

【研究資料】

高齢女性における ACTN3 遺伝子多型と筋機能との関連について ～運動習慣の有無に着目して～

黄 仁官¹⁾, 上田 大²⁾, 山田 保³⁾

¹⁾大学院トレーニング科学系, ²⁾文教大学女子短期大学部, ³⁾運動処方研究室

Relationship between ACTN3 genotypes and muscular functions in elderly women: aiming on exercise behavior

Inkwan HWANG, Dai UEDA, Tamotsu YAMADA

Abstract: We executed present study in order to investigate the relationship between the effectiveness of exercise behavior mainly including weight-bearing strength training on muscular functions and actin-binding protein α -actinin-3 (ACTN3) genotypes in elderly women.

Twenty-six older female adults was divided into training group (n=15) and sedentary group (n=11). The training group executed weight-bearing strength training regularly through 1 years and 5 month. The battery tests, mainly consisting of strength, flexibility, and actin-binding protein α -actinin-3 (ACTN3) test by collecting subject's buccal swab samples, were executed in all subjects with each informed consent about ACTN3 gene test.

After ACTN3 gene test, all subjects were divided again into combined RR and RX types with training group (Training-R group: T-R group, n=10), combined RR and RX type without training group (Sedentary-R group: S-R group, n=7), XX type with training group (Training-X group: T-X group, n=5), and XX type without training group (Sedentary-X group: S-X group, n=4). T-R group indicated significant increase in planter flexion strength per body weight ($p<0.01$) and back extension strength per body weight ($p<0.001$) after training period. T-X group showed significant increase in planter flexion strength per body weight after training period ($p<0.001$). S-R group and S-X group did not indicate any significant difference in all measurement items after the target period.

In conclusion, it was suggested that elderly women with exercise behavior including weight-bearing strength training could gain the increases in muscular strength, nevertheless someone showed complete deficiency of α -actinin-3.

(Received: November 15, 2008 Accepted: January 13, 2009)

Key words: elderly women, exercise behavior, muscular function, ACTN3

キーワード：高齢女性, 運動習慣, 筋機能, ACTN3

1. 緒 言

近年, 老化による筋の萎縮, いわゆるサルコペニアが個人の生活の質 (Quality of life: QOL) を低下させること, そのため健康上の重大な問題となり, 医療費にも大きな影響を及ぼす可能性があることが問題視されている。Janssen ら¹⁵⁾の報告をみると, 米国では2000年度のサルコペニアに関連する医療費は, 約185億ドルに上ると推計されており, 加えてサルコペニアの発現率を少なくとも10%程度抑える何らかの対策を実施することで, 11億ドルの医療費削減につながるとの仮説が立てられている。これらの費用推計に基づいて,

高齢者層におけるサルコペニアの蔓延を防止することを目指す対策が提案されており, 筋力トレーニングもその対策の1つとして提案されている^{3,14)}。今後の超高齢化社会の到来に対抗するという社会的要請に応える意味において, 高齢者にとって適切な筋力トレーニングの方法論を確立することはより重要性を帯びてくるものと考えられる。

高齢者を対象とした筋力トレーニングの変数において, どの程度が適切なかは議論の分かれるところであり, まず強度については, 最大筋力の80~85%程度が望ましいとする研究^{10,31,33,34)}と40~50%程度でも

効果があるとする研究^{6,7,12,16,30)}がみられる。また、頻度については週2~3回が望ましいとする先行研究^{1,2,8,13,27,36)}と週1回でも効果があるとの研究^{9,22,28)}がみられる。その中でも、上田ら³²⁾は高齢女性を対象に週1回を超えない頻度での体重負荷を用いた筋力トレーニングとストレッチング体操を2年以上にわたり実施させた結果、特に足底屈筋力と背筋力の改善、ならびにその効果の維持がもたらされたと報告している。高齢者に運動介入を行う上で、長期になればなるほど継続を阻害する要因(体調不良、運動についていけないなど)が多くなることが予想される³⁵⁾ため、運動継続を維持するためには、高齢者にとって負担度の低い、つまり比較的低強度・低頻度の運動様式を選択する必要性が大いに考えられる。また、高齢者の筋力トレーニングに対する適応には若年者と比べて個体差が大きくなるという指摘がある¹⁷⁾ことから、低強度・低頻度の運動様式における効果について、個体差を考慮してより詳細に検討することは重要であると思われる。

