
卒業研究論文集

第 10 卷

ANNUAL REPORTS OF GRADUATION THESES

Vol. 10

長崎大学医学部保健学科

理学療法学専攻 10 期生

2014 年

卒業研究論文集 第10巻 2014年

目次

卒業研究論文

- 膝関節炎モデルラットの痛みと廃用性筋萎縮に対する筋収縮運動の影響
—対側肢の筋収縮運動が患側肢に及ぼす影響について—
.....井上慎太郎・松崎敏朗 1
- スクエアステップ教室が身体および認知機能に及ぼす影響
～実施期間の違いからみた比較～
.....氏福佑希・引地優人 9
- コード化によるハイハイ動作分析の試み
～運動学習過程検討のために～
.....岡田千奈・近藤沙都美・三重野志保 16
- 高強度定常負荷運動時の音楽刺激が運動継続時間,呼吸循環応答,自覚的運動強度に与える影響
- 15m Endurance Shuttle Walking and Run Test を用いて -
.....川満愛理・田淵優衣・宮崎成美 23
- ラット膝関節炎の急性期における寒冷療法ならびに
寒冷療法と運動療法の併用が腫脹や痛みにおよぼす影響
.....佐々木遼・西 祐樹 29
- 関節リウマチ患者の下肢機能に対する生物学的製剤の効果検証
—理学療法評価からの分析—
.....多山花奈・東 譲二 37
- 外来透析患者の QOL に関連する要因について
～運動習慣・社会活動状況からの検討～
.....古川隼人・庄司健一 45
- 疼痛が地域在住高齢者の心身機能や日常生活活動に及ぼす影響
.....村上直樹・山本勝仁 53

膝関節炎モデルラットの痛みと廃用性筋萎縮に対する

筋収縮運動の影響

—対側肢の筋収縮運動が患側肢に及ぼす影響について—

井上慎太郎・松崎敏朗

要旨

本研究では、一側膝関節炎モデルラットを用い、関節炎と不動により惹起される痛みと廃用性筋萎縮に対する対側肢の筋収縮運動の影響について行動学的・組織化学的に検討した。実験動物には Wistar 系雄性ラットを用い、1) 対照群、2) 右側膝関節に関節炎を惹起させ同側後肢を 2 週間ギプスで不動化する不動群、3) 不動群と同様の処置に合わせて、対側肢の腓腹筋に電気刺激を行う運動群に振り分けた。結果、右側腓腹筋の筋線維断面積は、不動群に比べ運動群が TypeIIa 線維のみ有意に高値を示したが、TypeI・IIb 線維では認められず、廃用性筋萎縮の進行抑制は明らかではなかった。ただ、廃用性筋萎縮に伴う 1 筋線維あたりの毛細血管数の減少は運動群において明らかに軽度であり、対側肢の筋収縮運動による何らかの影響が反映していると推測された。一方、関節炎と不動により惹起される炎症所見と痛みに関しては不動群と運動群の間に差はなく、対側肢の筋収縮運動による抗炎症作用は認められなかった。

はじめに

術後急性期の患者では、医学的管理により活動範囲が制限される場合があり、加えて、炎症と痛みが激しい場合には患側肢への積極的なアプローチが行えない。そのような状況では、患側肢は不活動状態に陥り、廃用性筋萎縮の発生を許してしまう¹⁾。また、近年の報告により、四肢が不動状態に陥ると皮膚の変化や中枢神経感作などにより痛みが発生することが明らかにされており²⁾、炎症に不動状態が重なると状況がさらに悪化する可能性がある。実際に、寺中ら³⁾の報告では、ラット膝関節に起炎剤を投与して同側下肢を 4 週間不動すると、起炎剤を投与したのみのラットより足底の機械的刺激に対する痛みが増加し、痛みの慢性化を助長することが明らかにされている。一般に、術後急性期の患者に対するリハビリテーションとしては、急性期から患側肢の運動を行っていくことで痛みの程度を減少できるといわれているが、実際の臨床では、患側へ直接アプローチすることは前述した理由などにより困難である。したがって、炎症と痛みが激しい患側肢の廃用性筋萎縮や不動に伴う痛みに対しては、遠隔から予防または治療効果を狙えるような手段が望まれる。

一方、骨格筋が内分泌器官であるという報告が多くなされており、筋収縮運動により筋細胞がサイトカインを血中に放出することが明らかにされている。そして、血中のサイトカインは遠隔の臓器において抗炎症作用、毛細血管の増加といった様々な効果を及ぼすと報告されている^{4~6)}。加えて、骨格筋と毛細血管の間には相関があることが様々な先行研究から報告されている。例えば、藤野ら⁷⁾は、廃用性筋萎縮に伴い骨格筋毛細血管に退行性変化が生じることを報告しており、また、金尾ら⁸⁾は筋線維肥大に伴い骨格筋毛細血管数が増加することを報告している。さらに Devici ら⁹⁾の研究では、慢性低酸素化でラットを飼育することで 1 筋線維あたりの毛細血管数の増加し、それに伴い筋断面積が増加することを明らかにしている。つまり、毛細血管数の増減によって筋線維サイズが変化することが示唆している。以上のことを考慮して患側肢の炎症と痛み、廃用性筋萎縮に対するアプローチを考えたとき、次のような仮説が立てられる。すなわち、患側ではなく対側肢に筋収縮運動を行い、血中にサイトカインを放出することができれば、患部の炎症を抑制し、また、毛細血管を増加させることにより廃用性筋萎縮の進行を抑制できる可能性がある。

そこで本研究では、動物モデルを用い、炎症急性期の患側肢が不動状態におかれた状態で、対側肢に運動を負荷した場合をシミュレーションした。具体的には、一側関節炎モデルラットの患側肢をギプスで不動化し、その状態で対側肢に電気刺激による筋収縮運動を行い、患側肢の炎症と廃用性筋萎縮に及ぼす影響を検討した。

材料と方法

1. 実験プロトコル

(1) 実験動物

実験動物には8週齢のWistar系雄性ラット21匹を用い、これらを実験として1)右側膝関節に関節炎を惹起させ、同部位をギプスで不動化させる群(以下、不動群;n=7)、2)不動群と同様の処置を行った後、対側に電気刺激による筋収縮運動を負荷する群(以下、運動群;n=7)、関節炎の疑似処置として生理食塩水を右側膝関節に注入する群(以下、対照群;n=7)の3群に振り分けた。なお、今回の実験は長崎大学が定める動物実験指針に準じ、長崎大学先端生命科学支援センター動物実験施設で実施した。

(2) 関節炎の惹起方法

不動群と運動群の各ラットは、ペントバルビタールナトリウム(40 mg/kg)の腹腔内投与によって麻酔を行った後、右側膝関節周囲を剃毛し、30ゲージの注射針(NIPRO)を用いて膝蓋靭帯の直上から起炎剤を投与した(患側肢)。起炎剤には生理食塩水に溶解した3% λ -カラゲニン・3%カオリン(Sigma, Wako)混合液100 μ lを用いた。なお、対照群に対しては疑似処置として上記と同様の方法で生理食塩水100 μ lを右側膝関節に注入した。

(3) ギプス固定の方法

不動群と運動群に対しては、関節炎の発症を確認した後、患側肢の自発運動を制限する目的でギプス固定を行った(図1)。具体的には、ペントバルビタールナトリウム(40 mg/kg)の腹腔内投与によって麻酔を行った後、右側膝関節を最大伸展位の状態でギプス包帯を用いて2週間不動化した。なお、その際足指は浮腫の発生と皮膚の状態を確認するために露出させ、ギプスの緩みや浮腫を確認した際には適宜巻き替えを行っ

た。

(4) 筋収縮運動の実施方法

運動群においては、左側の腓腹筋に電気刺激による筋収縮運動を負荷した(対側肢)。具体的には、ペントバルビタールナトリウム(40 mg/kg)の腹腔内投与によって麻酔を行い、左側の下腿後面に電極を添付し(図1)、低周波治療器トリオ300(伊藤超短波社)を用いて通電した。通電条件は刺激周波数100Hz、刺激強度4mA、パルス幅250 μ sec、2秒間収縮—2秒間弛緩とし、電気刺激の際には足関節底屈運動が生じていることを確認した。運動頻度は1日1時間、週5回で、実験期間は2週間とした。



図1 背面からみたラット

右側:患側肢(関節炎+ギプス固定)
左側:対側肢(電気刺激), 矢印:電極

2. 評価方法

起炎剤投与前と投与後1, 3, 7, 14日目に、以下に述べる方法で右側膝関節の腫脹と圧痛閾値、足底部の機械的刺激に対する痛覚閾値を測定・評価し、それにあわせて体重を測定した。

(1) 膝関節の腫脹

右側膝関節の腫脹は、右側膝関節の内・外側裂隙間の横径を用いて評価した。膝関節の横径はノギスを用いて測定した。

(2) 膝関節の圧痛閾値

右側膝関節の圧痛閾値は、プッシュプルゲージ(AIKOH ENGINEERING社製)を用いて測定した。具体的には、覚醒下で右側膝関節の外側

裂隙部に圧刺激を加え、後肢の逃避反応が出現する荷重量(N)を測定することで圧痛閾値を評価した。なお、測定は5回行い、その平均値をデータとして採用した。

(3) 足底部の機械的刺激に対する痛覚閾値

足底部の機械的刺激に対する痛覚閾値は、von frey filament (VFF)テストにより評価した。VFF テストとは、フィラメントの太さの違うことによって皮膚に入力される機械的刺激の強度が異なることを利用した痛覚検査法であり、今回は、4g と 15g の VFF を使用し、足底をそれぞれ 10 回刺激し、その際の痛み関連行動(刺激時における刺激側後肢の逃避反応)の出現回数を測定することで評価した。なお、4g の VFF はアロディニアを、15g の VFF は痛覚過敏を評価する。

(4) 相対重量比

実験終了後は、両側腓腹筋を摘出し、筋湿重量を計測し、体重 1kg あたりの相対重量比を算出した。その後、トラガントガムに包埋し、液体窒素で冷却したイソペンタン液内(-80℃)で急速凍結した。凍結した試料は、クリオスタット(Leica 社製)を用いて 7 μm 厚に薄切し、連続横断切片とし、組織学的・組織化学的検索に供した。

(5) 組織学的・組織化学的検索

横断切片には、ヘマトキシリン&エオジン(以下、H&E)染色を施し、筋線維壊死や浮腫などの筋病理学的所見の有無を確認した。また、筋線維タイプを分別するため横断切片を酸性前処理(pH4.3)によるミオシン ATPase 染色を施し、混合筋部の拡大像(100 倍)を顕微鏡用デジタルカメラを用いて撮影した。そして、画像解析ソフト(Image J)を用いてタイプ I, IIa, IIb 線維の筋線維断面積を一筋あたり各々 100 本以上計測した。さらに、毛細血管を可視化するためにアルカリフォスファターゼ染色(以下、AP 染色)を施し、混合筋部の拡大像(200 倍)を無作為に 1 筋あたり 5 視野撮影した。そして、視野内に含まれる全ての毛細血管数と筋線維数をカウントし、一筋線維あたりの毛細血管数を算出した。

(6) 統計処理

各検索結果については一元配置分散分析(以下、ANOVA)を適用し、3 群間の有意差を判定した。そして、ANOVA にて有意差を認め

場合は、事後検定として Fisher の PLSD 法を適用し、2 群間の比較を行った。なお、すべての統計手法とも有意水準は 5%未満とした。

結果

1. 体重

起炎剤投与後 7 日目までは対照群、不動群、運動群の 3 群間に有意差は認めなかったが、14 日目において、対照群に比べ不動群と運動群が有意に低値を示した(図 2)。

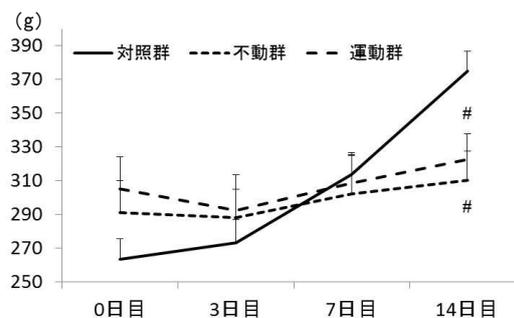


図 2 体重の変化

#:対照群との有意差(p<0.05)

2. 炎症と痛覚閾値

運動群と不動群では、起炎剤投与後 1 日目から右側膝関節(患側肢)に腫脹が発生し、膝関節の横径は対照群に比べ有意に高値を示した。しかし、3 日目以降は運動群と不動群の腫脹は消失し、3 群間に有意差を認めなかった。

運動群と不動群の右側膝関節(患側肢)の圧痛閾値は、起炎剤投与後 1 日目から対照群に比べ有意に低下し、14 日目までその状態が続いた。運動群と不動群との間に有意差は認めなかった(図 3)。

右側足底部(患側肢)の VFF4g に対する痛覚閾値は、実験期間を通して 3 群間に有意差を認めなかった。VFF15g に対する痛覚閾値では、起炎剤投与後 1 日目から、対照群に比べ不動群と運動群が有意に低下したが、運動群と不動群の間に有意差は認めなかった。その後 3, 7 日目では 3 群間に有意差を認めなかった。しかし、14 日目においては不動群が再び上昇を示し、不動群と対照群の間に有意差を認めた(図 4)。

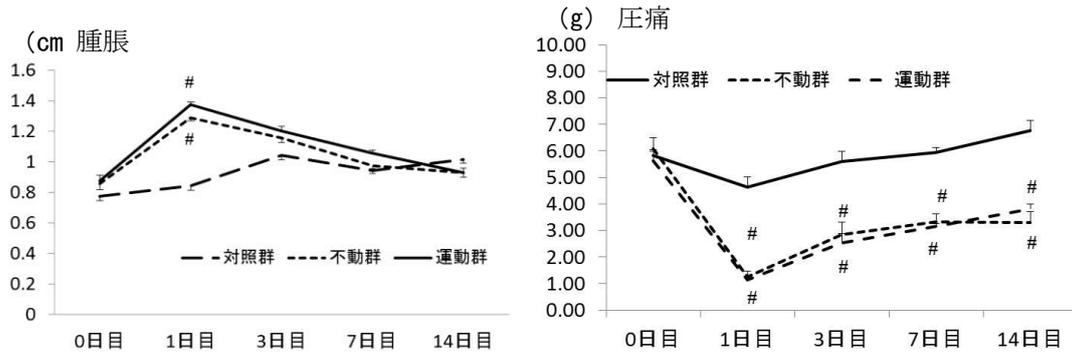


図3 右側膝関節(患側肢)の腫脹と圧痛閾値の変化

#:対照群との有意差(p<0.05). 平均±標準誤差.

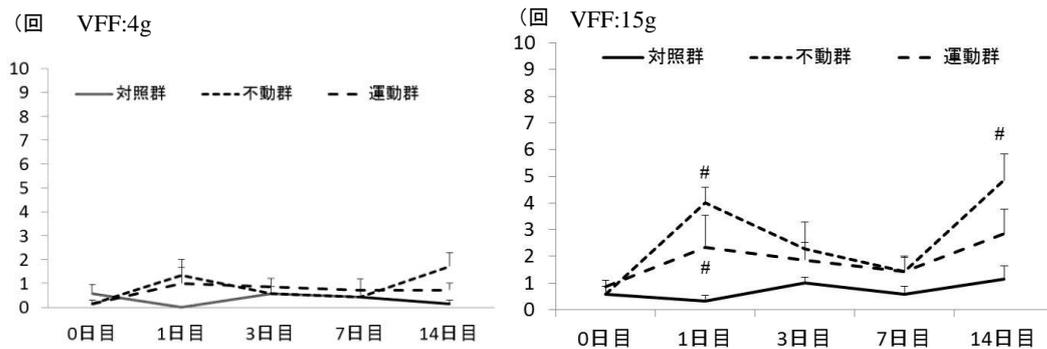


図4 右側足底部(患側肢)の痛覚閾値の変化

#:対照群との有意差(p<0.05). 平均±標準誤差.

3. 相対重量比・筋線維横断面積

左側腓腹筋(対側肢)の相対重量比は、運動群が他の2群と比較し有意に高値を示した。また、右側腓腹筋(患側肢)のそれは不動群と運動群が対照群と比較し有意に低値を示したが、不動群と運動群の2群間に有意差は認めなかった(図5)。

左側腓腹筋(対側肢)の筋線維横断面積を比較すると、タイプI線維では、対照群($1647.3 \pm 418.6 \mu\text{m}^2$)と不動群($1608.1 \pm 492.6 \mu\text{m}^2$)に比べ運動群($1778.3 \pm 559.5 \mu\text{m}^2$)が有意に高値を示した。タイプIIa線維では、対照群($1765.5 \pm 357.6 \mu\text{m}^2$)、不動群($1624.6 \pm 427.1 \mu\text{m}^2$)、運動群($1657.2 \pm 365.4 \mu\text{m}^2$)の3群間は同程度であった。タイプIIb線維では、対照群($2409 \pm 599.0 \mu\text{m}^2$)に比べ不動群($1957.8 \pm 508.163 \mu\text{m}^2$)と運動群($2218.0 \pm 602.4 \mu\text{m}^2$)が有意に低値を示した。また、不動群と運動群の2群を比較すると、運動群の方が有意に高値を示した(図6)。

次に、右側腓腹筋(患側肢)の筋線維横断面

積を比較すると、タイプI線維では、対照群($1809.2 \pm 558.2 \mu\text{m}^2$)に比べ不動群($1038.0 \pm 368.8 \mu\text{m}^2$)と運動群($1021.1 \pm 357.8 \mu\text{m}^2$)が有意に低値を示し、不動群と運動群の間に有意差は認めなかった。タイプIIa線維では、対照群($1755.4 \pm 371.7 \mu\text{m}^2$)に比べ、不動群($1014.1 \pm 328.5 \mu\text{m}^2$)と運動群($1095.3 \pm 286.5 \mu\text{m}^2$)で有意に低値を示し、また、不動群に比べ運動群が有意に高値を示した。タイプIIb線維では、タイプI線維と同じ傾向を認め、対照群($2356.8 \pm 624.3 \mu\text{m}^2$)と比べ不動群($1670.2 \pm 523.5 \mu\text{m}^2$)と運動群($1632.1 \pm 471.7 \mu\text{m}^2$)が有意に低値を示した(図6)。

4. 毛細血管数

左側腓腹筋(対側肢)の1筋線維あたりの毛細血管数は、対照群(2.32 ± 0.14)に比べ運動群(2.17 ± 0.24)と不動群(1.89 ± 0.40)が有意に低値を示し、不動群と運動群の2群を比較すると運動群の方が有意に高値を示した。また、右側腓

腹筋(患側肢)でも同じ傾向が認められ、対照群(1.94 ± 0.20)に比べ運動群(1.78 ± 0.15)と不動群(1.50 ± 0.30)が有意に低値を示し、不動群と

運動群の2群を比較すると運動群の方が有意に高値を示した(図7)。

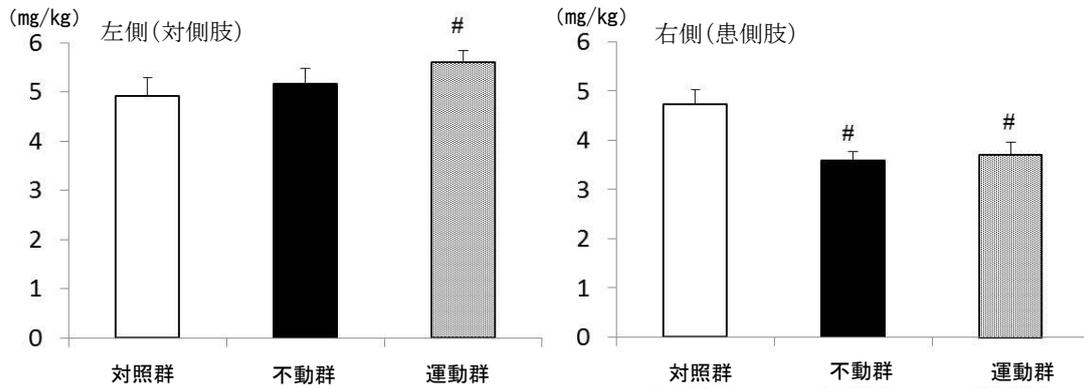


図5 相対重量比

#:対照群との有意差(p<0.05). 平均±標準偏差.

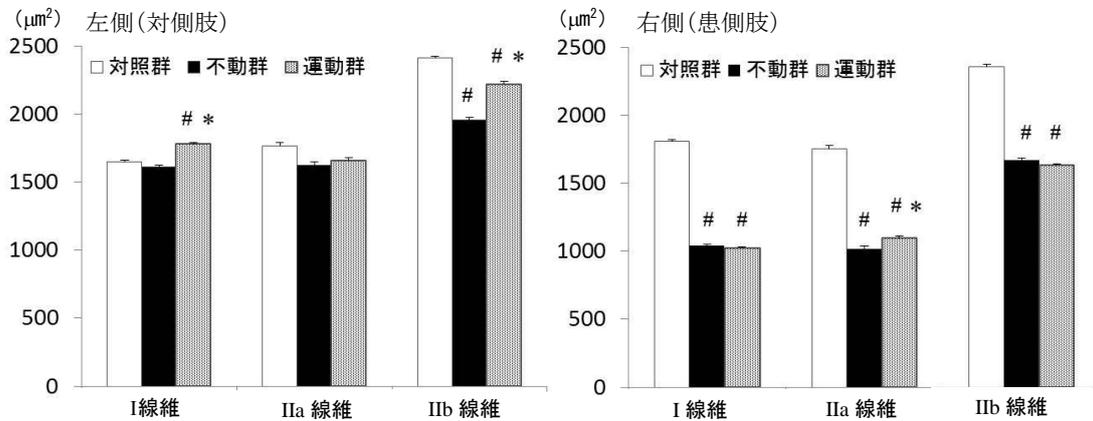


図6 筋線維断面積

#:対照群との有意差(p<0.05),*:不動群との有意差(p<0.05). 平均±標準偏差.

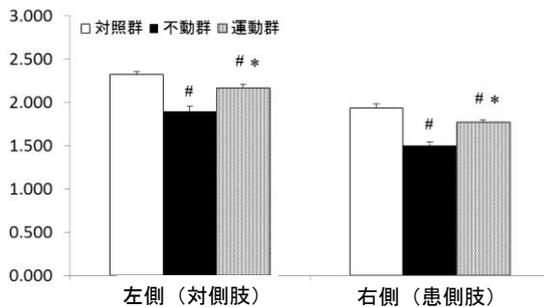


図7 1筋線維あたりの毛細血管数

#:対照群との有意差(p<0.05),*:不動群との有意差(p<0.05). 平均±標準偏差.

