前開眼片脚立位時間が有意に長かった ( $p<0.05$ ). 介入前の LSIK の「人生全体の幸福感」が有意に低かった ( $p<0.01$ ). 主体的幸福感は non-DM 群の方が有意に低いという結果であった ( $p<0.05$ ). また, baPWV は介入前後で DM 群の方が高値を示しており, 介入後は有意差が認められた ( $p<0.01$ ).

#### 6) 回転数群別での基本属性および対象者特性のまとめ (表 14)

回転数別の基本属性および対象者特性を表 14 に示す. 1,620 回転以上群と同未満群, 1,440 回転以上群と同未満群, 1,260 回転以上群と同未満群の全ての群間において, 年齢に有意差が認められ, 全ての回転数未満群が有意に高齢であった ( $p<0.05$ ). また, 運動時の胸部の苦しさと下肢の疲労感を聴取した自覚的運動強度スケールである Borg Scale の結果では, 1,620 回転以上群と同未満群, 1,440 回転以上群と同未満群, 1,260 回転以上群と同未満群の全ての群間において, 胸部, 下肢ともに回転数未満群の方が高値を示し, 特に下肢においては全ての群間で有意差が認められた (90%回転群間および 80%回転群間:  $p<0.05$ , 70%回転群間:  $p<0.01$ ).

#### 7) 回転数群別での介入前後の比較 (表 15-1)

各回転数群別での介入前後の比較を表 15-1 に示す. baPWV は全ての回転数以上群で介入後に有意に高値を示した ( $p<0.05$ ). 各回転数以上群と未満群の比較では, 握力, 膝伸展筋力, 6 分間歩行距離は, 1,620 回転以上群と同未満群, 1,440 回転以上群と同未満群, 1,260 回転以上群と同未満群の全ての群間で介入前後ともに各回転数以上群に比べ, 同

回転数未満群で有意に低値を示した。また、開眼片脚立位でも 1,620 回転以上群と同未満群の介入前後, 1,440 回転以上群と同未満群間と 1,260 回転以上群と同未満群間の介入前のデータで有意差がみられ、全ての群間で回転数以上群に比べ、同回転数未満群で低値を示した。長座体前屈では、1,620 回転以上群と同未満群間の介入前後および 1,440 回転以上群と同未満群間、1,260 回転以上群と同未満群間の介入後のデータで有意差がみられ、全ての群間で回転数未満群の方が低値を示した。

#### 8) 高齢群と非高齢群で分けた各回転数で群分けした介入前後と回転数以上群と未満群の比較 (表 15-2, 表 15-3)

表 14 において、各回転数以上群と未満群の全体の比較では、年齢で有意差が認められ、回転数未満群で高齢者が多いという結果であった。そのため、高齢者と非高齢者の 2 群に分けて、各回転数カットオフ値での介入前後のデータと回転数以上群と未満群のデータを比較した。高齢群での結果を表 15-2 に、非高齢群の結果を 15-3 に示す。

高齢群の結果では、介入前後の比較において、1,260 回転以上群で長座体前屈と 6 分間歩行距離が有意に改善した ( $p<0.05$ )。回転数以上群と未満群の比較では、1,620 回転以上群と未満群間で介入前後の握力、膝伸展筋力、長座体前屈、6 分間歩行距離、および 1,440 回転以上群と未満群間では、介入前後の握力と 6 分間歩行距離、介入前の膝伸展筋力、介入後の長座体前屈で各回転数未満群の方が有意に低値を示した。1,260 回転以上群と未満群間においては、介入前の握力、膝伸展筋力、開眼片脚立位時間、6 分間歩行距離、介入後の長座体前屈で、回転数未満群の方が有意に低値を示した。

非高齢群の比較では、1,440 回転未満群および 1,260 回転未満群は 1

人しかいないため、比較することが出来なかった。そのため、1,620 回転と同未満群のみで比較をした。その結果、非高齢群では、介入前後および回転数以上群と未満群間で有意差は認められなかった。

#### 9) 回転数の決定要因の分析（多重ロジスティック回帰分析）（表 16, 表 17)

上記の結果、回転数の結果にはばらつきがあり、各回転数のカットオフ値で結果に差異がみられた。そこで、各回転数のカットオフ値の中で、どのカットオフ値が効果的なカットオフ値となるのかを探索するため、各回転数を満たせるかどうかの 2 値データを従属変数とした多重ロジスティック回帰分析を行った。独立変数は、2 群間の比較で有意差が認められた年齢、透析原疾患と、各回転数の 2 群間の比較で握力、膝伸展筋力、開眼片脚立位時間、長座体前屈、6 分間歩行距離を候補とした。これらの項目の多重共線性を確認するため、Spearman の順位相関係数を求めた（表 16）。これらの相関係数では、握力、膝伸展筋力、6 分間歩行距離は強い相関が認められた。そのため、これらの因子では、介入前後で改善がみられた 6 分間歩行距離のみを独立変数として投入することとした。その結果、年齢、透析原疾患、介入前開眼片脚立位時間、介入前長座体前屈、介入前 6 分間歩行距離を独立変数とした。

多重ロジスティック回帰分析の結果を表 17 に示す。90%回転、80%回転では、独立変数として介入前 6 分間歩行距離（90%回転：オッズ比 0.984, 信頼区間 0.972-0.996, 80%回転：オッズ比 0.981, 信頼区間 0.966-0.996）が採択された。70%回転では、介入前 6 分間歩行（オッズ比 0.974, 信頼区間 0.951-0.997,  $p<0.05$ ）と、透析原疾患（オッズ比 44.698, 信頼区間 1.096-1823.443,  $p<0.05$ ）が採択された。

Hosmer-Lemeshow 検定では、全ての解析で  $p>0.05$  となり、適合性が良いという結果であった。

#### 4. 考察

##### 1) 年齢、性別と透析中運動の関連性

本研究では、研究の枠組みの中で基本属性として、年齢、性別、透析原疾患、心理社会的因子の 5 つを挙げた。

年齢は、30 代から 80 代と幅広い患者層となり、平均回転数で群分けをして比較したところ、高齢群では平均回転数が有意に低値を示した。そのため、本研究では介入前後の比較は 65 歳で年齢を分けて高齢群と非高齢群の間でそれぞれ効果を検討した。性別については、一般的な性差による体格差以外に、年齢、平均回転数、身体運動機能に特別な差異は認められなかった。

##### 2) 心理社会的因子と透析中運動の関連性

心理社会的因子については、今回ライフスタイル、家族・経済、主観的健康感、健康感・ストレスについて聴取した。介入前後で多少の変化はあったが、特に運動による改善や悪化といった変化は認められなかった。このことから、上記心理社会的因子は透析中運動による変化は生じにくく、また透析中運動による身体運動機能向上への影響も少ないことが示唆された。

##### 3) 透析原疾患と透析中運動の関連性

序章でも述べたとおり、透析に至る原疾患は 1990 年代までは糸球体

腎炎が第 1 位であったが、1980 年代以降の糖尿病患者の急激な増大により、1998 年以降糖尿病性腎症が第 1 位となった。糸球体腎炎は、腎臓内の糸球体の細血管の局所的な炎症により、腎臓の濾過機能が低下するが、糖尿病では全身性の動脈硬化症の進展によって糸球体濾過量が減少する。そのため、心疾患や脳血管疾患といった動脈硬化性疾患の合併率が高い。日本透析医学会の報告<sup>3)</sup>では、透析導入患者の死因の第 2 位が心不全、第 4 位が脳血管疾患である。

本研究の結果、実験 1 同様に透析原疾患が糖尿病性腎症の対象者では、baPWV は DM 群で有意に悪化しており、ABI も低い傾向がみられた。この結果は、糖尿病性腎症の患者は糖尿病性腎症患者以外に比べて動脈硬化が進展しており、血管内が閉塞傾向であることを示している。特に今回の対象者でも実験 1 同様、non-DM 群の方が透析歴が長く、高齢であることから、年齢や透析歴に関わらず、糖尿病は独立した動脈硬化の危険因子であることが示唆されたと考えられる。

#### 4) 健康関連指標の質的指標 (QOL) に対する透析中運動の影響

本研究では、健康関連指標の質的指標として、QOL 尺度である LSIK を調査した。その結果、LSIK 内の全ての因子で介入後に向上する傾向は見せたが、有意差は認められなかった。地域在住高齢者における QOL 関連要因を調査した研究<sup>42)</sup>では、前期高齢者において LSIK の上昇に関連する要因は、経済的なゆとりと睡眠時間、LSIK の低下する要因として抑うつ傾向、しびれ、転倒経験、腰痛、後期高齢者の LSIK 上昇要因は経済的なゆとり、LSIK の低下要因は腰痛、抑うつ傾向、高脂質異常であった。また、地域高齢者に対する別の研究においては、転倒恐怖感と LSIK に有意な相関が認められている<sup>43)</sup>。以上のことから、LSIK



向上には、経済的なゆとりが影響すると考えられ、本研究においてはアンケートにおいて、経済に関する意識について聴取した。しかしながら、経済に関する満足については、介入前後で満足に転じる参加者は少なく、今回の介入では経済に対する影響は少ないことが考えられる。そのため、本研究の透析中運動では LSIK 改善まで至らなかったと考えられる。

#### 5) 健康関連指標の量的指標に対する透析運動の影響

本研究では健康関連指標の量的指標として、研究の枠組みより肥満指標、動脈硬化指標、身体運動機能の3つを測定した。運動介入では、回転数の統一により定量的な運動が出来ていたかを確認し、想定した回転数から90%、80%、70%をカットオフ値として2群に分けて、介入前後の比較を行った。その際に、各群間で年齢に有意差を認めたことから、65歳をカットオフ値とし、高齢群と非高齢群別で介入前後を比較した。

肥満指標では、体脂肪計を使用して体重、BMI、体脂肪率を測定した。これらの肥満指標は介入前後で変化はなく、今回の透析中運動で体重や体脂肪率などを変化させることは出来なかった。体重や体組成は、エネルギー摂取量とエネルギー消費量の差で表わされるエネルギー出納バランスの結果として変化し、運動単独でのエネルギー消費量は少ない<sup>44)</sup>。食事との併用における減量効果は大きいといわれる。今回実施したのは透析中の軽い運動であり、高齢群において6分間歩行距離は増大したことでエネルギー消費量を多少は増大したが、エネルギー摂取量とのバランスに特に差異が生まれず、減量や体脂肪減少まで至らなかったと考えられる。

動脈硬化指標では、baPWV、ABIを測定した。前述のように実験1同様、糖尿病性腎症の患者ではbaPWVは高値を示し、ABIは低値を示

し、動脈硬化が進展していることを示した。介入前後では、特に有意差はみられず。baPWV は介入後にやや高値となる傾向がみられた。高齢者に対するコホート研究では、中等度以上の身体活動で baPWV が有意に低値になることを示している<sup>45)</sup>。しかしながら、先行研究である Headly ら<sup>27)</sup>や Koh ら<sup>28)</sup>の研究では、透析導入前の CKD や透析患者への運動介入の結果、baPWV には改善はみられなかったとあり、本研究の結果においてもこれらの結果と同様に、baPWV や ABI の改善は認められなかった。血液透析患者において、baPWV は健常者に比べて高値であり、心血管イベントの独立した危険因子であることは示されている<sup>46)</sup>が、運動によって baPWV や ABI が改善するとのエビデンスはない。これについては、運動の介入方法だけでなく、体内の疾患による様々な影響を考慮し、検討していく必要があると考えられる。

身体運動機能指標においては、筋力、柔軟性、バランス能力、歩行能力を測定した。筋力は上肢と下肢の代表的な筋力である握力と膝伸展筋力を測定し、柔軟性は長座体前屈、バランス能力は開眼片脚立位時間を測定した。歩行能力は持久性を重視し、6 分間歩行距離を測定した。これらのうち、握力、長座体前屈、開眼片脚立位時間、6 分間歩行距離については、文部科学省による年齢別体格測定結果<sup>47)</sup>によって、日本高齢者の標準的な平均値が示されている。平成 26 年の年齢別体格測定結果の一部を抜粋して表 18 に示す。本研究の結果と比較すると、男女合計のデータではあるが、高齢群、非高齢群の双方で標準データよりも低下していると言える。O'Hare らの報告<sup>48)</sup>では、座位中心の非活動的な血液透析患者は活動的な患者に比べて、生存率が低いことが報告されている。Johansen らの研究<sup>49)</sup>では、透析患者と健常者との比較において、透析患者の方が健常者に比べ虚弱で非活動的で歩行速度が緩徐であり、

下肢筋の横断筋面積は変わらないものの、収縮筋面積は透析患者の方が小さいと報告している。また、血液透析患者における下肢筋力と死亡率を観察したコホート研究では、下肢筋力低下している血液透析患者は死亡率が2倍以上であることが示されている<sup>50)</sup>。以上のことから、本研究の対象者も体力が低下している透析患者であることが分かる。さらに、非高齢群と高齢群では高齢群の方が明らかに身体運動機能の数値は低下しており、加齢による体力低下は透析患者においても同様に生じていることが分かる。

