



〔原著〕 redcord[®]を使用した Athlete Tuning Method[®]
(ATM) トレーニングによるバランス能力向上
効果についての検討

ケビン 山崎¹⁾ 池澤 智¹⁾ 大鳥 精司²⁾ 志水 浩二¹⁾
折田 純久^{2,3)} 江口 和²⁾ 志賀 康浩²⁾ 佐藤 崇司²⁾
佐藤 雅²⁾ 鈴木 雅博²⁾ 榎本 圭吾²⁾ 高岡 宏光²⁾
水木 誉凡²⁾ 穂積 崇史²⁾ 土屋 流人²⁾ 金 勤東²⁾
小田切 拓磨²⁾ 向畑 智仁²⁾ 菱谷 崇寿²⁾ 古矢 丈雄²⁾
牧 聡²⁾ 稲毛 一秀²⁾

(2020年8月7日受付, 2021年1月29日受理, 2021年4月10日公表)

要 旨

【目的】超高齢社会の本邦においては、ロコモティブシンドローム（ロコモ）予防の観点からバランス能力の向上をもたらすことができる確立したトレーニング法の開発が喫緊の課題といえる。そのような状況の中、我々はバランス能力向上の新たなトレーニング法としてスリングセラピーの一種である redcord[®]を使用した Athlete Tuning Method[®]（ATM）トレーニングに注目した。プレリミナリーな位置付けでまずは安全性を考慮し健常ボランティアを対象とし、その有効性についてロコモ度テストを尺度して検討した。【方法】対象は健常ボランティアとした。これらの被験者に対してバランス能力向上のために ATM トレーニングを同一プロトコール（所要時間：1時間程度，頻度：週2回以上）にて実施した。評価としては、研究開始前および3ヵ月後にロコモ度テスト（立ち上がりテスト，2ステップテスト）と生体インピーダンス法（MC-780A，Tanita社）による骨格筋量指数の変化についての検討を行った。

¹⁾ トータル・ワークアウトプレミアムマネジメント株式会社

²⁾ 千葉大学大学院医学研究院整形外科学

³⁾ 千葉大学フロンティア医工学センター

Kevin Yamazaki¹⁾, Tomo Ikezawa¹⁾, Seiji Ohtori²⁾, Koji Shimizu¹⁾, Sumihisa Orita^{2,3)}, Yawara Eguchi²⁾, Yasuhiro Shiga²⁾, Takashi Sato²⁾, Masashi Sato²⁾, Masahiro Suzuki²⁾, Keigo Enomoto²⁾, Hiromitsu Takaoka²⁾, Norichika Mizuki²⁾, Takashi Hozumi²⁾, Ryuto Tsuchiya²⁾, Geundong Kim²⁾, Takuma Otagiri²⁾, Tomohito Mukaihata¹⁾, Takahisa Hishiya¹⁾, Takeo Furuya²⁾, Satoshi Maki²⁾, and Kazuhide Inage²⁾. A study on the effect of improving balance ability by red cord training.

¹⁾ TOTAL Workout Premium Management Co., Ltd., Tokyo 150-0036.

²⁾ Department of Orthopaedic Surgery, Graduate School of Medicine, Chiba University, Chiba 260-8670.

³⁾ Center for Frontier Medical Engineering, Chiba University, Chiba 263-8522.

Phone: 043-226-2117. Fax: 043-226-2116. E-mail: kazuhideinage@chiba-u.jp

Received August 7, 2020, Accepted January 29, 2021, Published April 10, 2021.

【結果】被験者は29名（男性13名，女性16名，平均年齢 43.8 ± 9.1 歳）であった。立ち上がりテストおよび平均2ステップ値の結果は，開始前と比較し3ヵ月後では共に有意に向上していた。一方で，開始前と3ヵ月後の骨格筋量指数には有意差を認めなかった。

【考察】本研究によりATMトレーニングは，3ヶ月の短期成績においてのみではあるが，筋量以外のバランス能力規定要素（体幹バランス，インナーマッスル，柔軟性）にアプローチしている可能性が高いことが示唆された。今後は対象や調査期間を増やし，さらなる検討を行っていく予定である。

Key words: ロコモティブシンドローム，バランス能力，スリングセラピー，Athlete Tuning Method[®]

I. 緒 言

急速に増大する経済的負担を伴う超高齢社会の到来に対し，健康寿命の延伸が国の健康政策の目標である。さらに運動器の障害は要介護の大きな原因の一つである[1]。運動器の障害は移動機能の低下として顕在化することから，日本整形外科学会は2007年に移動機能の低下の概念としてロコモティブシンドローム（ロコモ）を提唱，2013年，2015年にはそれぞれロコモを総合的に評価するための尺度（ロコモ度テスト）とその臨床判断値を設定した[2]。一方で，移動機能の低下は若年～壮年層から始まり高齢層で急激に低下することが知られている。またその要因としては，バランス能力低下が大きく関連していると報告されている[1]。つまり，バランス能力を向上させることが移動能力の低下を改善しロコモを予防する最良の方法であると言える。すなわち，超高齢社会の本邦においては，バランス能力の向上をもたらすことができる確立したトレーニング法の開発が喫緊の課題といえる。