そこで本研究は、高齢女性を対象にして、速筋線維であるII型筋線維のみに存在し、アクチンフィラメントをZ線格子に固定して筋線維の配列維持やその協調的な収縮制御などを担う²¹⁾遺伝子である α -アクチニン-3遺伝子(以下、ACTN3)の分析を行った。ATCT3の一塩基多型(SNP)であるR577Xを両対立アリルにおいて有する、つまり α -アクチニン-3タンパク質を速筋線維内で生成する遺伝子多型^{20,25)}を有しない者(以下、X型)と有する者(以下、R型)に被検者を分類し、体重負荷による筋力トレーニング実施を中心とした運動習慣の有無による筋機能の変化とACTN3遺伝子多型との関係性についての検討することを目的とした。

2. 方 法

1) 研究対象者

本研究の対象者は、Y県K市在住の高齢女性26名であった。各被検者に対しては、本研究の主旨、内容、参加によって期待される効果とリスク等について口頭および文書にて十分に説明し、医師から運動継続の許可を得ているかどうかの確認を行った。さらに、ACTN3遺伝子検査については、「日本体育大学ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する規則」に基づき、研究の目的、遺伝子サンプル採取の方法、研究参加によって期待されるメリットとデメリット等について、説明書による文書および口頭による説明を行った。加えて、本研究の対象期間後において、研究目的のみによるデータの公表、個人名でのデータ公表の回避、さらに採取した遺伝子サンプルとそれに関連する個人情報の破棄等を説明した。以上の説明によって実験参加の同

意が得られた者に対し、上記規定に定められた同意書に自書によるサインと捺印を得た。なお、本研究全体の遂行にあたって、日本体育大学倫理委員会の承認を得た。

2) 研究対象の期間および実験プロトコル

被検者26名は、Y県K市地区主催の下肢筋力強化事業で実施された体力測定第1回目(2003年6月)、第4回目(2004年11月)のいずれにも参加した。なお、本研究では体力測定第1回目をPre、第4回目をPostとし、各体力測定結果の推移について検討を行った。

ACTN3遺伝子検査については、体力測定第10回目が行われた2007年10月に実施した。事前にY県K市行政担当者に実験の目的・内容等の趣意説明を行い、対象者全員に対して、ACTN3遺伝子検査の参加依頼と趣旨説明を記載した文書を行政経由で郵送した。郵送した文書には、実験趣旨・内容について電話による直接の説明を行う希望がある旨を記載し、返信用封筒と電話番号記入用紙を同封して、各依頼者より返信を頂いた。その後、電話にて依頼者本人に対し直接実験協力の可否を確認した。説明書による説明を受け、実験参加の同意が得られた26名については、同意書の内容についても口頭で十分に説明をした後、同意書に対して自書によるサインと捺印を得た。その後、各被検者に対して個別にACTN3遺伝子検査の方法を口頭および手順書を用いて説明し、遺伝子サンプルの採取を行った。

本研究で被検者に課した運動条件は、体重負荷による筋力トレーニングであった。すべての被検者において、2003年6月~2004年11月の間での運動実施頻度を集計した結果、週1回程度の頻度で定期的に運動を実施した被検者を運動群(Training Group, 以下T群, n=15)、期間中運動を実施しなかった被検者を非運動群(Sedentary Group, 以下S群, n=11)のそれぞれに分類した。

3) 体力測定項目および方法・手順

実験IIで分析対象とした体力測定項目は、身長、体重、握力(左右)、脚伸展筋力(左右)、足底屈筋力(左右)、座位式背筋力、長座体前屈とした。なお、左右を測定した項目に関しては、左右の値を合算して平均値を算出し、その値を分析対象とした。また、脚伸展筋力、足底屈筋力、座位式背筋力については、体重あたりの数値を主たる分析対象とした。

握力、脚伸展筋力、足底屈筋力、座位式背筋力については、いずれも竹井機器工業社製握力計および背筋力計を用い、等尺性の筋力発揮を行わせた。また、長座体前屈の測定には竹井機器工業社製長座体前屈測定

器を用いた。いずれの測定についても、方法と手順は先行研究に従った^{11,19)}。

4) ACTN3 遺伝子検査の方法・手順および遺伝子多型の解析方法

本研究では、被検者の口腔内から脱脂綿棒にてスワブ（検査用分泌物）を採取し、そのスワブから DNA を抽出した。さらに、抽出した DNA サンプルから ACTN3 遺伝子の一塩基多型（Single Nucleotide Polymorphism: SNP）である R577X の有無を TaqMan[®] SNP 分析プロトコル（Cat# C_590093_1）にて解析を行った。すべての解析については、オーストラリアに本拠を置く Genetic Technologies 社（以下、GT 社）に一括で依頼した。