考察

本研究では、ラット膝関節炎モデルを用いて急性期の炎症による痛みや医学的管理などにより患側肢に積極的なアプローチを行えないため、対側肢の運動を行う場合をシミュレーションし、対側肢の運動が患側肢の痛みと廃用性筋萎縮に及ぼす影響を検討した。

今回の結果では、不動群と運動群の両群において、起炎剤投与後1日目から腫脹と圧痛閾値の低下を認め、また2群間に有意差を認めなかったことから、同程度の炎症が発生したといえる。そして、それぞれの推移をみると、腫脹と圧痛閾

値のいずれも起炎剤投与 14 日目まで、不動群と運動群の 2 群間に有意差を認めていない。このことは、対側肢の運動が炎症やそれに伴う痛みに対して効果はなかったことを示している。一方、不動群と運動群において、起炎剤投与後 1 日目から患側肢の足底部の痛覚閾値が低下し、痛覚過敏の発生を認めた。この症状は、膝関節に関節炎が惹起されたことにより、脊髄内で中枢性感作が生じたことが反映されていると考えられる²⁾。そして、3 および 7 日目においては痛覚過敏の症状と腫脹と対照群と同じレベルに復帰しており、このことから、今回作成した関節炎モデルは 3 日間で鎮静したと推測される。しかしその後、不動群において、足底部の痛覚過敏症状が起炎剤投与後 14 日目に再度出現した。これは、不動群において不動に伴う痛みが発生したこと示唆していると思われる。すなわち、四肢の関節がギプス固定等で不動化されると、末梢からの刺激が減弱・消失し、また皮膚に組織学的変化が生じ、痛覚過敏が発生することが明らかにすることが報告されており²⁾、今回の不動群でも同様の変化が発生したと考えられる。一方、運動群の足底部の痛覚閾値を見ると、起炎剤投与後 14 日目において対照群との間に有意差は認められなかった。ただ、不動群と運動群の間にも有意差は認められず、運動群において不動に伴う痛みが発生していなかったとは言い難い。また、不動群と運動群の膝関節炎の腫脹および圧痛覚閾値の低下は変わらなかったところから考えても、対側肢の筋収縮運動の影響と考えるより、評価の誤差として捉えるのが妥当であろう。

次に、対側肢(左側)の腓腹筋の結果を見ると、不動群のタイプ IIb 線維の筋線維断面積、および1筋線維あたりの毛細血管数は、対照群と比較して有意に低値を示した。これは、関節炎惹起による体重の減少、もしくはギプス固定による活動量の減少が影響したものと推測される。これに対して、運動群の相対重量比は、対照群のそれと比較し有意に高値を示した。また、運動群のタイプ I・IIb 線維の筋線維断面積は不動群のそれより有意に高値を示した。このことは、運動群に負荷した対側肢の電気刺激による筋収縮運動が、腓腹筋の筋線維肥大を惹起させたと考えられる。また、運動群の一筋線維あたりの毛細血管

数は不動群に比べ有意に高値を示し、これは筋線維肥大に伴い毛細血管が新生したものと考えられる⁷⁾。つまり、今回運動群に負荷した電気刺激による筋収縮運動は、筋線維肥大を誘導するのに十分な負荷量であり、このことから、筋収縮運動による血中へのサイトカインの放出も起きていたと推察される。

一方、患側肢(右側)の腓腹筋では、不動群と運動群の相対重量比、ならびに全筋線維タイプ筋線維断面積は対照群に比べ有意に低値を示した。これは、患側肢がギプス固定により不動状態にさらされたことによる廃用性筋萎縮の発生とみて間違いない。不動群と運動群では、先行研究と同様に、廃用性筋萎縮に伴う1筋線維あたりの毛細血管数の減少も確認されている⁷⁾。また、不動群と運動群の2群を比較すると、運動群の1筋線維あたりの毛細血管数は不動群のそれと比較し有意に高値を示した。この結果は、対側肢の筋収縮運動が廃用性筋萎縮に伴う毛細血管数の減少を抑制したことを示唆していると考えられる。そのメカニズムとしては、対側肢の電気刺激による筋収縮運動がサイトカインの一つである血管内皮細胞増殖因子(vascular endothelial growth factor; VEGF)の発現と血中への放出を促し、血中の VEGF に患側肢の骨格筋が反応して廃用性筋萎縮に伴う毛細血管数の減少が抑制されたのではないかと考える。今回は血中 VEGF 濃度を計測していないため推測の域を脱さないが、先行研究¹⁰⁾によると、電気刺激による筋収縮運動は筋内の低酸素状態を引き起こし、それによって低酸素誘導因子(HIF)が誘導され VEGF の発現を促進するとされている。骨格筋に対する電気刺激は、筋内でずり応力により血管内皮壁に圧と緊張を与え、こうした現象によっても VEGF は誘導されるという報告もある¹¹⁾。また、Tirziu ら¹²⁾の先行研究では、心筋梗塞モデルマウスに対して尾静脈から VEGF を投与すると、心筋肥大と心機能回復の効果が得られたという報告があり、そのメカニズムとして、VEGF が血管内皮細胞増殖を促進し、毛細血管密度を増加させ、毛細血管数の増加は血管内皮細胞が分泌する一酸化窒素(NO)の分泌を促進することが明らかにされている。そして、Tirziu ら¹²⁾は、NO が骨格筋の幹細胞である筋衛星細胞の活性化や血管

拡張などを制御していることから、NO の分泌量のベースラインが増加することで筋線維肥大を促進したと論じている。つまり、VEGF に対する毛細血管の反応や、NO に対する筋衛生細胞の反応については心筋と骨格筋に違いはないと考ええると、毛細血管の増加が誘導された患側肢の腓腹筋では、廃用性筋萎縮の進行が抑制される可能性はある。しかしながら、患側肢(右側)の腓腹筋の筋線維断面積を運動群と不動群と比較すると、タイプ IIa 線維のみ運動群の方が有意に高値を示したが、Type I とタイプ IIb は2群間に有意差を示さなかった。今回筋線維を解析した腓腹筋の混合筋部(深層)には各筋線維タイプがほぼ均一に分布しており、また、毛細血管の増減に対する反応性が筋線維タイプによって異なるとの報告は見あたらない。したがって、今回の筋線維断面積の結果には疑問が残るところであり、対側肢の筋収縮運動により患側肢の廃用性筋萎縮の進行を抑制することが可能かどうかを明らかにすることはできなかった。

以上のことから、対側肢の筋収縮運動は、患側肢の廃用性筋萎縮に伴う毛細血管数の減少を抑制するが、患側肢の炎症や痛み、廃用性筋萎縮に対しては効果を示さないと考えられ、我々の仮説は支持されなかった。ただ、片岡ら¹³⁾は、毛細血管の新生が障害される糖尿病モデルラットでは、ギプス固定により惹起した廃用性筋萎縮

はギプスを解除しても回復しなかったことから、廃用性筋萎縮の回復には毛細血管が重要であることを報告している。このことを踏まえて考えると、対側肢の筋収縮運動は、患側肢の廃用性筋萎縮に伴う毛細血管数の減少を抑制することにより、その後の廃用性筋萎縮の回復の進行に好影響を与える可能性が残される。つまり、術後急性期の患者において炎症と痛みが激しく患側肢への積極的なアプローチが行えない場合でも、対側肢または遠隔部の筋収縮運動を主とした積極的なアプローチを展開すれば、炎症と痛みが鎮静した後、リハビリテーションによる患側肢の廃用性筋萎縮の回復がスムーズに進むことが期待され、今後はこの点を明らかにしていきたい。

謝辞

今回の実験において、ご指導、ご協力いただいた長崎大学大学院医歯薬学総合研究科運動障害リハビリテーション学研究室の先生方に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 沖田実, 松原貴子・他: 機能障害科学入門. 千住秀明(編), 神陵文庫, 福岡, 2010, pp.183.
- 2) 沖田実: Pain Rehabilitation—ペインリハビリテーション, 松原貴子, 沖田実, 森岡周, 三輪書店, 東京, 2011, pp.134-157.
- 3) Teranaka K, Sakamoto J, et al.: Effect of immobilization and low-intensity isotonic muscle contraction on swelling and pain threshold in a model of rat experimental arthritis. PAIN RESEARCH 29: 151-160, 2014.
- 4) 真鍋康子, 藤井宣晴: 糖尿病における運動とマイオカイン. Diabetes Frontier 24: 174-179, 2013-2014.
- 5) 田島文博, 古澤一成・他: 障害者スポーツ医学の最先端—残存骨格筋は内分泌器官である—. Jpn J Rehabil Med 47: 304-309, 2010.
- 6) Mark D Ross, Antony L Wekesa, et al.: Resistance Exercise Increases Endothelial Progenitor Cells and Angiogenic Factors. Medicine and science in sports and exercise 46(1):16-23, 2014.
- 7) 藤野英己, 上月久治・他: 廃用性筋萎縮における毛細血管リモデリングと血管増殖因子の抑

- 制. 理学療法学 23: 203-208, 2008.
- 8) 金尾洋治, 勝田 茂: スプリントおよび持久トレーニングがラットの骨格筋線維および毛細血管の発達に及ぼす影響. 体力科学 32: 311-319, 1983.
 - 9) Devici D, Marshall JM, et al.: Chronic hypoxia induces prolonged angiogenesis in skeletal muscles of rat. *Exp Physiol* 87: 3287-3291, 2002.
 - 10) Forsythe JA, Jiang BH, et al.: Activation of vascular endothelial growth factor gene transcription by hypoxia-inducible factor 1. *Mol Cell Biol* 16: 4604-4613, 1996.
 - 11) Hudlicka O, Brown MD, et al.: Effect of long-term electrical stimulation on vascular supply and fatigue in chronically ischemic muscles. *J Appl Physiol* 77: 1317-1324, 1994.
 - 12) Tirziu D, Chorianopoulos E, et al.: Myocardial hypertrophy in the absence of external stimuli is induced by angiogenesis in mice. *J Clin Invest* 117: 3188-3197, 2007.
 - 13) Kataoka H, Nakano J, et al.: Hyperglycemia inhibits recovery from disuse-induced skeletal muscle atrophy in rats. *Physiol Res* 63: 465-474, 2014.

(指導教員 中野治郎)

スクエアステップ教室が身体および認知機能に及ぼす影響

～実施期間の違いからみた比較～

氏福佑希・引地優人

要旨

高齢化に伴い、要介護化予防が重要な課題となっている現在では、様々な運動プログラムが存在し、その効果に関する研究も多く存在する。しかしそれらは3ヵ月以上のプログラムの効果をみたものが多く、3ヵ月より短期間で効果を報告したものは散見されるにすぎない。そこで本研究では、スクエアステップ(SSE)に焦点をあて、実施期間の違いによって身体機能および認知機能の改善に違いがみられるのかを検討した。対象は実施期間に応じて1ヵ月半(全5回)および3ヵ月(全10回)の指導を受けた地域在住高齢者女性とした。1ヵ月半群および3ヵ月群のSSE教室前後の改善効果を比較した結果、両群とも教室前後では有意な改善がみられた。また、実施期間による効果の違いはみられなかった。以上のことより、1ヵ月半という短期間のSSE教室であっても、3ヵ月のSSE教室と同等の身体機能および認知機能の有意な改善が期待できることが示唆された。

I. 緒言

近年、我が国の高齢化とその進行スピードは世界でも例にない状況にあり、平成26年度高齢社会白書によると、65歳以上の人口は3190万人となり、総人口に占める割合も25.1%と過去最高となった¹⁾。そこで、我が国では、平成18年度の介護保険制度の改正に伴い、要介護化予防を重視したシステムへの移行がなされてきたが、高齢化に伴い、要介護者数も年々増加しているのが現状である。平成27年度には「団塊の世代」が65歳以上となり、高齢者人口は3395万人となる¹⁾。したがって、高齢者の要介護群への移行を防止することが重要な課題となってくる。

介護が必要となった主な原因を要介護度別にみると、要支援者では「関節疾患」が20.7%で最も多く、要介護者では「脳血管疾患(脳卒中)」が21.7%、「認知症」が21.4%と多くなっている²⁾。これらの原因は運動を行うことで発症のリスクを軽減できると考えられており、地方自治体では運動機能の向上を目的とした運動プログラムが積極的に展開されている。運動プログラムの効果に関する研究も多く、高齢者の体力の維持・向上に一定の成果が認められている³⁻⁶⁾。また、島田ら⁴⁾

も定期的な運動の実施によって認知機能が向上し、認知症の発症遅延を実現できる可能性を示唆しており、認知症予防にも運動の実施が有効と考えられている。

このような背景から、要介護化予防を目的とした運動プログラムが多く提案されている。そのひとつに転倒予防および認知機能の維持のために開発されたエクササイズである「スクエアステップ」(Square Stepping Exercise; SSE)がある。このプログラムは大蔵らが開発した身体機能の向上と脳機能賦活が同時に期待できる新しい要介護化予防のエクササイズであり、先行研究により、身体機能および認知機能の改善効果が報告されている^{7,8)}。

中垣内ら⁹⁾は、3ヵ月間のSSE教室への参加が地域在住高齢女性の身体機能、認知機能、健康感へ及ぼす効果を検討し、身体機能のみならず、認知機能、健康感が改善したと報告している。SSEの効果に関するこれまでの研究では3ヵ月以上の実施前後や、その後の経過をみている研究のみで⁷⁻⁹⁾、3ヵ月より短期間でSSEの効果を検討した報告は皆無である。3ヵ月よりも短期

間でSSE教室を実施できれば、教室終了後に参加者が運動を継続できるような指導を加えたり、その環境を整えたりする時間に充てることも可能となる。

そこで本研究では、1ヵ月月半のSSE教室の実施が身体機能、認知機能に及ぼす影響について検討することを目的とした。今回は、地方自治体が主催するSSE教室において、1ヵ月半(全5回)および3ヵ月(全10回)の指導を受けた地域在住高齢者女性を対象者として、身体機能および認知機能の改善効果の違いを比較した。

II. 対象と方法

1. 対象者

本研究の対象者は、長崎県時津町に在住し、自立した生活を送る65～79歳までの高齢女性で、時津町が開催するSSE教室の募集に自ら応募してきた者であった。実施期間に応じて1ヵ月半群(17名:70.4±4.5歳)、3ヵ月群(20名:70.2±3.6歳)に群分けした。実施期間中の実施頻度は週1回として1ヵ月半群(全5回)、3ヵ月群(全10回)とした。1回あたりのSSE教室の時間は90分間であった。効果を検証するための各機能検査は、SSE教室開始1週間前およびSSE教室終了1週間後に実施した。なお、対象者一人ひとりに本研究の主旨を十分に説明し、研究協力への同意を得た。また、体力測定実施時には安全性に十分配慮し、専門家が測定にあたりとともに測定前後で看護師などによる体調チェックなども行った。

2. SSE教室の内容

SSEは横幅100cm、奥行き250cmの面を25cm四方のマス目で区切ったマット上を、あらかじめ決められたステップパターンで前進・後退・左右・斜め方向へ連続移動する全身運動である。ステップパターンを指導者が先行して実践し、対象者がそれを模倣してステップを実践する。本教室では片脚に十分に自重負荷がかかるように80bpmのリズムに合わせてステップした。また教室の進行に伴い、ステップパターンを複雑にしたり、手の動きを加えたりして、段階的に難易度を上げることにより、対象者の意欲が低下しないように工夫した。

3. 測定・検査項目

1). 身体機能項目

重松ら¹¹⁾は、SSEを継続することで敏捷性や脚パワー、歩行スピード、柔軟性、バランスといった体力要素が改善することを報告している。本研究ではSSEの特徴から効果が期待される下肢筋力の項目として30秒椅子座り立ちを、バランス能力の項目として開眼片足立ちを、移動能力の項目として8の字歩行を選択した。測定は対象者の体調や転倒防止に十分注意して行った。また、測定した3項目の総合的な改善度を評価するために体力年齢を算出した。体力年齢の算出には中垣内らが作成した体力年齢推定式を用いた¹²⁾。本研究では、この3項目以外で体力年齢の算出に必要な握力と豆運びの値について、中垣内らの研究⁸⁾を参考に暫定値(握力:23.0kg、豆運び:8.3個)を用い、全対象者で統一して体力年齢を算出した。

$$\begin{aligned} \text{体力年齢} = & -0.811 \times (\text{握力}) \\ & -0.198 \times (\text{開眼片足立ち}) \\ & -0.879 \times (30 \text{ 秒椅子座り立ち}) \\ & +0.463 \times (8 \text{ の字歩行}) \\ & -0.764 \times (\text{豆運び}) \\ & +0.08 \times (\text{暦年齢}) + 9.78 \end{aligned}$$

2) 認知機能項目

矢富らによって開発された集団認知検査ファイブ・コグを用いた¹³⁾。本検査は、記憶・学習、注意、言語、視空間認知、思考の5つの認知領域機能を測定するものとして作られ、加齢関連認知的低下(aging-associated cognitive decline: AACD)や軽度認知障害(mild cognitive impairment: MCI)のスクリーニングを狙いとしたものである。本検査では、音声と映像に従って、5つの認知機能(①注意:文字位置照合、②記憶:手がかり再生、③視空間認知:時計描画、④言語:言語流暢性、⑤思考:類似課題)に関する課題を実施した。検査全体に要する時間は、説明および練習時間を含め約45分間であった。

4. 統計解析

各測定項目の結果は、平均値±標準偏差で示した。同一群におけるSSE教室実施前と実施後の身体機能項目、認知機能項目の平均の差の

検定には対応のあるt検定を用いた。また1ヵ月半群のSSE教室実施前後、3ヵ月群のSSE教室実施前後の平均の差の検定には二要因混合の分散分析を用いた。なお統計解析にはすべてIBM SPSS Statistics version20を用い、統計的有意水準は5%未満に設定した。

Ⅲ. 結果

1. SSE教室前後の身体機能の変化

1ヵ月半群では、「30秒椅子座り立ち」、「8の字歩行」において有意な改善を示した。

3ヵ月群では、「30秒椅子座り立ち」、「体力年齢」において有意な改善を示した。(表1)

表1 SSE教室前後の身体機能項目の結果

1ヵ月半群(n=17) 歴年齢：70.2 ± 3.6		
項目	教室前	教室後
開眼片足立ち(s)	37.2 ± 25.5	30.5 ± 20.9
30秒椅子座り立ち(回/30s)	17.3 ± 2.4	19.3 ± 2.6*
8の字歩行(s)	22.5 ± 3.1	19.8 ± 2.7*
体力年齢(歳)	66.3 ± 7.4	64.6 ± 6.7
*p<0.05		
3ヵ月群(n=20) 歴年齢：70.4 ± 4.5		
項目	教室前	教室後
開眼片足立ち(s)	41.8 ± 18.0	44.9 ± 19.2
30秒椅子座り立ち(回/30s)	16.8 ± 3.2	19.6 ± 4.3*
8の字歩行(s)	22.1 ± 3.3	21.3 ± 3.4
体力年齢(歳)	65.6 ± 6.5	62.2 ± 7.2*
*p<0.05		

表2 SSE教室前後の認知機能項目の結果

3ヵ月群(n=17) 歴年齢：70.3 ± 3.7			
項目		教室前	教室後
文字位置照合課題(注意)	(点)	24.2 ± 10.0	26.1 ± 6.9
手がかり再生課題(記憶)	(点)	17.2 ± 8.7	20.2 ± 9.4
時計描画課題(視空間認知)	(点)	6.8 ± 0.4	6.9 ± 0.2
動物名想起問題(言語流暢性)	(点)	18.1 ± 5.3	17.8 ± 4.8
類似課題(思考)	(点)	11.7 ± 3.3	12.2 ± 2.8
総合得点	(点)	53.4 ± 8.2	55.7 ± 7.2
*p<0.05			
3ヵ月群(n=17) 歴年齢：70.3 ± 3.7			
項目		教室前	教室後
文字位置照合課題(注意)	(点)	24.2 ± 10.0	26.1 ± 6.9
手がかり再生課題(記憶)	(点)	17.2 ± 8.7	20.2 ± 9.4
時計描画課題(視空間認知)	(点)	6.8 ± 0.4	6.9 ± 0.2
動物名想起問題(言語流暢性)	(点)	18.1 ± 5.3	17.8 ± 4.8
類似課題(思考)	(点)	11.7 ± 3.3	12.2 ± 2.8
総合得点	(点)	53.4 ± 8.2	55.7 ± 7.2
*p<0.05			

2. SSE 教室前後の認知機能の変化

1 ヶ月半群では、エピソード記憶の指標となる「文字位置照合課題」と「総合得点」において有意な改善を示した。(表 2)

3. 実施期間の違いによる身体機能への効果の違い

8 の字歩行においてのみ交互作用がみとめられた($P<0.05$)。その他の項目では実施期間による交互作用はみられなかった。(図 1-3)

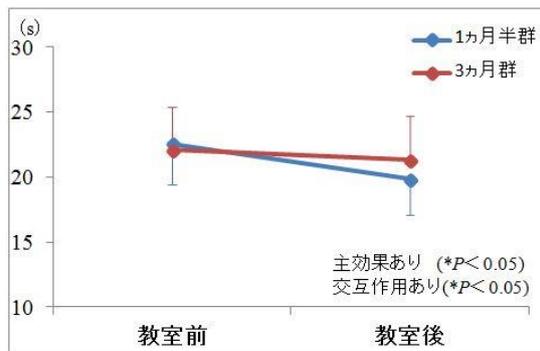


図 1 SSE 教室前後の 8 の字歩行の結果

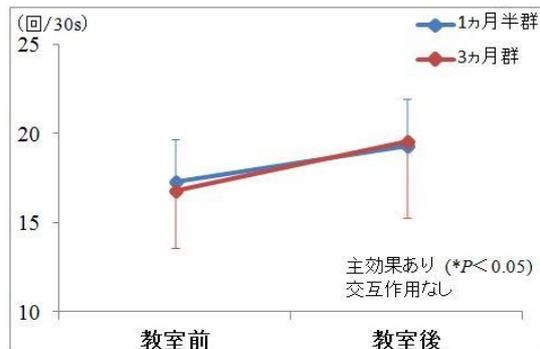


図 1 SSE 教室前後の 30 秒椅子座り立ちの結果

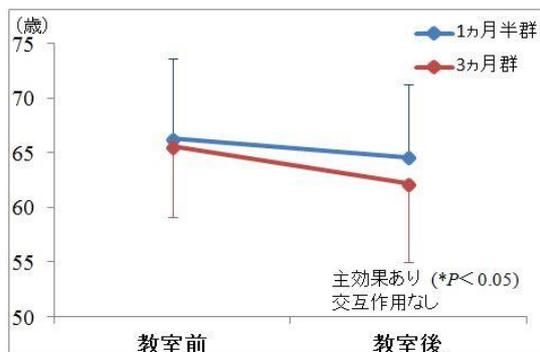


図 3 SSE 教室前後の体力年齢の結果

4. 実施期間の違いによる認知機能への効果の違い

すべての項目と総合得点において実施期間による交互作用はみられなかった。(図 4)

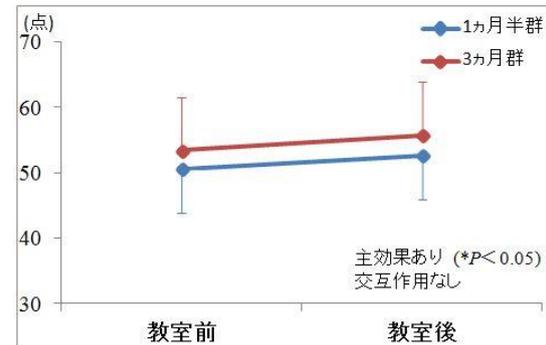


図 4 SSE 教室前後の認知機能総合得点の結果

IV. 考察

本研究では、地方自治体が主催する SSE 教室において、1 ヶ月半および 3 ヶ月の指導を受けた地域在住高齢者女性を対象者として、スクエアステップ教室の実施期間が身体および認知機能に及ぼす効果を検討した。

1. SSE 教室前後の身体機能の変化

本結果から、SSE の実践によって 1 ヶ月半群および 3 ヶ月群ともに動作内での脚筋力に関係する項目である 30 秒椅子座り立ちと移動能力に関係する項目である 8 の字歩行に改善または改善傾向がみられた。中垣内⁸⁾らは、3 ヶ月間の SSE プログラムによる介入で 30 秒椅子座り立ちが有意に改善したと報告しており、改善した理由はステップの反復運動を行うことで運動単位の同期化が起こり、より効率的な筋出力が可能となり、動作時の効率的な筋出力に改善がみられたためだと推察している。本研究も中垣内らの結果を支持する結果が得られた。

橋立ら¹⁴⁾によると、機能的トレーニング(日常生活に用いられる動作課題の練習)では、日常生活動作のパフォーマンスに改善効果が高く、特定のパフォーマンスを行うための筋群の筋力訓練を図るより、動作そのものを繰り返しトレーニングした方が効果的であると報告している。本研究では、ステップ動作を繰り返しトレーニングするこ

とでその動作に関連する 8 の字歩行(移動能力に
関係する項目)に改善がみられた。

2. SSE 教室前後での認知機能の変化

認知機能に関して 1 ヶ月半群では注意分割機能の指標となる文字位置照合課題に有意な改善がみられた。重松ら¹¹⁾は、SSE によって短期記憶よりも視覚探索や動きの正確性・素早さといった能力の改善を高齢者にもたらす可能性を示唆している。このことから本研究においては SSE の特性により文字位置照合課題に関して有意な改善がみられたと考えられる。また、1 ヶ月半群と 3 ヶ月群ともに総合得点に改善、または改善傾向がみられた。征矢¹⁵⁾らは、運動による前頭前野の活性化は、多くの運動処方でも用いられる運動強度よりも低強度で生じることを確認している。さらに、運動介入による記憶スコアの変化量は、身体活動量の変化量、軽運動実施量及び運動集会参加回数と有意な正の相関関係を認め、軽運動を中心とした運動介入により、高齢者の記憶力が改善したことを報告している。大蔵ら⁷⁾によって SSE の運動強度は概ね低め(多くの場合 90~115 拍/分)で安全性の高い運動であることが報告されている。これらのことから SSE 教室への参加が認知機能に好影響を及ぼしたのではないかと推察した。

3. 実施期間の違いによる身体機能への効果の違い

二要因の分散分析の結果、8 の字歩行にのみ交互作用がみられた。中野ら¹⁶⁾は、継続的な運動教室への参加が体力・運動能力の測定値に及ぼす影響を検討し、運動の調整力を要する項目で教室参加回数の影響度が大きく、調整力の向上には運動の継続がより大切であることを示唆している。また、西嶋ら¹⁷⁾は、障害物歩行や 8 の字歩行では、それに要求されるバランスや敏捷性を含む調整力の測定項目であるとしている。これらのことから、調整力を要する 8 の字歩行に関しては、教室の実施期間の長い 3 ヶ月群の方が有意に改善がみられる可能性が考えられる。しかし、本研究では 1 ヶ月半群の方が有意に改善がみられた。この理由については不明であるので、今後は低体力者、高体力者が参加者に占め

る割合等を詳細にして、検討することも望まれよう。

30 秒椅子座り立ち、体力年齢に関しては交互作用が見られなかった。また、8 の字歩行についても交互作用はみられたものの両群とも教室前後で有意な改善が見られた。SSE の特性上、運動強度は、段階を追っても積極的に漸増することは難しい。逆に、運動開始 1~2 回からでも特殊な技術を必要としないステップ運動であるため、運動強度が確保できる。このような SSE の特長から、1 ヶ月半でも 3 ヶ月群と同様な効果が得られたものと考えられる。本結果から SSE 実施による身体的効果は 1 ヶ月半でも十分に得られることが示唆された。

4. 実施期間の違いによる認知機能への効果の違い

二要因の分散分析の結果、文字位置照合課題、総合得点において交互作用は見られなかったことから、SSE 教室の実施期間の違いによって改善効果に違いはないことが示唆された。

Pichierri¹⁸⁾らは SSE はデュアル・タスク(二重課題)を含んだ運動であることを報告している。また、大杉ら¹⁹⁾は二重課題トレーニングでは、運動課題単独で行うよりも、前頭前野の活動を高めるといふ効果が期待されることや認知課題に加えて、運動による相乗効果も得られることを報告しており、二重課題トレーニングは認知機能の改善に大きな効果をもたらすと考えられる。

SSE はまさしく二重課題、複数課題を遂行する運動である。また、SSE は段階に応じて、ステップの難易度(遂行課題難易度)を徐々に高めて指導する。今回の対象者は後期高齢者が中心であったことから、その難易度を緩やかに高める指導となった。これらのことから、より短期間である 1 ヶ月半の SSE 教室でも 3 ヶ月の SSE 教室と同様の改善効果がみられたのではないかと考える。

本結果から SSE 教室の実施期間の影響は小さく、1 ヶ月半の実施により身体機能、認知機能の改善効果が期待できると考えられる。SSE の特長である二重課題、複数課題の効果は 1 ヶ月半でも得られることが示唆された。また、3 ヶ月群でもその効果に差がなかったことから、このような運

