

高齢者向けの運動教室が参加者の身体機能と医療費に及ぼす効果

ワタナベ ユウ ヤ ヤマダ ヨウスケ ミヤケ モトコ
 渡邊 裕也*1 山田 陽介*4 三宅 基子*1
 キムラ イシイ ナオカタ
 木村 みさか*2 石井 直方*3

目的 首都圏のH市で実施された高齢者を対象とした健康づくり事業が参加者の身体機能および医療費に及ぼす効果を検討することを目的とした。

方法 H市が平成19年度から2年間、6カ月を1サイクルとして、4サイクル開催した運動教室の参加者を分析対象者とした。選出基準は、運動教室に連続3サイクル以上参加していること、6カ月ごとに実施した体力測定に連続3回以上参加したこと、国民健康保険（後期高齢者医療制度）の加入者であることとした。体力測定では身長、体重、安静時血圧、握力、閉眼片足立ち、長座位体前屈、2ステップ値、複合関節動作（チェストプレス、プル、スクワット）の等速性最大筋力を測定した。医療費（医科・調剤）については、抽出期間を運動教室開始前1年間と開始後2年間の計3年間とし、推移を観察し、運動教室非参加群（対照群）と比較した。対照群の選出基準は、同市に在住で、同時期に運動教室に参加していないこと、国民健康保険（後期高齢者医療制度）の加入者であることとし、参加群と性別、年齢でマッチングした。分析対象者数は両群とも72名（男性5名、女性67名）とした。

結果 収縮期血圧は運動開始前に対して6カ月後、12カ月後で有意に低値を示した。チェストプレス、プル、スクワットの等速性最大筋力および2ステップ値は運動開始前に対して6カ月後、12カ月後で有意に高値を示した。その他の測定項目では、3回の測定を通して有意な変化は認められなかった。両群の運動教室開始前1年間の年間医療費に統計学的な有意差は認められなかった。参加群では3年間で有意な年間医療費の増減は認められなかったが、対照群では平成18年度に比べ20年度で有意な年間医療費の増加が認められた。また、両群の3年間の年間医療費の変化量を比較したところ、対照群の増加量が参加群と比べ有意に高値を示した。

結論 本研究により、介護予防や健康増進を目的とした高齢者向けの運動教室の効果として、下肢および上肢の筋力増強が生じること、安静時の収縮期血圧が低下することが明らかになり、運動教室への参加が医療費上昇の抑制をもたらす可能性が示唆された。いくつかの問題点はあるが、うまく動機づけを行い教室への参加を続けさせ、適切な情報を提供して行動変容を促すことができれば、月に1～2回の運動教室の開催でサルコペニアを予防でき、かつ医療費の上昇を抑えることができるかもしれない。

キーワード 高齢者、運動事業、医療費、サルコペニア

*1 京都府立医科大学大学院保健看護研究科応用健康科学教室博士研究員 *2 同教授

*3 東京大学大学院総合文化研究科教授 *4 日本学術振興会特別研究員（SPD）

I 緒 言

高齢期以降においても健康で自立した生活を営むためには、日常的な動作の基盤となる骨格筋量を維持することが極めて重要である。しかし、骨格筋は加齢と生活習慣の影響により萎縮し、機能低下が生じる。これをサルコペニア（sarcopenia：加齢性筋減弱症）という。厚生労働省国民生活基礎調査では、高齢者が要介護になる原因の第3位が高齢による衰弱（13.7%）、第4位が関節疾患（10.9%）、第5位が転倒・骨折（10.2%）であり、これらを合わせると第1位の脳血管障害（21.5%）や2位の認知症（15.3%）を大きく超える割合となり¹⁾、サルコペニアなどの運動器の障害が高齢者の生活の質（QOL）を著しく低下させるのは明らかである。さらに、サルコペニアは転倒²⁾や生活習慣病の罹患リスク³⁾だけでなく、総死亡リスク⁴⁾を高めることも明らかになっており、サルコペニアが高齢者の健康に悪影響をもたらすことに疑いの余地はない。