A. ACTN3 遺伝子サンプルの採取方法

各被検者は（株）スポーツスタイル社（以下、SS 社）提供の手順書に従って、DNA 採取サンプル回収キット内の綿棒を用い、各人の頬の内側を左右共に、歯磨きをする程度の強さで 5 回上下にこすすることで口腔内スワブを収集した。スワブ採取後の綿棒は空気乾燥させ、キット内のサンプル収納用ポリバックに収納して密閉状態で保存した。なお、スワブ採取 30 分前以内に被検者が飲食をしている場合、DNA サンプルに影響する可能性があるため、飲食をしていないことを確認し、飲食をしている場合は時間を置いてスワブを採取した。

B. ACTN3 遺伝子サンプルの取り扱い方法および個人情報の管理方法

スワブ採取後の綿棒を密閉保存したサンプル収納用ポリバックについては、被検者ごとに個人名が同定できないよう ID 番号を振分け、その ID 番号をポリバック上に記入した状態で、全被検者のサンプルを採取当日に一括で GT 社による“ACTN3 SportsGene TestTM”の日本販売総代理店である SS 社に返送した。送付した DNA サンプルについては、SS 社により内容確認・保管、個人情報暗号化が施された後、速やかに GT 社に送られ、遺伝子および SNP 解析を施した。なお、個人情報およびテスト結果（ACTN3 遺伝子多型）については、「個人情報の保護に関する法律」に基づき、①テスト結果の報告書の作成と集計、資料の作成のみに利用する、②GT 社による“ACTN3 SportsGene TestTM”は、提供された DNA サンプルに R577X が存在するか否かを判定するものであり、それ以外の遺伝子を検出する目的に使用されない、③提供された DNA サンプルは GT 社による“ACTN3 SportsGene TestTM”の完了後、20 日以内にオーストラリアの法律に従って廃棄処理される、④テスト結果は被検者のみに報告され、被検者又は親権者の承諾なく第三者に開

示されることはない、以上の SS 社規定を確認し、「日本体育大学ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する規則」における「個人情報の保護」および「倫理的配慮」の方針と合致することを確認した。また、SS 社から報告されたテスト結果は、ID 番号付きイニシャルにて情報を管理した。管理情報については、外部記憶装置に記録して鍵をかけて保管し、また、被検者に対し実験趣旨を説明した際に使用した説明書および同意書についても、同様の方法で保管した。

C. 採取したスワブからの DNA 抽出と ACTN3 遺伝子多型の解析方法

DNA 抽出については、QIAamp[®] DNA Mini Kit（QIAGEN Inc. 製）にて口腔スワブサンプル 1 個を 150 μ l のバッファー溶液で溶出させ、A260/A280 比 1.7 ~ 1.9（水で希釈後測定）の DNA を 0.5 ~ 3.5 μ g（3 ~ 23 ng/ μ l）抽出した²⁹⁾。また、ACTN3 遺伝子多型の解析については、Yang ら³⁸⁾の方法に準じた。ACTN3 遺伝子多型の解析結果により、R577X を両対立アレルにおいて有する XX 型を示した被検者を X 型、R577X をアレル 1 対のみ有する RX 型と R577X を有しない RR 型を示した被検者を合わせて R 型として、それぞれ分類した²⁵⁾。

5) 結果の解析方法と統計処理

体力測定結果の値は全て平均値 \pm 標準偏差で示し、被検者を X 型および R 型に分類した後、Pre および Post の各体力測定結果における群内推移を検討した。

Pre 時の群間の差の検定については、それぞれの平均値 \pm 標準偏差に対して一元配置分散分析を行い、その結果有意差があったものに対して多重比較検定を行った。各群内での Pre および Post 間の差の検定には、paired t-test を用いた。なお、いずれの総計処理においても分析ソフト SPSS（Version 11）を用い、危険率 5% 未満をもって有意水準とした。

3. 結 果

1) ACTN3 遺伝子多型の解析結果および Pre における各測定項目絶対値の群間での比較

ACTN3 遺伝子の一塩基多型分析の結果、研究対象となった 26 名の被検者中、RR 型を有する者は 5 名、RX 型を有する者は 12 名であり、R 型は計 17 名となった。一方、XX 型を示したのは 9 名であり、X 型は 9 名となった。なお、下肢筋力強化事業における運動教室およびすこやか教室の実施状況を集計した結果、R 型の 17 名のうち運動群として 10 名（Training-R Group、以下 T-R 群）、非運動群として 7 名（Sedentary-R Group、以下 S-R 群）、X 型の 9 名のうち運動群として

Table 1. Physical characteristics and Pre-experimental Absolute Values of Each Measurement Item in S-R, S-X, T-R and T-X Groups