一方で，バランス能力は体幹バランス，インナーマッスル，柔軟性，四肢および体幹筋量などの複合的要素によって決定される。言い換えると，バランス能力の向上には多次元的なトレーニングが必要であり，確立したトレーニング法を開発することは容易ではないことは周知の事実である。

そのような状況の中，新たなバランス能力のトレーニング法としてスリングセラピーの一種であるredcord[®]を使用したAthlete Tuning Method[®]（ATM）トレーニングが注目を集めている。ATMトレーニングとは，天井から下ろしたロープで身

体を吊るし，自重免荷作用，振り子運動作用等を利用して体幹バランスの再学習，柔軟性向上，インナーマッスル強化の効果があるのではないかと期待されている。

そこで本研究では，ATMトレーニングを実施することにより，被験者の移動機能（バランス能力）が向上するかについて，ロコモ度テストを尺度として検討したので報告する。

II. 対象と方法

本研究は千葉大学医学部倫理委員会の承認後に実施された。対象は当パーソナル・トレーニングジム会員の内，同意を得られた健常ボランティアとした。除外基準は1）試験開始前よりATMトレーニングを実施している，2）下肢のMMTが4以下，3）体のいずれかの部位（頸部，肩，腰，膝）の疼痛VAS（Visual Analog Scale）が4以上の会員とした。これらの被験者に対してバランス能力向上のためにATMトレーニングを同一プロトコール（所要時間：1時間程度，頻度：週2回以上）にて実施した。プロトコールの詳細を図に示す（図1，2，3）。評価としては，研究開始前および3ヵ月後にロコモ度テスト（立ち上がりテスト，2ステップテスト）を実施し，移動機能の差異を比較検討した。なお，ロコモ度テスト（立ち上がりテスト，2ステップテスト）は日本整形外科学会が提示しているプロトコール通りに施行した。すなわち，立ち上がりテストは，20cmならびに40cmの台からそれぞれ両足もしくは片足で立ち上がりが可能か否かを評価した。開始肢位は両上肢を胸の前で組み，体幹は軽度屈曲位とした。立ち上がりの際は，上肢の運動で反動を

Supine Hip Flexion (左右20回, 2セット)

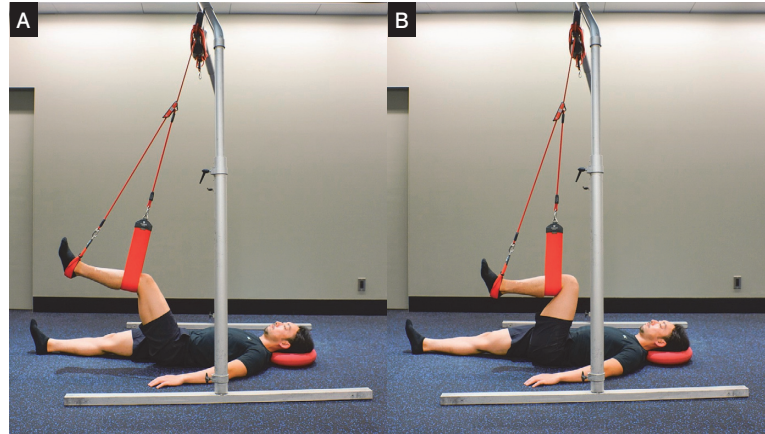


図1 ATMトレーニング (Supine Hip Flexion)

全被験者において、写真の如く Supine Hip Flexion (A: 中間位, B: 屈曲位) を実施した (左右20回, 2セット)

Prone Bridge Hip Flexion (左右20回, 2セット)

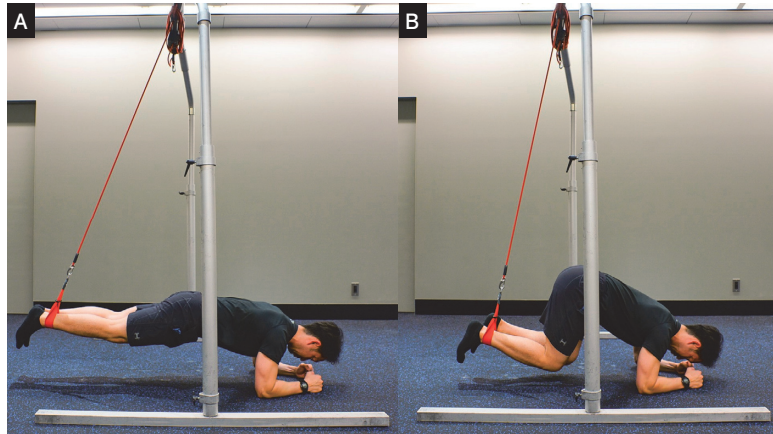


図2 ATMトレーニング (Prone Bridge Hip Flexion)