わが国では、要支援・要介護の認定を受けている65歳以上高齢者は年々増加している。介護保険法がスタートした1年後（平成13年度末）には298.3万人であったものが、平成22年には506.2万人に達している⁵⁾。要支援・要介護者の増加は介護保険料・医療費の上昇に直結することは自明であり、平成24年9月に発表された平成22年度の国民医療費は、37兆4202億円に達した⁶⁾。このうち、65歳以上が20兆7176億円（55.4%）、70歳以上が16兆8603億円（45.1%）、75歳以上が12兆4685億円（33.3%）を占めており、国民医療費に占める高齢者医療費の割合は増加傾向にある。また、米国においてもサルコペニアに直接関連する医療費は2000年に185億ドルにのぼり⁷⁾、大きな社会問題になっている。このような状況は国家財政の逼迫を招く深刻な問題であり、高齢化が進みサルコペニアに関連する様々な問題が顕在化している先進諸国にとって膨大な医療費を抑制することは極めて重要な課題である。

表1 分析対象者の身体的特性

	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)	BMI
分析対象者数72 (男性5,女性67)	66.7±3.4	153.2±5.8	54.7±7.7	23.3±2.8

注 平均±標準偏差を示す。

サルコペニアの直接的な原因は筋肉への刺激の減少、すなわち身体活動量の低下であることは多くの研究の示すところである。したがって、何らかの介入によりサルコペニア予防・改善は可能と考えられ、現在日本各地で介護予防・健康増進を目的とした高齢者向けの運動事業が盛んに行われている。先行研究では、これらの運動介入がもたらす体力増強効果^{8)~10)}や医療費に及ぼす効果^{11)~17)}が報告されている。これらの先行研究の結果は総合的に運動介入による医療費上昇の抑制効果を肯定的に評価している。しかしながら、高齢者向けの運動教室の医療経済的な効果を明確に結論付けるには至っておらず、エビデンスを積み上げていく必要がある。本研究では、首都圏のH市で実施された高齢者向けの健康づくり事業が参加者の身体機能および医療費にもたらす効果を検討した。

II 研究 方 法

(1) 分析対象者

本研究の分析対象者は、首都圏のH市が主催する高齢者向けの健康づくり事業の参加者の中から選出した。選出の基準は、H市在住で以下の3条件をすべて満たす者とし、運動事業参加群（参加群）とした。なお、参加群の身体的特性を表1に示した。

①平成19年度から2年間、6カ月を1サイクルとして、4サイクル開催されたH市が主催する運動教室に連続3サイクル以上参加していること

②平成19年4月から6カ月ごとに実施した体力測定に連続3回以上参加したこと

③国民健康保険（後期高齢者医療制度）の加入者であること

運動教室の参加が医療費に及ぼす効果は、参

加群と非参加群（対照群）の3年間の医療費（運動教室開始前1年間および開始後2年間）の推移を比較することで検証した。対照群として、H市在住の高齢者で、抽出期間内に運動教室に参加していないこと、国民健康保険（後期高齢者医療制度）の加入者であることの2条件を満たし、参加群と性別、年齢でマッチングした者をランダムに抽出した。分析対象者数は両群とも72名（男性5名、女性67名）とした。

（2）運動プログラム

運動教室で実施された運動内容はリズム体操、自体重を負荷とするレジスタンストレーニング、ストレッチングからなり、所要時間は60～90分で、頻度は月に1～2回であった。レジスタンストレーニングは、スクワット、ヒップリフト、レッグレイズ、カーフレイズ、クランチといった基本的な種目を中心に実施した。回数およびセット数は10～20回、1～2セットであった。なお、運動教室の運営は外部へ委託した。

（3）測定項目

体力測定は運動教室開始前、6カ月後、12カ月後に行った。測定項目は、①身長・体重、②安静時血圧、③握力、④閉眼片足立ち、⑤長座位体前屈、⑥2ステップ値、⑦筋力の7項目とした。