動を続けることで、改善された認知機能を維持できると考えられる。身体機能同様、認知機能も1ヵ月半で効果が得られると示唆された。

花岡ら²⁰⁾の研究では、週1回2ヵ月間のプログラムを年間2クール実施したところ、各期間前後には一次的な体力の有意な改善が見られるものの、3年間を通しては漸次低下する傾向が見られ、高齢者の機能低下を抑制することはできなかったと報告している。また、桂ら⁶⁾や斎藤⁹⁾の研究では、長期間の運動により身体機能は維持され、要介護化予防につながる事が報告されている。1ヵ月半で一次的に改善した身体機能や認知機能をいかに維持するかが今後の課題となろう。これまで、身体機能や認知機能の改善を期待して実施していた3ヵ月の教室を1ヵ月半の教室で終了できれば、それ以降を自主サークルへの転換の期間や自主運動の指導の期間へと充てることもできよう。

VII. 参考文献

- 1) 内閣府ホームページ 平成26年度版高齢社会白書。
http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2014/zenbun/26pdf_index.html (2014年12月22日引用)
- 2) 厚生労働省ホームページ 平成25年国民生活基礎調査の概要。
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa13/index.html> (2014年12月22日引用)
- 3) 糸谷圭介, 前田慶明, 他: 地域在住高齢者に対する介護予防のための運動教室の効果検証—運動が身体組成・血圧脈波および呼吸機能に及ぼす影響—. 理学療法科学. 2012; 27: 97-100.
- 4) 島田裕之: 経度認知障害(MCI)に対する運動の効果. 日本末病システム学会雑誌. 2012; 18: 84-88.
- 5) 徳永幹雄, 川崎晃一, 他: 軽症高血圧者に対する健康処方箋の適用と効果に関する研究—3ヵ月間の運動教室について—. 健康科学. 1987; 9: 63-78.
- 6) 桂良寛, 大槻信吾, 他: 高齢者向け一般健康運動教室参加者の膝の疼痛と体格・体力について. 体力科学. 2006; 55: 349.
- 7) 大蔵倫博, 尹智暎, 他: 新転倒・認知症予防プログラムが地域在住高齢者の認知・身体機能に及ぼす影響. 日本認知症ケア学会誌. 2010; 9: 519-530.
- 8) 中垣内真樹, 濱原健太郎, 他: 地域在住高齢女性に対するスクエアステップエクササイズの効果—身体機能, 認知機能, 健康感に及ぼす影響—. 長崎大学医学部保健学科ホームページ 理学療法専攻 卒業研究論文集. <http://www.am.nagasaki-u.ac.jp/physical/2012/ARGH08-08.pdf> (2014年12月22日引用)
- 9) 斎藤陽: スクエアステップによる長期間の運動実施が地域在住高齢者に及ぼす影響. 長崎大学医学部保健学科ホームページ 理学療法専攻 卒業研究論文集。
<http://www.am.nagasaki-u.ac.jp/physical/2013/ARGH09-05.pdf> (2014年12月22日引用)

V. 結論

本研究では、SSE に焦点をあて、実施期間の違いによって身体機能および認知機能の改善に違いがみられるかを検討した。1ヵ月半群および3ヵ月群のSSE教室前後の改善効果を比較した結果、両群とも教室前後では有意な改善がみられた。また、実施期間による効果の違いはみられなかった。以上のことより、1ヵ月半という短期間のSSE教室であっても、3ヵ月のSSE教室と同等の身体機能および認知機能の有意な改善が期待できることが示唆された。

VI. 謝辞

本研究を実施するに際して、ご協力頂きました対象者の方々、ならびに中垣内研究室の皆様へ深く御礼申し上げます。

- 10) スクエアステップ協会ホームページ スクエアステップ協会について
http://square-step.org/about_square_step/(2014年12月22日引用)
- 11) 重松良祐, 中垣内真樹, 他: 運動実践の頻度別にみた高齢者の特徴と運動継続に向けた課題.
体育学研究. 2007; 52: 173-186.
- 12) 中垣内真樹, 吉田大輔, 他: 要介護予防事業で利用できる高齢者の体力年齢推定式の作成の試み.
長崎大学教育機能開発センター紀要. 2010; 1: 17-23.
- 13) 矢富直美: 集団認知検査ファイブ・コグ. 老年精神医学雑誌. 2010; 21: 215-220.
- 14) 橋立博幸, 島田裕之, 他: 高齢者における筋力増強トレーニングが生活機能に及ぼす影響. 理学療法学. 2008; 28: 38-46.
- 15) 征矢英明, 坂巻裕史, 他: 軽運動を中心とした運動介入が高齢者の記憶能力に及ぼす影響; 利根町研究所. 老年精神医学雑誌. 2006; 17: 138.
- 16) 中野貴博, 山下匡将, 他: 継続的運動教室参加および1日の平均歩数が体力・運動能力におよぼす影響の検討. 名古屋学院大学論集 医学・健康科学・スポーツ科学篇. 2013 ;2: 1-10
- 17) 西嶋尚彦, 大塚慶輔: 高齢者の運動能力とその測定法. 体力科学. 2003; 52: 97-104.
- 18) Giuseppe pichierri, Peter Wolf, et al. :Cognitive and cognitive-motor interventions affecting physical functioning. BMC Geriatr. 2011; 11: 29.
- 19) 大杉紘徳, 大城昌平: 認知症に対する二重課題トレーニングの可能性. リハビリテーション科学ジャーナル. 2010; 6: 58-67.
- 20) 花岡美智子: 中高齢者における運動実施の効果. 石川看護雑誌. 2005; 3: 5-10.

(指導教員 中垣内真樹)

コード化によるハイハイ動作分析の試み

～運動学習過程検討のために～

岡田千奈・近藤沙都美・三重野志保

要旨

乳幼児の運動発達のうち、移動という主体的な行動であり、臥位から二足歩行への橋渡しの意味を持つと考えられるハイハイ動作に着目した。ハイハイ動作獲得過程において神経細胞集団選択理論に基づき、個体の要因や環境要因の違いが運動のレパートリーに相違をもたらすと推測する。この推測を客観的に検証する方法論として、「ハイハイ動作分析基準」によるコード化を試みている。我々は第四版である分析基準の信頼性について検討した。対象は臨床経験のない理学療法学生3名とした。2名の乳幼児のハイハイ動作の動画をコード化し、そのデータを元に検査者間と検査者内の一貫性を求めた。その結果、検査者間比較では一貫性の高い項目が少なかったが、検査者内比較では全項目において一貫性が高く再現性があると言える。分析基準や撮影方法を見直し、検査者間の一貫性を高め、信頼性の足る基準となった後は、実際に運動レパートリーの変化を追っていきたい。

はじめに

正常運動発達における四つ這いは、支持器官としての足の発達、そして手の把握・支持・認識器官としての発達指標である。そのため四つ這いは、単なる移動手段というだけでなく、二足歩行に至るまでの上下肢の発達においても重要な意味をもち、正常運動発達の中で重要であると言われている¹⁾。

乳幼児の運動発達は、従来、McGraw や Gesell が提唱した神経成熟理論に基づいて、中枢神経系の下位階層から上位に向かって成熟が進むことを反映していると説明されてきた。神経成熟理論においては、運動発達を左右するのは遺伝的な要因であり環境要因はあまり重要視されていなかった。しかし、Gibson JJ のアフォーダンス理論や Thelen によるダイナミックシステムズ理論の運動発達への応用などにより、環境要因の重要性が注目されるようになった²⁾。さらに、Edelman により脳内の神経細胞は発達や行動の中で多様なネットワークを作り、必要な構造や機

能を選択的に組織化するという神経細胞集団選択理論が提唱されるに至っている³⁾。これは中枢神経系の成熟が、乳幼児自身の行動やそれによって環境から受ける刺激により変化することを意味し、経験や運動学習により運動発達が変化すること、言い換えれば様々な感覚運動経験により中枢神経系の機能にアプローチできることを示唆している。

以上のような発達理論の変化は、これまで定型発達というパターンで捉えられていた運動発達を多様性という視点で再検討する必要性をもたらしている。我々は運動発達のなかでも移動という主体的な行動であり、臥位から二足歩行への橋渡しの意味を持つと考えられるハイハイ動作（ずり這い、四つ這い、高這いを含む）に着目した。ハイハイ動作の獲得過程を神経細胞集団選択理論から考えると、身長や体重、プロポーション（頭部の大きさ）などの個体の要因に加え、ハイハイ動作獲得以前に経験してきた感覚運動経験やその背景となる環境要因の違いが個体の持つ運動のレパートリーに相違をもたらすと推測す

表 1 大項目と小項目
「ハイハイ動作分析基準(第四版)」

I. ハイハイのパターンに関する項目	III. 体幹の動きに関する項目
-1. ハイハイの種類 -2. 右上肢の使い方(支持期) -3. 左上肢の使い方(支持期) -4. 上肢の動かし方 -5. 上下肢を動かすタイミング	-1. 左上肢を前に出す時の上部体幹の傾き方 -2. 右上肢を前に出す時の上部体幹の傾き方 -3. 左上肢を前に出す時の下部体幹の傾き方 -4. 右上肢を前に出す時の下部体幹の傾き方 -5. 脊柱の伸展 -6. 左下肢を前に出す時の脊柱の側弯 -7. 右下肢を前に出す時の脊柱の側弯
II. 頭部の位置および動きに関する項目	IV. 下肢の使い方に関する項目
-1. 右上肢が床に着いた時の頭の上がり方 -2. 左上肢を前に出す時の頭の傾き方 -3. 左上肢が床に着いた時の頭の上がり方 -4. 右上肢を前に出す時の頭の傾き方 -5. 身体を前進させる時の頭の動き	-1. 左下肢を前に出す時の右下肢の支持の仕方 -2. 右下肢を前に出す時の左下肢の支持の仕方 -3. 左下肢が床に着いた時の膝の位置 -4. 右下肢が床に着いた時の膝の位置 -5. 左足部の使い方 -6. 右足部の使い方

表 2 選択肢の例示
「ハイハイ動作分析基準(第四版)」

I-1. ハイハイの種類	III-1. 左上肢を前に出す時の上部体幹の傾き方
0. コード化できない 1. 腹這い 2. 四つ這い 3. 混在 9. コードに該当するものがない	0. コード化できない 1. 左肩(肩甲帯)が明らかに上がる 2. ほぼ変わらない 3. 左肩(肩甲帯)が明らかに下がる 9. コードに該当するものがない
II-1. 右上肢が床に着いた時の頭の上がり方	IV-1 左下肢を前に出す時の右下肢の支持の仕方
0. コード化できない 1. 頭が垂直かそれ以上上がっている。もしくは視線が水平かそれ以上上を向いている 2. 頭が水平かそれより下がっている。もしくは視線が手元かそれより下肢方向を向いている 3. 1と2の間 9. コードに該当するものがない	0. コード化できない 1. 膝関節で支持する 2. 足部で支持する 3. 大腿部が接地する 4. 下肢が接地しない 9. コードに該当するものがない

る。

ハイハイ動作に関する近年の研究としては、Yang ら⁴⁾による時間因子を指標としたものがあるが、運動の質的な要素については検討されていない。そこで我々は、新たに運動レパートリーの数的変化に注目した。運動レパートリーの分析においては動作分析の手法が主体となるが、より客観的な分析を行うために、我々が所属している鶴崎研究室において、分析基準を明確化しコード化を行うことを模索している。そして、試作段階であるが「ハイハイ動作分析基準」を考案している。現在、この分析基準は改訂を重ね第四版であるが、この分析基準の信頼性について検討

なされていない。そこで、今回我々は「ハイハイ動作分析基準(第四版)」の信頼性について検討することにした。

「ハイハイ動作分析基準(第四版)」について

この基準は、三次元動作解析機のような大掛かりな装置を使用せず場所に問わず乳幼児の自然なハイハイ動作を分析できるように、また保育士や保護者などの動作分析についての専門的な知識がない者でも扱えるようにというコンセプトのもと考案された。

コード化する項目は下記の大項目 I～IV、小項目計 23 項目からなる。

- I. ハイハイのパターンに関する項目
- II. 頭部の位置および動きに関する項目
- III. 体幹の動きに関する項目
- IV. 下肢の使い方に関する項目

各小項目に 5~8 個の選択肢を設定し、その中から検査者が判断したものを選択しコード化を行うものとする。選択肢の中には、動画の角度等により観察ができないためにコード化できない場合に選択する「0. コード化できない」、基準の中に適切な選択肢がない場合に選択する「9. コードに該当するものがない」を各小項目すべてにおいて含んでいる。

対象と方法

1. 対象

臨床経験のない理学療法学を学んでいる学生 3 名 (年齢 22.3±0.7 歳) を対象 (検査者) とした。

2. 撮影方法

長崎市内の私立保育園 (1 か所) を利用している神経学的・整形外科的に問題がないとみられる乳幼児 2 名 (月齢 7~13 か月) のハイハイ動作を、デジタルムービーカメラ (Panasonic HX-WA20) 2 台を用い撮影した。事前に本研究に関する説明を行い、保護者より同意の得られたものを撮影した。撮影は前後二方向から行い、可能な限り前後左右が映るようにした。撮影環境は同保育園の施設内で行い、板張りまたは畳上であった。撮影は撮影者 2 名、玩具等で乳幼児の移動を促す者 1 名の計 3 名で行った。乳幼児によってハイハイに対する動機付けが異なるため、時間や距離に関する条件付けは行わなかった。乳幼児が拒否の反応を示した場合には撮影を中止した。撮影は週 2 回、各 1 時間程度にて行い、撮影期間は 2013 年 10 月~2014 年 1 月までの約 4 か月であった。

なお、撮影された動画には再生速度を 1/4 倍速に変更する・サイクル表示を加えるという 2 つの編集を加えた。サイクル表示は、右手 (もしくは

左手) が床に着いてから一旦離れ、再び右手 (もしくは左手) が床につくまでとしている。また、乳幼児のうち 1 人 (case1) は四つ這い初期から独歩前までの四つ這いの動画であり、他の 1 人 (case2) はずり這いから四つ這いへの移行期の動画であった。

3. コード化に関する方法

まず、事前に「ハイハイ動作分析基準 (第四版)」を用い、乳幼児 3 名のトレーニング用動画 (10 サイクル・12 サイクル・4 サイクルの 3 動画) のコード化を行い、検査者 3 名が回答のすり合わせを行った上で実際のコード化を行った。コード化は、1 サイクルごとに動画を観察し各小項目について検査者が最も適した選択肢を選んでいる。実際のコード化は編集の加えられた動画を「ハイハイ動作分析基準 (第四版)」を用いて、検査者 3 名がそれぞれ 3 回ずつコード化した。3 回ずつのコード化は各 1 週間以上の間隔を空けて行った。コード化した動画は、case1 が 13 日分・144 サイクル、case2 が 5 日分・61 サイクルであった。

4. 分析方法

検査者 3 名が各 3 回ずつコード化したデータ一覧において、Cohen の κ 係数を用いて検査者間と検査者内での一致度を分析した。Cohen の κ 係数では、二者間での一致度しか見ることができないため、二者間での一致度を求めた上で κ 係数の平均を求めることで、検査者間と検査者内での一致度をみた。なお、検査者間・検査者内での一致度は case1・case2 のそれぞれ小項目 (計 23 項目) ごとに求め、小項目別の信頼性について検討した。本研究は、長崎大学医歯薬学総合研究科倫理委員会の承認を得て行っている (承認番号 13071126)。

表3 検査者間比較における一致度

見かけ上の一一致率は0.8以上に色づけ、 κ 係数は0.6以上で色づけ

検査者間		case1		case2	
		見かけ上の一一致率	κ	見かけ上の一一致率	κ
ハイハイのパターン (上肢の使い方)	I-1	1.00	1.00	0.93	0.86
	I-2	1.00	1.00	1.00	1.00
	I-3	1.00	1.00	1.00	1.00
	I-4	0.99	0.22	0.96	0.33
	I-5	0.80	0.27	0.47	0.03
頭部の位置および動き	II-1	0.86	0.18	0.84	0.18
	II-2	0.91	0.03	0.67	0.44
	II-3	0.86	0.16	0.88	0.11
	II-4	0.90	0.54	0.77	0.54
	II-5	1.00	0.56	0.89	0.33
体幹の動き	III-1	0.95	0.39	0.54	0.23
	III-2	0.93	0.05	0.69	0.44
	III-3	0.66	0.25	0.44	0.06
	III-4	0.70	0.25	0.68	0.17
	III-5	0.46	0.18	0.34	0.01
	III-6	0.45	0.11	0.18	0.07
	III-7	0.38	0.09	0.28	0.20
下肢の使い方	IV-1	0.98	0.81	0.86	0.77
	IV-2	0.99	0.23	0.81	0.75
	IV-3	0.60	0.00	0.33	0.09
	IV-4	0.68	0.00	0.33	0.03
	IV-5	0.94	-0.01	0.70	0.55
	IV-6	0.96	0.36	0.99	0.33

表4 検査者内比較における一致度

見かけ上の一一致率は0.8以上に色づけ、 κ 係数は0.6以上で色づけ

検査者内		case1		case2	
		見かけ上の一一致率	κ	見かけ上の一一致率	κ
ハイハイのパターン (上肢の使い方)	I-1	1.00	1.00	1.00	1.00
	I-2	1.00	1.00	0.99	1.00
	I-3	1.00	1.00	0.91	1.00
	I-4	1.00	0.78	0.89	0.84
	I-5	1.00	0.81	0.93	0.87
頭部の位置および動き	II-1	0.86	0.77	0.94	0.77
	II-2	0.98	0.63	0.95	0.88
	II-3	0.96	0.76	0.97	0.69
	II-4	0.98	0.91	0.96	0.91
	II-5	1.00	0.78	0.97	0.93
体幹の動き	III-1	0.96	0.83	0.88	0.92
	III-2	0.98	0.76	0.92	0.94
	III-3	0.98	0.89	0.98	0.76
	III-4	0.99	0.95	0.92	0.81
	III-5	0.95	0.81	0.94	0.91
	III-6	0.84	0.74	0.95	0.85
	III-7	0.85	0.77	0.95	0.90
下肢の使い方	IV-1	0.94	0.94	0.94	0.91
	IV-2	0.99	0.94	0.96	0.89
	IV-3	0.88	0.68	0.98	0.89
	IV-4	0.89	0.79	1.00	0.94
	IV-5	1.00	0.72	0.98	0.96
	IV-6	1.00	0.93	1.00	1.00

結果

κ 係数は 0.6 以上で一致度が高いとされている。見かけ上の一致率は κ 係数を求める過程で算出される値であるが、今回 κ 係数は低いが見かけ上の一致率は高いという矛盾が生じたため、見かけ上の一致率と κ 係数との 2 つの指標を用いて信頼性について検討している。

- ・一致度が高い: 見かけ上の一致率 0.8 以上かつ κ 係数 0.6 以上
- ・一致度が低い: 見かけ上の一致率 0.8 未満かつ κ 係数 0.6 未満
- ・一致度が高いとも低いとも言えない: 見かけ上の一致率 0.8 以上かつ κ 係数 0.6 未満

1. 検査者間比較における一致度

表 3 より一致度が高い項目は、case1 では 4/23 項目、case2 では 5/23 項目であった。一致度が低い項目は、case1 が 7/23 項目、case2 が 13/23 項目であった。case1・case2 に共通して一致度が低かった項目は、大項目の III (体幹の動きに関する項目)、大項目 IV の下肢の使い方に関する項目中の IV-3 (左下肢が床に着いた時の膝の位置)、IV-4 (右下肢が床に着いた時の膝の位置) である。また、一致度が高いとも低いとも言えない項目は、case1 では 13/23 項目、case2 では 7/23 項目であった。

case1 が case2 より一致度が高い項目が多く、一致度が低い項目が少ないという結果となった。

2. 検査者内における一致度

表 4 より検査者内においては、case1・case2 ともに全ての項目において一致度が高いことがわかる。表 4 に示す通り、case1・case2 ともに全ての項目における一致率は高値となった。

考察

1. 検査者間比較における一致度について

今回一致度が高いと判断された項目は、case1・case2 ともに 4・5 項目と少ない結果となった。一致度が低いと判断された原因として、検査者各々で判断基準が異なったことや動画の撮影角度により判断が困難であったことが挙げられる。

事前にトレーニング用動画のコード化を行い、検査者 3 名の回答をすり合わせるという段階を経て実際のコード化を行ったが、検査者間の判断基準にずれが生じた。また、前述したように分析基準のコンセプトとして、より簡便であること、乳幼児の自然な動きを観察することを重要視したために撮影角度や着衣等により判断が困難な場合があった。

大項目の III (体幹の動きに関する項目) の一致度が低かった原因として、動画の撮影角度や乳幼児の着衣により判断が困難であったことに加えて、体幹の動きの観察が他の項目に比べ難しかったことが挙げられる。大項目 IV-3・IV-4 に関しては、動画の撮影角度による判断の困難さから「0. コード化できない」がつけられることが多くあった。しかし、検査者 3 人の間で「0」のつけ方が異なったことが一致度が低くなった原因だと考えられる。この場合の解決策として、「0」をつけるか否かの判断が一致するように選択肢や撮影方法の見直しを行うことが挙げられる。

また、 κ 係数は低いが見かけ上の一致率は高いという矛盾が生じた。その原因として、 κ 係数の公式上一致度が高いと思われる場合も偶然とみなされる場合があったことが挙げられる。データ一覧からは一致度が比較的高いと思われる項目においても κ 係数では偶然とみなされることがあった。この場合は、見かけ上の一致率は高いが、 κ 係数は低いという項目において見受けられ、case1 では 12/23 項目、case2 では 5/23 項目あった。case1・case2 どちらにおいても二者間で一致したコードが選択されているが、全サイクル中における一致したコードの種類が 1 つに偏ったことにより生じたと考える。今後、分析するデータ数(サイクル数)を増やすことで、選択されるコードの種類の変りが分散され、この問題は解決されると予測する。今後も κ 係数を用いて一致度をみる点に関しては問題がないと考える。

2. 検査者内における一致度について

検査者内における一致度は case1・case2 いずれの項目においても一致度が高く、検査者間の判断基準は異なったものも、検査者個人では判断基準がほぼ一定していると考えられる。故に、「ハイハイ動作分析基準(第四版)」は再現性の

ある基準であると言える。今後、検査者間での一致度を高めるために「ハイハイ動作分析基準」はさらに改訂されると考えられるので、改訂された場合においても再現性が失われないように適宜検査者内での一致度もみる必要があると考える。

3. 本研究を通して

ハイハイ動作における運動レパトリーの分析を行う目的で考案された「ハイハイ動作分析基準（第四版）」の信頼性について検討を行ったが、検査者間比較では一致度の低い項目が多く、実際にハイハイ動作分析に用いるには十分に信頼の足る基準とは言えない。しかし、検査者内比較での一致度は case1・case2 共に全項目において高かったことから、検査者個人内の再現性はあると考えられる。検査者間比較での一致度が低い項目の表現を再考することや、トレーニング用動画の内容を検討することで、今後検査者内比較同様に検査者間比較の一致度も向上すると考えられる。なお、本研究では臨床経験のない理学療法学生 3 名が対象であったが、臨床経験のある理学療法士を対象とした場合には検査者間の一致度が向上するのか、また、経験年数により一致度に差がみられるのかについても今後調査したい。経験年数によって差がみられるようであれば、トレーニング方法についても再度、検討する必要があると考えられる。

本研究の限界として、乳幼児の自然な動作を観察することを目的としたため、撮影方法の細かな規定を行わなかったが、撮影角度により判断困難な場面があったため、今後撮影方法の見直しを行う必要がある。また、大項目Ⅲ(体幹の動きに関する項目)に関しては、動作分析だけでは判断が困難なため、加速度計などの持ち運び可能で乳幼児の自然な動きを制限しないような機器を取り入れることで、今後より質の高い研究へとつなげていきたい。

まとめ

今回、鶴崎研究室で考案されている「ハイハイ動作分析基準（第四版）」の信頼性について検討した。その結果、この基準は再現性があると言

えるが、検査者間の一致度に関しては再考する必要がある。今後は、分析基準や撮影方法の見直しを行い分析基準の信頼性を高めていきたいと考える。また、信頼性のある分析基準のとなった後は、先に述べたようにハイハイ動作における運動レパトリーを明らかにしていきたい。

謝辞

本研究にご協力頂いた保育園の職員の方々、母子の皆様には厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 中嶋信太郎, 牟禮努, 他: 四つ這いについて. 理学療法学. 1987; 14: 399-404.
- 2) 山本尚樹: 運動発達研究の理論的基礎と課題: Gesell, McGraw, Thelen, 三者の比較検討から. 発達心理学研究. 2014; 25: 183-198.
- 3) Sporns O, Edelman GM: Solving Bernstein's problem: a proposal for the development of coordinated movement by selection. Child development. 1993; 64: 960-981.
- 4) Yang JF, Patrick SK, et al.: Developmental constraints of quadrupedal coordination across crawling styles in human infants. J Neurophysiol. 2012; 107: 3050-3061.