Items	S-R group (n=7)	S-X Group (n=4)	T-R group (n=10)	T-X Group (n=5)	Probability
Age (yr)	66.3 ± 4.0	72.3 ± 6.7	70.2 ± 7.2	72.8 ± 4.2	N.S.
Height (cm)	150.3 ± 5.4	147.8 ± 5.2	147.5 ± 5.3	150.0 ± 1.4	N.S.
Weight (kg)	55.8 ± 4.3	51.6 ± 2.1	53.5 ± 10.4	51.3 ± 8.9	N.S.
Leg Extension (kg)	25.7 ± 7.3	24.6 ± 3.6	24.4 ± 7.9	19.3 ± 4.8	N.S.
Planter Flexion (kg)	61.9 ± 10.7	61.1 ± 12.7	41.3 ± 14.9	41.5 ± 10.7	N.S.
Back Extension (kg)	60.7 ± 14.7	53.9 ± 6.8	40.2 ± 15.4	44.6 ± 6.1	N.S.
Sit & Reach (cm)	41.5 ± 7.1	36.0 ± 3.8	36.0 ± 4.5	35.3 ± 4.0	N.S.

Values are Mean ± S.D.

5名 (Training-X Group, 以下 T-X 群), 非運動群として 4名 (Sedentary-X Group, 以下 S-X 群) をそれぞれ分類した。

年齢, 身長, 体重, 握力 (左右平均), 脚伸展筋力 (左右平均), 足底屈筋力 (左右平均), 座位式背筋力, 長座体前屈の各測定項目における Pre の絶対値を 4 群間で比較してみると, いずれの項目においても群間に有意な差は認められなかった (Table 1)。

2) 体重当たり脚伸展筋力, 足底屈筋力, 座位式背筋力, 長座体前屈における Pre-Post での比較

体重当たり脚伸展筋力 (Fig. 1) について, 4 群それぞれの実験期間前後 (Pre-Post) での値を比較すると, S-R 群, T-R 群および T-X 群については Pre の値に対して Post の値が高い傾向がみられた。一方, S-X 群は Pre に対して Post で値が低くなる傾向がみられた。しかしながら, いずれの群でも統計的な有意差は認められなかった。

体重当たり足底屈筋力 (Fig. 2) について, 4 群それぞれの実験期間前後 (Pre-Post) での値を比較すると, S-R 群, T-R 群および T-X 群については Pre の値に対して Post の値が高い傾向がみられ, 特に T-R 群と T-X 群は Pre (T-R: 0.76 ± 0.18 kg/kg, T-X: 0.84 ± 0.29 kg/kg) に対して Post (T-R: 1.18 ± 0.22 kg/kg, T-X: 1.32 ± 0.33 kg/kg) がそれぞれ有意に高い値を示した (T-R: p<0.01, T-X: p<0.001)。一方, S-X 群は Pre に対して Post で若干だが値が低くなる傾向がみられた。

体重当たり座位式背筋力 (Fig. 3) について, 4 群それぞれの実験期間前後 (Pre-Post) での値を比較すると, S-R 群, T-R 群および T-X 群については Pre の値に対して Post の値が高い傾向がみられ, 特に T-R 群 Pre (0.74 ± 0.21 kg/kg) に対して Post (1.05 ± 0.17 kg/kg) が有意に高い値を示した (T-R: p<0.001)。一方,

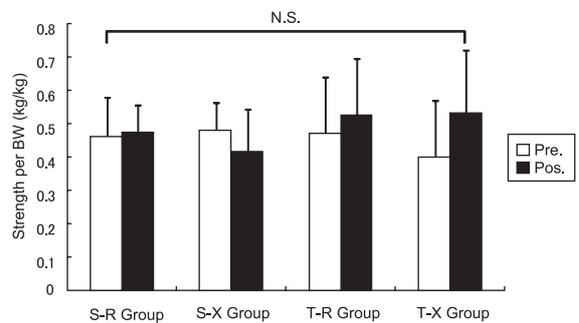


Fig. 1. Change of isometric leg extension strength per body weight in each group.

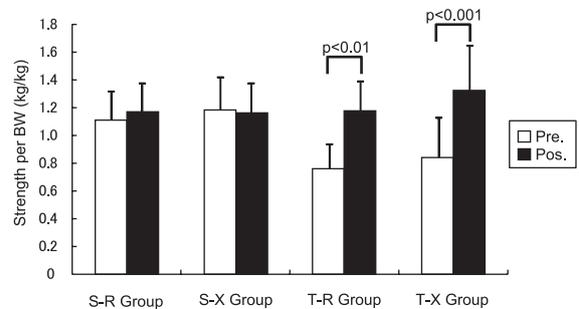


Fig. 2. Change of isometric planter flexion strength per body weight in each group.