安静時血圧（収縮期血圧および拡張期血圧）は自動血圧計を用いて測定した。握力は握力計を用いて測定した。測定は左右ともに2回ずつ測定し、その最大値を採用した。長座位体前屈は長座位体前屈計を用いて測定した。前屈するときに、勢いをつけたり、膝を曲げたりしないように指示した。閉眼片足立ちは測定者がストップウォッチで計測した。参加者は測定者の合図とともに任意の片足を挙げ、その足が床につくか、軸足に触れるか、軸足が最初の位置からずれるまでの時間を計測した。最大測定時間は120秒とした。2ステップ値とは、静止立位より可能な限り最大歩幅で2歩前方へ踏み出し、再び静止立位をとったときの最大2歩幅を自分の身長で除した値である¹⁸⁾。最大2歩幅は、参

加者に跳躍せずできる限り遠くまで2歩進むように指示し、その距離をメジャーで計測した。筋力は複合関節動作における等速性随意最大筋力を測定可能な「Ariel（エリエール）」を用いて測定した。筋力測定の項目はチェストプレス（「押す」筋力）、プル（「引く」筋力）、スクワット（「立ち上がる」筋力）の3種目とした。アームが動く速度は30°/秒とした。エリエールによる筋力測定はすべて（株）ダイナミックコーポレーションに委託した。

（4）医療費

H市の協力を得て、国民健康保険の受診データから分析対象者の毎月の医療費（医科・調剤）を抽出した。期間は平成18年4月から21年3月までの3年間とした。年間で医療費が生じなかった者も含めて、参加群と対照群の年間医療費の推移を比較した。なお、分析するすべての医療費データはH市がIDコードで匿名化し、個人情報の保護に十分留意した。

（5）統計処理

体力測定で得られたデータの代表値と散布度は平均±標準偏差で表示した。各測定項目の平均値の差の検定は、繰り返しのある一元配置分散分析（ANOVA）で行い、有意差が認められた場合、事後検定として対応のある t 検定を行い、Holm法を用いて P 値の調整をした。医療費の分析で得られたデータの代表値と散布度は平均±標準誤差で表示した。医療費の群間の平均値の差の検定は、繰り返しのある二元配置分散分析（ANOVA）で行い、有意な交互作用が認められた場合、各群の時系列変化を対応のある t 検定、群間の差を対応のない t 検定を用いて検定した。すべての検定で $P<0.05$ を有意とした。

Ⅲ 結 果

運動教室参加前後の各測定項目の推移を表2に示した。収縮期血圧は運動開始前に対して6カ月後、12カ月後で有意に低値を示した。各種

筋力は運動開始前に対して6カ月後、12カ月後で有意に高値を示した。同様に、2ステップ値は運動開始前に対して6カ月後、12カ月後で有意に高値を示した。その他の測定項目においては3回の測定を通して有意な変化が認められなかった。

平成18～20年度における医療費の推移を図1に示した。参加群の平均年間医療費は、平成18年度231,443.6円、平成19年度215,434.6円、平成20年度262,999.9円で、対照群の平均年間医療費は、平成18年度204,040.7円、19年度250,019.7円、20年度368,089.6円であった。両群の運動教室開始前（平成18年度）と実施最終年度（平成20年度）の医療費の推移を二元配置分散分析で検定したところ、有意な交互作用を認めた（ $P=0.037$ ）。各群の時系列変化をみると、参加群では有意な年間医療費の変化は認められなかったが、対照群では平成18年度に比べ20年度で有意な年間医療費の増加が認められた。また、両群の3年間の年間医療費の変化量を比較すると、対照群の増加量が参加群に比べ有意に高値を示した（ $P=0.037$ ；図2）。なお、両群の運動教室開始前（平成18年度）の年間医療費に統計学