(指導教員 鶴崎 俊哉)

高強度定常負荷運動時の音楽刺激が 運動継続時間, 呼吸循環応答, 自覚的運動強度に与える影響 - 15m Endurance Shuttle Walking and Run Test を用いて -

川満愛理・田淵優衣・宮崎成美

[目的]15m Endurance Shuttle Walking and Run Test (以下 15mESWRT) を用いた高強度定常負荷運動時の音楽刺激が運動継続時間, 呼吸循環応答および自覚的運動強度に与える影響について性別で比較検討することである。[対象と方法]若年健康者 20 名(男性 9 名, 女性 11 名)を対象に, 15mESWRT を音楽刺激有り(以下音楽群)と無し(以下コントロール群)の 2 回を無作為化にて実施した。運動中は, 呼気ガス分析装置を用い呼吸循環応答と呼吸困難, 下肢疲労感を測定した。運動終了時に運動継続時間, 到達距離, 楽しさを評価した。[結果]音楽群とコントロール群の 2 群間で運動継続時間, 到達距離, 下肢疲労感には有意差を認めなかったが, 楽しさは音楽群で有意に高かった。呼吸循環応答は, 音楽群で分時換気量と呼吸数が有意に高値を示した。呼吸困難は女性の音楽群のみ有意に低かった。[結語]高強度定常運動時の音楽刺激は, 女性のみ呼吸困難を軽減し, 楽しく運動できることが示唆された。

はじめに

我が国では, 高齢化の進展や疾病構造の変化に伴い, 健康づくりや疾病予防を積極的に推進するための環境整備が求められている。平成 23 年の日本国民健康・栄養調査報告¹⁾では, 日常生活の中で抱えている悩みや不安として, 「自分の健康について」と答える人の割合が男女ともに最も高く, 健康への関心が高まっている。平成 25 年の健康づくりのための身体活動基準²⁾によると, 日常の身体活動量を増やすことで, 循環器疾患, 生活習慣病の発症や生活機能低下をきたすリスクを下げることができ, さらに運動習慣をもつことで, これらの疾病等に対する効果を高めることが期待できると述べられている。

アメリカスポーツ医学会とアメリカ心臓協会は, 「成人の一般的な健康目的の身体活動の指針」において, 「健康の維持・促進のために, 中強度有酸素性活動 30 分を 5 日/週以上, または高強度有酸素性活動 20 分を 3 日/週以上, あるいは両者を混ぜて行う必要がある」と記し, 日常的な活動に加えて 20~30 分の運動を行うことを推奨している。さらに, 運動は継続期間が長いほど効

果が大きいことが示されており, 運動継続の重要性を示唆している³⁾。また, 運動強度は高いほど, 生理学的変化は大きいと言われている⁴⁾。しかし, 運動強度が高くなると意欲は低下し, 運動を継続することは困難となる⁵⁾。

近年, 街中やフィットネスクラブにおいて音楽を併用し運動を実施している人をよく見かける。高強度運動時に音楽を併用した先行研究では, 音楽を聴くことによって, 自覚的運動強度の低下や運動時間の延長などの効果があると報告している⁶⁾⁷⁾。しかし, これらの先行研究は, エルゴメーターやトレッドミルを用いた研究が多く, 我々の身近な運動様式である歩行やランニングで検証した報告は少ない。新貝らは, 再現性が高いフィールドウォーキングテストである 10m Incremental Shuttle Walking Test⁸⁾⁹⁾の定常負荷法として 1999 年に Revill らによって開発された 10m Endurance Shuttle Walking Test¹⁰⁾ (以下 ESWT)を用いて, 低強度運動時に音楽を併用することで, 呼吸困難と下肢疲労感が軽減し, 楽しさが得られたと報告している¹¹⁾。

以上のことから, 高強度定常負荷運動時に音楽を併用することで, 運動継続時間の延長や自

覚的運動強度の低下, 楽しさなどの効果が得られるのではないかという仮説を立てた.

本研究の目的は, 15m Endurance Shuttle Walking and Run Test (以下 15mESWRT) を用いて高強度定常負荷運動時の音楽併用の有無が運動継続時間, 呼吸循環応答, 自覚的運動強度に与える影響を検証することである.

対象と方法

対象は, 若年健常者 26 名 (男性 12 名, 女性 14 名). 年齢, 身長, 体重は平均で 21.3 ± 1.8 歳, 165.2 ± 8.6 cm, 57.9 ± 12.0 kg であった. 対象者には本研究の目的およびリスクについて説明し, 同意を得た上で安全面を重視して測定を行った. 本研究は, 長崎大学倫理委員会の承認後実施した (承認番号 14072224).

方法は, 3 セッションで構成されるクロスオーバー比較試験とした. セッション 1 は, 対象が若年健常者であるため 10mSWT ではなく, 三川ら¹²⁾ が提唱する中高年を対象とした 15m Incremental Shuttle Walking and Run Test (以下 15mISWRT) を実施し, 最大酸素摂取量 (以下 peak $\dot{V}O_2$) を算出した. 15mISWRT は最大 12 分間で, 走行速度は 1 分毎に増加するものである. また, 事前評価として, 身長, 体重, 日常的な運動の有無, 好みの音楽についての調査した. セッション 2・3 では, セッション 1 の結果をもとに定常負荷試験である ESWT を従来の 10m から 15m に距離を伸ばした 15mESWRT を音楽刺激の有無で 2 回実施した. 15mESWRT は最大 20 分間で, 走行速度は一定である. レベル設定については, Mikawa et.al¹³⁾ の先行研究で報告されている ISWRT の到達距離から peak $\dot{V}O_2$ を算出する予測式を参考とした. 15mISWRT の最高到達レベルから 2 段階レベルを下げた時の peak $\dot{V}O_2$ は高強度負荷の値となることが予想されたため, これを 15mESWRT に適応することとした. 音楽刺激有り群 (以下音楽群) と音楽刺激無し (以下コントロール群) は NtRand 法にて無作為に分類した. 各セッションは, 2 日以上の間隔をあげ, 2 週間以内に実施した.

全セッションにおいて, 急な方向転換を避けるため 15m の直線コースの両端から 0.5m 手前に

目印のポールを設置した. 15mESWRT は, 事前練習として, 実施レベルの走行速度で被験者と検査者が 1 往復を並行して走り, 練習を行った. 被験者がテストの走行速度を確認できたら休憩し, 状態が安定したところから安静座位を 3 分間後に, 運動を開始した. これらの運動は音楽プレイヤーから流れる発信音に合わせてポールの間を歩行または走行する. 運動終了後には 5 分間安静座位をとる. 中止基準は, 発信音までに目印に 2 回連続で到達できなかった場合や被験者自身の呼吸困難, 下肢疲労感が強く生じた場合, 心拍数 (以下 HR), 経皮的酸素飽和度 (以下 SpO₂) がアンダーソン・土肥の中止基準に達した場合とした.

評価項目は, 運動実施中は呼気ガス分析装置 (エアロソニック AT-1100Ver.3.01 アニマ社) を装着し, 体重当たりの酸素消費量 (以下 $\dot{V}O_2/W$), 分時換気量 (以下 V_E), 呼吸数 (以下 f) を, パルスオキシメーターを用い, HR, SpO₂ を継続的に測定した. 加えて, 修正 Borg scale を用いて 1 分毎に呼吸困難や下肢疲労感, 運動終了時に数値評価スケール (以下 NRS) を用いて楽しさを評価した.

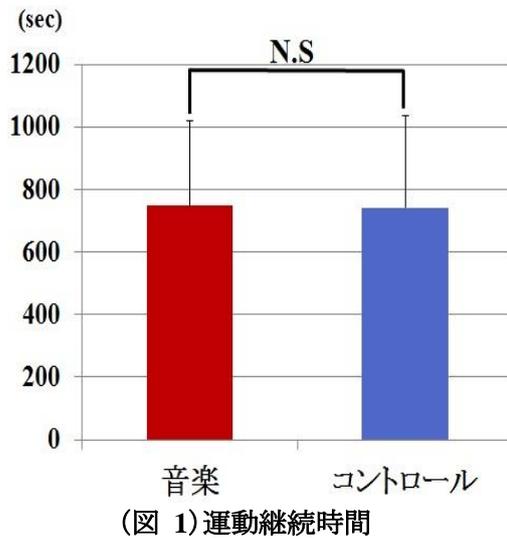
統計処理は, 呼気ガス分析装置の結果を 9 呼吸の移動平均より算出した. peak $\dot{V}O_2$ は, 15mISWRT での運動終了前 30 秒の平均値を用いた. 平均 $\dot{V}O_2/W$ は, 15mESWRT での運動開始 3 分後から運動終了時までの平均値を用いた. 正規性の検定には Shapiro-Wilk 検定を用い, 正規性がある場合は対応のある t 検定, 正規性がないものについては Wilcoxon の符号付順位検定にて比較・検討した. また, 統計ソフトは SPSS version21 を使用し, 危険率 5% 未満を有意とした.

結果

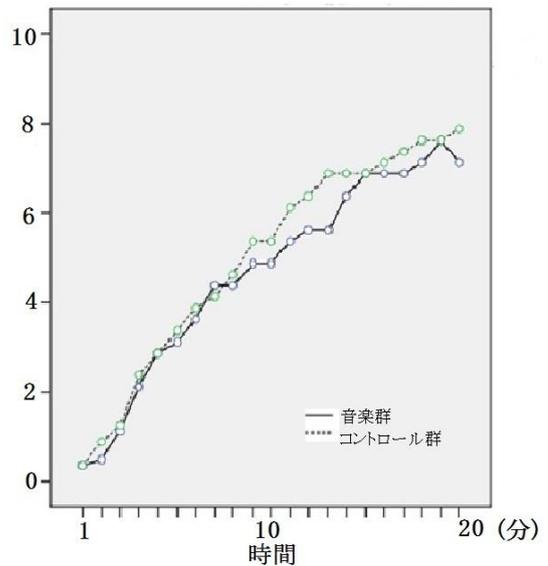
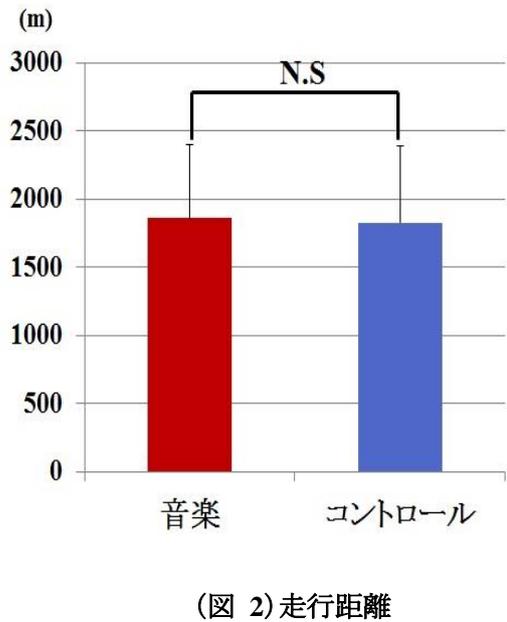
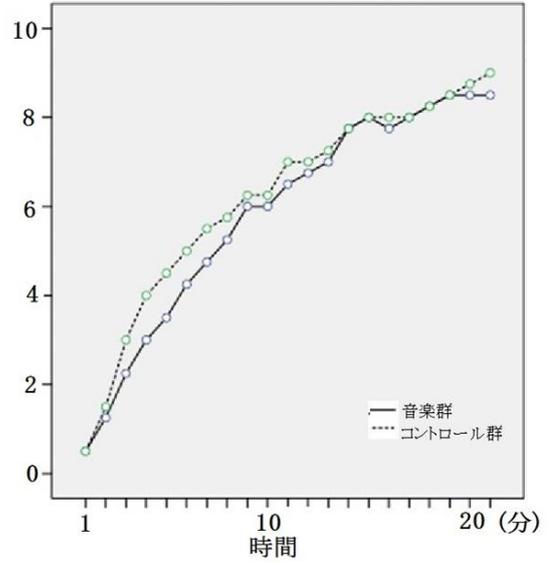
15mISWRT を完遂した者 (2 名), データ測定困難者 (1 名), データ欠損者 (3 名) を除外した. 最終的な研究対象者は, 若年健常者 20 名 (男性 9 名, 女性 11 名) であり, 平均年齢は 21.4 ± 1.7 歳, 平均身長は 164.9 ± 9.4 cm, 平均体重は 58.2 ± 13.4 kg であった. 15mISWRT の結果は, 平

均到達レベル 10.2 ± 1.3 , 平均 peak $\dot{V}O_2$ は $41.8 \pm 8.1 \text{ ml/min/kg}$, 平均最大運動強度 (以下%HRRmax) は $80 \pm 13\%$ であった。

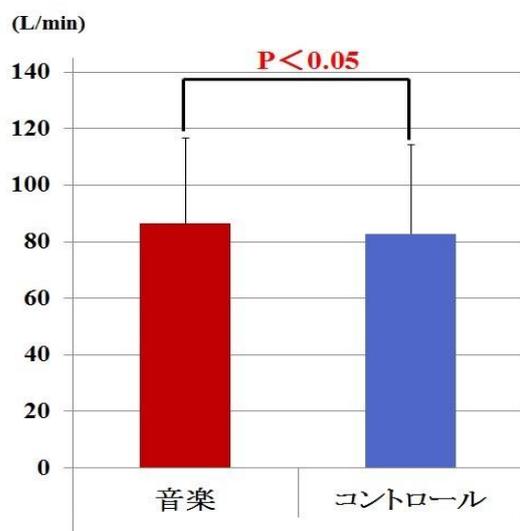
15mESWRT の音楽群, コントロール群の2群の比較では, 運動継続時間, 走行距離に有意差は認められなかった(図1, 2)。



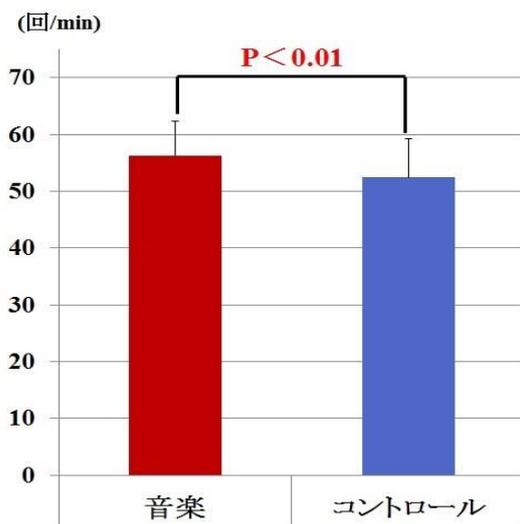
呼吸困難, 下肢疲労感についても有意差はみられなかったが, 音楽群がコントロール群に比べて低い値を示す傾向がみられた(図3, 4)。



呼吸循環応答に関して、 V_E ($p<0.05$)、 f ($p<0.01$)において音楽群が有意に高値を示した。男女別で比較した結果、女性の音楽群において V_E ($p<0.05$)、 f ($p<0.01$)が、男性の音楽群の f ($p<0.05$)のみが有意に高値を示した(図 5, 6)。



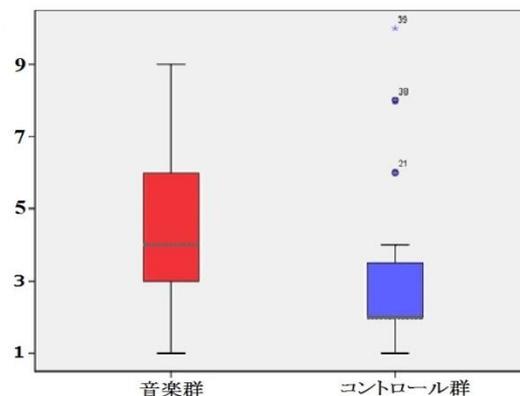
(図 5) V_E



(図 6) f

また、運動後の呼吸困難が女性で有意に低値を示した ($p<0.01$)。

NRS は、音楽群がコントロール群に比べて有意に高値を示した ($p<0.01$) (図 7)。

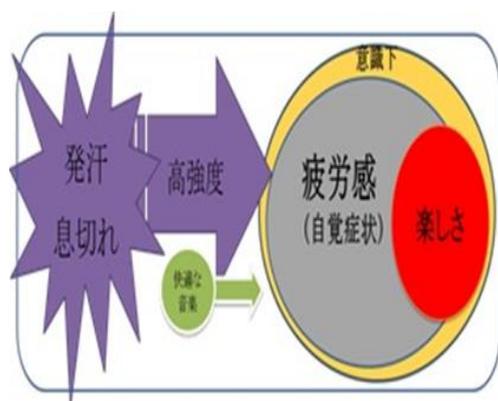


(図 7) 音楽の有無による楽しさの比較

考察

15mESWRT を用いた高強度定常負荷運動中の音楽刺激が運動継続時間、呼吸循環応答、自覚的運動強度および楽しさに与える影響について検討した。

運動継続時間や到達距離、自覚的運動強度に有意な差は認められず、 V_E 、 f は音楽群で有意に高値を示した。この結果は低強度運動時に音楽を併用した先行研究¹¹⁾とは異なり、高強度運動時に音楽を聴くことにより楽しみは得られるが、生理学的運動強度は高くなることを示唆している。運動中の音楽の効果機序は、感覚領域の感覚信号の強さと、その感覚に対する興味の強さの組み合わせで感覚を認識すると言われている。感覚注意の焦点が、運動疲労よりも興味の強い音楽を優先的に選択したならば、より少ない疲労感として知覚される¹⁴⁾。すなわち、我々の研究は高強度運動であったため、感覚注意の焦点が運動疲労よりも興味の強い音楽を優先的に選択する効果を弱めたと考えられる(図 8)。



(図 8) 高強度時への音楽の併用

一方、楽しみについては音楽群で有意に高い値を示した。本研究では、先行研究と同様に、被験者の好みの音楽を選択していたため、音楽刺激に対する興味の強さは高かったと考えられる。

また、女性の音楽群で運動終了後の呼吸困難が有意に低値を示した。その理由として、音楽が人間の気分を与える影響は、変化の方向性は同じだが、その量において、女性のほうが大きい傾向がある¹⁵⁾と報告されている。本研究においても、同様の結果が得られた。

参考文献

- 1) 厚生労働省ホームページ 国民健康・栄養調査報告平成 23 年度版。
<http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/eiyou/dl/h23-houkoku.pdf> (2014 年 12 月 26 日引用)
- 2) 厚生労働省ホームページ 健康づくりのための身体運動基準 2013。
<http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002xppl-att/2r9852000002xpqt.pdf>(2014 年 12 月 26 日引用)
- 3) William L, I-Min Lee, et al.: Physical Activity and Public Health: Updated Recommendation for Adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *MEDICINE & SCIENCE IN SPORTS & EXERCISE*. 2007; 39: 1423-1434.
- 4) 日本呼吸ケアリハビリテーション学会呼吸リハビリテーション委員会ワーキンググループ:呼吸リハビリテーションマニュアル-運動療法-(第 2 版). 2012.
- 5) 山本哲史, 山崎元:運動処方の最近の考え方.慶應義塾大学スポーツ医学研究センター紀要. 1999; 1: 34-35.
- 6) Peter. C. Terry, CI. Karageorghis, et al.: Effects of synchronous music on treadmill running among elite triathletes. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2012; 5,: 52-57.
- 7) CI.Karageorghis,DA.Mouzourides,et al. :Psychophysical and ergogenic effects of synchronous music during treadmill walking. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 2009; 31: 18-36.
- 8) 有菌信一, 北川知佳, 他:慢性閉塞性肺疾患患者の運動耐容能評価法としての漸増シャトルウォーキングテストの妥当性.日呼吸管理会誌, 2002; 11: 414-9.

まとめ

高強度定常負荷運動時に音楽を併用することで、楽しく運動することができると示唆された。また、女性でのみ運動後の呼吸困難は有意に低値を示したことから、音楽の効果には少なからず性差があることが示唆された。しかし、運動継続時間や到達距離、自覚的運動強度に音楽の効果は認められなかったが、 V_E や f が有意に増加するといった呼吸循環応答への影響が確認された。今後は、対象者数及び対象範囲を年齢や疾病等を考慮して拡大し、検討していく必要がある。

謝辞

本研究を進めるにあたり、ご指導、ご尽力を賜りました千住秀明教授ならびに長崎大学院医歯薬学総合研究科の諸先生方に厚く御礼申し上げます。

- 9) Singh SJ, Morgan MD, et al.: Development of a shuttle walking test of disability in patients with chronic airways obstruction. *Thorax*, 1992; 47: 1019-24.
- 10) Revall SM, Morgan MD, et al.: The endurance shuttle walk; a new field test for the assessment of endurance capacity in chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax*, 1999; 54: 213-22.
- 11) 新貝和也, 金崎雅史, 他: 運動中の音楽が呼吸困難感と下肢疲労感に与える影響. *理学療法科学ジャーナル*, 2011; 26: 353-357.
- 12) 三川浩太郎, 北川知佳, 他: 新しい運動負荷試験 15m shuttle walk and run test による運動耐容能の評価の試み. *理学療法科学*. 2005; 20: 7-12.
- 13) Mikawa K, Senjyu H: Development of a field test for evaluating aerobic fitness in middle-aged adults: Validity of a 15m Incremental Shuttle Walk and Run test. *Journal of Sports Science and Medicine*, 2011; 10: 712-717.
- 14) Costas I. Karageorghis, David-Lee Priest: Music in the exercise domain: a review and synthesis (Part I). *International Review of Sport and Exercise Psychology*. 2012; 5: 44-66.
- 15) 沖野成紀, 高橋瑞恵, 他: 音楽聴取による気分変化の POMS 測定-性差と音楽のタイプによる違いについて-. *東海大学紀要教養学部*, 2004; 34: 189-206.

(指導教員 千住秀明, 田中貴子)

ラット膝関節炎の急性期における寒冷療法ならびに 寒冷療法と運動療法の併用が腫脹や痛みにおよぼす影響

佐々木遼・西 祐樹

要旨

本研究ではラット膝関節炎の急性期に寒冷療法ならびに寒冷療法と運動療法を併用して適用し、腫脹や痛みに対する効果を検討した。実験動物には 8 週齢の Wistar 系雄性ラット 24 匹を用い、膝関節に関節炎を惹起させる関節炎群(n=6)、関節炎惹起後、その急性期において寒冷療法を施行する寒冷群(n=6)、同様に急性期において寒冷療法と運動療法を施行する併用群(n=6)、疑似処置として膝関節に生理食塩水を注入する対照群(n=6)に振り分けた。結果、寒冷群および併用群は関節炎群に比べ患部である膝関節の腫脹や圧痛閾値、遠隔部にあたる足部の痛覚閾値が早期に回復し、その効果は同程度であった。このことから、関節炎の急性期における寒冷療法の適用は、患部の炎症軽減のみならず、二次性痛覚過敏の発生予防としても有効な治療戦略になることが示唆された。

はじめに

関節炎をはじめとした組織損傷の急性期における理学療法の治療戦略としては、腫脹や痛みなどの炎症症状の軽減を目的に寒冷療法が適用されるのが一般的である。実際、腫脹に対する寒冷療法の効果に関して、Dolan ら¹⁾はラットの足底内部に外傷を加えた後に寒冷療法を施行した結果、足部体積が有意に減少したと報告している。ただ、その一方で Sluka ら²⁾はラット膝関節に起炎剤を注入し、その 4 時間後に寒冷療法を施行したものの、膝関節の周径は関節炎群と寒冷療法群で有意差は認められなかったと報告している。つまり、腫脹に対する寒冷療法の効果に関しては明確になっていないと思われ、再検討する余地を残しているといえる。これに対し、痛みに対する寒冷療法の効果に関して、Algafly ら³⁾は、健常成人の足関節周囲を冷却すると、同部位の圧痛閾値が増加したと報告しており、Sluka ら²⁾はラット膝関節に起炎剤を注入した 4 時間後に寒冷療法を施行すると、熱刺激に対する足底の痛覚閾値が増加したと報告している。つまり、痛みに対する寒冷療法の効果に関しては、

一定の見解になっていると思われ、しかも、寒冷療法を実際に施行する患部の疼痛軽減効果のみならず、遠隔部における二次性痛覚過敏の発生を予防できる可能性も示唆されている。

しかしながら、臨床においては寒冷療法の適用時期が急性期であるということもあり、しばしば寒冷療法の施行後は患部を安静に保つことが多い。しかし、このことによって患部を中心に不活動が惹起されることも事実であり、最近の先行研究によれば、患部の不活動は慢性痛に発展するリスクを高めると指摘されている⁴⁾。具体的に、Verbunt ら⁵⁾は腰痛発症後 4 日以上安静にした群では、4 日未満の群に比べ痛みを含めた機能障害度が高く、これは 12 か月後においても持続したと報告している。また、寺中ら⁶⁾はラット膝関節に起炎剤を注入し、あわせて患部の運動を制限する目的でギプスによる不動化を行うと、遠隔部にあたる足底の痛覚閾値の低下が持続し、慢性痛の徴候が認められたと報告している。一方、患部の不動化を避け、関節炎発症直後の急性期から運動療法を行うと、足底の痛覚閾値の低下が早期に回復したとも報告している。

したがって、以上のような先行研究を参考にす

ると、組織損傷の急性期においても積極的に運動療法を適用していく必要があるように思われる。実際、このことを支持する報告として Lessard ら⁷⁾は、関節鏡視下での膝関節外科術後早期の患者に対し、運動のみの場合と寒冷療法施行後に運動を行った場合を比較すると、後者のほうが鎮痛薬の使用量が有意に少なかったと述べている。つまり、組織損傷の急性期における理学療法の治療戦略としては、寒冷療法と運動療法を併用しながら進めるのが妥当と思われるが、その効果についてはこれまで明らかになっていない。そこで、本研究ではラット膝関節炎の急性期に寒冷療法ならびに寒冷療法と運動療法を併用して適用し、腫脹や痛みに対する効果を検討した。

予備実験

本実験のプロトコル設定のために、以下の2種類の予備実験を行った。

1. 寒冷療法による膝関節内温度の変化

今回行う寒冷療法によって、実際にどの程度、膝関節内温度が低下するのかを把握する目的で、以下の予備実験を行った。

1) 実験プロトコル

① 実験動物

実験動物には8週齢のWistar系雄性ラット5匹を用い、まず、右膝関節に疑似処置である生理食塩水の注射を行い、これを対照群として用い、注射の翌日に右膝関節の関節内温度の推移を測定した。次に、この測定終了後にこれらのラットの左膝関節に対して関節炎惹起のために起炎剤であるカラゲニン・カオリン混合液の注射を行い、これを関節炎群として用いた。そして、その翌日に左膝関節の関節内温度の推移を測定した。