前述したように、本研究では基準の回転数から90%、80%、70%をカットオフ値として2群に分け、更に年齢により層化した。その結果、全ての群において長座体前屈と6分間歩行距離は改善傾向を示し、特に70%カットオフ値となる1,260回転以上群の高齢群において6分間歩行と長座体前屈で介入後に有意な改善が認められた。透析中の仰臥位エルゴメータ運動により、心肺機能や持久性、下肢筋力や歩行能力が改善するとの報告がある<sup>51)</sup>。本研究では、歩行能力は改善したものの下肢筋力やバランス能力の改善は認められなかった。本研究の運動中の自覚的運動強度はBorg Scaleで6~13とばらつきがあり、平均値では11前後であった。このスケールは、6を最低スコア、20を最高スコアとし、7は「非常に楽である」、9は「かなり楽である」、11は「楽である」、13は「ややきつい」、15「きつい」、17を「かなりきつい」、19を「非常にきつい」と表わすものであり、多くの対象者が9~13の低強度から中等度強度であった。上記の研究では、最大運動強度の50%で20分間の持続運動を行っており、運動強度が高い場合はインターバルトレーニングを試みている。本研究は、それよりも低強度の持続的な30分間の透析中運動を試み、回転数で定量化を図った。そのため、下肢筋力やバランス

能力を向上させるほどの運動量とはならなかったものの、持続的な透析中の3ヶ月間の運動により歩行距離を改善し、持久性を向上できる可能性を示唆した。基準である1,800回転の70%は1,260回転（1分間に約40回転）である。今後の透析中運動の運動処方において、特に高齢者の血液透析患者では、1秒に1回転の30分間1,800回転で運動を指導し、この70%の回転数を下回らないようにしていくことが重要であり、今後の運動指導における重要な観点となると考えられる。

#### 6) 各回転数を保つための決定要因の検討（多重ロジスティック回帰分析の結果の考察）

相関などの結果を踏まえて、回転数90%、80%、70%を保っていた群と保てていなかった群の名義尺度の2値データを従属変数として、多重ロジスティック回帰分析を行い、各回転数を保つための決定要因について検討した。その結果、90%回転、80%回転では、6分間歩行距離が採択され、それぞれのオッズ比は0.984と0.981であった。これは、6分間歩行距離が長い場合に、90%回転と80%回転の回転数を保てないリスクが、それぞれ約1.6%と1.9%低下することを示している。また、70%回転においては、糖尿病性腎症と6分間歩行距離が採択され、オッズ比はそれぞれ44.698、0.974であった。これは先ほどと同様に、糖尿病性腎症では70%回転の1,260回転を保てないリスクが約44.7倍増大し、6分間歩行距離が長い対象者では、同様のリスクが2.6%低下することを示している。

前述したとおり、糖尿病性腎症では、baPWVの数値が有意に悪化しており、ABIの数値も低く、下肢動脈が硬化、閉塞傾向にあることが示唆される。下肢動脈の閉塞により虚血を生じる場合は、歩行などの有酸

素運動によって、下肢の易疲労性や疼痛を生じるため、運動の継続が困難になる。日本脈管学会による「下肢閉塞性動脈硬化症の診断・治療指針Ⅱ」によると、筋に血液を供給する動脈に閉塞があると運動時の筋血流量増加が制限されるため、跛行症状と関連のある酸素供給と筋代謝の不均衡が生じるとされている<sup>52)</sup>。そのため、今回糖尿病性腎症患者で回転数の維持が難しかったと考えられる。特に、今回の結果では non-DM 群では 6 分間歩行距離は有意に改善し、DM 群では有意な改善が見られなかったことから、糖尿病性腎症では歩行距離の延長は難しいと考えられる。そのため今後の運動時の指導として、糖尿病性腎症患者ではより回転数維持を重視し、回転数維持のための指導をして運動継続していくことが重要である。

1,260 回転以上群(70%回転)では、高齢群で 6 分間歩行距離の有意な改善が認められた。今回この 70%以上群の信頼区間は 410.9m から 524.1m であり、1,260 回転以上の運動はこの歩行距離と同等の運動量であることが示唆された。普段の歩行距離を延長し、身体活動量を向上させることで、身体に好影響を及ぼすことは明らかであるが、透析中の運動においても 1,260 回転以上の回転数の運動を継続することで同等の効果が得られる可能性があると考えられる。また、高齢者で多いサルコペニアでは、歩行速度が身体機能の指標として使用される。アジアのサルコペニアワーキンググループ (The Asian Working Group for Sarcopenia, 以下 AWGS) の基準では、歩行速度は、0.8m/s を診断基準のカットオフ値としている<sup>53)</sup>。この速度を 6 分間歩行にあてはめると歩行距離は、288m となる。70%未満群の 6 分間歩行距離の平均値は 291.1m であり、ほぼ近似する。つまり、この 70%以上の 1,260 回転の回転数での仰臥位エルゴメータ運動を継続することで、AWGS サルコペ

ニア基準より若干強い負荷をかけ続けることができ、歩行距離の改善が期待できると考えられる。この結果から、今回運動介入した軽いペダル負荷による仰臥位エルゴメータ運動においては、この 1,260 回転を保持するように指導し、この回転数を保持できるかどうかをチェックポイントにして、回転数を保つように指導することが今後の透析中運動で重要になる可能性がある。特に、本研究では、家庭用の健康器具であるエルゴメータ機器を使用したことから、今後本研究の結果を基に、透析中運動に加えて、自宅での運動指導などに活用していくことで、透析患者の健康管理に大きく寄与できる可能性がある。

#### 7) 本研究の限界と今後の展望

本研究の限界として、まず対象者選定の問題がある。本研究では、対象者の選定は倫理的配慮として強制的要素や恣意的な要素が入らないように、公募による募集をかけて、自発的な参加希望のある患者を対象者とした。そのため、本研究の対象者は透析患者の中でも健康志向の高い比較的元気な患者であると考えられる。しかしながら、透析患者には虚弱な患者も多く、運動を自発的に希望しない患者も多い。本研究の結果は、比較的運動機能の高い元気な対象者に対する結果であることを考慮する必要がある。

また、今回用いた透析中の仰臥位エルゴメータ運動において、特に 65 歳以上の高齢透析患者では 30 分間 1,260 回転の回転数を保つことが有効であることが示唆された。しかしながら、非高齢群では、特に有意な結果は得られなかった。これは、運動強度が低かったために身体運動機能を改善するほどの効果がなかったことが考えられる。以上の対象者選定と非高齢群への結果に対する限界から、対象者選定を見直し、虚弱な

対象者や運動を希望しない方でもできる簡単な運動の提案，運動強度の調節方法を開発し，低い強度から高い強度までの運動強度での運動介入をするなど，様々な対象者に合わせた運動方法を検討していく必要がある。

また，今回の対象者では健常者に比べ体力低下している対象者が多く，仰臥位エルゴメータの回転数を保てない対象者はサルコペニアに該当する可能性が示唆された。しかしながら，本研究ではサルコペニアに関するデータ収集は行えなかった。今後，透析患者に対する運動によるサルコペニアの予防や改善を視野に入れた研究計画が必要となる。サルコペニアには，食事療法が重要でありその中でもたんぱく質摂取が重視される。大塚ら<sup>54)</sup>によれば，高齢者でもたんぱく質摂取量を増やすことで，たんぱく質の同化作用は十分に惹起されるため，腎疾患などの特別な病態を有しない限り，十分量のたんぱく質摂取が推奨されると報告している。しかしながら，慢性腎臓病に対する食事療法基準 2014 年版<sup>55)</sup>によれば，血液透析患者ではたんぱく質の 1 日の摂取量を 0.9~1.2g/kg 標準体重/日に制限するとされている。以上のことから，サルコペニア予防にはたんぱく質摂取が重要であるが，透析患者では摂取制限があるため，必要量の確保は難しいことが予測される。効果的な食事療法は難しいかもしれないが，たんぱく質摂取量などの調査や血清リポ蛋白などのバイオマーカーの調査，サルコペニアでは重要となる筋肉量の指標となる骨格筋量や四肢周径などの測定により，効果的なサルコペニア予防に取り組んでいく必要がある。

さらに今回の運動介入方法は，回転数による運動負荷方法を試みたが，運動負荷設定方法に若干の問題を残した。先述したように，エルゴメータ運動での運動量は，ペダルの重さと回転数の積で求められる。今回改

定用機器を使用したため、おそらく 10W 以下の非常に軽い負荷と考えられるが、ペダルの正確な重さがわからない。回転数から距離を算出することで重さ×距離＝エネルギー量 (J) が算出できる。本研究の結果では、ペダルの重さがわからなかったため、回転数で運動量を設定したものの機器を限定したうえでの定量的な運動量となってしまった。今後の運動量の一般化を考えると正確なペダルの重さと回転数を規定し、エネルギー量による運動処方を検討していくことが必要と考えられる。そのため、実験 1 で使用したペダルの重さを調節できるてらすエルゴには本実験の機器で用いたような低負荷でペダルの重さを設定できる機器が別にあるため、そのような機器を導入した研究を今後考案していく。

また、今回肥満指標や動脈硬化指標には特に影響がみられなかった。本研究においても、近年急増する糖尿病性腎症による透析患者の動脈硬化指標は悪化していた。さらに、透析患者に多くなっているといわれるサルコペニアやサルコペニア肥満といった代謝を悪化させ、動脈硬化を進展する病態もあり、今後ますます肥満や動脈硬化の改善が必要となる。肥満指標や動脈硬化指標は若年期からの長期的な生活習慣や環境などによって形成される指標である。そのため、今回のような 3 ヶ月間という短い期間では容易な改善は難しいと考えられる。今後長期的な介入をしていき、効果を検証していく必要がある。

我々が目指すリハビリテーションにおいて、最終的なアウトカムは QOL の改善である。今回は疾患特異性ではなく、主観的 QOL に着目して調査したが、透析中の運動介入による改善には至らなかった。透析患者の透析運動の効果を見た別の研究では、QOL に効果は認められないとするもの<sup>56)</sup>や QOL が改善したとする研究<sup>57)</sup>など様々あり、議論の余地が残されている。これらの研究では、健康関連 QOL で検討している報



告が多い。また、動脈硬化指標と同様、人生という長期間に形成される幸福感などの主観的 QOL の改善には、今回のような短期間での介入ではなく、より長期間の観察や介入が必要である可能性がある。尺度や観察期間などを含め、今後更なる検討が必要である。

## 結論

本研究では、近年急増する血液透析患者の身体機能改善目的とした透析中運動の効果的な運動方法を開発するための実験研究を行った。

実験 1 では、運動介入方法として目標脈拍数を設定し、透析中仰臥位エルゴメータ運動のペダルの重さを調節することで運動強度の設定を試みた。その結果、3 ヶ月間の運動介入により、バランス能力と 6 分間歩行距離は延長傾向を示す対象者が多くみられた。また、動脈硬化指標では、baPWV は糖尿病性腎症患者で悪化傾向を示すものが多く、ABI は後期高齢者で悪化傾向を示すものが多くみられた。そのため、糖尿病性腎症患者では動脈硬化が悪化している可能性があり、血管閉塞には加齢の影響がある可能性が示唆されたと考えられる。以上の結果から、透析患者の運動方法の検討には透析原疾患と年齢の影響を考慮していく必要があると考えられる。

そこで第 2 章では、運動介入方法を変更して、対象者を増やし、さらなる実験研究を行った。実験 1 の運動介入方法では、運動中の脈拍数モニタリングが困難であることやペダルを重くするだけではすぐにペダルを漕がなくなってしまう、定量的な運動量が確保できないことが挙げられた。そのため、本実験では運動介入方法として、ペダルの重さは変えずにペダル回転数を統一し、定量的な運動とするという方法を試みた。

その結果、回転数を一部の対象者で保てないということがみられたが、対象者の中の高齢群で基準回転数の70%の回転数を保てた群は、6分間歩行距離が有意に向上した。この結果は、高齢透析患者において、30分間で1,260回転の回転数を保つ透析中の定期的な仰臥位エルゴメータ運動によって、歩行能力が改善できることを示唆するものである。また、この回転数を保つための要因として、多重ロジスティック回帰分析の結果、糖尿病性腎症患者および、6分間歩行距離が採択された。

以上の2つの実験により、透析中仰臥位エルゴメータ運動の運動処方においては、回転数を統一する方法であれば、軽い負荷で1,260回転を保持するように指導し、この回転数を保持できるかどうかをチェックポイントにして、回転数を保つように指導することが今後の透析中運動で重要になる可能性がある。

また、糖尿病性腎症患者では回転数を保てない可能性が高く、その原因として動脈硬化と下肢血管閉塞の可能性があることから、baPWV、ABIを用いて血管を評価することが重要である。特にABIで閉塞が強い患者では、歩行機能低下に強く関連することから、より早期から閉塞改善のための運動介入の検討が必要と考えられる。また、非高齢者やさらに運動機能が高い患者においては、今回の方法では身体運動機能の改善は難しかったことから、運動強度を高めたより効果的な運動方法を今後も検討していく必要がある。