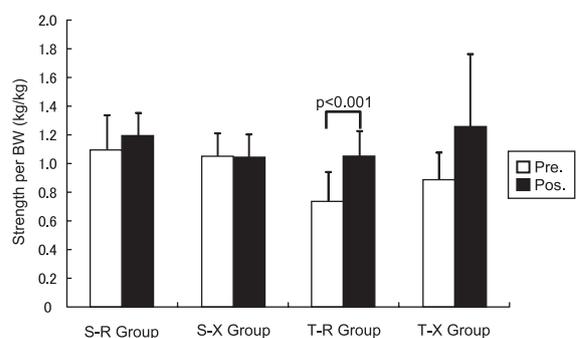


Fig. 3. Change of isometric back extension strength per body weight in each group.

S-X 群は Pre に対して Post で若干だが値が低くなる傾向がみられた。

長座体前屈について、4 群それぞれの実験期間前後 (Pre-Post) での値を比較すると、S-X 群、T-R 群および T-X 群は Pre の値に対して Post の値が高い傾向、S-R 群は低い傾向がみられたがいずれも有意な差は認められなかった。

4. 考 察

骨格筋は、身体運動における出力を担う役割を果たすことから、その組成や構造を調節する遺伝子が身体運動を遂行する能力そのものに対して、強い影響を及ぼす可能性は否定できないものであると考えられる。その中でも近年、骨格筋内の α -アクチニン-3 タンパク質の発現調節を行う ACTN3 遺伝子とスポーツの競技能力や特性との関係性に注目が集まってきている^{4,23,26,37,38}。ACTN3 遺伝子は、主に骨格筋の速筋線維中に発現し、 α -アクチニン-3 と呼ばれるタンパク質を作り出す。一方で、ACTN3 遺伝子には、 α -アクチニン-3 の生成を停止させる一塩基多型 (R577X) を持つタイプがある。この組み合わせによって、両親から受け継いだ ACTN3 遺伝子コピーの中に① R577X のコピーだけしか有しない (XX 型)、② R577X を 1 個も有さない (RR 型)、③ R577X のコピー 1 個と、多型を保有しないコピー 1 個を有する (RX 型) の 3 パターンに分類される。

ACTN3 遺伝子に着目したこれまで研究報告をみると、Yang ら³⁷ は、白人健常人 436 人 (男性 134 人、女性 292 人) を対照群とし、オーストラリアのオリンピック代表選手 50 人を含むエリート運動選手 429 人の ACTN3 遺伝子多型を解析した。その結果から、ACTN3 の R アリルはスプリント/パワー系パフォーマンスに対して有利になる可能性を示唆した。また、Clarkson ら⁴ は、ヒトの筋量や筋肉に影響する一塩基多型 (SNP) の同定することを目的として、602 人 (男性 247 人、女性 355 人) の健常者を対象に、ACTN3 遺伝子多型がベースラインの筋力や筋横断面積に及ぼす影響だけでなく、12 週間の筋力トレーニングによる効果に及ぼす影響についても検討した。その結果、女性健常者群の XX 型の随意最大筋力のベースラインは RR 型と RX 型の値よりも有意に低いことが示され、Yang ら³⁷ によるエリート運動選手を対象にした報告における ACTN3 遺伝子多型の影響が一般健常者でも同様に認められ、さらに、この随意最大筋力を含め、男性健常者群の間では他の測定値全てに有意差は認められなかったため、ACTN3 遺伝子多型の影響が女性で顕著であることが示された。その一方で、トレーニングによる上腕二頭筋の最大挙上重量の向上の度合は XX 型の女性健

常者群が有意に高いことが示され、さらに、この向上の応答は RR < RX < XX の順に大きくなることが複数の人種で認められたことを報告している⁷。

これら 2 つの研究成果をベースとして、最近では運動選手のみならず、ACTN3 遺伝子多型の違いによる高齢者の体力レベルの違いやトレーニング効果の差異を検討する研究に応用がなされつつある^{5,25}。この背景には、加齢による選択的な速筋線維の萎縮や線維数の減少^{18,24}、パワー発揮能力の顕著な減退³⁹ などが明らかになっていることから、速筋線維のみに存在する ACTN3 の遺伝子多型を解析することによって、加齢による体力や生活機能低下を食い止める必要性がより高いとみられる高齢者を遺伝的要素によって判別できるのではないかという発想が所以と考えられる。