表2 運動教室による身体機能の変化

	分析対象者数	参加開始前	6カ月後	12カ月後
身体組成				
身長(cm)	72(男性5,女性67)	153.2 ± 5.8	153.3 ± 5.8	153.3 ± 5.8
体重(kg)	72(男性5,女性67)	54.7 ± 7.7	54.5 ± 7.8	54.5 ± 7.7
安静時血圧				
収縮期血圧(mmHg)	72(男性5,女性67)	139.5 ± 19.7	131.9 ± 17.8*	131.1 ± 13.8*
拡張期血圧(mmHg)	72(男性5,女性67)	75.7 ± 11.5	73.2 ± 10.5	76.6 ± 10.0
身体機能				
握力(左)(kg)	72(男性5,女性67)	23.0 ± 6.8	23.3 ± 6.8	24.6 ± 6.3
握力(右)(kg)	71(男性5,女性66)	24.2 ± 7.4	24.9 ± 6.9	25.9 ± 6.7
閉眼片脚立ち(秒)	71(男性5,女性66)	6.2 ± 6.6	7.3 ± 6.4	8.0 ± 8.4
長座位体前屈(cm)	72(男性5,女性67)	37.3 ± 10.8	39.7 ± 9.2	38.9 ± 8.6
2ステップ値	72(男性5,女性67)	1.40 ± 0.15	1.45 ± 0.13*	1.44 ± 0.13*
チェストプレス(kg)	68(男性5,女性63)	18.4 ± 7.7	22.1 ± 8.3*	22.9 ± 8.5*
プル(kg)	68(男性5,女性63)	27.3 ± 8.0	29.6 ± 9.0*	30.3 ± 9.4*
スクワット(kg)	68(男性5,女性63)	41.2 ± 18.8	53.1 ± 20.8*	50.3 ± 17.2*

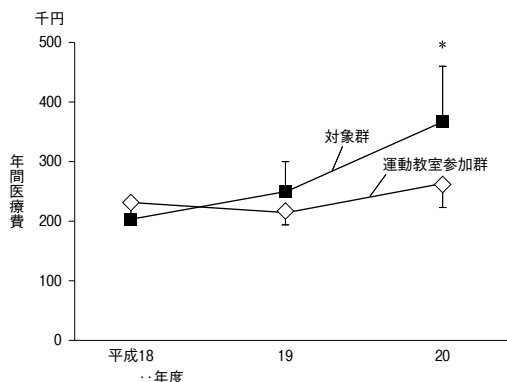
注 1) 平均±標準偏差を示す。
2) *：参加前との有意差（ $P<0.05$ ）

的な有意差は認められなかった。

Ⅳ 考 察

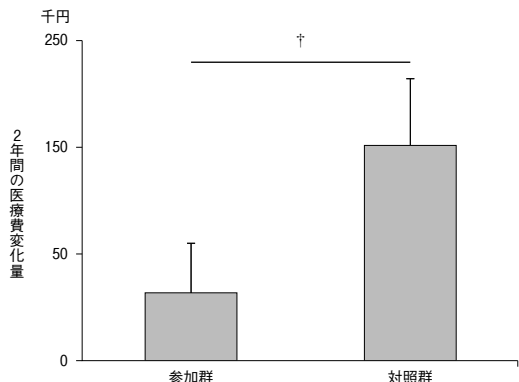
本研究により、介護予防や健康増進を目的とした高齢者向けの運動事業の効果として、①下肢および上肢の筋力増強ならびに2ステップ値の増加が生じること、②安静時の収縮期血圧が低下することが明らかになった。さらに、③運動教室参加群の医療費の増加程度が対照群に比べ有意に低値を示したことから、運動教室への参加が医療費上昇の抑制をもたらす可能性が示唆された。先行研究では、運動教室参加により筋力増強や運動機能改善効果が認められるこ

図1 年間医療費の推移



注 1) 平均±標準誤差を示す。
2) *：平成18年度との有意差（ $P<0.05$ ）

図2 平成18年度から20年度までの医療費変化の群間比較



注 1) 平均±標準誤差を示す。
2) †：群間の有意差（ $P<0.05$ ）

と⁸⁾⁻¹⁰⁾、安静時血圧が降下すること¹⁷⁾、医療費上昇が抑制されること¹¹⁾⁻¹⁵⁾¹⁷⁾が報告されていることから、本研究の結果は先行研究を支持するものであった。