腎臓リハビリテーションという分野において、透析患者に対する運動のガイドラインはまだ不明確である。どのような患者にどのような運動が最適であるのか、若年者や高齢者、長期療養者など様々な体力レベルを要する患者群に対してこれらを明らかにすることで、ガイドライン策定に近づける。本研究は、透析中仰臥位エルゴメータ運動の対象者選出

や運動強度の作成のための一助となる結果が得られたと考えられる。

## 謝辞

本論文作成にあたりまして、多くの皆様にご協力、ご指導をいただきました。ここに感謝の意を述べさせていただきます。

実験につきましては、医療法人社団瑞穂会理事長越野慶隆先生はじめ、医療法人社団瑞穂会もりやま越野医院およびみずほ病院の2施設の医師、看護師、理学療法士、臨床検査技師、臨床工学技士ほか関係の皆様にご厚く御礼申し上げます。また、被験者として多くの患者様にご協力いただきました。全ての患者様に心より御礼申し上げます。

また、研究の取り組みから論文完成に至るまで、熱心にご指導くださいました女子栄養大学大学院宮城重二教授にご厚く御礼申し上げます。

## 引用・参考文献

- 1) 厚生労働省：平成 18 年身体障害児・者実態調査結果。 <http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/shintai/06/index.html>. 2015 年 12 月 17 日閲覧。
- 2) 日本腎臓学会：CKD 診療ガイド 2012. 日腎会誌 54(8): 1031-1189, 2012.
- 3) 日本透析医学会ホームページ：2013 年末の慢性透析患者に関する基礎集計。 <http://docs.jsdt.or.jp/overview/index.html>. 2015 年 12 月 17 日閲覧。
- 4) 大平整爾：透析患者と医療経済—透析医療費をどう考えるか—。臨

- 床栄養 120(2) : 169-173, 2012.
- 5) 阿部裕, 古川俊之, 三木謙, 藤林敏宏 : 慢性腎炎とネフローゼの管理. 臨牀と研究 43(6) : 1046-1053, 1966.
  - 6) 東條静夫 : 糸球体腎炎- 糸球体腎炎の治療. 日本臨牀 42(6): 1298-1309, 1984.
  - 7) 石川兵衛, 他 : メサンギウム増殖性糸球体腎炎の運動耐容能. 厚生省特定疾患進行性腎障害調査研究班昭和 62 年度研究業績 : 69, 1988.
  - 8) 「腎疾患患者の生活指導に関する小委員会」ならびに「腎疾患患者の食事療法に関する小委員会」合同委員会: 腎疾患患者の生活指導・食事療法に関するガイドライン. 日本腎臓学会誌 39 巻 1 号, pp1-37, 1997.
  - 9) Johansen KL, Shubert T, Doyle J, et al.: Muscle atrophy in patients receiving hemodialysis: effects on muscle strength, muscle quality, and physical function. JA.Kidney Int. 63(1): 291-297, 2003.
  - 10) 松嶋哲哉 : 透析患者における運動. 大阪透析研究会会誌 31(1) : 75-78, 2013.
  - 11) Tentori F, Elder SJ, Thumma J, et al.: Physical exercise among participants in the Dialysis Outcomes and Practice Patterns Study (DOPPS): correlates and associated outcomes. Nephrol Dial Transplant. 25(9): 3050-3062, 2010.
  - 12) 日本腎臓学会編:エビデンスに基づく CKD 診療ガイドライン 2013. P17, 2013.
  - 13) 山川聡, 二宮誠, 石川智朗, 他 : 慢性腎臓病 (CKD) への運動制限

- のエビデンス. 日本小児腎臓病学会雑誌 25(1) : 19-26, 2012.
- 14) Heiwe S, Jacobson SH.: Exercise training for adults with chronic kidney disease. Cochrane Database System Review. Oct 5 (10), 2011.
  - 15) Kirkman DL, Mullins P, Junglee NA, et al.: Anabolic exercise in haemodialysis patients: a randomised controlled pilot study. J Cachexia Sarcopenia Muscle. J Cachexia Sarcopenia Muscle. 5(3):199-207, 2014.
  - 16) 上月正博 : 透析患者における障害とリハビリテーションの考えかた. JOURNAL OF CLINICAL REHABILITATION 19(6): 522-530, 2010.
  - 17) Kuriyama H, Yamashita S, Shimomura I, Funahashi T, Ishigami M, Aragane K, et al. Enhanced expression of hepatic acyl-coenzyme A synthetase and microsomal triglyceride transfer protein messenger RNAs in the obese and hypertriglyceridemic rat with visceral fat accumulation. Hepatology27: 557-562, 1998.
  - 18) 齋藤康, 白井厚治, 中村正他 : 肥満症診断基準 2011 肥満関連腎症. 日本肥満学会誌, 17 (臨時増刊号), p66-68, 2011.
  - 19) 日本腎臓学会 : エビデンスに基づく CKD ガイドライン 2009. p158-171, 2009.
  - 20) Tozawa M, Iseki C, Tokashiki K, etc. Metabolic syndrome and risk of developing chronic kidney disease in Japanese adults. Hypertens Res., 30(10): 937-43, 2007.
  - 21) Dishman RK, Washburn RA, Heath GW: Physical Activity Ep

- idemiology. Human Kinetics, p83, 2004.
- 22) Palmer RM, Ferrige AG, Moncada S: Nitric oxide release accounts for the biological activity of endothelium-derived relaxing factor. *Nature* 327(6122): 524-526, 1987.
  - 23) Furchgott RF, Zawadzki JV: The obligatory role of endothelial cells in the relaxation of arterial smooth muscle by acetylcholine. *Nature*, 288(5789): 373-376, 1980.
  - 24) 倉林正彦 : CKD 特有の血管病変. *血管医学* 15 (3) : 69-76, 2014
  - 25) 浅川貴介, 常喜信彦 : CKD 病期各期での血管病変の進展. *血管医学* 15 (3) : 17-21, 2014.
  - 26) Caliskan Y, Demirturk M, Ozkok A, et al : Coronary artery calcification and coronary flow velocity in haemodialysis patients. *Nephrol Dial Transplant* 25(8): 2685-2690, 2010.
  - 27) Headley S, Germain M, Wood R. etc.: Short-term Aerobic Exercise and Vascular Function in CKD Stage 3: A Randomized Controlled Trial. *Am J Kidney Dis.* 64(2): 222-229, 2014.
  - 28) Koh KP, Fassett RG, Sharman JE, etc.: Effect of intradialytic versus home-based aerobic exercise training on physical function and vascular parameters in hemodialysis patients: a randomized pilot study. *Am J Kidney Dis.* 55(1):88-99, 2010.
  - 29) Parsons TL1, King-Vanvlack CE.: Exercise and end-stage kidney disease: functional exercise capacity and cardiovascular outcomes. *Adv Chronic Kidney Dis.* 16(6):459-481, 2009.
  - 30) Reboredo Mde M, Pinheiro Bdo V, Neder JA, etc.: Effects of aerobic training during hemodialysis on heart rate variability

- y and left ventricular function in end-stage renal disease patients. *J Bras Nefrol.* 32(4):367-373, 2010.
- 31) 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 年改訂版).
- 32) 循環器病の診断と治療に関するガイドライン (2011-2012 年度合同研究班報告) : 血管機能の非侵襲的評価法に関するガイドライン
- 33) American College of Sports Medicine : ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription Ninth edition. Lippincott Williams & Wilkins: pp305-308, 2013.
- 34) Kuang DW, Li CL, Kuok UI, et al.: Risk factors associated with brachial-ankle pulse wave velocity among peritoneal dialysis patients in Macao. *BMC Nephrol.* 2012 Nov 1;13:143. doi: 10.1186/1471-2369-13-143, 2012.
- 35) Chang JH, Yoon SJ, Han SH, et, al.: The impact of dialysis modality on arterial stiffness in patients with end-stage renal disease. *Ren Fail.* 32 (8): 947-53, 2010.
- 36) Kim EY, Yi JH, Han SW, et al.: Clinical factors associated with brachial-ankle pulse wave velocity in patients on maintenance hemodialysis. *Electrolyte Blood Press.* 6(2): 61-7, 2008.
- 37) 矢部広樹, 西田裕介 : 自転車エルゴメータによる回転数の違いが生体の酸素供給系と代謝需要系へ与える影響. *理学療法科学* 24(4): 617-624, 2009.
- 38) 長須美和子, 宮城重二, 上野満雄 : 労働者の健康と食生活, 健康習慣, 悩み・ストレスに関する研究—第 1 報 首都圏自治体労働者の

- 事例一. 女子栄養大学紀要 33: 45-55, 2002.
- 39) 吉澤剛士: 高齢者のスピリチュアリティを含めた健康概念と QOL との関連—沖縄県久米島における調査—. 女子栄養大学大学院博士(保健学)学位論文: 14. 2012.
- 40) 日本糖尿病学会: 糖尿病腎症の治療. 科学的根拠に基づく糖尿病診療ガイドライン 2013, 南江堂, 東京, pp97-113, 2013.
- 41) 秋葉 隆: 透析患者の予後を規定する因子—透析の質と量の決定因子と予後との関係. 医学のあゆみ, 2005, 214(13), 1037-1042.
- 42) 地域在住の前期高齢者と後期高齢者における QOL 関連要因の比較. 日本農村医学会雑誌 62(2): 91-105, 2013.
- 43) 鈴木みずえ, 金森雅夫, 山田紀代美: 在宅高齢者の転倒恐怖感(fear of falling)とその関連要因に関する研究. 老年精神医学雑誌 10(6): 685-695, 1999.
- 44) 勝川史憲: 肥満の予防・治療における身体活動の種類・強度・頻度. 肥満研究 21(2):77-83, 2015.
- 45) Endes S, Schaffner E, Caviezel S, et al: Long-term physical activity is associated with reduced arterial stiffness in older adults: longitudinal results of the SAPALDIA cohort study. Age Ageing 45(1):110-115, 2016.
- 46) Kato A: Arterial Stiffening and Clinical Outcomes in Dialysis Patients. Pulse (Basel) 3(2): 89-97, 2015.
- 47) 文部科学省: 平成 26 年度体力・運動能力調査結果の概要及び報告書について. [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/toukei/chousa04/tairyoku/kekka/k\\_detail/1362690.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/toukei/chousa04/tairyoku/kekka/k_detail/1362690.htm). 平成 28 年 3 月 1 日閲覧.
- 48) O'Hare AM, Tawney K, Bacchetti P, et al: Decreased survival



- among sedentary patients undergoing dialysis: results from the dialysis morbidity and mortality study wave 2. *Am J Kidney Dis.* 41(2): 447-54, 2003.
- 49) Johansen KL, Shubert T, Doyle J, et al: Muscle atrophy in patients receiving hemodialysis: effects on muscle strength, muscle quality, and physical function. *Kidney Int.* 63(1): 291-297, 2003.
- 50) 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.* 94(7): 947-956, 2014.
- 51) Storer TW, Casaburi R, Sawelson S, et al: Endurance exercise training during haemodialysis improves strength, power, fatigability and physical performance in maintenance haemodialysis patients. *Nephrol Dial Transplant.* 20(7): 1429-1437, 2005.
- 52) 日本脈管学会編：下肢閉塞性動脈硬化症の診断・治療指針Ⅱ．株式会社メディカルトリビューン，東京，pp37-49，2007．
- 53) Chen LK, Liu LK, Woo J, et al.: Sarcopenia in Asia: consensus report of the Asian Working Group for Sarcopenia. *J Am Med Dir Assoc,* 15(2): 95-101, 2014.
- 54) 大塚礼，安藤富士子，下方浩史：栄養とサルコペニア．骨粗鬆症治療 14（1）：29-35，2015
- 55) 日本腎臓学会：慢性腎臓病に対する食事療法基準 2014 年版．日腎会誌 56（5）：553-599，2014

- 56) 佐野徳雄，廣瀬昇，丸山仁司他：腎不全患者における血液透析日の運動介入が QOL や身体機能に及ぼす影響．日本スポーツリハビリテーション学会誌 4：1-7，2015.
- 57) 下田博司，苅谷康之，奥村幸夫他：高齢血液透析患者の血液透析中運動的介入の効果．理学療法京都 (42): 47-51, 2013.