以上のようなこれまでの先行研究^{4,5,25,37} による報告を受け、本研究では ACTN3 遺伝子多型の違いによって、高齢者の体力レベルやトレーニングに対する応答に影響が生じるのではないかという仮説を立て、1 年以上にわたる体重負荷による筋力トレーニングを中心とした運動習慣を有する被検者と運動を実施しなかった被検者に対して ACTN3 遺伝子検査を実施した。ACTN3 遺伝子多型の解析結果により、R577X 変異体を両対立アリルにおいて有する XX 型を示した被検者を X 型 (n=9)、R577X 変異体をアリル 1 対のみに有する RX 型と R577X 変異体を有しない RR 型を示した被検者を合わせて R 型 (n=17) としてそれぞれ分類し²⁵、さらに運動習慣の有無を考慮してそれぞれの型ごとに運動群 (T-R 群:n=10、T-X 群:n=5) と非運動群 (S-R 群:n=7、S-X 群:n=4)、Pre 時における各測定項目における 4 群間の比較、および群ごとの Pre に対する Post 時の各測定項目の変化について検討を行った。その結果、4 群間に Pre 時における各測定項目 (身長、体重、脚伸展筋力、足底屈筋力、座位式背筋力、握力、長座体前屈) のいずれにおいても有意な差異は認められなかった。

先駆的に高齢者を対象にして、ACTN3 遺伝子多型と体力レベルの差異との関連性を検討した San Juan ら²⁵ の研究では、本研究と同様に XX 型に対して、RX 型と RR 型を 1 群にして体力テスト結果を比較した結果、XX 型群と RX/RR 型群との間に有意な差は認められなかったとしている。本研究の 4 群間における Pre 時の各測定項目には差異がみられなかったことは、測定項目は異なるものの San Juan ら²⁵ の研究結果をほぼ支持する結果であった。

一方、体重当たり脚伸展筋力、足底屈筋力、座位式背筋力、長座体前屈の各測定項目の変化を 4 群ごとに検討したところ、S-R 群は筋力について若干上昇する傾向、柔軟性 (長座体前屈) は低下する傾向、S-X 群

は有意ではないものの筋力については若干低下する傾向、柔軟性は上昇する傾向、T-R 群、T-X 群はともにすべての筋力測定の数値および柔軟性とも上昇する傾向がみられた。特に足底屈筋力、座位式背筋力については T-R 群、T-X 群とも Pre に対して Post では有意な増加を示していた。

Delmonico ら⁵⁾の研究では、高齢男女に対して10週間にわたって両側での膝伸展筋力トレーニングを行わせ、さらに被検者を XX 型、RX 型、RR 型のそれぞれの多型を有する群に分類してその効果を比較したところ、特に女性被検者の RR 型群では、膝伸展力の 70% 1RM におけるトレーニング開始前に対する増加率が他の 2 群 (XX 型、RX 型) と比べて有意に高かったことを報告している。なお、この研究では、女性被検者の XX 型、RX 型、RR 型の 3 群でベースライン時における等速性での絶対的および相対的筋力と筋パワーを比較したところ、XX 型群は RR 群および RX 群に対し、総じて高い値を示したとしている。この結果は、先に述べた Clarkson ら⁴⁾の先行研究の結果と比較して、対象者の年代が異なるもののほぼ正反対の傾向であり、Delmonico ら⁵⁾はこの要因については現在のところ明らかにすることはできないとしている。

本研究では、筋力トレーニングを中心とした運動習慣を有していた T-R 群、T-X 群はともに類似した筋力の向上をみせていたことから、Clarkson ら⁴⁾および Delmonico ら⁵⁾の研究結果とは若干異なる結果であった。しかしながら、本研究における長期間 (1 年超) にわたる体重負荷を用いた低頻度の筋力トレーニングは、Delmonico ら⁵⁾や Clarkson ら⁴⁾が用いたトレーニング様式とは、ほとんどのトレーニング変数において異なるものであり、トレーニング効果そのものを単純に比較しにくいものと考えられる。言い換えれば、本研究で用いた体重負荷での筋力トレーニングを週 1 回程度の頻度で 1 年超にわたって実施することは、遺伝的な要素にあまり影響を受けずに、効果的に筋力を向上させることが可能であることが推察できる。また、運動習慣のなかった S-R 群、S-X 群は筋力について有意な変化を示さず、なかでも S-X 群は体重当たり脚伸展筋力、足底屈筋力、座位式背筋力ともに実験期間後に若干ではあるが低下する傾向がみられた。本研究での非運動群はサンプル数が少ないため結論付けることは困難であるが、運動習慣がないという条件であっても、R のアリルを有する被検者は筋力のある程度維持することが可能であるが、R のアリルを有しない被検者は 1 年を超える期間の中で筋力を維持することが難しい遺伝的要素を有していることが推察される。なお、運動習慣のない被検者群は運動習慣のある被検者群に対して年齢的に若く、60 歳代が中心であったこと、さ