② 関節炎の作製方法

ペントバルビタールナトリウム(40mg/kg)の腹腔内投与によって麻酔を行い、両側膝関節周囲を剃毛した。そして、30ゲージの注射針(NIPRO マイシヨット)を左側の膝蓋靭帯直上に刺入し、生理食塩水で溶解した3%λ-カラゲニン(シグマ社)・3%カオリン(Wako社)混合液300μlを注入することで関節炎を惹起させた。なお、

対照群に対しては上記と同様の方法で右膝関節に生理食塩水を300μl注入する疑似処置を行った。

③ 寒冷療法の方法

ペントバルビタールナトリウム(40mg/kg)の腹腔内投与によって麻酔を行った後、水温を約5°Cに設定した冷水浴内に一側膝関節のみ浸漬することで寒冷療法を施行した。

2) 評価方法

ペントバルビタールナトリウム(40mg/kg)の腹腔内投与によって麻酔を行った後、10分間の安静、20分間の寒冷療法施行中ならびに施行後の60分間について膝関節内温度の推移を1分毎に測定した。使用した機器は、高精度熱電対温度計PTC-301(UNIQUE MEDICAL社)であり、ニードル型プローブを膝蓋靭帯直上より刺入、留置した状態で測定を行った。

3) 結果

安静時に比べ、対照群で約15°C、関節炎群で約20°C、寒冷療法施行による膝関節内温度の有意な低下が認められた。そして、寒冷療法施行後は両群とも膝関節内温度が速やかに上昇するものの、60分が経過した時点においても安静時より有意に低下していた(図1)。

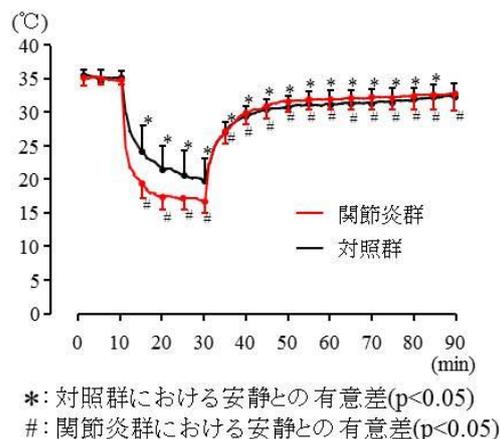


図1 膝関節内温度の推移

2. 急性期の期間に関する検討

今回の実験モデルであるラット膝関節炎の急性期の期間を明確にするため、炎症マーカーである赤血球沈降速度(以下、ESR)の測定を行った。

1) 実験プロトコル

① 実験動物

実験動物には 8 週齢の Wistar 系雄性ラット 5 匹を用いた。

② 関節炎の作製方法

予備実験 1 と同様に右側膝関節に起炎剤であるカラゲニン・カオリン混合液 300 μ l を注入し、関節炎を惹起させた。

2) 評価方法

実験期間中は以下の方法で ESR を測定した。なお、測定は起炎剤を投与する前日ならびに投与後 1・3・7・10 日目に行った。

① ESR の測定方法

ESR の測定は Westergren 法を用いた。具体的には、ディスポーサブル赤沈管 (ベネフィット社) を用い、尾静脈より採取した血液を赤沈管に吸い上げ、その 60 分後の血漿層の長さを求め、ESR を算出した。

3) 結果

ESR は起炎剤投与後 1 日目において Base Line より有意に上昇し、3 日目もこの状態が持続していた。しかし、7 日目の時点では Base Line とほぼ同値まで下降し、有意差を認めなくなり、この状態は 10 日目も同様であった (図 2)。このことから、今回の実験モデルであるラット膝関節炎の炎症は 7 日目の時点で鎮静化していることが示唆され、急性期の期間についても 7 日間と定義した。

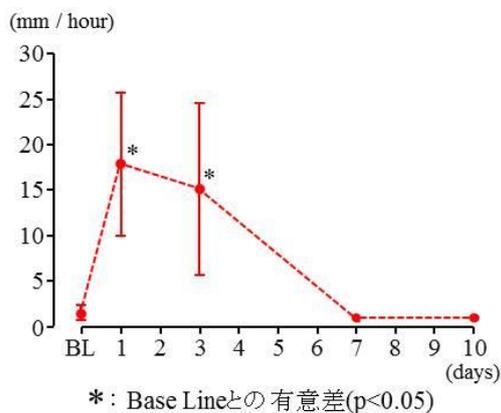


図 2 ESR の変化

材料と方法

1. 実験プロトコル

1) 実験動物

実験動物には 8 週齢の Wistar 系雄性ラット 24 匹を用い、これらが無作為に右側膝関節に関節炎を惹起させる関節炎群 (n=6)、関節炎惹起後、その急性期において寒冷療法を施行する寒冷群 (n=6)、同様に急性期において寒冷療法と運動療法を施行する併用群 (n=6)、疑似処置のみを施す対照群 (n=6) に振り分けた。なお、今回の実験は長崎大学が定める動物実験指針に準じ、長崎大学先導生命科学研究所支援センター動物実験施設で実施した。

2) 関節炎の作製方法

関節炎群、寒冷群、併用群の各ラットに対しては、予備実験 1 と同様に右側膝関節に起炎剤である 3% λ -カラゲニン・3%カオリン混合液 300 μ l を注入し、関節炎を惹起させた。なお、対照群の各ラットに対しては、疑似処置として右膝関節に生理食塩水を注入した。

3) 寒冷療法の方法

寒冷群、併用群の各ラットに対しては、起炎剤投与 1 日目に後述する評価を行い、関節炎の発症を確認した。そして、ペントバルビタールナトリウム (40mg/kg) の腹腔内投与によって麻酔を行い、予備実験 1 と同様の方法で 20 分間、寒冷療法を施行した。なお、寒冷療法の施行は本実験モデルの膝関節炎の急性期にあたる 7 日目まで毎日行った。

4) 運動療法の方法

併用群の各ラットに対しては、寒冷療法を施行した後に、麻酔下の状態で以下の方法で右側膝関節の伸展運動を実施した。具体的には、低周波治療器トリオ 300 (伊藤超短波) を用い、刺激周波数 50Hz、パルス幅 250 μ sec、刺激強度 2~3mA の条件で、大腿四頭筋を 2 秒間収縮、4 秒間弛緩させることで、膝関節伸展運動を誘発させた。そして、この運動の実施時間は 20 分間とし、本実験モデルの膝関節炎の急性期にあたる 7 日目まで毎日行った。なお、すべての実験期間終了後は運動による筋線維損傷の発生や筋線維肥大効果を確認するため、大腿直筋の凍結横断切片をヘマトキシリン&エオジン (以下、

H&E)染色し、各群の病理観察とともに筋線維直径を比較した。その結果、すべての群で病理学的な異常所見は認められず、各群の平均筋線維直径は対照群が $67.6 \pm 7.7 \mu\text{m}$ 、関節炎群が $70.8 \pm 7.1 \mu\text{m}$ 、寒冷群が $69.6 \pm 8.1 \mu\text{m}$ 、併用群が $68.6 \pm 6.2 \mu\text{m}$ で、各群の間に有意差は認められなかった。つまり、今回の運動では筋線維肥大効果はないことが確認された(図3)。

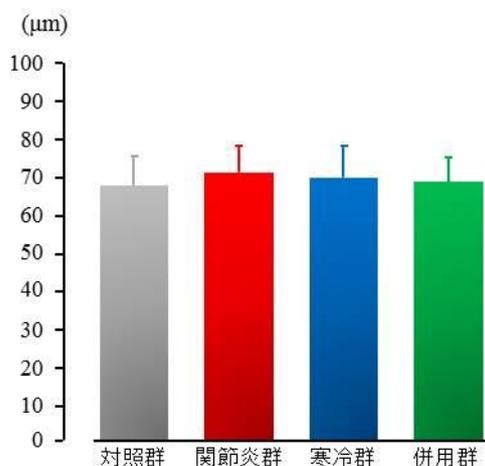


図3 大腿直筋の筋線維直径の比較

2. 評価方法

実験期間中は以下の方法にて注射側である右側膝関節の腫脹と圧痛閾値を測定し、患部の炎症症状を評価した。また、両側の足底および足背への機械的刺激に対する痛覚閾値を測定し、遠隔部における痛みの発生状況を評価した。なお、これらの測定は起炎剤もしくは生理食塩水を投与する前日ならびに投与後8日目までは毎日、その後は14・21・28日目に行った。加えて、実験期間終了後には各群から患部である右側膝関節を採取し、組織学的検索に供した。

1) 膝関節の腫脹の評価

膝関節の腫脹は、麻酔下で右側膝関節の内・外側裂隙間の横径をノギスで測定することで評価した。

2) 膝関節の圧痛閾値の評価

圧痛閾値は、覚醒下でプッシュプルゲージ(AIKOH ENGINEERING社)を用いて、右側膝関節の外側裂隙部に圧刺激を加え、後肢の逃避反応が出現する荷重量(N)を測定することで評価した。なお、この測定においては荷重量の

減少が圧痛閾値の低下を意味しており、データは5回の測定の平均値を用いた。

3) 足部の機械的刺激に対する痛覚閾値の評価

足部の機械的刺激に対する痛覚閾値の評価には、4・15gのvon Frey filament(以下、VFF; North Coast Medical社)を用いた。VFFテストとは、毛髪状のフィラメントが折れ曲がるまで皮膚に押しあてるもので、フィラメントの太さの違いによって皮膚に入力される機械的刺激の強度が異なることを利用した痛覚検査法であり、アロディニアと痛覚過敏の両者を評価することができる⁸⁾。具体的な方法としては、各VFFを用いて覚醒下で両側の足底および足背をそれぞれ10回刺激し、その際の痛み関連行動(刺激時における刺激側後肢の逃避反応やなき声、非刺激側後肢をばたつかせる動きなど)の出現回数を測定することで評価した。なお、この測定においては痛み関連行動の出現回数が増加するほど痛覚閾値の低下を意味する。

4) 膝関節の組織学的検索

実験期間終了後は麻酔下で患部である右側膝関節を採取し、4%パラホルムアルデヒドにて組織固定を行い、脱灰処理の後にパラフィン包埋を行った。包埋した試料はマイクロームを用いて5μm厚の矢状断切片を作製した後、H&E染色を施し、光学顕微鏡で検鏡した。そして、この組織学的検索を通して、実験期間終了時の各群の膝関節組織の炎症を評価した。

5) 統計処理

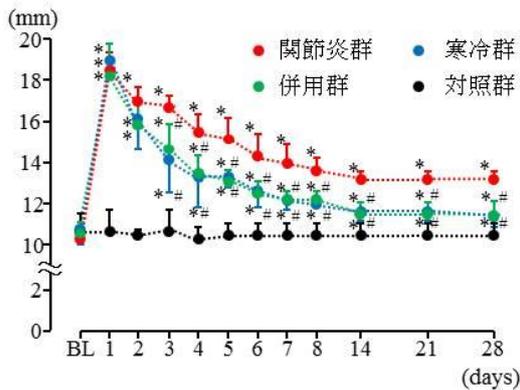
4群間における膝関節の腫脹と圧痛閾値ならびに各VFFに対する足部の痛覚閾値については、一元配置分散分析(以下、ANOVA)を適用し、有意差を判定した。そして、ANOVAにて有意差を認めた場合は、事後検定にFisher's PLSD法を適用し、各群間の有意差を判定した。なお、すべての統計手法とも有意水準は5%未満とした。

結果

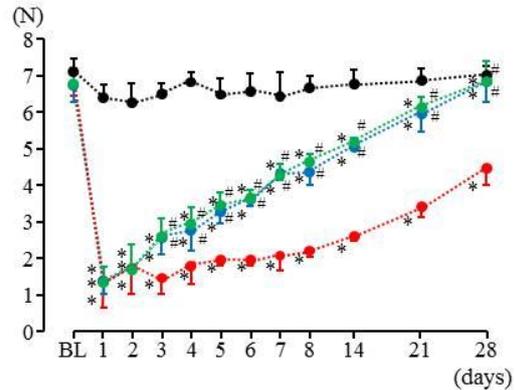
1. 膝関節の腫脹

起炎剤投与後1日目の腫脹の程度は関節炎群、寒冷群、併用群とも対照群より有意に増加し、この3群間には有意差を認めなかった。そして、

a) 腫脹



b) 圧痛閾値



*: 対照群との有意差(p<0.05) #: 関節炎群との有意差(p<0.05) +: 寒冷群との有意差(p<0.05)

図4 膝関節の腫脹と圧痛閾値の変化

この3群の腫脹の程度は1日目をピークに28日目まで対照群より有意に増加していた。しかし、この3群の推移をみると3日目以降は寒冷群と併用群が関節炎群より有意に減少し、この2群間の推移には有意差を認めなかった(図4a)。

2. 膝関節の圧痛閾値

起炎剤投与後1日目の圧痛閾値は関節炎群、寒冷群、併用群とも対照群より有意に減少し、この3群間には有意差を認めなかった。そして、この3群の圧痛閾値の低下は1日目をピークに回復する傾向を認めたが、関節炎群の圧痛閾値は28日目においても対照群より有意に減少していた。一方、寒冷群と併用群の圧痛閾値は3日目以降、関節炎群より有意に増加し、28日目では対照群との有意差も認められなくなり、さらにこの2群間の推移には有意差を認めなかった(図4b)。

3. 足部の痛覚閾値

足底ならびに足背の機械的刺激に対する痛覚閾値に関しては、左右ならびに4・15gのVFFともほぼ同様の結果であった。具体的には、起炎剤投与後1日目では関節炎群、寒冷群、併用群とも対照群より有意に減少し、この3群間には有意差を認めなかった。しかし、その後の推移をみると関節炎群は28日目まで対照群より有意に減少していたのに対し、寒冷群と併用群は3日目以降、関節炎群より有意に増加し、この2群間の

推移には有意差を認めなかった(図5, 6)。

4. 膝関節の組織学的変化

患部である右側膝関節の組織像を検鏡すると、関節炎群においては滑膜部分に細胞浸潤を伴う明らかな炎症所見が認められた。一方、寒冷群と併用群においては関節炎群と比較して細胞浸潤は軽度であった(図7)。

考察

本研究では、ラット膝関節炎モデルを用いて、その急性期に寒冷療法のみを施行する場合と寒冷療法と運動療法を併用して施行する場合をシミュレーションし、腫脹や痛みに対する効果を検討した。

まず、起炎剤の投与によって膝関節に炎症が惹起されていることを確認するため、今回は炎症症状の指標として膝関節の腫脹と圧痛閾値を評価した。その結果、起炎剤投与後1日目において関節炎群、寒冷群、併用群の腫脹と圧痛閾値はいずれも対照群と有意差を認め、かつこの3群間には有意差を認めなかった。このことから、起炎剤を投与した関節炎群、寒冷群、併用群の3群には同程度の炎症症状が発生していたと推測できる。

次に、起炎剤投与後1日目以降の関節炎群における膝関節の腫脹と圧痛閾値の推移をみると、すべての期間を通して対照群との有意差が

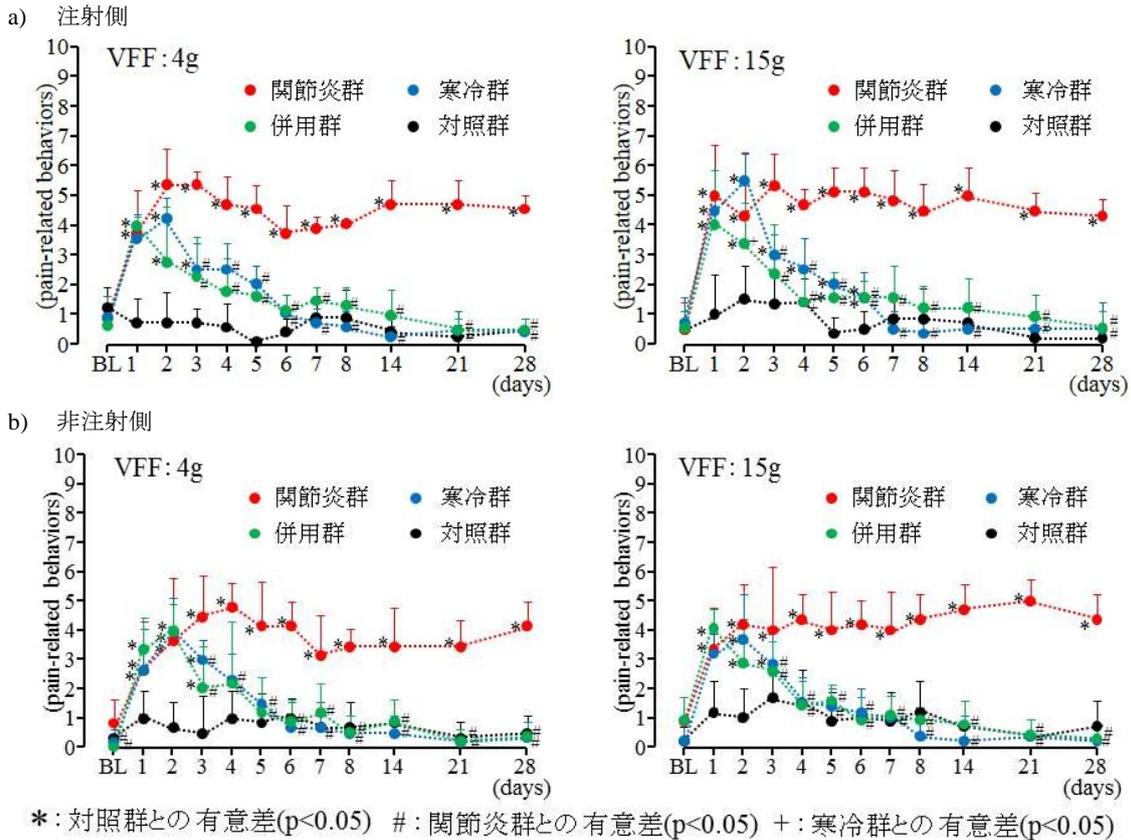


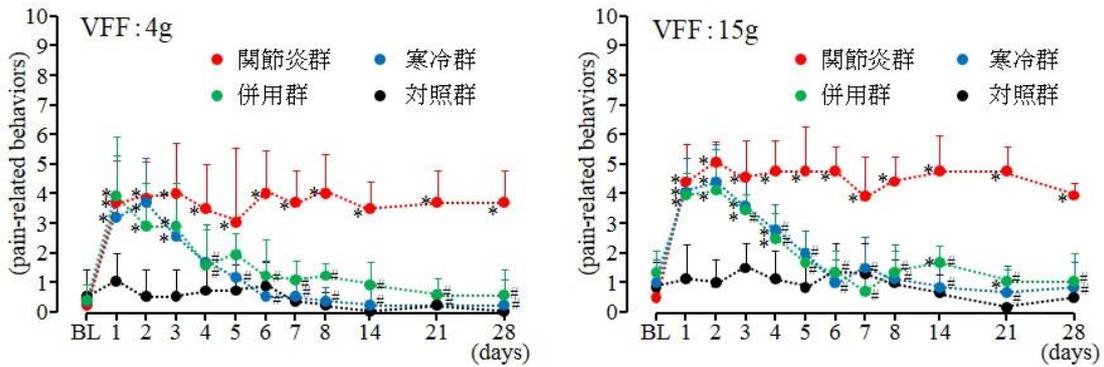
図5 各VFFに対する足底の痛覚閾値の変化

認められた。また、遠隔部にあたる足底ならびに足背の機械的刺激に対する痛覚閾値に関しては、両側ならびに4・15gのVFFとも同様の結果で、すべての期間を通して対照群より有意に低下していた。一般に、4gのVFFはアロディニア、15gのVFFは痛覚過敏の評価に用いられており⁸⁾、関節炎群においてはその両者の症状が生じているといえる。また、先行研究によると炎症などによって末梢からの強力な侵害刺激が持続すると、脊髄後角において侵害受容ニューロンの受容野拡大や感受性亢進などの中枢性感作が惹起され、遠隔部にも痛みが広がる二次性痛覚過敏が発生するとされている⁹⁾。つまり、関節炎群の注射側の足底や足背で持続的に認められた痛覚閾値の低下はこの現象を表しているといえる。加えて、Neugebauerら¹⁰⁾は猫の一侧膝関節に起炎剤を注入した関節炎モデルを用いて、両側の脊髄後角における広作動域ニューロンの活動を記録しているが、この結果では、患側のみならず反対側においても活動亢進が認められてい

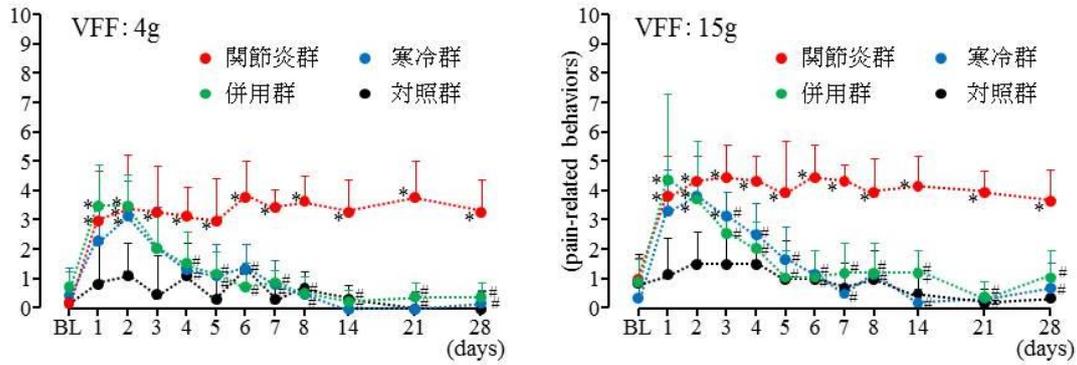
る。つまり、関節炎群の非注射側の足底や足背で持続的に認められた痛覚閾値の低下は、中枢性感作が両側にまで広がっていたことを示唆しており、この影響で非注射側にも二次性痛覚過敏が発生したのではないかとと思われる。

次に、寒冷群の結果をみると、膝関節の腫脹と圧痛閾値はともに起炎剤投与後3日目より28日目まで、関節炎群との間に有意差を認め、いずれの回復も良好であった。一般に、寒冷療法には血管収縮による血流量の制限や血管透過性の低下、さらには低酸素障害や酵素的障害などを抑制する効果があるといわれている¹¹⁾¹²⁾。つまり、関節炎発症直後から寒冷療法を施行することによってこれらの効果が発揮され、患部である膝関節の腫脹や痛みが早期に軽減したのではないかとと思われる。加えて、寒冷群の膝関節における組織学的変化をみると、滑膜部分における細胞浸潤が関節炎群と比較して軽度であった。したがって、寒冷療法には炎症に伴う病理学的変化を早期に軽減する作用があるのではないかと

a) 注射側



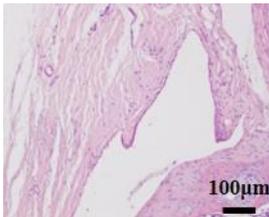
b) 非注射側



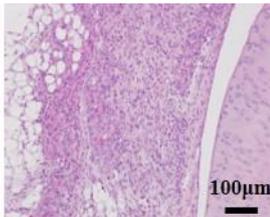
*: 対照群との有意差(p<0.05) #: 関節炎群との有意差(p<0.05) +: 寒冷群との有意差(p<0.05)

図6 各VFFに対する足背の痛覚閾値の変化

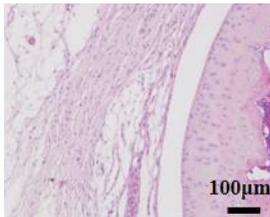
a) 対照群



b) 関節炎群



c) 寒冷群



d) 併用群

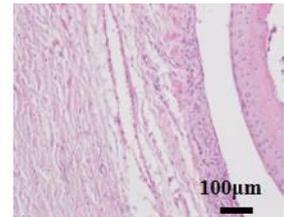


図7 膝関節の組織学的変化

と推察される。そして、両側の足底ならびに足背における痛覚閾値に関しても、起炎剤投与後3日目以降、関節炎群より有意に増加していた。つまり、寒冷療法によって早期から患部である膝関節の炎症症状が軽減したことによって、末梢からの侵害刺激が減弱し、中枢性感作が抑制され、その結果、二次性痛覚過敏の発生も予防できたのではないかと推察される。

最後に、併用群の結果をみると、膝関節の腫脹と圧痛閾値ならびに両側の足底、足背における痛覚閾値はともに起炎剤投与後3日目より28

日目まで、関節炎群との間に有意差を認め、いずれの回復も良好であった。しかし、寒冷群と比較するとこれらの推移には有意差は認められなかった。従来より、関節炎の急性期における運動の弊害としては、患部の炎症症状の悪化や新たな組織損傷の発生が指摘されている。しかし、併用群の膝関節における組織学的変化をみると、滑膜部分における細胞浸潤は、寒冷群と同程度であり、関節炎群より明らかに軽度であった。また、大腿直筋の病理観察においても新たな組織損傷の発生は認められなかった。つまり、寒冷療

法を併用しながら運動療法を施行することで、患部の炎症症状の増悪や新たな組織損傷の発生を予防できたのではないかと思われる。

臨床では、従来から関節炎をはじめとした組織損傷の急性期には、患部を安静に保つことが広く提唱されてきた。しかし、近年、過度の安静による患部の不活動や全身の活動性の低下は、痛みの増悪や新たな痛みを生み出すといった慢性痛の悪循環を構築することが指摘され、急性期でさえ安静は必要最小限にとどめるべきとされている¹³⁾。そして、今回の併用群の結果はすべて寒冷群と同様であり、運動そのものの効果は明らかとはならなかったものの、不活動の是正といった意味では効果的であると思われ、臨床適

用すべき治療戦略の一つといえよう。

一方、本研究の制限因子としては、特に寒冷療法の効果のメカニズムについて検討できていない点があげられ、今後はこの点を解明していくことが課題である。

謝辞

今回の実験において、ご指導、ご協力頂いた長崎大学大学院医歯薬学総合研究科運動障害リハビリテーション学研究室の諸先生方に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) Dolan MG, Thornton RM, et al.: Effects of cold water immersion on edema formation after blunt injury to the hind limbs of rats. *J Athl Train.* 1997; 32: 233-237.
- 2) Sluka KA, Christy MR, et al.: Reduction of pain-related behaviors with either cold or heat treatment in an animal model of acute arthritis. *Arch Phys Med Rehabil.* 1999; 80: 313-317.
- 3) Algafly AA, George KP: The effect of cryotherapy on nerve conduction velocity, pain threshold and pain tolerance. *Br J Sports Med.* 2007; 41: 365-369.
- 4) 沖田 実: 痛みの発生メカニズム—末梢機構, *Pain Rehabilitation—ペインリハビリテーション*, 松原貴子, 沖田 実, 森岡 周, 三輪書店, 東京, 2011, pp. 134-177.
- 5) Verbunt JA, Sieben J, et al.: A new episode of low back pain: who relies on bed rest?. *Eur J Pain.* 2008; 12: 508-516.
- 6) 寺中 香, 坂本淳哉, 他: ラット膝関節炎モデルに対する患部の不動ならびに低強度の筋収縮運動が腫脹や痛覚閾値におよぼす影響. *PAIN RES.* 2014; 29: 151-160.
- 7) Lessard LA, Scudds RA, et al.: The efficacy of cryotherapy following arthroscopic knee surgery. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1997; 26: 14-22.
- 8) 沖田 実: 基礎研究で活用されている痛みの評価, *Pain Rehabilitation—ペインリハビリテーション*, 松原貴子, 沖田 実, 森岡 周, 三輪書店, 東京, 2011, pp. 234-248.
- 9) 松原貴子: 慢性痛, *機能障害科学入門*, 沖田 実, 松原貴子, 森岡 周 (編), 神陵文庫, 福岡, 2010, pp. 43-67.
- 10) Neugebauer V, Schaible HG: Evidence for a central component in the sensitization of spinal neurons with joint input during development of acute arthritis in cat's knee. *J Neurophysiol.* 1990; 64: 299-311.
- 11) 坂野裕洋: 寒冷療法の概要, *物理療法学テキスト(改訂第 2 版)*, 木村貞治, 沖田 実, Goh Ah Cheng (編), 南江堂, 東京, 2013, pp.153-164.
- 12) 坂本淳哉, 石井 瞬, 他: 寒冷療法の生理学的効果. *理学療法.* 2012; 29: 971-977.
- 13) 松原貴子: 動いてよいのか悪いのか? 筋と痛み, *痛みのケア 慢性痛, がん性疼痛へのアプローチ*, 熊澤孝朗 (編), 照林社, 東京, 2006, pp. 109-126.