## 図表一覧

### 図

- 図 1 研究枠組み
- 図 2 実験 1 全体の流れ
- 図 3 実験 2 全体の流れ

### 表

- 表 1 調査項目一覧
- 表 2 心不全の運動療法における運動処方
- 表 3 実験 1 対象者特性
- 表 4 実験 1 介入前後の動脈硬化指標
- 表 5 実験 1 介入前後の身体運動機能
- 表 6 実験 2 対象者特性
- 表 7 実験 2 年齢別，透析原疾患別の介入前の測定値の特性
- 表 8 実験 2 ライフスタイルの結果
- 表 9 実験 2 家族・経済の結果
- 表 10 実験 2 健康感・ストレスの結果
- 表 11 実験 2 QOL（LSIK）の結果
- 表 12 実験 2 年齢別の介入前後の結果
- 表 13 実験 2 透析原疾患別の介入前後の比較
- 表 14 実験 2 回転数群別での基本属性、対象者特性の比較
- 表 15-1 実験 2 回転数のカットオフ値で群分けした各要因の介入前後及び回転数以上群と未満群の比較
- 表 15-2 実験 2 高齢群の回転数のカットオフ値で群分けした各要因の介入前後及び回転数以上群と未満群の比較
- 表 15-3 実験 2 非高齢群の回転数のカットオフ値で群分けした各要因の介入前後及び回転数以上群と未満群の比較
- 表 16 実験 2 年齢，介入前後の身体運動機能の関連性（相関係数）
- 表 17 実験 2 多重ロジスティック回帰分析の結果
- 表 18 平成 26 年度体力・運動能力調査結果の一部データ

## 図表

表1 調査項目一覧

大項目	中項目	小項目	細項目		
生物心理社会関連指標	基本属性		性別 年齢 透析原疾患		
		ライフスタイル	喫煙状況 飲酒状況 就寝および起床時間 不眠の有無 社会参加の有無		
	心理社会的因子	家族・経済	配偶者の有無 同居家族 身の回りの世話をしてくれる方 経済への満足感		
		健康感・ストレス	主観的健康感 自覚症状 今後の健康 ストレスの有無		
	健康関連指標	肥満指標		体重 Body Mass Index (BMI) 体脂肪率	
		動脈硬化指標		上腕足首間脈波伝搬速度 (baPWV) 上腕足首血圧比 (ABI) 血管内皮機能 (RHI)	
			身体運動機能指標		筋力 柔軟性 バランス能力 歩行能力
				QOL	生活満足度調査 (LSIK)

**表2 心不全の運動療法における運動処方**

運動の種類	<ul style="list-style-type: none"> <li>・歩行（初期は屋内監視下）、自転車エルゴメータ、軽いエアロビクス体操、低強度レジスタンス運動</li> <li>・心不全患者には、ジョギング、水泳、激しいエアロビクスダンスは推奨されない</li> </ul>
運動強度	<p>【開始初期】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・屋内歩行50～80m/分×5～10分間または自転車エルゴメータ10～20W×5～10分間程度から開始する。</li> <li>・自覚症状や身体所見を目安にして1か月程度をかけて時間と強度を徐々に増量する。</li> <li>・簡便法として、安静時心拍数+30bpm（β遮断薬投与例では安静時心拍数+20bpm）を目標心拍数とする方法もある。</li> </ul> <p>【安定期到達目標】</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>最高酸素摂取量の40～60%のレベルまたは嫌気性代謝閾値レベルの心拍数</li> <li>心拍数予備能の30～50%，または最大心拍数の50～70% <ul style="list-style-type: none"> <li>・Karvonenの式において、軽症（NYHA I～II）では係数0.4～0.5、中等度～重症（NYHA III～IV）では係数0.3～0.4</li> </ul> </li> <li>Borg Scale 11～13（自覚的運動強度「楽である～ややきつい」）のレベル</li> </ol>
運動持続時間	<ul style="list-style-type: none"> <li>・1回5～10分×1日2回程度から開始，1日30～60分（1回20～30分×1日2回）まで徐々に増加させる。</li> </ul>
頻度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・週3～5回（重症例では週3回，軽症例では週5回まで増加させても良い）</li> <li>・週2～3回程度，低強度レジスタンス運動を併用しても良い。</li> </ul>
注意事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>・開始初期1か月間は特に低強度とし，心不全の増悪に注意する。</li> <li>・原則として開始初期には監視型，安定期では監視型と非監視型（在宅運動療法）との併用とする。</li> <li>・経過中は，常に自覚症状，体重，血中BNPの変化に留意する。</li> </ul>

「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」<sup>31)</sup>より，一部改変し，引用

**表3 実験1 対象者特性**

	性別	年齢 (歳)	透析年数 (年)	透析原疾患	身長 (cm)	体重 (kg)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )
症例A	男	77	6	非糖尿病性	160.0	68.0	26.6
症例B	女	73	24	非糖尿病性	142.5	47.4	23.3
症例C	女	71	22	非糖尿病性	155.2	46.0	19.1
症例D	男	76	1	糖尿病性腎症	165.0	57.8	21.2
症例E	女	53	2	糖尿病性腎症	155.0	46.4	19.3
症例F	男	71	5	糖尿病性腎症	158.2	49.2	19.7
症例G	男	85	5	糖尿病性腎症	158.5	42.2	16.8

**表4 実験 1 介入前後の動脈硬化指標**

	RHI		baPWV(cm/s)		ABI	
	介入前	介入後	介入前	介入後	介入前	介入後
症例A	2	1.11	1769	1792	0.82	0.66
症例B	2.99	※	1749	1794	1.5	1.26
症例C	1.22	※	1863	1993	1.25	0.97
症例D	1.45	1.8	2123	2343	0.73	0.69
症例E	2.98	2.43	2009	2168	1.15	1.25
症例F	1.69	1.65	2243	2111	1.05	1.19
症例G	1.91	2.04	3852	2250	0.86	0.81

※機器エラーにより、測定できず



**表5 実験1 介入前後の身体運動機能**

	FRT (cm)		TUG (s)		右膝伸展筋力(N)		10m歩行時間 (s)		6分間歩行距離(m)	
	介入前	介入後	介入前	介入後	介入前	介入後	介入前	介入後	介入前	介入後
症例A	16.5	18.0	12.1	12.9	8.0	13.9	12.2	10.3	147.0	237.0
症例B	12.5	19.0	10.0	11.3	14.6	13.8	7.2	9.3	352.0	331.0
症例C	24.0	24.5	11.8	8.9	8.2	7.1	8.7	9.0	264.0	270.0
症例D	8.5	20.0	14.3	12.1	19.5	19.8	13.4	8.9	256.0	290.0
症例E	26.5	22.5	7.6	6.4	15.0	14.7	5.6	5.8	412.0	482.0
症例F	10.0	16.5	11.1	9.8	17.2	22.5	7.9	8.0	176.0	336.0
症例G	24.0	18.0	13.7	13.0	※	15.2	※	8.4	※	315.0

※事情により未測定

**表6 実験2 対象者特性**

患者ID	年齢(歳)	性別	施設	透析年数 (年)	透析原疾患	シャント側	透析回数 (/週)
1	71	男性	A	2	DM	左シャント	3
2	52	女性	A	4	non-DM	左シャント	3
3	39	女性	A	13	non-DM	左シャント	3
4	70	男性	A	1	DM	左シャント	3
5	63	男性	A	2	non-DM	左シャント	3
6	69	女性	A	20	DM	左シャント	3
7	75	男性	A	2	non-DM	左シャント	3
8	68	女性	A	4	DM	左シャント	3
9	65	男性	A	0	DM	左シャント	3
10	69	男性	A	2	non-DM	左シャント	3
11	65	男性	A	3	DM	左シャント	3
12	59	男性	A	4	non-DM	左シャント	3
13	60	男性	A	2	DM	左シャント	3
14	66	男性	A	9	non-DM	左シャント	3
15	54	男性	A	18	non-DM	左シャント	3
16	56	男性	A	27	non-DM	左シャント	3
17	60	男性	A	3	DM	左シャント	3
18	60	男性	A	11	non-DM	左シャント	3
19	71	男性	A	1	non-DM	左シャント	3
20	78	男性	B	7	non-DM	右シャント	3
21	72	女性	B	23	non-DM	左シャント	3
22	73	女性	B	2	DM	左シャント	3
23	54	女性	B	3	DM	左シャント	3
24	73	女性	B	26	non-DM	左シャント	3
25	78	男性	B	2	DM	右シャント	2
26	80	男性	B	4	DM	左シャント	3
27	86	男性	B	6	DM	右シャント	3

DM; 糖尿病性腎症, non-DM; 非糖尿病性腎症

表7 実験2 年齢別，透析原疾患別の介入前の測定値全体の特性

項目	年齢別		透析原疾患別		全体
	高齢群 (n=17)	非高齢群 (n=10)	DM群 (n=13)	non-DM群 (n=14)	
年齢	72.3 ± 5.7	<b>55.7 ± 6.8**</b>	69.2 ± 8.8	63.4 ± 10.8	66.1 ± 10.1
性別 (男性人数：女性人数)	12 : 5	7 : 3	9 : 4	10 : 4	19 : 8
透析原疾患 (DM人数：nonDM人数)	9 : 8	2 : 8	13 : 0	0 : 14	13 : 14
回転数(回/30分)	1406.1 ± 474.6	1717 ± 215.0	1437 ± 469	1599.3 ± 373.3	1521 ± 422
身長 (cm)	161.2 ± 10.2	163.6 ± 6.5	161.3 ± 10.3	162.8 ± 7.8	162.1 ± 8.9
体重 (kg)	55.9 ± 9.4	59.9 ± 10.8	56.2 ± 12.2	58.5 ± 7.5	57.4 ± 9.9
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	21.6 ± 3.5	22.4 ± 3.8	21.6 ± 4.3	22.1 ± 2.9	21.9 ± 3.6
体脂肪率 (%)	20.7 ± 9.6	19.9 ± 7.7	20 ± 9.8	20.8 ± 8.2	20.4 ± 8.8
baPWV (cm/s)	2081.0 ± 675.2	<b>1658 ± 203.1*</b>	2110 ± 738	1751.8 ± 326.0	1924 ± 582
ABI	1.14 ± 0.20	1.29 ± 0.18	1.1 ± 0.2	1.20 ± 0.18	1.15 ± 0.19
握力 (kg)	24.0 ± 10.8	31.0 ± 8.2	23.1 ± 7.4	29.9 ± 11.8	26.6 ± 10.4
膝伸展筋力 (kgf)	20.0 ± 10.8	27.3 ± 13.2	21.3 ± 11.6	24.0 ± 12.7	22.7 ± 12.0
開眼片脚立位時間 (s)	21.0 ± 20.9	<b>43.1 ± 22.8**</b>	16.8 ± 16.4	<b>40.6 ± 24.2*</b>	29.1 ± 23.8
長座体前屈 (cm)	29.0 ± 16.5	33.1 ± 7.4	31.2 ± 12.5	29.8 ± 15.4	30.5 ± 13.8
6分間歩行距離 (m)	343.9 ± 124.1	<b>525.0 ± 89.8**</b>	407.5 ± 145	414.3 ± 144.5	411.0 ± 142