らに Pre 時における筋力が総体的に約 30% 程度高かったことが本研究の結果に少なからず影響を与えていたかもしれない。しかしながら、これまでの研究の成果から理解できるとおり、年齢的に若く筋力が維持しやすい年代であっても、今後も運動習慣がないことによって筋力が低下する可能性は否定できない。この条件に対して、筋の成長と弱さを反映する遺伝子多型を解析することは、高齢者に対して運動実施の動機づけをする一つのツールとして活用できることが示唆され、今後、対象のサンプル数を増やすことによって、本研究で得られた傾向がさらに明確になることが期待される。

5. 文 献

- 1) American College of Sports Medicine: ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription 6th ed. pp. 159-169, Lippincott Williams and Wilkins, Philadelphia, 2000.
- 2) 新井武志, 大淵修一, 柴 喜崇, 他: 高負荷レジスタンストレーニングを中心とした運動プログラムに対する虚弱高齢者の身体機能改善効果とそれに影響する身体・体力諸要素の検討. 理学療法学, 30(7), 377-385, 2003.
- 3) Basu, R., Basu, A. and Nair, K. S.: Muscle changes in aging. J. Nutr. Health Aging, 6, 336-341, 2002.
- 4) Clarkson, P. M., Devaney, J. M., Gordish-Dressman, H., et al.: ACTN3 genotype is associated with increases in muscle strength in response to resistance training in women. J. Appl. Physiol., 99, 154-163, 2005.
- 5) Delmonico, M. J., Kostek, M. C., Doldo, N. A., et al.: α -actinin-3 (ACTN3) R577X polymorphism influences knee extensor peak power response to strength training in older men and women. J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci., 62, 206-212, 2007.
- 6) Fatouros, I. G., Kambas, A., Katrabasas, I., et al.: Strength training and detraining effects on muscular strength, anaerobic power, and mobility of inactive older men are intensity dependent. Br. J. Sports Med., 39, 776-780, 2005.
- 7) Fatouros, I. G., Kambas, A. and Katrabasas, I.: Resistive training and detraining effects on flexibility performance in the elderly are intensity-dependent. J. Strength Cond. Res., 20, 634-642, 2006.
- 8) Fujita, K., Nagatomi, R., Hozawa, A., et al.: Effects of exercise training on physical activity in older people: a randomized controlled trial. J. Epidemiol., 13(2), 120-126, 2003.
- 9) 古田加代子, 流石ゆり子, 伊藤昌子: 地域虚弱高齢者に対する介護予防事業の効果. 介入方法の違いによる差の検討. 保健の科学, 47(2), 151-157, 2005.
- 10) Harris, C., DeBeliso, M. A., Spitzer-Gibson, T. A., et al.: The effect of resistance-training intensity on strength-gain response in the older adult. J. Strength Cond. Res., 18, 833-838, 2004.
- 11) 堀居 昭, 三隅隆弘, 黄 仁官, 他: 腰部への負担