(指導教員 沖田 実)

関節リウマチ患者の下肢機能に対する生物学的製剤の効果検証 —理学療法評価からの分析—

多山花奈・東 讓二

要旨

本研究では、A 病院リウマチ・膠原病内科受診中の関節リウマチ患者 3 名を対象に、関節リウマチ患者の下肢機能に対する生物学的製剤の効果について検討した。各生物学的製剤の投与前後に圧痛関節数、腫脹関節数、疼痛 VAS、CRP 値、DAS28-CRP、関節可動域、筋力、TST-5、TUG、HAQ を測定した。その結果、全ての症例で疼痛 VAS、CRP 値、両側膝伸展筋力、TST-5、TUG の改善がみられ、内 2 症例では、下肢機能に関する HAQ の項目の改善も確認できた。生物学的製剤の早期使用によって炎症の鎮静化が生じ、短期間で ADL の改善を認められた症例があったが、一方で罹患期間や使用した薬剤の効果時期に加え、投与期間中の過活動によって薬剤の効果を阻害した可能性を示唆する症例もあった。このことから、生物学的製剤を投与中の関節リウマチ患者に対してリハビリテーションを実施する際には、薬剤の特性や症例の個人因子・環境因子を十分に考慮する必要があると考えられる。

はじめに

関節リウマチ(Rheumatoid arthritis : 以下, RA) は、滑膜の異常増殖に伴って骨や軟骨の破壊をもたらす全身性疾患である。関節炎の多くが手指や手関節にみられるが、膝関節や足関節などの下肢の関節にも症状は現れる。

RA に対する治療法としては、薬物療法や手術療法、リハビリテーション(運動療法)があるが、薬物療法を選択している RA 患者が多く、さらに近年では、従来の抗炎症剤や抗リウマチ薬だけでなく、生物学的製剤の国内での使用が 2003 年から開始したことで、RA に対する薬物療法が急速に発展している。

生物学的製剤とは、バイオテクノロジー技術によって生み出された薬剤で、薬剤費は高価であり、感染症やアレルギーといった副作用のリスクも抱えているが、その一方で、症状を改善し炎症を抑えるだけでなく、関節破壊を抑制する効果も期待できる。佐浦ら¹⁾は、このような生物学的製剤の使用によって RA の病勢が十分コントロールされる可能性を示しつつも、それまでに病期が進行している場合は、運動機能障害や能力障害が

残存することが多いとし、薬物療法に加えて発症早期からのリハビリテーションの実施が必要であると述べている。つまり、今後私たちが理学療法士として RA 患者に関わる上で、ただリハビリテーションを実施するのではなく、併用する可能性のある薬物療法自体が RA 患者の日常生活動作(Activities of daily living: 以下 ADL)に対してどのような影響を与えるのかを知っておく必要がある。

現在、臨床現場では RA 患者に特有の機能障害を把握する ADL 評価の指標として、Health Assessment Questionnaire(以下, HAQ)がよく用いられている。これは ADL に関する 8 領域、20 項目からなる質問票で、RA 患者に現在の日常生活における困難の程度を回答してもらうことで、その RA 患者の身体機能の障害度を医療者側が知るることができる評価方法である(表 1)。この HAQ の評価項目の中には上肢機能だけでなく、下肢機能を評価する項目(表 1 の薄い赤色で色づけした項目)が多く存在する。先行研究でも、志賀²⁾は、RA 患者の約 60%以上に何らかの膝関節障害が存在すると述べ、膝関節の腫脹、運

HAQ	何の困難もない (0点)	いくらか困難である (1点)	かなり困難である (2点)	できない (3点)
A.靴ひもを結び、ボタンかけも含め自分で身支度できるか				
B.自分で洗髪できるか				
C.肘掛けのない垂直な椅子から立ち上がれるか				
D.就寝、起床の動作ができるか				
E.皿の肉を切ることができるか				
F.いっぱい水が入っている茶碗やコップを口元まで運べるか				
G.新しい牛乳のパックの口を開けられるか				
H.戸外で平坦な地面を歩けるか				
I.階段を5段登れるか				
J.身体全体を洗い、タオルで拭くことができるか				
K.浴槽につかることができるか				
L.トイレに座ったり立ったりできるか				
M.頭上にある5ポンドのものに手を伸ばしてつかみ、下に降ろせるか				
N.腰を曲げ床にある衣類を拾い上げられるか				
O.自動車のドアを開けられるか				
P.広口のピンの蓋を開けられるか				
Q.蛇口の開閉ができるか				
R.用事や、買い物で出かけることができるか				
S.車の乗り降りができるか				
T.掃除機をかけたり、庭掃除などの家事ができるか				

表 1 Health Assessment Questionnaire (HAQ)

動時痛、自発痛などを繰り返すうちに、正座や和式トイレ動作ができなくなり、歩行や階段昇降などのADLの制限が著明となると示唆している。さらに、RA患者の膝関節周囲筋の筋力低下は著明で、特に大腿四頭筋は健常人の約30%低下すると述べている。また、浪平ら³⁾は、RA患者の歩行は健常人に比べ、脚支持性、制動性、駆動性の低下が有意にみられたと報告している。

このようにRA患者は下肢機能が低下すると言われているが、RA患者のADLに対して下肢機能を分析し検証した具体的な研究はあまり報告されていない。そこで、生物学的製剤による薬物療法がRA患者のADLにどのような影響を与えるのかについて、理学療法評価を実施し検証した。

方法

生物学的製剤投与前と投与後の両時点において、A病院リウマチ・膠原病内科受診中のRA患者3名を対象に、RA患者の圧痛関節数、腫脹関節数、疼痛Visual Analog Scale(以下、疼痛

VAS)、CRP値、RAの疾患活動性の指標であるDAS28-CRP、HAQの計6つの情報は診療記録より得た。ただし、疼痛VASは疾患の全過程を通じて感じた最大の痛みに対する「現在の痛みの程度」を回答形式で評価した。また、身体機能評価として下肢の関節可動域、筋力、パフォーマンステストの5回椅子立ち上がりテスト(以下、TST-5)、Timed Up & Go(以下、TUG)を実施した。

下肢の関節可動域は、股関節屈曲・股関節伸展・膝関節屈曲・膝関節伸展の計4ヶ所を測定した。股関節屈曲・膝関節屈曲(股関節屈曲位)・膝関節伸展の測定時は被験者をベッド上背臥位にて、股関節伸展・膝関節屈曲(股関節伸展位)の測定時は被験者をベッド上腹臥位にて、角度計を用いて実施した。

下肢筋力は徒手筋力計「Mobie MT-110(酒井医療)」を用い、股関節屈曲筋・股関節伸展筋・膝関節屈曲筋・膝関節伸展筋の計4ヶ所を測定した。股関節屈曲・膝関節屈曲・膝関節伸展の測定時は被験者をベッド上端座位にて、両腕を胸部前方で交差させ、下肢は膝関節を90°

屈曲位に固定して測定した。股関節伸展の測定時は、被験者をベッド上腹臥位にて、膝関節を90°屈曲位に固定して測定した。また、より再現性の高い測定を行うため、ベルト付きのプルセンサー「MT-110(酒井医療)」を使用し、ハンドヘルドダイナモメーターのベルト固定法と同様に片方のベルトを被験者に、もう片方のベルトを検者の下肢に固定する方法で実施した。座位での測定時には、被験者の体幹が後傾し代償運動が生じないように、被験者に注意を促すとともに、測定中は検者が被験者の背部に軽く手を添えた。測定は左右2回ずつ行い、最大値を採用した。

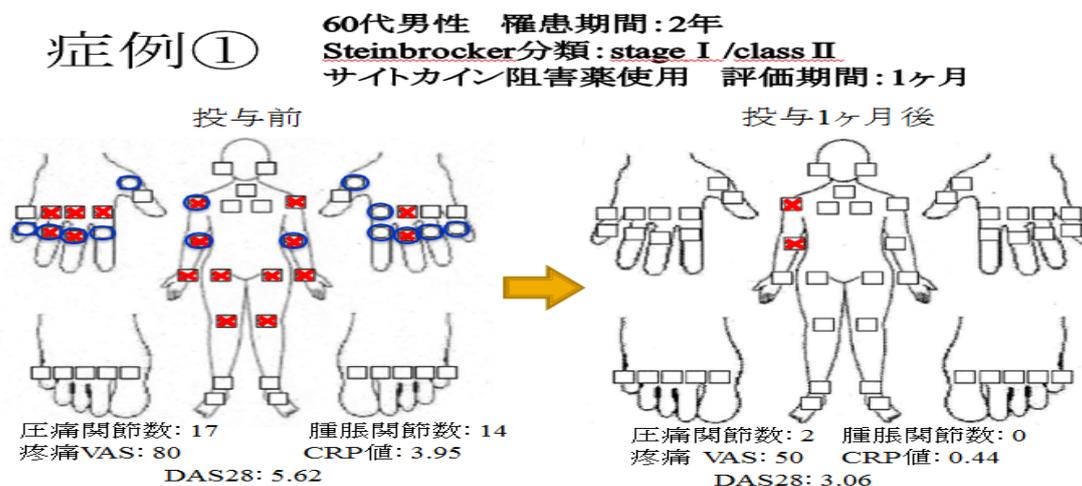
TST-5は被験者の両腕を胸部前方で交差させ、背中を伸ばした状態で椅子(地面から40cmの高さ)に浅く腰かけてもらい、合図とともに椅子から立ち上がって直立姿勢をとり、再び椅子に腰かける動作を可能な限り速く、5回繰り返すように指示した。合図してから5回目の着座姿勢をとるまでの時間を0.01s単位で2回計測し、より速い方の結果を採用した。TUGは被験者が椅子に着座した状態で合図とともに立ち上がり、2.5m先に接地した目印まで直進した後、目印を半周して再び椅子まで直進し着座するまでの動作を、走らない程度で可能な限り速く行うように指示した。椅子から立ち上がって往復し再び椅子に着座するまでの時間を0.01s単位で2回計測し、より速い方の結果を採用した。なお、本研究は長崎大学病院臨床研究倫理委員会にて承認を得て行った。

症例紹介

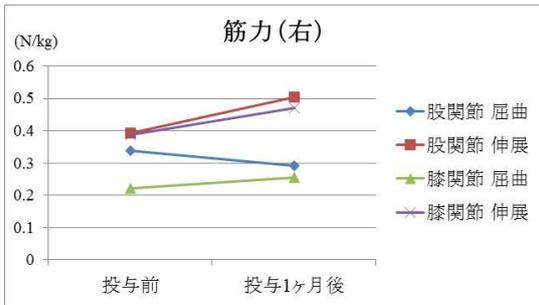
1. 症例①

60歳代の男性で、2012年にRAを発症。2014年3月からアダリムマブ(サイトカイン阻害薬)の投与を開始した。

Steinbrocker分類はstage I /class IIで、生物学的製剤投与前の関節炎と疾患活動性は、圧痛関節数17ヶ所、腫脹関節数14ヶ所、疼痛VAS 80(mm)、CRP値 3.95(mg/dl)、DAS28-CRP 5.62であった。また、下肢筋力(右/左)は、股関節屈曲0.34/0.24(N/kg)、股関節伸展0.39/0.52(N/kg)、膝関節屈曲0.22/0.14(N/kg)、膝関節伸展0.38/0.37(N/kg)であった。関節可動域は左股関節屈曲時に疼痛の訴えがあり、80°の可動域制限がみられたが、その他の関節は参考可動域に達しており特に問題はなかった。パフォーマンステストはTST-5:8.52(s)、TUG:5.54(s)であった。HAQは「就寝、起床の動作ができますか」「身体全体を洗い、タオルで拭くことができますか」「頭上にある5ポンドのもの(約2.3kgの砂糖袋など)に手を伸ばしてつかみ、下に降ろせますか」「用事や、買い物で出かけることができますか」「掃除機をかけたり、庭掃除などの家事ができますか」の下肢に関する5項目で「いくらか困難である」にチェックが入っていた。アダリムマブ投与1ヶ月後における関節炎と疾患活動性は、圧痛関節数(赤色×印)、腫脹関節数(青色○印)、疼痛VAS、CRP値全てに減少がみられ、DAS28-CRPは3.06となった(図1)。下肢筋力に関しては、両膝関節屈曲・伸展、右股関節伸展、左股関節屈



図・1・症例①ー関節炎・疾患活動性の変化ー



図・2・症例①ー筋力(右)ー

関節可動域		入院時		外来時	
		右	左	右	左
股関節	屈曲	125	80P	130	115
	伸展	25	20	20	25
膝関節	屈曲(背臥位)	145	145	140	145
	(腹臥位)	140	140	130	135
	伸展	0	0	0	0

P:Pain

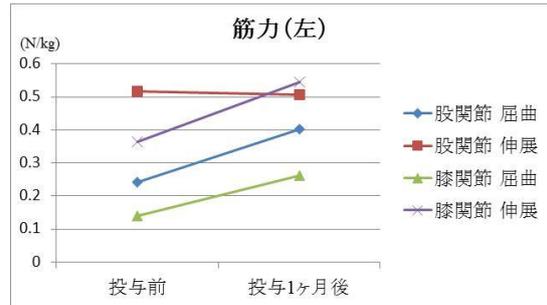
図・4・症例①ー関節可動域ー

曲で増加がみられ(図2・3), 関節可動域では左股関節屈曲時の疼痛の訴えがなくなり, 115°に改善していた(図4). パフォーマンステストでは, TST-5, TUGともに時間が短縮する結果が得られた(図5). HAQは「身体全体を洗い, タオルで拭くことができますか」の項目以外は全て「何の困難もない」に改善していた.

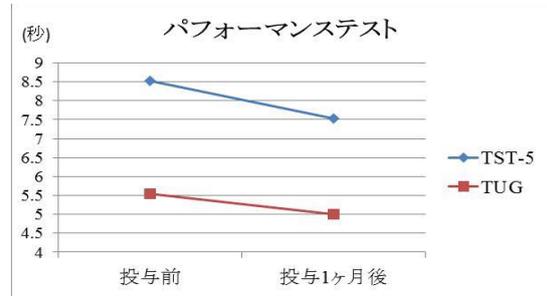
2. 症例②

60歳代の女性で, 1989年にRAを発症. 2008年にメトトレキサート(抗リウマチ薬:以下, MTX)の投与を開始したが, 腎機能が悪化しMTXを減量. その後, 手指のこわばりを認めるなどコントロールが困難となる. 2013年に左股関節の疼痛を自覚し, 2014年8月に新たに膝関節痛が出現・増強. 2014年9月にアバタセプト(T細胞選択的共刺激調節薬:以下, T細胞阻害薬)の投与を開始した.

Steinbrocker分類はstageIV/class IIで, 生物学的製剤投与前の関節炎と疾患活動性は, 圧痛関節数8ヶ所, 腫脹関節数4ヶ所, 疼痛VAS 85(mm), CRP値 1.02(mg/dl), DAS28-CRP 4.55であった. 下肢筋力(右/左)は, 股関節屈曲0.33/0.31(N/kg), 股関節伸展0.25/0.25(N/kg), 膝関節屈曲0.24/0.18(N/kg), 膝関節伸展



図・3・症例①ー筋力(左)ー



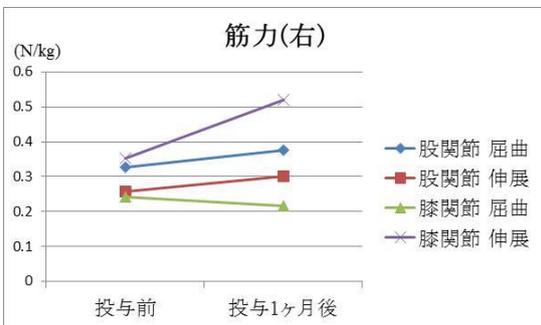
図・5・症例①ーパフォーマンステストー

0.35/0.44(N/kg)であった. 関節可動域は計測した全ての関節に可動域制限はみられなかった. パフォーマンステストは, TST-5:6.09(s), TUG:5.84(s)であった. HAQは「頭上にある5ポンドのもの(約2.3kgの砂糖袋など)に手を伸ばしてつかみ, 下に降ろせますか」で「かなり困難である」にチェックが入っており, 「階段を5段登れますか」「腰を曲げ床にある衣類を拾い上げられますか」「掃除機をかけたり, 庭掃除などの家事ができますか」で「いくらか困難である」にチェックが入っていた.

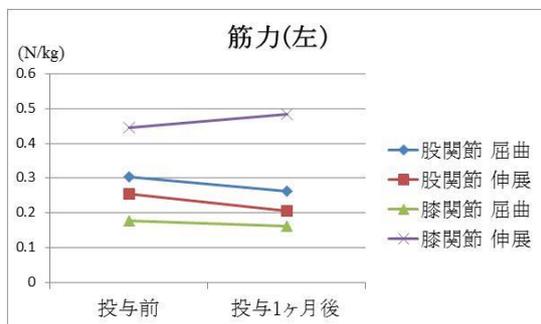
その後この症例は, 評価期間中に預けていたペットが自宅に戻ってくるといった日常生活の変化によって, 投与前に比べ活動量が増加した.

アバタセプト投与1ヶ月後における関節炎と疾患活動性は, 疼痛VAS 60(mm), CRP値0.09(mg/dl)と投与前より減少がみられたが, 圧痛関節数, 腫脹関節数には変化がみられなかった. 下肢筋力は, 両膝関節伸展, 右股関節屈曲・伸展に増加がみられた(図6・7). ただし, 左股関節伸展・左膝関節屈曲の測定時に痙攣性筋収縮が生じたため, 最大筋力が発揮できていない可能性がある. 関節可動域は投与前後で変化はみられなかった. パフォーマンステストも, TST-5, TUGともにわずかだが時間が短縮した(図8). HAQは「掃除機をかけたり, 庭掃除などの家事

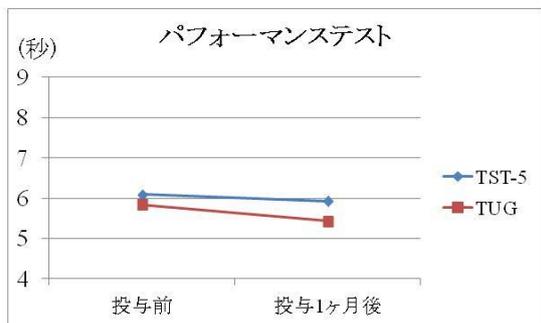
ができますか」の項目は投与前と比べ変化がみられなかったが、「頭上にある5ポンドのもの(約2.3kgの砂糖袋など)に手を伸ばしてつかみ、下に降ろせますか」の項目に関しては「いくらか困難である」に一段階改善し、その他の下肢機能に関する項目は全て「何の困難もない」に改善した。



図・6・症例②ー筋力(右)ー



図・7・症例②ー筋力(左)ー



図・8・症例②ーパフォーマンステストー

3. 症例③

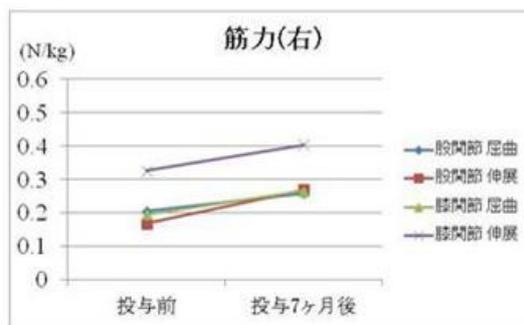
60歳代の女性で、介護士の仕事をしており、2011年にRAを発症。2012年12月に手のMRI検査の結果、活動性の滑膜炎(骨髄浮腫・骨びらんを伴う)が確認され、MTXの投与を開始したが、関節症状の改善は認められなかった。2013年6月にエタネルセプト(サイトカイン阻害薬)を導入。この後、エタネルセプトによる肝機能障害がみら

れた。2014年4月にエタネルセプトの肝機能障害のため、アバタセプト(T細胞阻害薬)に変更目的で入院し、アバタセプトを投与開始した。

Steinbrocker分類はstage II/class IIで、生物学的製剤投与前の関節炎と疾患活動性は、圧痛関節数15ヶ所、腫脹関節数12ヶ所、疼痛VAS 40(mm)、CRP値 0.07(mg/dl)、DAS28-CRP 4.85であった。下肢筋力(右/左)は、股関節屈曲0.20/0.18(N/kg)、股関節伸展0.17/0.12(N/kg)、膝関節屈曲0.19/0.17(N/kg)、膝関節伸展0.32/0.32(N/kg)であった。関節可動域は計測した全ての関節に可動域制限はみられなかった。パフォーマンステストは、TST-5: 8.91(s)、TUG: 5.50(s)であった。HAQはもともと日常生活で困難となっている項目がほとんどなく、下肢機能に関する項目は全て「何の困難もない」と回答していた。

しかし、アバタセプト投与後は再び肝機能障害がみられ、休薬した。同年6月にアバタセプトを再開し関節痛・腫脹が軽減したが、同年10月には再びアバタセプトを休薬し、関節痛・全身倦怠感が出現した。以上のように、評価期間中に副作用による影響で休薬状態を繰り返したため、投与1ヶ月後の測定ができず、評価期間が7ヶ月後に延長した。

アバタセプト投与7ヶ月後の関節炎と疾患活動性は、腫脹関節数3ヶ所、疼痛VAS 10(mm)と投与前より減少したが、圧痛関節数は26ヶ所に増加した。ただし、増加した関節は手指9ヶ所と肘関節2ヶ所で、上肢のみであった。下肢筋力は、左膝関節屈曲以外の全ての筋力で増加がみられた(図9・10)。関節可動域は投与前後で変化はみられなかった。パフォーマンステストもTST-5、TUGともに大きく時間が短縮した(図11)。HAQは投与前後で変化がみられなかった。



図・9・症例③ー筋力(右)ー

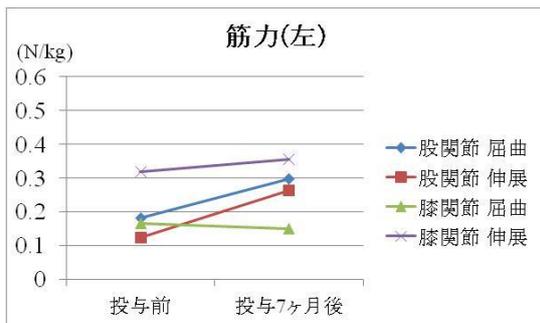


図 10 症例③—筋力(左)—

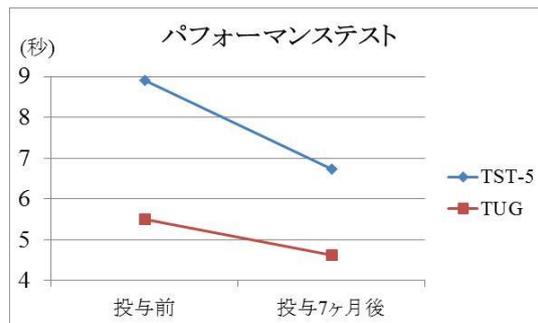


図 11 症例③—パフォーマンステスト—

考察

以上の結果を分析し、フローチャートとしてまとめた。

1. 症例①

この症例は罹患期間が短く、Steinbrocker 分類の stage も軽度で早期からサイトカイン阻害薬による治療を開始しており、投与前後で症状だけでなく、下肢機能に関する ADL の改善が大きくみられた。