高齢群と非高齢群の比較およびDM群とnon-DM群の比較：\*\*p<0.01，\*p<0.05

表8 実験2 ライフスタイルの結果

患者ID	介入前						介入後					
	喫煙 <sup>1)</sup>	飲酒	就寝時間	起床時間	不眠 <sup>2)</sup>	社会参加 <sup>3)</sup>	喫煙 <sup>1)</sup>	飲酒	就寝時間	起床時間	不眠 <sup>2)</sup>	社会参加 <sup>3)</sup>
1	喫煙	非飲酒群	22時以前	6時以前	睡眠良好	不参加	喫煙	非飲酒群	22時以前	6時以前	睡眠良好	不参加
2	非喫煙	非飲酒群	不規則	6時台前半	睡眠良好	不参加	非喫煙	非飲酒群	不規則	6時台前半	睡眠良好	不参加
3	非喫煙	非飲酒群	23時台	6時以前	睡眠良好	不参加	非喫煙	非飲酒群	23時台	6時以前	睡眠良好	不参加
4	非喫煙	非飲酒群	22時以前	6時台前半	睡眠良好	不参加	非喫煙	非飲酒群	22時以前	6時台前半	睡眠良好	不参加
5	非喫煙	飲酒群	23時台	7時台前半			非喫煙	非飲酒群	22時台	6時以前	不眠	不参加
6	非喫煙	非飲酒群	22時台	6時台前半	睡眠良好	参加	非喫煙	非飲酒群	22時台	6時台前半	睡眠良好	参加
7	喫煙	飲酒群	22時以前	6時台前半	睡眠良好	不参加	喫煙	飲酒群	22時以前	6時以前	睡眠良好	不参加
8	非喫煙	非飲酒群	23時台	6時台前半	不眠	不参加	非喫煙	非飲酒群	23時台	6時台前半	不眠	不参加
9	非喫煙	非飲酒群	22時以前	6時台前半	不眠	参加	非喫煙	非飲酒群	22時以前	6時台前半	睡眠良好	参加
10	非喫煙	非飲酒群	22時以前	6時以前	睡眠良好	不参加	非喫煙	非飲酒群	22時以前	6時以前	睡眠良好	参加
11	非喫煙	非飲酒群	22時台	6時以前	不眠	不参加	非喫煙	非飲酒群	22時台	6時以前	不眠	不参加
12	非喫煙	非飲酒群	23時台	6時以前	睡眠良好	不参加	非喫煙	非飲酒群	23時台	6時以前	睡眠良好	参加
13	非喫煙	非飲酒群	22時台	6時以前	睡眠良好	参加	非喫煙	非飲酒群	22時台	6時以前	睡眠良好	不参加
14	非喫煙	非飲酒群	23時台	6時台後半	睡眠良好	不参加	非喫煙	非飲酒群	22時台	7時台前半	睡眠良好	不参加
15	非喫煙	非飲酒群	午前2時以降	8時以降	睡眠良好	不参加	非喫煙	非飲酒群	午前2時以降	7時台前半	睡眠良好	参加
16	非喫煙	非飲酒群	午前0時台	6時以前	睡眠良好	不参加	非喫煙	非飲酒群	23時台	6時以前	睡眠良好	参加
17	非喫煙	非飲酒群	午前0時台	6時以前	睡眠良好	不参加	非喫煙	非飲酒群	23時台	6時以前	睡眠良好	不参加
18	非喫煙	非飲酒群	23時台	6時台前半	睡眠良好	参加	非喫煙	非飲酒群	23時台	6時以前	睡眠良好	参加
19	非喫煙	飲酒群	22時台	6時以前	睡眠良好	不参加	非喫煙	飲酒群	22時台	6時以前	睡眠良好	不参加
20	非喫煙	非飲酒群					非喫煙	非飲酒群	22時以前	6時以前	睡眠良好	不参加
21	非喫煙	非飲酒群	23時台	6時台前半	睡眠良好	不参加	非喫煙	非飲酒群	23時台	6時台前半	睡眠良好	不参加
22	非喫煙	非飲酒群	22時以前	不規則	睡眠良好	不参加	非喫煙	非飲酒群	22時台	6時以前	不眠	不参加
23	非喫煙	非飲酒群	23時台	7時台前半	睡眠良好	不参加	非喫煙	非飲酒群	23時台	6時台後半	睡眠良好	参加
24	非喫煙	非飲酒群					非喫煙	非飲酒群	22時台	6時台前半	睡眠良好	不参加
25	非喫煙	非飲酒群	23時台	7時台後半	睡眠良好	不参加	非喫煙	非飲酒群	22時台		睡眠良好	不参加
26	非喫煙	非飲酒群	23時台	6時以前	不眠	不参加	非喫煙	非飲酒群	24時台	6時以前	睡眠良好	不参加
27	非喫煙	非飲酒群	22時台	8時以降	睡眠良好	不参加	非喫煙	非飲酒群	22時台	6時台前半	睡眠良好	不参加

注1) 喫煙群：現在喫煙している，非喫煙群：現在喫煙していない

注2) 不眠について：睡眠良好=「快眠である」+「まあまあ眠れている」，不眠群=「あまり眠れていない」+「不眠である」

注3) 社会参加について：参加=「よく参加している（週に1～2回以上）」+「たまに参加している（月2回以上）」，不参加=「あまり参加していない（月1回程度）」+「参加していない」

表9 実験2 家族・経済の結果

患者ID	介入前			介入後	
	配偶者	同居家族	世話人	経済状態 <sup>1)</sup>	経済状態 <sup>1)</sup>
1	有	配偶者	配偶者	満足	満足
2	有	配偶者とこどもら	配偶者	満足	満足
3	有	配偶者	配偶者	満足	満足
4	有	配偶者	配偶者	不満足	不満足
5	有	配偶者	配偶者	満足	満足
6	無	一人暮らし	特にいない	満足	満足
7	無	こどもら	介護サービスの利用	不満足	不満足
9	無	こどもら	こどもら	満足	満足
10	無	こどもら	こどもら	満足	満足
11	有	配偶者とこどもら	配偶者	満足	満足
12	無	こどもら	介護サービスの利用	満足	不満足
13	有	こどもら	配偶者	満足	不満足
14	有	配偶者とこどもら	特にいない	不満足	不満足
15	有	配偶者とこどもら	配偶者	満足	満足
16	有	配偶者	配偶者	満足	満足
17	有	配偶者とこどもら	特にいない	不満足	不満足
18	有	配偶者とこどもら	配偶者	満足	満足
19	有	配偶者とこどもら	配偶者	満足	満足
20	有	配偶者	配偶者	満足	不満足
21	有	配偶者とこどもら	特にいない	満足	不満足
22	無	一人暮らし	介護サービスの利用	満足	満足
23	有	配偶者	配偶者	不満足	不満足
25	有	配偶者	配偶者	満足	満足
26	有	配偶者	配偶者	満足	満足
27	有	配偶者とこどもら	配偶者	不満足	不満足
28	有	配偶者	配偶者	満足	満足
29	有	配偶者とこどもら	配偶者	満足	満足

注1) 経済状態について：満足=「満足している」+「まあまあ満足している」，  
不満足=「あまり満足していない」+「満足していない」

**表10 実験2 健康感・ストレスの結果**

患者ID	介入前				介入後			
	主観的健康感 <sup>1)</sup>	自覚症状 <sup>2)</sup>	今後の健康 <sup>3)</sup>	ストレス <sup>4)</sup>	主観的健康感 <sup>1)</sup>	自覚症状 <sup>2)</sup>	今後の健康 <sup>3)</sup>	ストレス <sup>4)</sup>
1	健康	2	維持・改善	ストレス	不健康	1	維持・改善	非ストレス
2	不健康	3	維持・改善	非ストレス	健康	2	維持・改善	ストレス
3	不健康	4	維持・改善	ストレス	不健康	1	維持・改善	ストレス
4	不健康	4	維持・改善	非ストレス	不健康	4	無関心	非ストレス
5	不健康	0	維持・改善	非ストレス	不健康	2	維持・改善	非ストレス
6	不健康	2	維持・改善	非ストレス	健康	2	維持・改善	非ストレス
7	不健康	6	維持・改善	ストレス	不健康	6	維持・改善	ストレス
9	不健康	6	維持・改善	ストレス	不健康	6	維持・改善	ストレス
10	不健康	5	維持・改善	ストレス	不健康	3	維持・改善	非ストレス
11	健康	0	維持・改善	非ストレス	健康	0	維持・改善	非ストレス
12	健康	2	維持・改善	ストレス	不健康	3	維持・改善	ストレス
13	不健康	4	維持・改善	ストレス	不健康	2	維持・改善	ストレス
14	健康	1	維持・改善	非ストレス	健康	1	維持・改善	非ストレス
15	不健康	1	無関心	ストレス	不健康	1	維持・改善	ストレス
16	不健康	1	維持・改善	非ストレス	不健康	1	維持・改善	非ストレス
17	不健康	8	無関心	ストレス	不健康	5	無関心	ストレス
18	不健康	3	維持・改善	ストレス	不健康	4	維持・改善	ストレス
19	不健康	2	維持・改善	非ストレス	健康	1	維持・改善	非ストレス
20	健康	0	維持・改善	非ストレス		1	維持・改善	非ストレス
21	不健康	2	無関心	ストレス	不健康	2	無関心	非ストレス
22	不健康	2	維持・改善	非ストレス	不健康	3	維持・改善	非ストレス
23	健康	2	維持・改善	ストレス	不健康	3	無関心	ストレス
25	健康	1	維持・改善	非ストレス	健康	0	維持・改善	非ストレス
26	不健康	0	維持・改善	非ストレス	健康	3	維持・改善	ストレス
27	不健康	3	維持・改善	ストレス	不健康	3	維持・改善	ストレス
28	健康	5	維持・改善	非ストレス	不健康	6	維持・改善	非ストレス
29	健康	3	維持・改善	非ストレス	健康	1	無関心	非ストレス

注1) 主観的健康感：健康=「非常に健康だと思う」+「健康な方だと思う」，  
不健康=「あまり健康ではない」+「健康ではない」

注2) 下記の11症状を1項目1点とし、総得点を示した。  
「疲れやすい」，「肩や首筋に凝りや痛みがある」，「食欲がない」，「頭痛や頭重感がある」，  
「目が疲れやすい」，「よく下痢や便秘をする」，「動悸がする」，「腰痛がある」，「よく眠れない」，  
「憂うつで気が沈みやすい」，「何をするにもおっくうで根気がない」

注3) 今後の健康：維持・改善=「今よりも良くしたい」+「今の状態を保ちたい」，無関心=「今より悪くなるのは  
困るが、積極的に考えたことがない」+「健康のことには関心がない」

注4) 非ストレス=「まったく感じていない」，「あまり感じていない」，ストレス=「まあまあ感じている」+  
「よく感じている」

**表11 実験2 QOL (LSIK) の結果**

	介入前	介入後
LSIK「人生全体の幸福感」 <sup>1)</sup>	1.23 ± 1.07	1.50 ± 1.33
LSIK「心理的安定」 <sup>2)</sup>	1.73 ± 0.78	1.92 ± 0.98
LSIK「老いについての評価」 <sup>3)</sup>	1.08 ± 0.74	1.23 ± 0.71
LSIK「主体的幸福感」 <sup>4)</sup>	3.96 ± 1.79	4.48 ± 2.59

注1) 人生全体の幸福感：下記4項目の総得点4点満点で示した。

「2) 全体として、あなたの今の生活に不幸せなことがどれくらいあると思いますか」、「4) あなたの人生は、他の人にくらべて恵まれていたと思いますか」、「6) あなたの人生を振り返ってみて、満足できますか」、「9) これまでの人生で、あなたは、求めていたことのほとんどを実現できたと思いますか」

注2) 心理的安定：下記3項目の総得点3点満点で示した。

「3) 最近になって小さなことを気にするようになったと思いますか」、「7) 生きることは大変きびしいと思いますか」、「8) 物事をいつも深刻に考えるほうですか」

注3) 老いについての評価：下記2項目の総得点2点満点で示した。

「1) あなたは去年と同じように元気だと思いますか」、「5) あなたは、年をとって前よりも役に立たなくなったと思いますか」

注4) 主体的幸福感：上記9項目の質問の総得点

表12 実験2 年齢別の介入前後の比較

	介入前	介入後
体重 (kg)	59.9 ± 10.8	60.1 ± 10.6
BMI (kgm <sup>2</sup> )	22.4 ± 3.8	22.5 ± 3.8
体脂肪率 (%)	19.9 ± 7.7	18.9 ± 8.3
baPWV (cms)	1658.3 ± 203.1	1807.3 ± 324.1
ABI	1.2 ± 0.2	1.2 ± 0.2
握力 (kg)	31.0 ± 8.2	30.4 ± 8.5
非高齢群 膝伸展筋力 (kgm)	27.3 ± 13.2	29.8 ± 15.7
(n=10) 開眼片脚立位時間 (s)	43.1 ± 22.8	46.4 ± 22.3
長座体前屈 (cm)	33.1 ± 7.4	34.0 ± 6.8
6分間歩行距離 (m)	525.0 ± 89.8	534.2 ± 90.3
LSIK「人生全体の幸福感」	<b>0.8 ± 1.1</b>	<b>1.4 ± 1.4*</b>
LSIK「心理的安定」	1.9 ± 0.9	2.1 ± 0.9
LSIK「老いについての評価」	1.3 ± 0.8	1.1 ± 0.9
LSIK「主体的幸福感」	4.0 ± 1.9	4.6 ± 2.7
体重 (kg)	55.7 ± 10.0	56.3 ± 10.1
BMI (kgm <sup>2</sup> )	21.8 ± 3.7	22.0 ± 3.7
体脂肪率 (%)	21.6 ± 9.8	23.1 ± 10.7
baPWV (cms)	<b>2122.0 ± 710.8<sup>†</sup></b>	2240.9 ± 690.0
ABI	1.2 ± 0.2	1.1 ± 0.2
握力 (kg)	23.9 ± 10.6	23.9 ± 11.3
高齢群 膝伸展筋力 (kgm)	19.4 ± 11.4	20.7 ± 12.5
(n=17) 開眼片脚立位時間 (s)	<b>19.7 ± 19.5<sup>††</sup></b>	<b>19.9 ± 19.5<sup>†</sup></b>
長座体前屈 (cm)	27.5 ± 17.1	29.9 ± 15.2
6分間歩行距離 (m)	<b>351.4 ± 129.8<sup>††</sup></b>	<b>386.3 ± 120.8<sup>††*</sup></b>
LSIK「人生全体の幸福感」	1.5 ± 1.0	1.4 ± 1.2
LSIK「心理的安定」	1.5 ± 0.6	1.7 ± 1.0
LSIK「老いについての評価」	0.9 ± 0.7	1.3 ± 0.6
LSIK「主体的幸福感」	3.9 ± 1.7	4.4 ± 2.2