現在、サルコペニア予防・改善に最も有効とされる処方レジスタンストレーニングである¹⁹⁾。一般的には、筋を肥大させるには最大挙上重量(1RM: one-repetition maximum)の65% (65% 1RM) 以上の負荷強度が必要とされており²⁰⁾、高負荷強度レジスタンストレーニングが広く推奨されている。レジスタンストレーニングにおける負荷強度の重要性は高齢者にも当てはまり、高齢者を対象とした多くの介入研究でも、70% 1RMを超える負荷強度を用いている²¹⁾。しかし、高齢者に対する筋力増強効果に限れば、低負荷強度レジスタンストレーニングでも十分な効果が得られることは古くから知られている^{22) 23)}。これらの結果は、高齢者の日常的な身体活動レベルは若齢者に比べ低く²⁴⁾、特に大きな筋力を発揮するという能力におけるトレーニング適応能が高いためだと推察できる。本研究でも、月に1～2回の運動教室の開催により、上肢・下肢ともに有意な筋力増強効果が得られた。このような筋力増強は、筋肥大による形態的な変化の影響よりも神経系の機能改善による影響が大きいと考えられる。また、本研究では、筋力と同様に2ステップ値も有意な増加を認めた。2ステップ値は前述のとおり、最大2歩幅を身長で除した値であり、加齢とともに低下する¹⁸⁾。2ステップ値は、転倒リスクと相関が高いとされている10m歩行速度やランショナルリーチ、タイムアップアンドゴーとも高い相関を示すことが知られ、1.25を下回ると急激に転倒の危険性が高まる¹⁸⁾。本研究では、1.25を下回る者は運動教室開始前に7名いたが、12カ月後には4名に減っていた。このような2ステップ値の増加は、筋力の増強が関連しているのかもしれない。

一方、近年65% 1RM以下の低～中負荷強度の運動でも運動様式を工夫すれば高齢者の筋萎縮を予防できることが明らかになってきてい

る^{22) 23) 25) 26)}。これらの知見をうまく応用することで、筋力増強だけでなく筋肥大効果も導き出せるかもしれない。

本研究では、運動教室開始前に比べ6カ月後・12カ月後において筋力増強が生じたが、6カ月以降の筋力増強効果はなかった。運動教室により得られた効果を維持できているという解釈もできるが、それ以上の効果を期待するには負荷強度の漸増、運動の頻度や量を増やすといった工夫が必要であると考えられる。

一方、柔軟性や平衡性には有意な効果は確認できなかった。高齢者の体力向上・健康づくりには各身体能力を総合的に高める必要があることから、今後、柔軟性や平衡性を高めることができるようにプログラムを工夫する必要がある。

医療費は医療機関の利用環境、医師の治療方針、インフルエンザなどの流行、突発的な事故など様々な要因により影響を受けるため、個人間のばらつきが非常に大きく、運動による効果を統計学的に検出するのは極めて難しい。このような制約は受けるが、先行研究の結果を総合的に判断すると運動により医療費上昇を抑えられる可能性は十分考えられる。吉田らは、70歳以上で高齢者総合健康調査に応答し、平成13年から平成15年の3年間に介護予防事業に参加した146人を介護予防事業参加群、同じく70歳以上で高齢者総合健康調査のデータを有しているが、介護予防事業に参加したことがない846人を介護予防事業非参加群とし、2群間における平成12年度から15年度までの老人医療費(国民健康保険または被用者保険からの給付+自己負担分)および介護費用(介護保険からの給付+自己負担分)の推移を比較した¹²⁾。その結果、月間平均医療費は参加群では減少したが、非参加群では増加した。月間平均介護費用は両群とも増加したが、増加の程度は参加群が少なかった(参加群、平成12年度507円→平成15年度5,186円; 非参加群、同8,127円→同27,072円)。Moriらは高齢者189名(73±4歳)を対象に、乳酸閾値(LT)強度のステップ運動を自宅で行う運動群98名と対照群91名の総医療費、通院回数および外来診療費を比較した¹⁴⁾。その結果、