その理由として、生物学的製剤の投与によって炎症の鎮静化が生じ、CRP 値・圧痛関節数・腫脹関節数・疼痛VASの全てが減少したことで、日常生活における動作時の痛みや不快感が減った点が考えられる。この炎症の鎮静化による直接的なADLの改善に加え、炎症の鎮静化に伴う筋出力の増加がパフォーマンスを向上させ、ADLを改善するといったつながりも生じたと予測した。さらに、以上のような機序でADLが改善したことで、この症例の日常生活における活動量が増え、それによって筋力が増加していき、パフォーマンスの向上をより高めるといった正のサイクルも実現したと考えられる。

また、最近ではRAにおける筋力低下のメカニズムも報告されており、山田⁴⁾は、炎症性サイトカインの特にTNF- α の増加が、これらを上流因子とするタンパク質分解系を活性化させることで、ミオシンの選択的な減少を引き起こすとし、これが筋収縮の際に生じるクロスブリッジ機能を低下させると示唆している。さらに、吉田⁵⁾は、上肢機能に着目して生物学的製剤がADLの改善に与える

影響を検討しており、この報告でも関節可動域やリーチ動作の改善はあまり確認できなかったが、握力やピンチ力は全ての症例で改善がみられたと述べている。つまり、今回私たちが行った研究は、上記の先行研究を支持する結果となり、生物学的製剤がRA患者の筋力低下を抑制する効果が期待できる。

症例①は生物学的製剤の早期使用によって、その効果が十分発揮され、ADLの改善へとつながった理想的な症例であるとし、この症例で導き出したフローチャートをもとに残りの症例について分析していく。

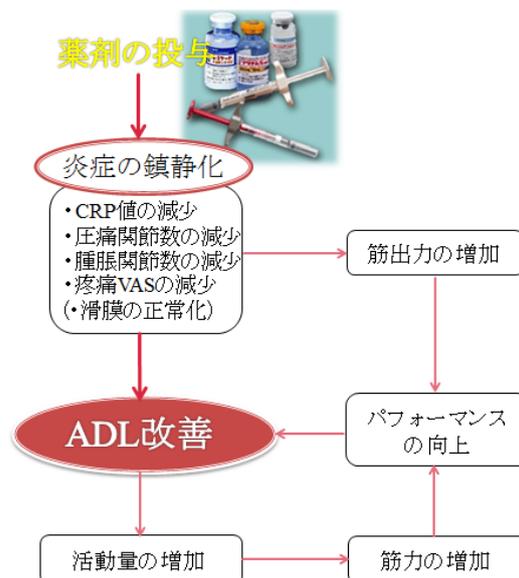


図 12 症例①のフローチャート

2. 症例②

この症例は症例①と同様の1ヶ月という短い評価期間の中で、圧痛関節数や腫脹関節数の減少がみられず、今回の私たちの評価では、生物

学的製剤による十分な効果を確認できなかった。

しかし、評価結果から一部の筋力増加やパフォーマンスの向上に加え、HAQ では下肢機能に関する3項目でADLの改善が認められた。この理由として、疼痛VASが85から60に減少している点から推察し、痛みの程度は減っていると見え、それにより直接的なADLの改善が生じたためと考えた。また、この症例は環境因子として、評価期間中に預けていたペットが自宅に戻ってきたことによる「活動量の増加」がみられたため、これが筋力の増加、パフォーマンスの向上、そして最終的にはADLの改善へとつながったと予測した。

その一方で、1ヶ月の間に圧痛や腫脹の関節数の減少にまで至らなかった原因は、個人因子として罹患期間が長く、状態も進行し関節変形(足指など)もあるため、薬剤による効果が得られにくいという点と、効果のピークが遅いと言われているT細胞阻害薬を使用した点が考えられる。先行研究でも、RAの治療薬改善率(ACR20)がインフリキシマブ(サイトカイン阻害薬)群で57日目にピークが認められたのに対し、アバタセプト(T細胞阻害薬)群では113日目にピークに達したとあり、T細胞阻害薬の効果の立ち上がりは、サイトカイン阻害薬と比較して遅いと示唆している報告がある⁶⁾。

その上、この症例はまだ症状が落ち着いておらず、疾患活動性が比較的高い状態で、自宅に戻ってきたペットの世話をするなどの「過活動」になったことで、炎症の鎮静化を阻害してしまった可能性も考えられる。

3. 症例③

この症例は生物学的製剤の副作用が原因で休薬状態を繰り返したため、評価期間が延長した。薬剤の投与後は「症状が改善していた」という診療記録からの情報を入手したため、症例①と同様に炎症の鎮静化が図られ、図5に示したサイクルは機能していたと考えられる。しかし、私たちの評価時は休薬中であったため、薬剤の投与自体がストップし、このサイクルは生じていなかったと予測した。

その一方で、評価結果より筋力の増加やパフ

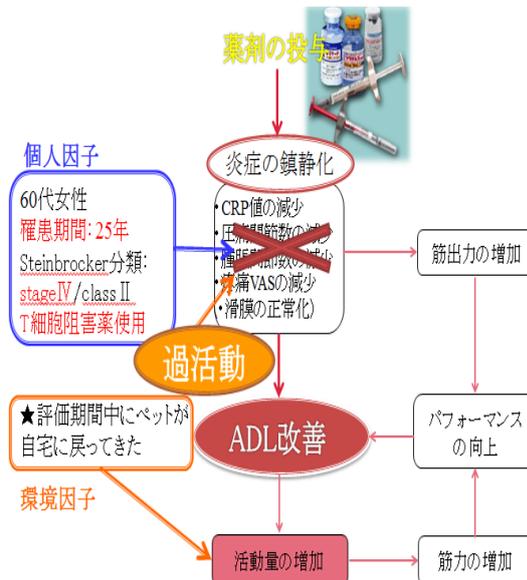


図 13 症例②のフローチャート

パフォーマンスの向上がみられたのは、他の2症例とは違い、この症例はもともと下肢に圧痛や腫脹がない上、介護士の仕事をしていることから、日常生活での活動性が高かったためと予測した。

今回の研究では症例数が少なく、それぞれの症例での考察に留まってしまい、RA患者全体に通じるような結論を導き出すことができなかった。そのため、今後は症例数を増やし、得られたデータを統計処理するなどして、RA患者の下肢機能に対する生物学的製剤の効果についてさらに研究を進めていきたい。

今回は身体機能面の評価のみを実施したが、最近の研究では、RA患者の痛みは身体的な要因と心理社会的な要因とが複雑に絡み合って決定されているという報告⁷⁾があるため、今後は精神面の評価項目を加えた上で、RA患者の痛みに関する分析を行うべきだと思われる。また、今回使用したHAQでは、RA患者のADLを把握するには限界があると感じたため、評価期間中の日常生活の変化などを知るための質問票を作成するといった工夫も必要だと考えられる。さらに、生物学的製剤のみの検証だけでなく、リハビリテーションとの併用がもたらす効果についても合わせて、今後検証していきたい。

結論

3 症例の評価結果より、生物学的製剤の投与によって上肢機能だけでなく、下肢機能も改善されることが確認できた。しかし、私たちが理学療法士として、今後臨床現場で RA 患者に対するリハビリテーションを実施する際に、生物学的製剤の特性や RA 患者の個人因子や環境因子などを考慮する必要があると考えられる。つまり、リハビリテーションの実施内容や負荷のレベル、またその時期を考慮しなければ、過活動により薬剤の

効果を阻害してしまう可能性もあるということを知っておくことが重要である。

謝辞

最後に、本研究を進めるにあたり、検査にご協力頂いた A 病院リウマチ・膠原病内科受診中の患者様をはじめ、ご指導・ご協力頂いた長崎大学運動障害リハビリテーション学研究室の先生方に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 佐浦隆一,田中一成: 関節リウマチのリハビリテーションのエビデンスを求めて. Jpn J Rehabil Med. 2010; 47: 310-314.
- 2) 志賀弘朗:関節リウマチと膝関節障害. 治療. 1996; 78: 3633-3638.
- 3) 浪平辰州,桑原茂,他:RA 下肢多関節障害患者の歩行解析. 整形外科と災害外科. 1994; 43: 1476-1478.
- 4) 山田崇史:関節リウマチにおける筋力低下のメカニズムとその対策. 日本基礎理学療法学. 2011; 15: 9-16.
- 5) 吉田果央梨:生物学的製剤が関節リウマチ患者の ADL を改善するメカニズムの検討. 卒業研究論文集. 2013; 9: 57-62.
- 6) 泉川美晴,尾崎洋基,他: アバタセプトの上手な使い方.月刊薬事,2013;Vol.55 No.9:70-75.
- 7) 小嶋雅代:関節リウマチ患者の痛みとメンタルヘルスに関する疫学的検討. 日本心療内科学会誌. 2014; 18: 159-163.

(指導教員 折口智樹)

外来透析患者の QOL に関連する要因について

～運動習慣・社会活動状況からの検討～

古川隼人・庄司健一

要旨

本研究は、外来人工透析を行っている腎不全患者の QOL に着目し、年齢、透析歴、運動習慣別に IADL と QOL とを比較検討した。対象は長崎市内のクリニックで人工透析を行っている腎不全患者 43 名とし、アンケート調査と問診評価を実施した。その結果、対象者の QOL・IADL は比較的保たれているものの、年齢・透析歴・外出頻度・運動時間・リハビリテーションの有無が QOL・IADL に影響していることが明らかとなった。このことから透析患者においては透析状況により、身体面・精神面における教育と早期のリハビリテーションの介入が必要であることが示唆された。

背景

2011 年末に我が国の慢性透析患者数は 30 万人を超え 2013 年末には 314180 人となった¹⁾。長期間透析治療を行っている心不全や低血圧などの合併症の発生や疲労感、抑うつ感などが、身体活動量の低下や運動諸機能の低下を引き起こす²⁾。そのことが透析患者の QOL の低下を招きさらに身体機能の低下を助長するといった悪循環に陥っている。

近年、透析施行中に下肢のレジスタンス運動を行うなどの運動療法により、下肢筋力や歩行能力の向上、QOL スコアの上昇を認めたと報告がされている^{3,4)}。しかし、透析患者の属性や日頃の運動習慣、生活活動能力と QOL の関連について述べられた報告は少ない。そこで我々は日常生活を送っている外来透析患者に焦点を当て、年齢、透析歴、運動習慣と日常生活活動能力及び QOL を調査し、比較検討したので報告する。

対象と方法

対象は、長崎市内のクリニックにて腎不全により人工透析を受けている 68 名とし、アンケート調査と問診評価を実施した。対象者の除外基準は重度の認知症を呈する患者、歩行に解除を有する患者、重度の心疾患により運動制限がある患者とし、アンケート調査及び問診評価を実施し得た 43 名を分析対象とした。

なお、アンケート調査、問診評価とも、無記名方式とした。

(1) アンケート調査

アンケート内容は、一般情報として年齢、性別、透析情報として透析歴と透析時間、運動習慣は運動の程度、時間、外出頻度、定期的なリハビリテーション受診の有無について調査した。なお外出頻度は透析以外の目的での外出とした。

(2) 問診評価

問診は、IADL と QOL を評価した。IADL は、老研式活動能力指標⁵⁾を用いた。これは 13 項目の質問に対して「はい」、「いいえ」で回答し、13 点満点で評価した。

QOL は the Kidney Disease Quality of Life instrument Short Form ver1.3(以下 KDQOL とする)⁶⁾を用いて評価した。KDQOL は腎疾患特異的尺度 11 項目、包括的尺度 8 項目からなり、それぞれの項目に関して 100 点満点で評価し、スコアが高値であるほど QOL が高いと判定される。対象者の点数は KDQOL-SF ver1.3 日本語版マニュアル(三浦, Green, 福原)をもとに算出し、各項目の平均値を求めた。

分析方法

分析はアンケート調査によって得られた一般情報、透析情報、運動習慣をそれぞれ 2 群に分

類し、老研式活動能力指標、KDQOL スコアを Mann-Whitney の U 検定を用いて比較した。統計解析には JMP Pro11.2 を用い、有意水準は 5%とした。なお OQL の評価について、腎疾患特異的尺度の「性機能」の項目は回答が少なかったため除外した。

本研究は、長崎大学医学部保健学科倫理委員会に承認を受けた後、実施した。

結果

対象者 43 名(男性 32 名, 女性 11 名)の平均年齢は 58.8±9.2 歳, 男性 59.6±9.5 歳, 女性 56.5±8.5 歳であった。

1. アンケート調査の結果

対象者 43 名の透析歴は 11.4±10.0 年, 透析時間は 3.5 時間が 3 名, 4 時間が 29 名, 4.5 時間が 6 名, 5 時間が 4 名であった。

運動状況について習慣的な運動を毎日行っている者が 3 名, 週 4~5 日が 2 名, 週 2~3 日が 9 名, 週 1~2 日が 5 名, 行っていない者が 24 名であった。運動を行っている 19 名について, 運動時間 1 時間以上の者が 6 名, 30 分~1 時間が 4 名, 10 分~30 分が 7 名, 10 分以下が 2 名であった。

外出頻度では毎日外出する者が 10 名, 週 4~5 日が 9 名, 週 2~3 日が 12 名, 週 1 日以下が 5 名, 月 2~3 日が 2 名, 透析日以外で外出しないと答えた者が 5 名であった。

また, 透析施設または他の病院で何かしらのリハビリテーションを受けている者が 6 名受けていない者が 37 名であった(表 1)。

2. 問診評価の結果との比較

対象者の老研式活動能力指標の平均スコアと KDQOL スコアを示した。また比較対象として古谷野ら⁵⁾と Green ら⁷⁾の先行研究のスコアを用いた。本対象者においては睡眠と全体的健康感の項目のみ低かった(表 2)。

3. 各アンケート項目による比較

(1) 年齢・透析歴・外出頻度・運動の有無による比較

各アンケート結果より対象者を 2 群に分け, 老研式活動能力指標と KDQOL の各平均点を比較した。

年齢については, 65 歳以上群 11 名と 65 歳未満群 32 名に分け, 比較したところ, 老研式活動能力指標と KDQOL の勤労状況・身体機能・体の痛みの項目に有意差がみられ, 65 歳以上群のスコアが有意に低かった(表 3-1)。

透析歴では人数分布より, 7 年以上群 20 名と 6 年以下群 23 名で比較し, KDQOL のソーシャルサポートの項目のみ有意差がみられ, 透析歴が長い群のスコアが有意に低かった。(表 3-2)

外出頻度では週 2 日以上群 31 名と週 1 日以下群 12 名とで比較したところ, 老研式活動能力指標と KDQOL の勤労状況・透析スタッフからの励まし・身体機能の項目で有意差がみられ, 外出頻度の少ない群においてスコアが有意に低かった(表 3-3)。

しかし, 運動有群 19 名と運動無群 24 名の比較ではすべての項目で有意差は認められなかった(表 3-4)。

(2) 運動有群における比較

運動実施による特徴を検討すべく運動有群 19 名について, 運動時間 30 分以上群 10 名と 30 分未満群 9 名を比較した。その結果, KDQOL の身体機能の項目で有意差があり, 30 分未満群のスコアが有意に低かった(表 4)。

(3) リハビリテーション受診の有無における比較

定期的にリハビリテーションを受診している者 6 名の年齢は, 65.0±12.0 歳, 透析歴 12.5±12.9 年であり, リハ無群 37 名ではそれぞれ 56.9±8.5 歳, 10.2±9.8 年であった。

リハビリテーションの受診の有無でスコアを比較したところ, KDQOL の 19 項目のうち 9 項目について有意差がみられ, リハ無群のスコアが有意に高値であった(表 5)。

またリハ無群について, 週 1 以上の運動習慣有群 16 名と運動習慣無群 21 名とで老研式活動能力指標と KDQOL スコアを比較した結果, 老研式活動能力指標で有意差が認められ, 運動有群で有意に高い値を示した(表 6)。

表 1 アンケート調査の結果

全体	58.8±9.2	1時間以上	6
男性(n=32)	59.6±9.5	30分～1時間	4
女性(n=11)	56.5±8.5	10分～30分	7
		10分以下	2
透析歴(n=43)		平均±SD	
全体	11.4±10.0	外出頻度(n=43)	人数分布
	人数分布	毎日	10
3年以下	8	週4～5日	9
4年以上5年以下	13	週2～3日	12
6年以下20年以下	12	週1日以下	5
21年以上	10	月2～3日	2
		外出なし	5
透析時間(n=43)		人数分布	
3.5時間	3	リハビリ受診(n=43)	人数分布
4時間	29	有	6
4.5時間	6	無	37
5時間	4		
運動程度(n=43)		人数分布	
毎日	3		
週4～5日	2		
週2～3日	9		
週1～2日	5		
なし	24		

表 2 老研式活動能力指標・KDQOL の平均スコアと比較

老研式活動能力指標		平均±SD	
		本対象(n=43)	古谷野ら(n=1809)
		10.8±2.6	10.8±3.0
		Greenら(n=930)	
腎疾患特異的尺度	症状	75.5±16.4	71.2±16.8
	腎疾患の日常生活への影響	74.6±16.5	57.3±24.5
	腎疾患による負担	73.2±16.3	49.6±30.3
	勤労状況	44.2±42.1	25.3±37.8
	認知機能	85.3±16.4	79.1±19.8
	人との付き合い	83.1±17.3	76.7±18.7
	睡眠	60.4±15.9	60.7±28.6
	ソーシャルサポート	74.0±20.7	64.6±27.7
	透析スタッフからの励まし	71.8±20.0	69.9±23.1
	透析ケアに対する患者満足度	80.2±20.1	71.4±22.0
包括的尺度	身体機能	72.3±24.3	51.8±29.3
	日常役割機能(身体)	54.1±41.7	32.5±39.7
	体の痛み	62.2±19.9	57.6±29.7
	全体的健康感	41.4±17.2	43.9±24.8
	活力	53.3±16.9	45.9±24.1
	社会生活機能	76.7±22.8	63.6±29.8
	日常役割機能(精神)	73.6±39.7	57.6±43.9
	心の健康	70.3±16.5	69.5±20.4

表 3-1 年齢におけるスコア比較

	年齢		P値
	65歳以上(n=11)	65歳未満(n=32)	
老研式活動能力指標	10.0±2.0	11.1±2.8	0.04*
症状	70.1±18.8	77.3±15.6	0.18
腎疾患の日常生活への影響	68.9±18.4	76.6±15.8	0.21
腎疾患による負担	67.5±18.2	75.2±15.6	0.19
勤労状況	18.2±25.2	53.1±43.9	0.02*
認知機能	87.3±20.5	84.6±15.4	0.24
人との付き合い	83.6±22.0	82.9±16.1	0.53
睡眠	57.0±15.0	61.5±16.5	0.76
ソーシャルサポート	83.3±18.3	70.8±21.2	0.09
透析スタッフからの励まし	70.5±17.0	72.3±21.5	0.63
透析ケアに対する患者満足度	83.3±12.9	79.2±22.4	0.7
身体機能	51.4±20.7	79.5±21.6	0.007*
日常役割機能(身体)	36.4±42.4	60.2±41.1	0.1
体の痛み	54.1±22.6	64.9±18.9	0.04*
全体的健康感	44.1±19.9	40.5±16.7	0.65
活力	56.8±14.4	52.0±18.0	0.51
社会生活機能	75.0±25.6	77.3±22.5	0.79
日常役割機能(精神)	60.6±49.0	78.1±36.5	0.27
心の健康	68.8±12.2	70.9±18.2	0.58

Mann-WhitneyのU検定

表 3-2 透析歴におけるスコア比較

	透析歴		P値
	7年以上(n=20)	6年以下(n=23)	
老研式活動能力指標	10.7±3.1	11.0±2.0	0.91
症状	76.6±16.1	74.3±17.4	0.67
腎疾患の日常生活への影響	76.1±16.2	73.1±17.4	0.535
腎疾患による負担	75.2±15.9	71.1±17.2	0.415
勤労状況	43.2±41.7	45.2±44.5	0.907
認知機能	85.5±20.0	85.1±12.8	0.391
人との付き合い	83.0±18.9	83.2±16.3	0.951
睡眠	62.5±15.3	58.2±16.3	0.643
ソーシャルサポート	67.4±23.8	80.9±15.2	0.039*
透析スタッフからの励まし	72.2±23.8	71.4±16.4	0.562
透析ケアに対する患者満足度	78.0±25.4	82.5±13.4	0.896
身体機能	70.9±24.1	73.8±25.4	0.608
日常役割機能(身体)	53.4±45.1	54.7±40.0	0.97
体の痛み	64.4±23.0	59.8±17.0	0.322
全体的健康感	43.0±20.8	39.8±13.1	0.463
活力	56.4±18.2	50.0±15.7	0.081
社会生活機能	77.3±25.5	76.2±20.9	0.636
日常役割機能(精神)	72.7±43.2	74.6±37.9	0.909
心の健康	72.4±18.8	68.2±14.4	0.317

Mann-WhitneyのU検定

表 3-3 外出頻度におけるスコア比較

	外出頻度		P値
	週2日以上(n=31)	週1日以下(n=12)	
老研式活動能力指標	11.6±1.6	8.7±3.5	0.012*
症状	77.1±15.2	71.2±79.6	0.396
腎疾患の日常生活への影響	76.3±15.2	70.1±19.8	0.408
腎疾患による負担	74.7±15.7	69.4±18.5	0.506
勤労状況	53.2±42.7	20.8±33.4	0.026*
認知機能	87.1±12.8	80.6±20.5	0.739
人との付き合い	85.0±16.1	78.3±20.5	0.307
睡眠	58.1±16.1	66.3±15.0	0.091
ソーシャルサポート	75.8±20.1	69.4±23.3	0.284
透析スタッフからの励まし	76.2±17.8	60.4±22.5	0.036*
透析ケアに対する患者満足度	81.7±20.3	76.4±20.7	0.342
身体機能	78.2±21.5	57.1±26.2	0.017*
日常役割機能(身体)	55.6±41.7	50.0±45.2	0.726
体の痛み	65.3±18.0	54.0±24.0	0.117
全体的健康感	43.8±16.3	35.4±19.3	0.3
活力	52.4±15.8	55.4±21.0	0.513
社会生活機能	78.6±21.0	71.9±28.2	0.523
日常役割機能(精神)	76.3±38.7	66.7±45.0	0.522
心の健康	72.0±15.4	66.0±19.9	0.377

Mann-WhitneyのU検定

表 3-4 運動の有無におけるスコア比較

	運動の有無		P値
	運動有(n=19)	運動無(n=24)	
老研式活動能力指標	11.4±2.4	10.3±2.69	0.08
症状	74.6±16.9	76.1±16.6	0.75
腎疾患の日常生活への影響	73.7±16.9	75.3±16.7	0.77
腎疾患による負担	72.4±16.7	73.8±16.6	0.86
勤労状況	47.3±35.2	41.7±35.2	0.56
認知機能	85.6±16.5	85.0±16.5	0.94
人との付き合い	83.5±17.9	82.8±17.9	0.94
睡眠	58.1±12.5	62.1±12.5	0.19
ソーシャルサポート	74.5±17.0	73.6±17.0	0.89
透析スタッフからの励まし	70.3±17.2	72.9±17.2	0.46
透析ケアに対する患者満足度	70.6±13.9	79.9±13.9	0.47
身体機能	77.3±21.5	68.3±21.5	0.27
日常役割機能(身体)	52.6±41.5	55.2±41.5	0.84
体の痛み	60.6±22.1	63.3±22.1	0.89
全体的健康感	41.0±17.5	41.7±17.5	0.7
活力	57.1±14.3	50.2±14.3	0.25
社会生活機能	75.6±26.5	77.6±26.5	0.97
日常役割機能(精神)	71.9±41.9	75.0±41.9	0.8
心の健康	73.6±15.9	67.7±15.9	0.3

Mann-WhitneyのU検定

表 4 運動有群の運動時間におけるスコア比較

	運動有(n=19)での運動時間		P値
	30分以上(n=10)	30分未満(n=9)	
老研式活動能力指標	12.3±1.27	10.7±3.05	0.084
症状	80.3±14.2	69.6±18.6	0.265
腎疾患の日常生活への影響	79.3±13.5	68.8±19.6	0.396
腎疾患による負担	77.2±14.4	68.2±19.0	0.396
勤労状況	55.6±39.4	40.0±36.9	0.157
認知機能	88.2±11.8	83.3±20.7	0.914
人との付き合い	88.2±12.6	79.3±21.6	0.747
睡眠	60.8±11.7	55.8±14.0	0.394
ソーシャルサポート	64.6±15.8	71.7±18.9	0.375
透析スタッフからの励まし	68.1±17.9	72.5±5.20	0.272
透析ケアに対する患者満足度	85.2±13.6	76.7±4.47	0.29
身体機能	89.4±10.1	66.5±7.64	0.038*
日常役割機能(身体)	63.9±37.7	42.5±43.2	0.381
体の痛み	73.6±17.1	49.0±22.3	0.079
全体的健康感	45.6±15.9	37.0±18.4	0.335
活力	59.4±14.0	55.0±17.6	1
社会生活機能	83.3±22.0	68.8±31.8	0.546
日常役割機能(精神)	81.5±35.3	63.3±48.3	1
心の健康	78.2±16.0	69.6±19.5	0.594