介入前後の比較：\*\*p<0.01, \*p<0.05

高齢群と非高齢群間の比較：<sup>††</sup>p<0.01, <sup>†</sup>p<0.05



表13 実験2 透析原疾患別の介入前後の比較

	介入前	介入後
体重 (kg)	56.22 ± 12.23	56.68 ± 12.13
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	21.62 ± 4.30	21.83 ± 4.25
体脂肪率 (%)	19.99 ± 9.79	20.92 ± 9.72
baPWV (cm/s)	<b>2110.38 ± 738.41</b>	<b>2327.85 ± 621.1*</b>
ABI	1.09 ± 0.23	1.10 ± 0.25
握力 (kg)	23.08 ± 7.40	22.60 ± 7.24
DM群 (n=13) 膝伸展筋力 (kgm)	21.25 ± 11.60	22.18 ± 9.37
開眼片脚立位時間 (s)	16.81 ± 16.47	20.26 ± 20.75
長座体前屈 (cm)	31.19 ± 12.45	31.88 ± 12.24
6分間歩行距離 (m)	407.46 ± 145.34	423.92 ± 142.66
LSIK 「人生全体の幸福感」	1.77 ± 0.93	1.92 ± 1.31
LSIK 「心理的安定」	1.69 ± 0.48	2.08 ± 1.00
LSIK 「老いについての評価」	1.23 ± 0.83	1.25 ± 0.75
LSIK 「主体的幸福感」	4.69 ± 1.32	4.85 ± 3.00
体重 (kg)	58.50 ± 7.47	58.49 ± 7.68
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	22.14 ± 2.89	22.14 ± 2.97
体脂肪率 (%)	20.76 ± 8.16	20.64 ± 10.09
baPWV (cm/s)	1751.79 ± 326.05	<b>1834.69 ± 470.2<sup>††</sup></b>
ABI	1.20 ± 0.18	1.15 ± 0.24
握力 (kg)	29.86 ± 11.84	29.76 ± 12.65
non-DM 群 (n=14) 膝伸展筋力 (kgm)	24.01 ± 12.69	27.37 ± 16.99
開眼片脚立位時間 (s)	<b>40.61 ± 24.24<sup>†</sup></b>	40.11 ± 24.52
長座体前屈 (cm)	29.82 ± 15.42	32.64 ± 13.49
6分間歩行距離 (m)	<b>414.29 ± 144.54</b>	<b>457.86 ± 134.6*</b>
LSIK 「人生全体の幸福感」	0.71 ± 0.91 <sup>††</sup>	1.14 ± 1.29
LSIK 「心理的安定」	1.71 ± 0.99	1.79 ± 0.97
LSIK 「老いについての評価」	0.86 ± 0.66	1.21 ± 0.70
LSIK 「主体的幸福感」	<b>3.29 ± 1.94<sup>†</sup></b>	4.14 ± 2.21

介入前後の比較 : \*\*p<0.01, \*p<0.05

DM群とnon-DM群間の比較 : <sup>††</sup>p<0.01, <sup>†</sup>p<0.05

表14 実験2 回転数群別での基本属性，対象者特性の比較

	90%回転 (1,620回転)		80%回転 (1,440回転)		70%回転 (1,260回転)	
	1,620 回転以上群 (n=16)	1,620 回転未満群 (n=11)	1,440 回転以上群 (n=18)	1,440 回転未満群 (n=9)	1,260 回転以上群 (n=19)	1,260 回転未満群 (n=8)
年齢 (歳)	62±9	70±11*	63±9	72±10*	63±9	73±11*
透析年数 (年)	6±8	10±9	8±9	7±7	8±9	7±7
平均回転数 (回/30分)	1826.92±69.84	1075.30±301.59**	1783.11±139.90	980.48±256.00**	1760.35±166.57	924.34±216.90**
運動時の胸部Borg Scale	10.31±1.99	11.09±1.76	10.44±1.92	11.00±1.94	10.21±2.12	11.63±0.52
運動時の下肢Borg Scale	10.31±1.99	11.64±2.11*	10.44±1.92	11.67±2.35*	10.12±2.12	12.38±1.06**
男女人数 (男：女)	12：4	7：4	13：5	6：3	14：5	5：3
透析原疾患人数 (DM：non-DM)	7：9	7：4	7：11	6：3	7：12	6：2
施設别人数 (A：B)	16：0	3：8	16：2	3：6	18：1	1：7

各回転数以上群と同未満群間の比較：\*\*p<0.01, \*p<0.05

表15-1 実験2 回転数のカットオフ値で群分けした各要因の介入前後および回転数以上群と未満群の比較

		90%回転 (1,620回転) 1,620回転以上群(n=16) 同回転未満群(n=11)		80%回転 (1,440回転) 1,440回転以上群(n=18) 同回転未満群(n=9)		70%回転 (1,260回転) 1,260回転以上群(n=19) 同回転未満群(n=8)	
		介入前	介入後	介入前	介入後	介入前	介入後
体重 (kg)	同回転以上群	60.00 ± 10.45	60.50 ± 10.47	59.99 ± 10.36	60.42 ± 10.41	59.93 ± 10.05	60.32 ± 10.11
	同回転未満群	53.40 ± 9.22	53.80 ± 9.07	51.85 ± 8.27	52.18 ± 7.90	50.83 ± 8.37	51.26 ± 8.06
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	同回転以上群	22.40 ± 3.68	22.60 ± 3.68	22.79 ± 3.65	22.98 ± 3.65	22.73 ± 3.55	22.89 ± 3.56
	同回転未満群	21.40 ± 3.84	21.60 ± 3.74	20.31 ± 3.41	20.45 ± 3.24	20.11 ± 3.63	20.30 ± 3.47
体脂肪率 (%)	同回転以上群	21.30 ± 9.17	20.60 ± 9.70	22.28 ± 9.29	21.56 ± 9.74	21.96 ± 9.11	21.22 ± 9.55
	同回転未満群	20.40 ± 8.99	22.60 ± 10.47	18.15 ± 7.89	21.04 ± 10.75	18.39 ± 8.49	21.83 ± 11.36
baPWV (cm/s)	同回転以上群	1882.5 ± 401.3	<b>2082.1 ± 592.2*</b>	1859.4 ± 384.3	<b>2026.8 ± 580.1*</b>	1835.9 ± 385.8	<b>2013.6 ± 565.5*</b>
	同回転未満群	2001.0 ± 800.1	2080.1 ± 628.8	2071.0 ± 874.6	2184.2 ± 645.6	2150.3 ± 899.7	2233.5 ± 671.8
ABI	同回転以上群	1.17 ± 0.15	1.15 ± 0.17	1.20 ± 0.17	1.17 ± 0.19	1.20 ± 0.16	1.17 ± 0.18
	同回転未満群	1.15 ± 0.22	1.14 ± 0.28	1.09 ± 0.19	1.08 ± 0.28	1.08 ± 0.2	1.07 ± 0.3
握力 (kg)	同回転以上群	31.9 ± 7.7	31.8 ± 9.2	30.8 ± 8.5	30.6 ± 9.7	31.1 ± 8.3	30.7 ± 9.4
	同回転未満群	<b>18.9 ± 9.0<sup>††</sup></b>	<b>18.4 ± 8.0<sup>††</sup></b>	<b>18.1 ± 8.6<sup>††</sup></b>	<b>17.8 ± 7.8<sup>††</sup></b>	<b>15.8 ± 5.6<sup>††</sup></b>	<b>15.8 ± 5.4<sup>††</sup></b>
膝伸展筋力 (kgm)	同回転以上群	29.1 ± 10.9	30.7 ± 14.3	27.5 ± 11.3	29.1 ± 14.3	27.0 ± 11.2	29.1 ± 13.9
	同回転未満群	<b>13.4 ± 6.0<sup>††</sup></b>	<b>16.5 ± 7.7<sup>††</sup></b>	<b>13.1 ± 6.7<sup>††</sup></b>	<b>16.4 ± 8.3<sup>†</sup></b>	<b>12.5 ± 6.9<sup>††</sup></b>	<b>14.9 ± 7.5<sup>††</sup></b>
開眼片脚立位時間 (s)	同回転以上群	38.9 ± 24.8	39.2 ± 25.0	36.2 ± 24.8	36.7 ± 24.6	34.8 ± 24.8	35.1 ± 25
	同回転未満群	<b>14.9 ± 13.2<sup>††</sup></b>	<b>17.9 ± 18.3<sup>†</sup></b>	<b>15.1 ± 14.2<sup>††</sup></b>	18.2 ± 20.4	<b>15.7 ± 15.1<sup>†</sup></b>	19.9 ± 21.1
長座体前屈 (cm)	同回転以上群	35.1 ± 8.5	37.5 ± 9.5	33.9 ± 9.9	37.0 ± 9.1	32.5 ± 11.4	35.8 ± 10.2
	同回転未満群	<b>23.8 ± 17.5<sup>†</sup></b>	<b>24.6 ± 13.1<sup>††</sup></b>	23.7 ± 18.3	<b>22.9 ± 13.9<sup>††</sup></b>	25.7 ± 18.4	<b>23.9 ± 14.5<sup>†</sup></b>
6分間歩行距離 (m)	同回転以上群	489.6 ± 106.1	531.0 ± 78.1	478.1 ± 106.6	515.1 ± 87.4	469.1 ± 110.8	504.8 ± 96.1
	同回転未満群	<b>296.7 ± 106.8<sup>††</sup></b>	<b>311.4 ± 90.3<sup>††</sup></b>	<b>276.8 ± 105.5<sup>††</sup></b>	<b>294.3 ± 90.2<sup>††</sup></b>	<b>273.0 ± 112.2<sup>††</sup></b>	<b>291.3 ± 95.9<sup>††</sup></b>
LSIK 「人生全体の幸福感」	同回転以上群	1.20 ± 1.21	1.33 ± 1.35	1.12 ± 1.17	1.41 ± 1.33	1.11 ± 1.13	1.33 ± 1.33
	同回転未満群	1.20 ± 0.92	1.50 ± 1.18	1.38 ± 0.92	1.38 ± 1.19	1.43 ± 0.98	1.57 ± 1.13
LSIK 「心理的安定」	同回転以上群	1.87 ± 0.74	1.80 ± 1.01	1.76 ± 0.83	1.71 ± 0.99	1.78 ± 0.81	1.78 ± 1
	同回転未満群	1.40 ± 0.70	2.00 ± 0.94	1.50 ± 0.53	2.25 ± 0.89	1.43 ± 0.53	2.14 ± 0.9
LSIK 「老いについての評価」	同回転以上群	1.07 ± 0.80	1.07 ± 0.80	1.00 ± 0.79	1.12 ± 0.78	1.00 ± 0.77	1.11 ± 0.76
	同回転未満群	1.10 ± 0.74	1.40 ± 0.52	1.25 ± 0.71	1.38 ± 0.52	1.29 ± 0.76	1.43 ± 0.53
LSIK 「主体的幸福感」	同回転以上群	4.13 ± 1.77	4.20 ± 2.65	3.88 ± 1.83	4.24 ± 2.54	3.89 ± 1.78	4.22 ± 2.46
	同回転未満群	3.70 ± 1.83	4.90 ± 1.91	4.13 ± 1.73	5.00 ± 2.00	4.14 ± 1.86	5.14 ± 2.12