- を軽減する座位式背筋力計の考察と検討. 体育科学, 21, 93-100, 1993.
- 12) Host, H. H., Sinacore, I. R., Bohoert, K. L., et al.: Training-induced strength and functional adaptations after hip fracture. *Phys. Ther.*, 87, 292-303, 2007.
 - 13) Hunter, G. R., Wetzstein, C. J., McLafferty, C. L. Jr., et al.: High-resistance versus variable-resistance training in older adults. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 33(10), 1759-1764, 2001.
 - 14) Hunter, G. R., McCarthy, J. P. and Bamman, M. M.: Effects of resistance training on older adults. *Sports Med.*, 34, 329-348, 2004.
 - 15) Janssen, I., Shepard, D. S., Katzmarzyk, P. T., et al.: The healthcare costs of sarcopenia in the United States. *J. Am. Geriatr. Soc.*, 52, 80-85, 2004.
 - 16) Kalapotharakos, V. I., Michalopoulos, M., Tokmakidis, S. P., et al.: Effects of a heavy and a moderate resistance training on functional performance in older adults. *J. Strength Cond. Res.*, 19, 652-657, 2005.
 - 17) Kent-Braun, J. A. and Ng, A. V.: Specific strength and voluntary muscle activation in young and elderly women and men. *J. Appl. Physiol.*, 87(1), 22-29, 1999.
 - 18) Lexell, J., Taylor, C. C. and Sjöström, M.: What is the cause of the ageing atrophy? Total number, size and proportion of different fiber types studied in whole vastus lateralis muscle from 15- to 83-year-old men. *J. Neurol. Sci.*, 84, 275-294, 1988.
 - 19) Lippold, O. C.: The relation between integrated action potentials in a human muscle and its isometric tension. *J. Physiol.*, 117(4), 492-499, 1952.
 - 20) MacArthur, D. G. and North, K. N.: ACTN3: A genetic influence on muscle function and athletic performance. *Exerc. Sport. Sci. Rev.*, 35(1), 30-34, 2007.
 - 21) Mills, M., Yang, N., Weinberger, R., et al.: Differential expression of the actin-binding proteins, alpha-actinin-2 and -3, in different species: implications for the evolution of functional redundancy. *Hum. Mol. Genet.*, 10, 1335-1346, 2001.
 - 22) 野村絹江, 堀口 優, 竹内将博, 他: 高齢者体力増進教室の成果について. 北陸公衆衛生学会誌, 30(2), 92-96, 2004.
 - 23) Papparini, A., Ripani, M., Giordano, G. D., et al.: ACTN3 genotyping by real-time PCR in the Italian population and athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 39, 810-815, 2007.
 - 24) Porter, M. M., Vandervoort, A. A. and Lexell, J.: Aging of human muscle: structure, function and adaptability. *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 5, 129-142, 1995.
 - 25) San Juan, A. F., Gomez-Gallego, F., Cañete, S., et al.: Does complete deficiency of muscle alpha actinin 3 alter functional capacity in elderly women? A preliminary report. *Br. J. Sports Med.*, 40(1), e1, 2006.
 - 26) Santiago, C., González-Freire, M., Serratos, L., et al.: ACTN3 genotype in professional soccer players. *Br. J. Sports Med.* published online 5 Jun; doi:10.1136/bjism.2007.039172, 2007.
 - 27) 佐竹啓治, 金澤奈緒美, 竹村慎二, 他: 要介護高齢者に対する筋力トレーニングの効果. 北海道公衆衛生学雑誌, 18(2), 34-42, 2005.
 - 28) 里見和子, 今野佳代子, 相沢 潤, 他: 筋力トレーニングを主とした高齢者運動教室の効果について. 総合健診, 32(2), 225-229, 2005.
 - 29) Scott, R. A., Moran, C. N., Wilson, R. H., et al.: No association between angiotensin converting enzyme (ACE) gene variation and endurance athlete status in Kenyans. *Comp. Biochem. Physiol. Part A.*, 141, 169-175, 2005.
 - 30) Sullivan, D. H., Roberson, P. K., Smith, E. S., et al.: Effects of muscle strength training and megestrol acetate on strength, muscle mass, and function in frail older people. *J. Am. Geriatr. Soc.*, 55, 20-28, 2007.
 - 31) Taaffe, D. R., Pruitt, L., Pyka, G., et al.: Comparative effects of high- and low-intensity resistance training on thigh muscle strength, fiber area, and tissue composition in elderly women. *Clin. Physiol.*, 16, 381-392, 1996.
 - 32) 上田 大, 黄 仁官, 山田 保, 他: 体重負荷による2年以上の筋力トレーニングとストレッチング体操が高齢者の筋機能に及ぼす効果. 運動とスポーツの科学, 13(1), 47-55, 2007.
 - 33) Vincent, K. R., Braith, E. W., Feldman, R. A., et al.: Improved cardiorespiratory endurance following 6 months of resistance exercise in elderly men and women. *Arch. Intern. Med.*, 162, 673-673, 2002.
 - 34) Vincent, K. R., Vincent, H. K., Hraith, R. W., et al.: Resistance exercise training attenuates exercise induced lipid peroxidation in the elderly. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 87, 416-423, 2002.
 - 35) 山本美江子, 進 俊夫, 中園敬生, 他: 地域高齢女性に対する運動プログラムの効果. 産業医科大学雑誌, 27(4), 339-348, 2005.
 - 36) 山内知子, 山田忠樹, 岡田暁宜, 他: 高齢有患者の総合的体力に対するwell-rounded exercise programの有効性. 体力科学, 52(5), 513-523, 2003.
 - 37) Yang, N., Macarthur, D. G., Gulbin, J. P., et al.: ACTN3 genotype is associated with human elite athletic performance. *Am. J. Hum. Genet.*, 73, 627-631, 2003.
 - 38) Yang, N. D., Macarthur, G., Wolde, B., et al.: The ACTN3 R577X Polymorphism in East and West African Athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 39(11), 1985-1988, 2007.
 - 39) Young, A. and Skelton, D.: Applied physiology of strength and power in old age. *Int. J. Sports Med.*, 15(3), 149-151, 1994.

〈連絡先〉

著者名: 黄 仁官
 住 所: 東京都世田谷区深沢 7-1-1
 所 属: 日本体育大学大学院トレーニング科学系
 E-mail アドレス: hwang@nittai.ac.jp