Mann-WhitneyのU検定

表 5 リハビリテーションの有無における年齢・透析歴

	リハ有群(n=6)	リハ無(n=37)
平均年齢(歳)	65.0±12.0	56.9±8.5
透析歴(年)	12.5±12.9	10.2±9.8

表 6 リハビリテーションの有無におけるスコア比較

	リハビリの有無		P値
	リハ有(n=6)	リハ無(n=37)	
老研式活動能力指標	9.5±3.6	11±2.4	0.337
症状	55.1±18.5	78.7±13.8	0.004*
腎疾患の日常生活への影響	52.9±17.4	78.1±13.7	0.003*
腎疾患による負担	51.4±16.9	76.7±13.5	0.003*
勤労状況	16.7±25.8	48.6±43.6	0.096
認知機能	73.3±22.3	87.2±15.0	0.102
人との付き合い	66.7±27.3	85.7±14.1	0.158
睡眠	46.7±18.4	62.5±14.7	0.049*
ソーシャルサポート	77.8±17.2	73.4±21.6	0.661
透析スタッフからの励まし	79.2±23.3	70.6±19.8	0.3
透析ケアに対する患者満足度	88.9±13.6	78.8±21.0	0.212
身体機能	47.5±27.3	76.3±21.9	0.002*
日常役割機能(身体)	8.3±12.9	61.4±40.6	0.007*
体の痛み	37.5±17.4	66.1±17.7	0.005*
全体的健康感	25.8±17.7	43.9±16.1	0.027*
活力	44.2±7.4	54.7±17.8	0.081
社会生活機能	64.6±34.8	78.7±20.5	0.379
役割機能(精神)	33.3±51.6	80.1±34.6	0.024*
心の健康	61.3±16.1	71.8±16.5	0.13

Mann-WhitneyのU検定

表 7 リハ無群の運動の有無におけるスコア比較

老研式活動能力指標	リハ無群(n=37)での運動の有無		
	運動有(n=16)	運動無(n=21)	P値
老研式活動能力指標	12.1±1.2	9.5±3.6	0.024*
症状	78.3±13.2	55.1±18.5	0.747
腎疾患の日常生活への影響	77.2±13.4	52.9±17.4	0.667
腎疾患による負担	75.6±13.4	51.4±16.9	0.679
勤労状況	50.0±36.5	16.7±25.8	0.858
認知機能	88.3±11.0	73.3±22.3	0.752
人との付き合い	87.5±11.1	66.7±27.3	0.814
睡眠	60.6±11.7	46.7±18.3	0.316
ソーシャルサポート	75.0±17.2	77.8±17.2	0.923
透析スタッフからの励まし	68.8±15.8	79.2±23.3	0.384
透析ケアに対する患者満足度	79.2±14.3	88.9±13.6	0.405
身体機能	84.1±15.4	47.5±27.3	0.098
日常役割機能(身体)	60.1±39.8	8.3±12.9	0.898
体の痛み	66.3±17.3	37.5±17.4	0.975
全体的健康感	44.4±14.5	25.8±17.7	0.632
活力	58.8±14.9	44.2±7.4	0.388
社会生活機能	80.5±20.4	64.6±34.8	0.682
役割機能(精神)	79.2±36.3	33.3±51.6	0.879
心の健康	75.0±15.7	61.3±16.1	0.389

Mann-WhitneyのU検定

考察

今回、腎不全によって外来透析を受けている患者に焦点を当て、年齢、透析歴、運動習慣による日常生活活動能力とQOLを調査し、比較検討した。

本研究対象者の老研式活動能力指標は10.8点であり、古谷野ら⁵⁾による地域高齢者を対象とした結果と同等であった。また、KDQOLはGreenら⁷⁾によるスコアより高い結果であった。つまり今回の対象者のIADLとQOLは比較的保たれており、外来で通院することができることから、ADLが自立しており、身体機能・精神機能・社会機能が比較的保たれているものと考えられた。

各アンケート結果による比較において、老研式活動能力指標のスコアが有意に低い要因として、65歳以上であること、外出頻度週1日以下である

ことが挙げられた。またKDQOLのスコアが有意に低い要因としては、同じく65歳以上であること、外出頻度週1日以下であること、そして透析歴が7年以上であること、運動時間が30分未満であることが挙げられた。これらの要因の理由として加齢や閉じこもりによる身体機能の低下や社会参加の減少、そして、家族など周囲からのサポートが減少していること、また、運動不足であることが考えられた。先行研究において、外来透析患者に対するソーシャルサポート、家族からの協力の必要性も示唆されており⁸⁾、従って活動量・社会参加が少ない高齢透析患者に対するケアやサポート、そして患者および家族への教育が重要であると考えられた。

またリハビリテーション受診の有無により老研式活動能力指標、KDQOLを比較した結果、リハ有群においてKDQOLの9項目で有意に低い値を

示し、かつ高齢であり透析歴が長かった。Stojanovic⁹⁾によると透析患者の QOL と年齢、透析歴には相関関係があるとの報告がされている。さらに、高齢透析患者や長期透析患者は合併症や二次障害が多いことが明らかになっている⁸⁾。このことから、高齢で透析歴の長い患者に対する早期のリハビリテーション介入の必要性が示唆された。

さらにリハビリを受けていない群では運動習慣有群の IADL が有意に高値を示しており、リハビリを受診していない者であっても最低週 1 回程度の運動による身体活動を促すことが IADL や QOL

の維持につながることを示唆された。

今回の結果より腎不全による外来透析患者の QOL を維持するためには透析状況に応じ、障害予防の観点からの患者教育とリハビリテーションの早期介入が重要であるものと考えられた。

謝辞

本研究を進めるにあたり、研究に参加、協力していただいた新里クリニック浦上の患者様並びにスタッフの皆様へ感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 日本透析医学会ホームページ 我が国の透析療法の現状 平成 26 年度版. <http://www.jsdt.or.jp/> (2014 年 12 月 1 日引用)
- 2) 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. 2010; 6: 522-530.
- 3) 塩田琴美, 橋本俊彦, 他:透析患者における継続した運動処方の効果对身体機能および Activities of Daily Living (ADL)・Quality of Life (QOL) に与える影響について. 理学療法学. 2010; 37: 112-113.
- 4) 下田博司, 刈谷康之, 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. 2013; 42: 47-51.
- 5) 古谷野亘, 橋本廸生, 他:地域老人の生活機能:老研式活動能力指標による測定値の分布. 日本公衆衛生雑誌. 1993; 40: 468-474.
- 6) 三浦靖彦, Green J, 他:KDQOL-SFver1.3 日本語版マニュアル.
- 7) Green J, Fukuhara S, et al. : Translation, cultural adaptation, and initial reliability and multitrait testing of the Kidney Disease Quality of Life instrument for use in Japan. Quality of Life Research 2001; 10: 93-100.
- 8) 下山節子, 甲斐真弓, 他:外来透析患者の QOL の実態, 日本赤十字九州国際看護大学, intramural research report, 2004; 2: 165-176.
- 9) Stojanovic M, Stefanovic V: Assessment of health-related quality of life in patients treated with hemodialysis in Serbia: influence of comorbidity, age, and income. Artificial Organ. 2007; 31: 53-60.

(指導教官 松坂 誠應 井口 茂)

疼痛が地域在住高齢者の心身機能や日常生活活動に及ぼす影響

村上直樹・山本勝仁

要旨

高齢者の疼痛の有訴率は高く、心身機能、日常生活活動に影響すると言われている。我々は一次介護予防に参加している地域在住高齢者 48 名を対象に、疼痛の「有無」「部位」「箇所数」「程度」「期間」別に、心身機能・IADL・生活活動範囲を比較・検討した。疼痛の「有無」別では、有意差は認められなかったものの、「箇所数」「程度」別で PDAS (Pain Disability Assessment Scale) と LSA (Life Space Assessment) に有意差を認めた。PDAS の得点はカットオフ値を超え、LSA の得点は活動範囲の低下を示していた。したがって、高齢者の疼痛評価において疼痛の「有無」だけでなく、疼痛の多面性を考慮して評価を行う必要があるものと考えられた。

はじめに

平成 25 年の国民生活基礎調査によると、65 歳以上の高齢者が最も気になる症状の内、最も多いものは男女ともに「腰痛」であり、有訴率は男性で 16%、女性で 17%を占めている。続いて多いものは「手足の関節が痛む」であり、男性では 7%、女性では 12%となっている¹⁾。

また、施設入居を除いた 65 歳以上の地域在住高齢者 461 名を対象に行われた調査によると、高齢者の約 67.4%は何らかの痛みを有していると報告されている²⁾。このように疼痛は高齢者にとって大きな影響を与えていると考えられる。

そして過去の研究では、地域在住高齢者において、痛みと転倒発生との関連性が明らかになりつつある³⁾。また地域在住高齢者を対象とした調査では、痛みが身体機能の低下⁴⁾に関連することや、IADL や日常生活活動を低下させるリスクとなること、抑うつ兆候との関連性が報告されている⁵⁾。

しかし、これらの研究は疼痛の有無により検討されており、疼痛の部位・期間・程度などについて評価を行い、心身機能や日常生活活動との関連性を検討した研究は少ない。

そこで、本研究では一次介護予防事業に参加している地域在住高齢者を対象に疼痛の多面性を踏まえて、疼痛や心身機能、日常生活活動を調査し、疼痛の影響について検討することを目的とした。

対象

対象は、長崎市 4 地区で開催された一次介護予防事業に参加している 65 歳以上の高齢者 78 名とした。その内未回答などの欠損があった者を除いた 48 名を分析対象者とした。内訳は男性 11 名、女性 37 名、平均年齢は 77.2±4.81 歳であった。

方法

(1) 基本属性

基本属性は、年齢、性別、家族構成、疾病を調査した。

(2) 疼痛評価

疼痛評価は、現在の疼痛の有無、疼痛の部位と程度、その持続期間を調査し、また、疼痛生活障害評価尺度 (Pain Disability Assessment Scale; 以下、PDAS) と疼痛破局的思考尺度 (Pain Catastrophizing Scale; 以下、PCS) を用いて、疼痛による日常生活への影響と心理的影響を評価した。

疼痛の有無は、「現在、身体に痛むところがありますか」という質問に対して「はい」「いいえ」で回答してもらった。

疼痛部位は、疼痛のある部位を身体図に丸で記入してもらった。

持続期間は、「3 カ月以内」、「3 カ月～6 カ

月]、「6～12 カ月]、「12 か月以上」の中から選択してもらった。

疼痛の程度は、Numerical Rating Scale(以下、NRS)を用いて評価した。

PDAS⁶⁾は、「買い物に行く」や「ベッドに入る、ベッドから起きあがる」など身体運動・移動能力を20項目・4段階で評価するもので、点数が高ければ高いほど日常生活が疼痛により障害されていることを示す。「0:この活動を行うのに全く困難(苦痛)はない」「1:この活動を行うのに少し困難(苦痛)を感じる」「2:この活動を行うのにかなり困難(苦痛)を感じる」「3:この活動は苦痛が強くて、私には行えない」から選択し、回答する問診票である。なお、最高点は60点、最低点は0点であり、カットオフ値は10点となっている。

PCSは、Sullivanら⁷⁾によって作成された原版を、松岡ら⁸⁾が日本語版に翻訳したものを使用した。PCSは、13項目を5段階で評価するもので、最高点が52点、最低点は0点となっている。なお本研究では、マニュアルより、臨床的意義があるとされる30点をカットオフ値とした。

(3) 問診評価

問診は、心理的評価、転倒、日常生活活動範囲について評価した。

心理的評価は、簡易版 Geriatric depression Scale⁹⁾(以下、GDS-15)を用いて評価した。GDS-15は15項目の質問に対して、「はい」「いいえ」で回答し、得点が高いほどうつ状態であることを示す。

転倒評価は、鈴木らの転倒アセスメント¹⁰⁾を用いて転倒リスク数を求めた。

日常生活活動範囲は、Life Space Assessment(以下、LSA)を用いて行った。LSAは対象者の生活範囲を寝室から町外までの5段階に分類し、その範囲での移動の有無と頻度、および自立度によって活動量を得点化し、評価する指標である。合計120点満点であり、LSAは得点が高いほど活動範囲が広いことを示す。

(4) 体力評価

体力評価は、握力、開眼片足立ち、椅子起

立時間、Timed Up & Go Test(以下、TUG)を評価した。

握力は、スメドレー式握力計(竹井機器 T.K.K.5001)を用い左右2回測定した。

開眼片足立ちは、直立位より片足を挙げた時点から挙上足が床に着いた時点または、軸足が動いた時点までの時間を計測した。

椅子起立時間^{11, 12)}は、約45cmの高さの椅子から5回起立動作を行い、5回目の立位時までに要した時間を計測した。

TUG¹³⁾は、椅座位から3m先の目標物を周り、再び椅座位となるまでの時間を計測した。

なお、各体力評価は2回ずつ計測し、いずれか高い方の値を測定値とした。

分析方法

本研究では疼痛が心身機能や日常生活活動に与える影響を検討するため、疼痛の有無、疼痛の箇所数、疼痛の程度を2群に分類し、年齢及び問診、体力の各評価項目をMann-WhitneyのU検定を用い、比較・検討した。統計処理は統計解析ソフトウェア JMP11.2を用い、危険率5%未満を有意水準とした。

なお本研究は、長崎大学医学部保健学科倫理委員会の承認を受け、実施した。

結果

(1) 対象者の基本属性

家族構成では、夫婦世帯が45.8%と最も多かった。疾患では、高血圧や糖尿病などの内部疾患が64.5%と最も多かった(表1)。

(2) 疼痛評価結果

対象者48名のうち、身体に何らかの疼痛を有する者は36名(75.0%)であった。疼痛の部位に関しては、腰部が23名(45.8%)と最も多く、次いで膝関節が20名(41.7%)と多かった。箇所数に関しては、1ヶ所が14名(29.1%)、2ヶ所以上が22名(45.8%)であった。期間に関しては、1年以上疼痛が継続している者が23名(47.9%)と最も多かった。平均でそれぞれNRS3.69±2.96であり、PDAS6.42±8.50点、PCS20.3±13.4点であった(表2)。

n=48

表1 基本属性

年齢(歳)		77.2±4.81
家族構成 (名)	独居	13 (27.1%)
	夫婦	22 (45.8%)
	三世帯	6 (12.5%)
	その他	7 (14.6%)
疾患分類 (名)	内部疾患	31 (64.5%)
	整形疾患	24 (50.0%)
	眼疾患	6 (12.5%)
	その他	15 (31.3%)
	疾患なし	11 (22.9%)

注) 疾患分類は複数回答あり

表3 問診・体力評価結果

問診評価 (n=48)	平均±標準偏差
GDS (点)	1.56±1.99
転倒アセスメント (点)	2.92±1.93
LSA (点)	89.2±17.9
身体機能 (n=48)	
BMI (kg/m ²)	23.2±3.11
握力右 (kg)	25.4±8.12
握力左 (kg)	24.0±8.44
開眼片脚立ち (s)	42.2±21.5
椅子起立時間 (s)	6.07±1.27
TUG (s)	6.07±1.12

n=48

表2 疼痛評価結果

疼痛の有無 (名)	有	36 (75.0%)
	無	12 (25.0%)
疼痛の部位 (名)	腰部	22 (45.8%)
	膝関節	20 (41.7%)
	肩関節	12 (25.0%)
	その他	13 (27.1%)
疼痛の箇所数 (名)	1カ所	14 (29.1%)
	2カ所以上	22 (45.8%)
疼痛のNRS		3.69±2.96
疼痛の持続期 間 (名)	3カ月以内	9 (18.8%)
	3~6カ月	1 (2.08%)
	6~12カ月	3 (6.25%)
	12カ月以上	23 (47.9%)
PDAS (点)		6.42±8.50
PCS (点)		20.3±13.4

(3) 問診結果

問診結果は、GDS-15は1.56±1.99点、転倒アセスメント2.92±1.93点、LSA89.2±17.9点であった(表3)。

(4) 体力評価結果

体力結果は、右握力25.4±8.12kg、左握力24.0±8.44kg、開眼片足立ち42.2±21.5秒、椅子起立時間は6.07±1.27秒、TUG6.07±1.12秒であった(表3)。

(5) 疼痛の有無による比較

対象者48名を、疼痛有群36名、疼痛無群12名に分類し、各評価項目を比較した。その結果、PDAS、PCS、転倒アセスメントに有意差が認められた。PDASについて疼痛有群8.36±8.99点、疼痛無群0.58±1.51点、PCSでは疼痛有群23.3±11.3点、疼痛無群11.1±15.4点、転倒アセスメントは疼痛有群3.28±1.61点、疼痛無群1.83±2.44点であり、いずれも疼痛有群が疼痛無群より高値を示した。しかし、疼痛有群の得点は各評価項目のカットオフ値を上回ることにはなかった(表4)。

(6) 疼痛の箇所数による比較

疼痛有群36名について、疼痛の箇所数が1ヶ所の者14名と2ヶ所以上の者22名に分類し、各評価項目を比較した。PDASにおいて1ヶ所群3.93±5.88点、2ヶ所以上群11.2±9.58点と2ヶ所以上群で有意に高く、カットオフ値を上回った(表5)。

(7) NRSによる比較

疼痛有群36名について、疼痛の程度が5未満群15名、と5以上群21名に分類し、各評価項目と比較した。PDASとLSAにおいて有意差が認められた。PDASは5未満群が3.80±4.04点、5以上群が11.6±10.2点と5以上群が優位に高く、カットオフ値を上回っていた。LSAは5未満群が95.9±10.4点、5以上群が80.2±19.3点と5以上群が優位に低かった(表6)。

表4 疼痛の有無による比較

	疼痛有群(n=36)	疼痛無群(n=12)	p値
年齢 (歳)	77.3±5.05	76.8±4.14	0.9809
PDAS (点)	8.36±8.99	0.58±1.51	0.0002
PCS (点)	23.3±11.3	11.1±15.4	0.0104
GDS (点)	1.44±1.58	1.92±2.97	0.7762
転倒アセスメント(点)	3.28±1.61	1.83±2.44	0.0019
LSA (点)	86.7±17.8	96.5±16.6	0.0966
BMI (点)	23.5±3.10	22.4±3.13	0.3848
右握力 (kg)	25.8±8.04	24.4±8.63	0.4894
左握力 (kg)	24.4±8.56	22.9±8.32	0.5278
開眼片足立ち (s)	42.9±21.7	40.0±21.9	0.8271
椅子起立時間 (s)	6.08±1.27	6.05±1.31	0.9431
TUG (s)	6.05±1.08	6.14±1.44	0.7660

Mann-WhitneyのU検定を用いた

表5 疼痛の箇所数による比較

	1カ所群 (n=14)	2カ所以上群 (n=22)	p値
年齢 (歳)	76.8±6.09	77.7±4.39	0.5254
PDAS (点)	3.93±5.88	11.2±9.58	0.0114
PCS (点)	19.4±9.66	25.8±11.8	0.0766
GDS (点)	1.21±1.25	1.59±1.76	0.6501
転倒アセスメント(点)	3.07±1.98	3.41±1.37	0.3695
LSA (点)	93.4±14.1	82.5±18.9	0.0584
BMI (点)	23.7±2.95	23.3±3.25	0.6613
右握力 (kg)	28.2±8.92	24.3±7.23	0.2484
左握力 (kg)	26.8±8.95	22.9±8.15	0.2425
開眼片足立ち (s)	42.3±22.6	43.3±21.6	0.9021
椅子起立時間 (s)	6.07±1.19	6.08±1.36	0.9428
TUG (s)	5.77±0.85	6.23±1.09	0.1442

Mann-WhitneyのU検定を用いた

表6 NRSによる比較

	NRS5未満群 (n=15)	NRS5以上群 (n=21)	p値
年齢 (歳)	77.5±5.13	77.2±5.12	0.7111
PDAS (点)	3.80±4.04	11.6±10.2	0.0488
PCS (点)	19.8±11.4	25.8±10.8	0.1438
GDS (点)	1.27±1.33	1.57±1.75	0.7147
転倒アセスメント(点)	3.00±1.60	3.48±1.63	0.5004
LSA (点)	95.9±10.4	80.2±19.3	0.0023
BMI (点)	23.1±2.89	23.7±3.28	0.5636
右握力 (kg)	26.5±6.73	25.3±8.99	0.3680
左握力 (kg)	24.5±6.82	24.3±9.79	0.6531
開眼片足立ち (s)	50.1±19.3	37.7±22.2	0.1264
椅子起立時間 (s)	5.64±1.18	6.39±1.27	0.0951
TUG (s)	5.78±0.84	6.24±1.11	0.2107

Mann-WhitneyのU検定を用いた

考察

今回、地域在住高齢者を対象とした疼痛の実態調査より、身体に何らかの痛みを有する者は75%であった。これら疼痛の有訴率は大淵ら²⁾の報告よりも高く、一次介護予防事業に参加している高齢者もまた、痛みを抱え悩まされている者が多いことが明らかとなった。疼痛の部位は腰部や膝関節が多く、この結果は大淵ら²⁾の報告と一致した。疼痛の箇所数は1カ所だけではなく、2カ所以上に疼痛を有している者の方が多く、また疼痛の持続期間に関しては12か月以上継続している者が最も多かった。中山¹⁴⁾は高齢者の痛みは、その部位が1カ所とは限らず、重複していることが多く、長期間にわたり解消されないことを指摘しており、今回の結果はこれと一致した。

次に、疼痛の有無による各評価項目の比較では、体力に有意差は認められなかった。有意差が認められたものは、PDAS、PCS、転倒アセスメントであり、どの項目においても疼痛有群が高値を示したが、カットオフ値を下回る結果となった。これらの理由として、本研究は、一次介護予防事業の実施場所に自ら参加できるような者を対象

者としたため、生活機能や心身機能が高い者が多かったことが考えられた。身体機能が高いため、疼痛を有していてもADL・IADLに支障がないと考えられた。

そこで、疼痛を有する者36名について、疼痛の箇所数による各評価項目の比較を行った結果、PDASにのみ有意差が認められ、疼痛の箇所数が2ヶ所以上群で、カットオフ値を上回った。本研究においてPDASは疼痛によるADLやIADLの障害を反映する指標としている。疼痛箇所が2ヶ所以上の高齢者ではADLやIADLに影響を及ぼしている可能性がある。Buchmanらによると、地域在住高齢者において、疼痛の箇所数が増加すると、IADLの低下の度合いが大きくなると報告している¹⁵⁾。つまり、本研究はこれらの先行研究を支持するものであり、複数の疼痛を有していることはIADLへ影響を及ぼすといえよう。

さらに、NRS5以上と5未満で比較した結果、PDASとLSAに有意差が認められた。PDASではNRS5以上群方が、得点が高くカットオフ値を上回った。LSAではNRS5以上群が80.2点とLSAのレベル4と5の境界である80点近くまで低下していた。LSAでは80点を超えるレベル5

の活動範囲は町外(バスで30分以上)への外出を意味しており、疼痛の程度が大きい高齢者では、ADLやIADLに加えて、日常生活範囲や頻度の低下が考えられる。さほど大きな影響ではないにしても、遠出の買い物や小旅行など余暇活動の範囲や頻度が疼痛によって影響され、QOLの低下を招くことが懸念される。

今回の調査結果から、地域在住高齢者の疼痛の影響を評価するには疼痛の有無だけでなく、箇所数や程度など、多面性を踏まえて疼痛を評価する必要性が示唆された。

本研究の限界として、対象者が一次介護予防の参加者に限られており、地域在住高齢者全体

を網羅していない点にある。退院後、要支援、要介護など心身機能が低下したものを含め、地域在住高齢者の全体像や問題点を分析していく必要がある。

謝辞

本研究を進めるにあたり、研究に参加、協力していただいた地域在住高齢者の皆様および社会福祉法人致遠会サンハイツ職員の皆様に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 厚生労働省ホームページ 平成25年国民生活基礎調査。
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa13/dl/06.pdf> (2014年12月19日引用)
- 2) 大淵修一, 杉本 諭: 高齢者の痛みが活動・傘下に及ぼす影響と理学療法. 理学療法ジャーナル. 2008; 42: 123-129.
- 3) 加藤龍一, 高城智圭 他: 地域在住高齢者の転倒の関連要因と3年後の生存. 日本公衆衛生雑誌. 2012; 59(5): 305-314.
- 4) J Woo, J Leung et al.: Prevalence and correlates of musculoskeletal pain in Chinese elderly and the impact on 4-year physical function and quality of life. Public Health. 2009; 123: 549-556.
- 5) 杉本 諭, 大淵修一, 他: 高齢者における体の痛みが日常生活関連動作および抑うつ兆候に及ぼす影響の縦断的検討. つくば国際大研紀. 2008; 4: 141-150.
- 6) 有村達之, 小宮山博朗: 疼痛生活障害尺度. 行動療研. 1997; 23: 7-15.
- 7) Michael JL Sullivan: The Pain Catastrophizing Scale. User Manual 2009.
http://sullivan-painresearch.mcgill.ca/pdf/pcs/PCSMannual_English.pdf (2014年12月19日引用)
- 8) 松岡紘史, 坂野雄二: 痛みの認知面の評価: Pain Catastrophizing Scale 日本語版の作成と信頼性および妥当性の検討. 心身医学. 2007; 47(2): 95-102.
- 9) Sheik JI, Yesavage JA: Geriatric Depression Scale (GDS) Recent Evidence and Development of a Shorter Version. Clinical Gerontologist: 1986; 5: 165-173.
- 10) 鈴木隆雄: ヘルスアセスメントマニュアル生活習慣病・要介護状態予防のために. ヘルスアセスメント検討委員会. 厚生科学研究所, 東京, 2000, 142-163.
- 11) Gardner MM, Buchner DM: Practical implementation of an exercise-based falls prevention programme. Age and Aging. 2001; 30: 77-83.
- 12) Bohannon RW: Sit-to-stand test for measuring performance of lower extremity muscle. Percept Mot Skills. 1995; 80: 163-166.
- 13) Mathias S, Nayak US: Balance in elderly patients: the "get-up and go" test. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 1986; 67: 387-389.
- 14) 中山彰一: 高齢者の痛みと運動療法. 理学療法学. 1996; 23(3): 155-159.
- 15) Buchman AS, Shah RC: Musculoskeletal pain and incident disability in community-dwelling older adults. Arthritis Care & Research. 2010; 62: 1287-1293.

(指導教員 井口 茂)