介入前後の比較：\*p<0.05, 回転以上群と未満群間の比較：<sup>††</sup>p<0.01, <sup>†</sup>p<0.05

表15-2 実験2 高齢群の回転数のカットオフ値で群分けした各要因の介入前後および回転数以上群と未満群の比較

		90%回転 (1,620回転)		80%回転 (1,440回転)		70%回転 (1,260回転)		
		1,620回転以上群(n=8)		1,440回転以上群 (n=9)		1,260回転以上群(n=10)		
		同回転未満群 (n=9)		同回転未満群 (n=8)		同回転未満群 (n=7)		
		介入前	介入後	介入前	介入後	介入前	介入後	
高齢群	体重 (kg)	同回転以上群	59.0 ± 12.2	59.9 ± 12.3	57.9 ± 11.7	58.7 ± 11.9	58.0 ± 10.9	58.7 ± 11.2
		同回転未満群	52.8 ± 7.4	53.1 ± 7.1	53.2 ± 7.9	53.5 ± 7.5	52.3 ± 8.2	52.6 ± 7.9
	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	同回転以上群	22.4 ± 4.2	22.8 ± 4.2	22.7 ± 3.9	23.0 ± 3.9	22.6 ± 3.7	22.8 ± 3.7
		同回転未満群	21.2 ± 3.5	21.3 ± 3.3	20.7 ± 3.5	20.8 ± 3.3	20.5 ± 3.8	20.7 ± 3.6
	体脂肪率 (%)	同回転以上群	22.8 ± 10.2	22.8 ± 10.4	24.5 ± 10.6	24.4 ± 10.6	23.6 ± 10.2	23.4 ± 10.3
		同回転未満群	20.6 ± 10.0	23.3 ± 11.7	18.4 ± 8.5	21.5 ± 11.5	18.7 ± 9.3	22.6 ± 12.3
	baPWV (cm/s)	同回転以上群	2130.5 ± 362.9	2418.1 ± 646.4	2065.4 ± 391.5	2291.9 ± 696.9	1636.9 ± 203.1	1791.1 ± 339.4
		同回転未満群	2037.0 ± 890.0	2123.7 ± 693.7	2098.5 ± 930.8	2213.1 ± 683.9	<b>2193.0 ± 963.0<sup>†</sup></b>	2273.6 ± 715.2
	ABI	同回転以上群	1.21 ± 0.15	1.16 ± 0.12	1.22 ± 0.14	1.17 ± 0.11	1.21 ± 0.13	1.17 ± 0.11
		同回転未満群	1.11 ± 0.20	1.09 ± 0.28	1.08 ± 0.2	1.07 ± 0.3	1.06 ± 0.22	1.06 ± 0.32
	握力 (kg)	同回転以上群	31.3 ± 8.2	31.3 ± 10.8	29.2 ± 9.8	29.2 ± 11.8	32.4 ± 7.1	31.9 ± 7.4
		同回転未満群	<b>17.6 ± 8.8<sup>†</sup></b>	<b>17.4 ± 7.9<sup>†</sup></b>	<b>18.2 ± 9.2<sup>†</sup></b>	<b>17.9 ± 8.3<sup>†</sup></b>	<b>15.6 ± 6.0<sup>††</sup></b>	<b>15.7 ± 5.8<sup>††</sup></b>
	膝伸展筋力 (kgm)	同回転以上群	27.6 ± 9.5	29.2 ± 12.2	26.2 ± 9.8	27.3 ± 12.7	28.8 ± 13.1	30.9 ± 16.2
		同回転未満群	<b>13.3 ± 6.7<sup>†</sup></b>	<b>15.5 ± 8.3<sup>†</sup></b>	<b>13.0 ± 7.1<sup>†</sup></b>	15.9 ± 8.8	<b>12.3 ± 7.4<sup>††</sup></b>	<b>14.2 ± 7.8<sup>††</sup></b>
	開眼片脚立位時間 (s)	同回転以上群	30.6 ± 24.5	30.4 ± 25.5	28.0 ± 24.3	28.5 ± 24.5	44.4 ± 23.8	44.9 ± 23.1
		同回転未満群	12.4 ± 13.0	13.1 ± 13.0	13.1 ± 13.8	13.0 ± 13.9	<b>13.5 ± 14.8<sup>††</sup></b>	<b>14.1 ± 14.6<sup>†</sup></b>
	長座体前屈 (cm)	同回転以上群	37.6 ± 9.0	39.5 ± 10.4	34.3 ± 12.7	39.0 ± 9.8	31.3 ± 14.9	<b>36.3 ± 12.14<sup>*</sup></b>
		同回転未満群	<b>21.1 ± 18.3<sup>†</sup></b>	<b>22.6 ± 13.5<sup>††</sup></b>	22.4 ± 19.1	<b>20.9 ± 13.5<sup>††</sup></b>	24.5 ± 19.6	<b>21.8 ± 14.3<sup>†</sup></b>
	6分間歩行距離 (m)	同回転以上群	452.9 ± 92.2	494.3 ± 60.3	438.1 ± 95.0	477.0 ± 74.2	423.6 ± 99.0	<b>459.4 ± 87.14<sup>*</sup></b>
		同回転未満群	<b>261.0 ± 79.2<sup>††</sup></b>	<b>281.7 ± 67.6<sup>††</sup></b>	<b>251.8 ± 79.3<sup>††</sup></b>	<b>272.4 ± 65.9<sup>††</sup></b>	<b>243.9 ± 82.1<sup>††</sup></b>	<b>265.7 ± 68.2<sup>††</sup></b>
LSIK 「人生全体の幸福感」	同回転以上群	1.75 ± 1.04	1.75 ± 1.49	1.67 ± 1.00	1.89 ± 1.45	1.60 ± 0.97	1.70 ± 1.49	
	同回転未満群	1.25 ± 0.89	1.38 ± 1.19	1.29 ± 0.95	1.14 ± 1.07	1.33 ± 1.03	1.33 ± 1.03	
LSIK 「心理的安定」	同回転以上群	1.88 ± 0.64	1.63 ± 1.19	1.67 ± 0.87	1.56 ± 1.13	1.70 ± 0.82	1.70 ± 1.16	
	同回転未満群	1.38 ± 0.74	2.00 ± 0.93	1.57 ± 0.53	2.14 ± 0.9	1.5 ± 0.55	2 ± 0.89	
LSIK 「老いについての評価」	同回転以上群	0.88 ± 0.64	1.25 ± 0.71	0.78 ± 0.67	1.33 ± 0.71	0.80 ± 0.63	1.30 ± 0.67	
	同回転未満群	1.00 ± 0.76	1.38 ± 0.52	1.14 ± 0.69	1.29 ± 0.49	1.17 ± 0.75	1.33 ± 0.52	
LSIK 「主体的幸福感」	同回転以上群	4.50 ± 1.41	4.63 ± 3.11	4.11 ± 1.76	4.78 ± 2.95	4.10 ± 1.66	4.70 ± 2.79	
	同回転未満群	3.63 ± 2.00	4.75 ± 1.67	4.0 ± 1.83	4.57 ± 1.72	4.0 ± 2	4.67 ± 1.86	

介入前後の比較：\*p<0.05, 回転数以上群と同未満群間の比較：††p<0.01, †p<0.05

表15-3 実験2 非高齢群の回転数のカットオフ値で群分けした各要因の介入前後および回転数以上群と未満群の比較

		90%回転 (1,620回転) 1,620回転以上群(n=8) 同回転未満群 (n=2)		80%回転 (1,440回転) <sup>1)</sup> 1,440回転以上群 (n=9) 同回転未満群 (n=1)		70%回転 (1,260回転) <sup>1)</sup> 1,260回転以上群(n=9) 同回転未満群 (n=1)	
		介入前	介入後	介入前	介入後	介入前	介入後
非高齢群	体重 (kg)	同回転以上群 60.9 ± 9.48	同回転以上群 60.9 ± 9.4	同回転以上群 61.9 ± 9.3	同回転以上群 62.0 ± 9.3	同回転以上群 61.9 ± 9.3	同回転以上群 62.0 ± 9.3
		同回転未満群 55.8 ± 19.2	同回転未満群 55.6 ± 19.2				
	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	同回転以上群 22.4 ± 3.48	同回転以上群 22.4 ± 3.5	同回転以上群 22.9 ± 3.6	同回転以上群 23.0 ± 3.6	同回転以上群 22.9 ± 3.6	同回転以上群 23.0 ± 3.6
		同回転未満群 22.4 ± 6.7	同回転未満群 22.7 ± 6.6				
	体脂肪率 (%)	同回転以上群 20.0 ± 8.62	同回転以上群 18.7 ± 9.3	同回転以上群 20.3 ± 8.1	同回転以上群 19.1 ± 8.7	同回転以上群 20.3 ± 8.1	同回転以上群 19.1 ± 8.7
		同回転未満群 19.5 ± 4.3	同回転未満群 19.8 ± 3.2				
	baPWV (cm/s)	同回転以上群 1613.1 ± 203.3	同回転以上群 1788.1 ± 362.8	同回転以上群 1636.9 ± 203.1	同回転以上群 1791.1 ± 339.4	同回転以上群 1636.9 ± 203.1	同回転以上群 1791.1 ± 339.4
		同回転未満群 1839.0 ± 17.0	同回転未満群 1884.0 ± 97.6				
	ABI	同回転以上群 1.15 ± 0.16	同回転以上群 1.14 ± 0.22	同回転以上群 1.19 ± 0.20	同回転以上群 1.18 ± 0.24	同回転以上群 1.19 ± 0.20	同回転以上群 1.18 ± 0.24
		同回転未満群 1.35 ± 0.26	同回転未満群 1.35 ± 0.26				
	握力 (kg)	同回転以上群 32.5 ± 7.6	同回転以上群 32.2 ± 7.9	同回転以上群 32.4 ± 7.1	同回転以上群 31.9 ± 7.5	同回転以上群 32.4 ± 7.1	同回転以上群 31.9 ± 7.5
		同回転未満群 24.8 ± 10.1	同回転未満群 23.2 ± 8.8				
	膝伸展筋力 (kgm)	同回転以上群 30.6 ± 12.6	同回転以上群 32.1 ± 16.9	同回転以上群 28.8 ± 13.1	同回転以上群 30.9 ± 16.2	同回転以上群 28.8 ± 13.1	同回転以上群 30.9 ± 16.2
		同回転未満群 13.8 ± 0.0	同回転未満群 20.6 ± 0.8				
	開眼片脚立位時間 (s)	同回転以上群 32.3 ± 8.1	同回転以上群 34.0 ± 7.3	同回転以上群 32.9 ± 7.8	同回転以上群 33.5 ± 7.0	同回転以上群 32.9 ± 7.8	同回転以上群 33.5 ± 7.0
		同回転未満群 26.5 ± 6.6	同回転未満群 39.7 ± 28.7				
	長座体前屈 (cm)	同回転以上群 47.2 ± 23.7	同回転以上群 48.1 ± 22.5	同回転以上群 44.4 ± 23.8	同回転以上群 44.9 ± 23.1	同回転以上群 44.4 ± 23.8	同回転以上群 44.9 ± 23.1
		同回転未満群 36.3 ± 3.2	同回転未満群 34.0 ± 6.4				
	6分間歩行距離 (m)	同回転以上群 541.9 ± 93.0	同回転以上群 556.5 ± 86.4	同回転以上群 530.3 ± 93.6	同回転以上群 541.3 ± 92.7	同回転以上群 530.3 ± 93.6	同回転以上群 541.3 ± 92.7
		同回転未満群 457.5 ± 27.6	同回転未満群 445.0 ± 35.4				
LSIK 「人生全体の幸福感」	同回転以上群 0.75 ± 1.16	同回転以上群 1.25 ± 1.49	同回転以上群 0.67 ± 1.12	同回転以上群 1.22 ± 1.39	同回転以上群 0.67 ± 1.12	同回転以上群 1.22 ± 1.39	
	同回転未満群 1.00 ± 1.41	同回転未満群 2.00 ± 1.41					
LSIK 「心理的安定」	同回転以上群 2.00 ± 0.93	同回転以上群 2.13 ± 0.83	同回転以上群 2.00 ± 0.87	同回転以上群 2.00 ± 0.87	同回転以上群 2.00 ± 0.87	同回転以上群 2.00 ± 0.87	
	同回転未満群 1.50 ± 0.70	同回転未満群 2.00 ± 1.41					
LSIK 「老いについての評価」	同回転以上群 1.25 ± 0.89	同回転以上群 1.00 ± 0.93	同回転以上群 1.22 ± 0.83	同回転以上群 1.00 ± 0.87	同回転以上群 1.22 ± 0.83	同回転以上群 1.00 ± 0.87	
	同回転未満群 1.50 ± 0.71	同回転未満群 1.50 ± 0.71					
LSIK 「主体的幸福感」	同回転以上群 4.00 ± 2.14	同回転以上群 4.38 ± 2.72	同回転以上群 3.89 ± 2.03	同回転以上群 4.22 ± 2.59	同回転以上群 3.89 ± 2.03	同回転以上群 4.22 ± 2.59	
	同回転未満群 4.00 ± 1.41	同回転未満群 5.50 ± 3.54					

注1) 80%回転および70%回転では、回転未満群が1人となってしまったため、データは記載していない。

**表16 実験2 年齢，介入前後の身体運動機能の関連性（相関係数）**

	年齢	介入後 握力	介入後 膝伸展筋力	介入後 長座体前屈	介入後 6分間歩行距離
年齢	1.00	<b>-0.481**</b>	-0.326	-0.207	<b>-0.599**</b>
介入前握力	<b>-0.489**</b>	<b>0.976**</b>	<b>0.555**</b>	0.247	<b>0.535**</b>
介入前膝伸展筋力	-0.26	<b>0.498**</b>	<b>0.826**</b>	<b>0.448*</b>	<b>0.606**</b>
介入前開眼片脚立位時間	<b>-0.458*</b>	<b>0.549**</b>	0.265	0.021	<b>0.560**</b>
介入前長座体前屈	-0.12	0.138	0.376	<b>0.813**</b>	0.358
介入前6分間歩行距離	<b>-0.661**</b>	<b>0.504**</b>	<b>0.573**</b>	<b>0.393*</b>	<b>0.862**</b>

Spearmanの順位相関係数：\*\*p<0.01，\*p<0.05

**表17 実験2 多重ロジスティック回帰分析の結果**

		偏回帰係数	有意確率	オッズ比	信頼区間
(1) 90%回転	介入前6分間歩行距離	-0.016	0.007	0.984	0.972-0.996
(2) 80%回転	介入前6分間歩行距離	-0.019	0.015	0.981	0.966-0.996
(3) 70%回転	透析原疾患	3.800	0.045	44.698	1.096-1823.443
	介入前6分間歩行距離	-0.026	0.028	0.974	0.951-0.997
(1)モデルカイニ乗検定： $p < 0.01$ ，HosmerとLemeshowの検定： $p = 0.785$					
(2)モデルカイニ乗検定： $p < 0.01$ ，HosmerとLemeshowの検定： $p = 0.434$					
(3)モデルカイニ乗検定： $p < 0.01$ ，HosmerとLemeshowの検定： $p = 0.826$					