運動群は介入前に比べ乳酸閾値の有意な上昇を認めた。群間の総医療費、通院回数および外来診療費は介入前には差が認められず、介入12カ月においても有意な差には至らなかったが、18カ月になると明らかに運動群が低値であった。Yamadaらは、介護予防プログラム介入を行い、その後1年間の健康状態ならびに介護保険利用料、医療費を追跡し、介入の効果を検討した¹⁵⁾。なお、この研究の被験者はプログラム参加群、非参加群ともに305名で、プログラム開始前の身体的特性、転倒履歴、心身の健康状態（虚弱の程度など）をマッチングさせて、両群の被験者が全く質の異なる母集団から選ばれる可能性をできるだけ排除している。その結果、プログラム参加群の心身の健康状態は改善し、健康に関連するコストにおいても非参加群に比べ有意に低値を示した。本研究の結果、対照群では医療費が有意に上昇したが、参加群では有意な変化はなく、医療費の増加程度においても対照群が有意に高値を示した。この結果は、先行研究を支持するものであり、運動により医療費の上昇を抑制できる可能性を示唆している。

しかしながら、本研究の結果の解釈にはいくつか注意が必要である。まず第1に、分析対象者の運動教室への出席状況や日常生活における運動の状況は不明だということである。ただし、H市が実施したアンケート調査の結果から分析対象者の運動教室への出席率が高く、自宅でも運動を実践していたと推察される。そのため、安静時収縮期血圧の降下や筋力増強は運動教室だけによる効果ではなく、運動習慣や食習慣を含む生活習慣の変容のためであると考えられる。大崎コホート研究は、歩行時間の長いグループほど医療費が低いこと²⁷⁾、さらには1日に1時間以上歩く者の平均余命は長く、生涯医療費も低いこと²⁸⁾を示している。したがって、医療費の上昇が認められなかったことも日常の活動量の増加が関連しているのかもしれない。第2に、分析対象者は運動教室に3サイクル、体力測定に3回参加した者ということである。そのため、参加群には、もともと身体機能が比較的高い者やより健康に関心が強くモチベーションが高い

者が多く含まれていると考えられ、運動教室の効果を過大評価している可能性は排除できない。運動教室や体力測定に3回参加していない者も含めて医療費の分析を行った場合、同様の結果が出るとは断言できない。以上の問題点が挙げられるが、本研究の結果はうまく動機づけを行い教室への参加を続けさせる、適切な情報を提供して行動変容を促すことができれば、月に1～2回の運動教室開催でサルコペニアをある程度予防でき、かつ医療費の上昇を抑えることができる可能性を強く示唆している。

本研究により得られた知見は介護予防や生活習慣病予防など健康増進を目的とした運動教室をより広く普及させるという観点から大きな意義があり、わが国の健康づくり施策に大きく貢献すると考えられるが、運動と医療費の関連性に注目した研究には、未だ多くの課題が残されている。高い妥当性・信頼性が保障されたエビデンスを得るためにはこれまでにはない大規模な調査を実施する必要がある。さらに、医療費の長期的かつ縦断的な追跡や疾患別の検討を行い、運動による効果を詳細に吟味しなければならない。運動による医療経済効果を明確に結論付けることができれば、国民に広くサルコペニア予防の重要性を浸透させることができ、高齢社会の安定と充実につながると考えられる。

文 献

- 1) 厚生労働省. 平成22年度国民生活基礎調査の概況. (<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa10/>) 2013.3.
- 2) Wolfson L, Judge J, Whipple R, et al. Strength is a major factor in balance, gait, and the occurrence of falls. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 1995 ; 50 (Spec) : 64-7.
- 3) Karakelides H, Nair KS. Sarcopenia of aging and its metabolic impact. *Curr Top Dev Biol*. 2005 ; 68 : 123-48.
- 4) Volpato S, Romagnoni F, Soattin L, et al. Body mass index, body cell mass, and 4-year all-cause mortality risk in older nursing home residents. *J Am Geriatr Soc*. 2004 ; 52(6) : 886-91.
- 5) 厚生労働省. 平成22年度介護保険事業報告 (年報). (<http://www.mhlw.go.jp/topics/kaigo/osirase/>)

- jigyo/10/index.html). 2013.3.
- 6) 厚生労働省. 平成22年度国民医療費の概況. (<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-iryohi/10/index.html>). 2013.3.
- 7) Janssen I, Shepard DS, Katzmarzyk PT, et al. The healthcare costs of sarcopenia in the United States. *J Am Geriatr Soc*. 2004; 52(1): 80-5.
- 8) Binder EF, Schechtman KB, Ehsani AA, et al. Effects of exercise training on frailty in community-dwelling older adults: results of a randomized, controlled trial. *J Am Geriatr Soc*. 2002; 50(12): 1921-8.
- 9) Fujita K, Nagatomi R, Hozawa A, et al. Effects of exercise training on physical activity in older people: a randomized controlled trial. *J Epidemiol*. 2003; 13(2): 120-6.
- 10) Yamauchi J, Nakayama S, Ishii N. Effects of body-weight-based exercise training on muscle functions of leg multi-joint movement in elderly individuals. *Geriatr Gerontol Int*. 2009; 9(3): 262-9.
- 11) 神山吉輝, 川口毅, 神田晃, 他. 高齢者の筋力系トレーニングによる医療費抑制効果. *体力科学*. 2004; 53(2): 205-9.
- 12) 吉田裕人, 藤原佳典, 天野秀紀, 他. 介護予防事業の経済的側面からの評価 介護予防事業参加群と非参加群の医療・介護費用の推移分析. *日本公衆衛生雑誌*. 2007; 54: 156-67.
- 13) 神山吉輝, 白澤貴子, 小出昭太郎, 他. 高齢者を対象とした地域における運動教室の医療経済効果. *厚生*. 2007; 54(1): 26-35.
- 14) Mori Y, Tobina T, Shirasaya K, et al. Long-term effects of home-based bench-stepping exercise training on healthcare expenditure for elderly Japanese. *J Epidemiol*. 2011; 21(5): 363-9.
- 15) Yamada M, Arai H, Sonoda T, et al. Community-based exercise program is cost-effective by preventing care and disability in Japanese frail older adults. *J Am Med Dir Assoc*. 2012; 13(6): 507-11.
- 16) 中崎啓子, 星康男, 深野幸男, 他. [健康づくりへの取り組み] シルバー元気塾と健康づくり. *保健の科学*. 2004; 46(7): 494-8.
- 17) 藤谷順三, 小笠原正志, 新保祐一郎, 他. 地域住民を対象にした6ヵ月間の健康運動教室による介入が以後1年間の国民健康保険の医療費に及ぼす影響. *健康医科学研究助成論文集*. 2001.03(16): 142-51.
- 18) 村永信吾. 亀田メディカルセンター (千葉県鴨川市). *臨床スポーツ医学*. 2005; 22 (臨時増刊号): 394-8.
- 19) Borst SE. Interventions for sarcopenia and muscle weakness in older people. *Age Ageing*. 2004; 33(6): 548-55.
- 20) McDonagh MJ, Davies CT. Adaptive response of mammalian skeletal muscle to exercise with high loads. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1984; 52(2): 139-55.
- 21) 大藏倫博, 角田憲治, 辻大士, 他. サルコペニア予防のエビデンス—レジスタンストレーニングを中心として. *Geriatric Medicine*. 2010; 48: 197-200.
- 22) Moritani T, deVries HA. Potential for gross muscle hypertrophy in older men. *J Gerontol*. 1980; 35(5): 672-82.
- 23) Taaffe DR, 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*. 1996; 16(4): 381-92.
- 24) Meijer EP, Goris AH, Wouters L, et al. Physical inactivity as a determinant of the physical activity level in the elderly. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2001; 25(7): 935-9.
- 25) Watanabe Y, Tanimoto M, Ohgane A, et al. Increased muscle size and strength from slow-movement, low-intensity resistance exercise and tonic force generation. *J Aging Phys Act*. 2013; 21(1): 71-84.
- 26) 池永昌弘, 山田陽介, 三原里佳子, 他. 中敷に重量負荷した靴の運動介入が高齢者の下肢筋量および歩容に及ぼす影響. *体力科学*. 2012; 61(5): 469-77.
- 27) Tsuji I, Takahashi K, Nishino Y, et al. Impact of walking upon medical care expenditure in Japan: the Ohsaki Cohort Study. *Int J Epidemiol*. 2003; 32(5): 809-14.
- 28) Nagai M, Kuriyama S, Kakizaki M, et al. Impact of walking on life expectancy and lifetime medical expenditure: the Ohsaki Cohort Study. *BMJ Open*. 2011; 1(2): e000240.