従属変数は，当該回転以上群を0，回転未満群を1とした。

独立変数は，年齢，透析原疾患（non-DM群=0，DM群=1），介入前開眼片脚立位時間，介入前長座体前屈，介入前6分間歩行距離の5変数とした。

表18 平成26年度体力・運動能力調査結果の一部データ

	年齢(歳)	男性			女性		
		標本数	平均値	標準偏差	標本数	平均値	標準偏差
握力(kg)	65-69	920	39.77	5.67	908	24.72	4.15
	70-74	912	37.46	5.71	907	23.75	4.00
	75-79	894	35.02	5.68	905	22.34	3.93
長座体前屈(cm)	65-69	930	36.66	9.92	925	40.51	8.53
	70-74	924	36.26	10.10	919	39.97	8.73
	75-79	928	34.93	10.72	923	38.82	9.08
開眼片足立ち(秒)	65-69	921	87.82	40.49	924	86.65	40.90
	70-74	921	71.30	42.88	918	71.81	44.41
	75-79	919	55.17	42.38	916	54.21	42.50
6分間歩行距離(m)	65-69	884	624.73	89.74	847	586.90	72.62
	70-74	842	603.09	86.13	850	565.10	70.53
	75-79	849	573.84	85.05	823	534.18	72.95

文部科学省：平成26年度体力・運動能力調査結果<sup>47)</sup>より一部抜粋



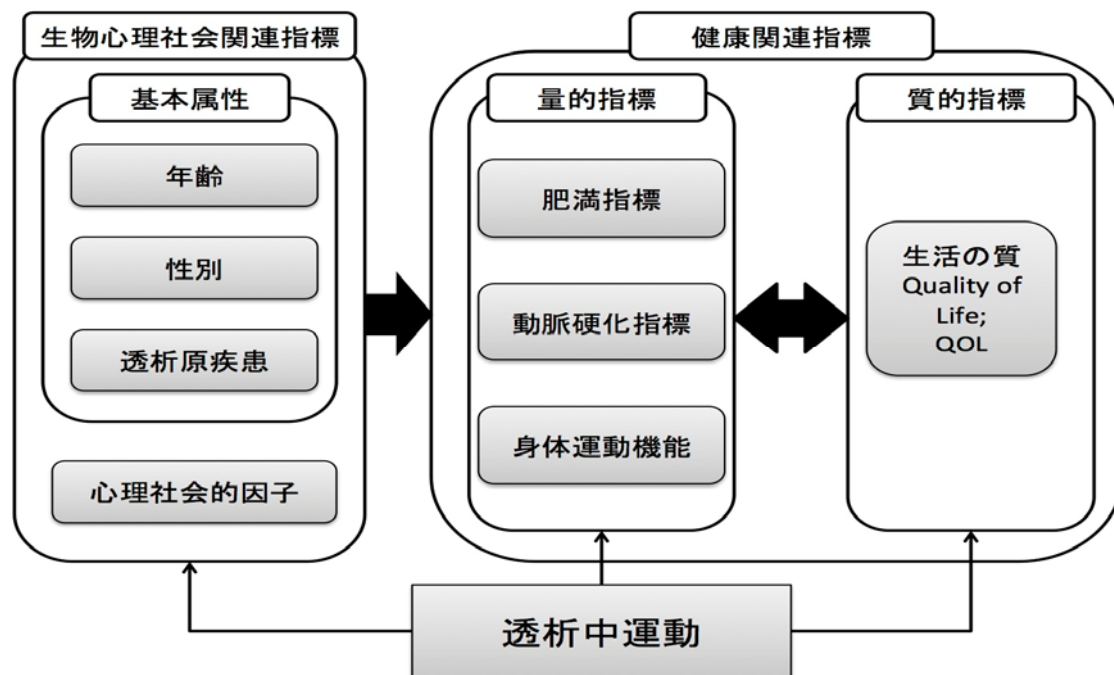


図1 研究の枠組み

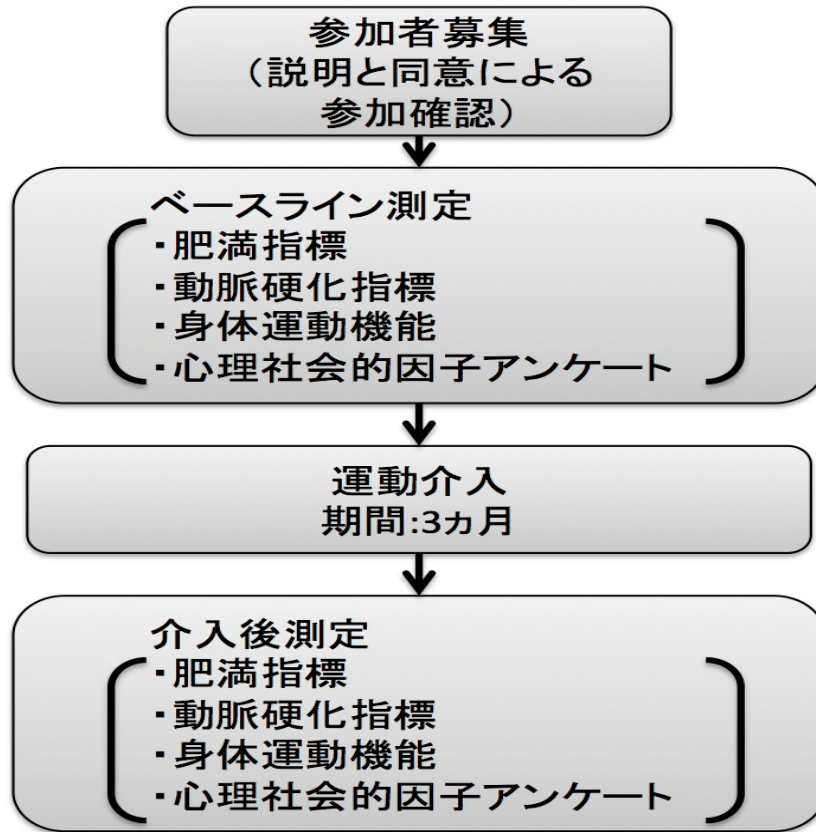


図2 実験1全体の流れ

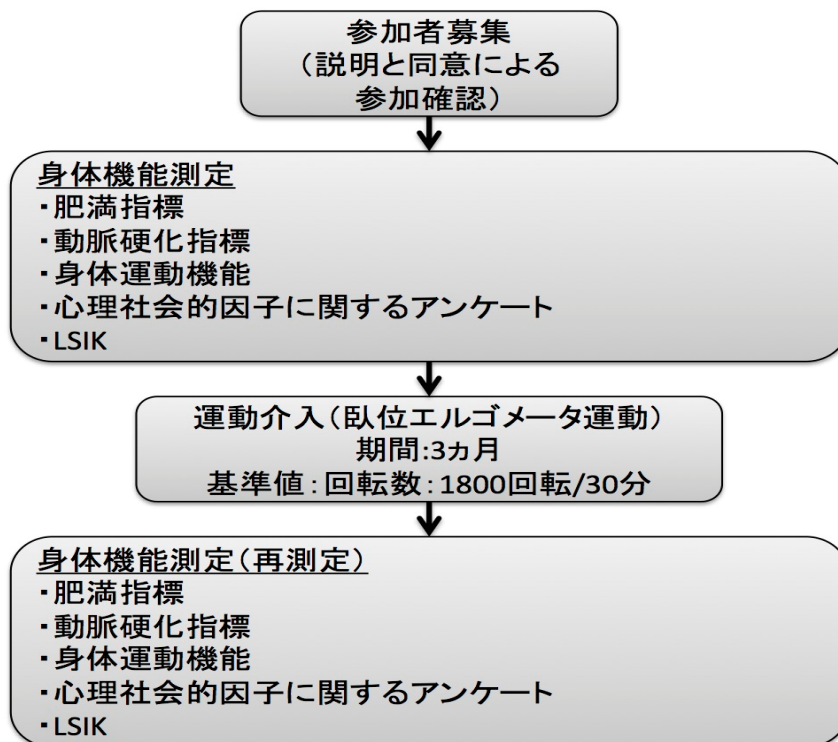


図3 実験2全体の流れ

資料

## 資料 1

## 健康と食生活，ライフスタイルに関する調査票

記載日： \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日 氏名： \_\_\_\_\_

## 【基本的情報】

問 1 現在，配偶者はいらっしゃいますか？

1. いる
2. いない

問 2 同居家族について当てはまるものに○をしてください

1. 一人暮らし
2. 配偶者
3. 配偶者と子どもら
4. 子どもら
5. その他

問 3 主に身の回りの世話などをしてくれる方はどなたですか(一つだけ○をしてください)

1. 配偶者
2. 子どもら(孫含む)
3. 介護サービスの利用
4. 特にいない
5. その他

問 4 現在の経済状態に満足をしていますか(一つだけ○をしてください)

1. 満足している
2. まあまあ満足している
3. あまり満足していない
4. 満足していない

## 【健康および身体の状況】

問 5 あなたは普段，自分を健康だと思えますか(一つだけ○をしてください)

1. 非常に健康だと思う
2. 健康な方だと思う
3. あまり健康ではない
4. 健康ではない

問 6 最近、次のような症状がありましたか(あればいくつでも○をしてください)。

1. 疲れやすい
2. 肩や首すじにこりや痛みがある
3. 食欲がない
4. 頭痛や頭重感がある
5. 目が疲れやすい
6. よく下痢や便秘をする
7. 動悸がする
8. 腰痛がある
9. よく眠れない
10. 憂うつで気が沈みやすい
11. 何をするにもおっくうで根気がない

問 7 ご自分の健康についてどのようにしたいと思っておりますか(一つだけ○をしてください)

1. 今よりも良くしたい
2. 今の状態を保ちたい
3. 今より悪くなるのは困るが，積極的に考えたことがない。
4. 健康のことには関心がない

問 8 あなたは普段，ストレスを感じていますか(一つだけ○をしてください)

1. まったく感じていない
2. あまり感じていない
3. まあまあ感じている
4. よく感じている

## 【ライフスタイル】

問9 あなたはたばこを吸っていますか（一つだけ○をしてください）

1. 以前から吸わない
2. 以前は吸っていたが、今は吸わない
3. 現在吸っている → ①一日の本数は約\_\_\_\_\_本, ②喫煙歴は約\_\_\_\_\_年

問10 あなたは現在お酒を飲んでいますか（一つだけ○をしてください）

1. ほとんど毎日
2. 週に4~5日
3. 週に2~3日
4. 週に1日以下
5. 以前は飲んでいましたが今は飲まない
6. 以前から飲まない

問11 あなたは平日（仕事日）何時に寝ますか（一つだけ○をしてください）

1. 午後10時以前
2. 午後10時台
3. 午後11時台
4. 午前0時台
5. 午前1時台
6. 午前2時以降
7. 不規則である

問12 あなたは平日（仕事日）何時に起きますか（一つだけ○をしてください）

1. 6時以前
2. 6時台前半
3. 6時台後半
4. 7時台前半
5. 7時台後半
6. 8時以降
7. 不規則である

問13 夜は眠れていますか？（一つだけ○をしてください）

1. 快眠である
2. まあまあ眠れている
3. あまり眠れていない
4. 不眠である

問14 病院以外で、地域の活動などに参加していますか（一つだけ○をしてください）

1. よく参加している（週に1~2回以上）
2. たまに参加している（月2回以上）
3. あまり参加していない（月1回程度）
4. 参加していない

ご協力ありがとうございました.

## 資料 2

### 生活満足度尺度 K (Life Satisfaction Index K ; LSIK)

記載日： \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日 氏名： \_\_\_\_\_

あなたの現在のお気持ちについて伺います。当てはまる答えの番号に○をつけてください。

1) あなたは去年と同じように元気だと思いますか

1. はい                      2. いいえ

2) 全体として、あなたの今の生活に不幸せなことがどれくらいあると思いますか。

1. ほとんどない      2. いくらかある      3. たくさんある

3) 最近になって小さなことを気にするようになったと思いますか。

1. はい                      2. いいえ

4) あなたの人生は、他の人にくらべて恵まれていたと思いますか

1. はい                      2. いいえ

5) あなたは、年をとって前よりも役に立たなくなったと思いますか。

1. そう思う              2. そうは思わない

6) あなたの人生を振り返ってみて、満足できますか。

1. 満足できる      2. だいたい満足できる      3. 満足できない

7) 生きることは大変きびしいと思いますか。

1. はい                      2. いいえ

8) 物事をいつも深刻に考えるほうですか。

1. はい                      2. いいえ

9) これまでの人生で、あなたは、求めていたことのほとんどを実現できたと思いますか。

1. はい                      2. いいえ