全被験者において、写真の如く Prone Bridge Hip Flexion (A: 中間位, B: 屈曲位) を実施した (左右20回, 2セット)

Side Lying Hip Flexion & Extension (左右20回, 2セット)

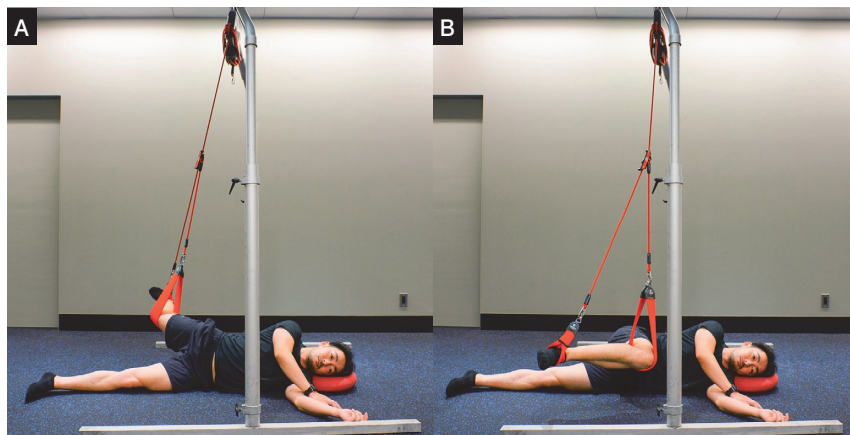


図3 ATMトレーニング (Side Lying Hip Flexion & Extension)

全被験者において、写真の如く Side Lying Hip Flexion & Extension (A: 伸展位, B: 屈曲位) を実施した (左右20回, 2セット)

つけないように腕を組んだ状態のまま行うことと、動作開始時に開始肢位より体幹が後傾して反動をつけないように指示した。片足で行う場合、非測定足の足部を床面に接地しないように指示した。立ち上がり動作完了後に3秒間保持できた場合を可能と判断した。測定の順番は両足40cmから開始し、20cm片足まで順番に行った。また、2ステップテストでは、スタートラインに両足のつま先を合わせる。出来る限り大股で2歩歩き両足をそろえるよう指示し、2歩分の歩幅を測定した。歩幅 (cm) ÷ 身長 (cm) を2ステップ値とした。

加えて、研究開始前および3ヵ月後に生体インピーダンス法 (MC-780A, Tanita社) による四肢筋量測定を実施し、骨格筋量指数の変化についての検討も行った。なお、骨格筋量指数とは、体格補正のために四肢筋量を身長²で除した値であり、広く臨床で使用されている尺度である[3]。

統計解析には、JMP[®] 15 (SAS Institute Inc, Cary, NC, USA) を使用した。立ち上がりテストに関してはWilcoxonの符号付順位和検定、その他ではpaired t testを用い解析を行い、 $P < 0.05$ を有意差ありとした。

Ⅲ. 結 果

被験者は29名であり、男性13名、女性16名、年齢は平均値 (標準偏差): 43.8 (9.1) 歳であった。

立ち上がりテストの結果は、開始前と比較し3ヵ月後では有意に向上していた ($P < 0.05$) (表1)。また平均2ステップ値 (2歩幅 (cm) / 身長 (cm)) も、開始前と比較し3ヵ月後では有意に上昇していた ($P < 0.05$) (表1)。骨格筋量指数については、開始前と3ヵ月後で有意差を認めなかった (表1)。

Ⅳ. 考 察

本研究においては、ATMトレーニングを実施することによりロコモ度テスト結果は向上した。一方で骨格筋量指数は増加しなかった。すなわちATMトレーニングは、筋量以外のバランス能力規定要素にアプローチしている可能性が高いことが示唆された。そこで以下では、筋量以外のバラ

ンス能力規定要素 (体幹バランス、インナーマッスル、柔軟性) に対するATMトレーニングの効果を文献的に考察することとする。

ATMトレーニングは上下肢を共に吊り上げることにより、空中姿勢を保ち運動することが特徴である。この空中姿勢という不安定な運動環境の中で姿勢の安定性を維持しながらトレーニングを行うこと自体が、体幹バランスの再学習を促すとされている。実際に重心動揺計を用いた研究において、ATMトレーニング介入により前方への安定性限界および前方足長率に関して非介入群と比較し有意な向上を認めたと報告されている[4]。従って本研究においても同様に、ATMトレーニングにより体幹バランスが向上しロコモ度テスト結果が向上したものと考ええる。

もう一つのATMトレーニングの特徴として自重免荷作用が挙げられる。これらの作用により、通常では自重の影響によりアプローチが困難とされるインナーマッスル (腹横筋、腸腰筋、多裂筋、骨盤底筋群など) に対し効率的に負荷をかけることが可能である。実際、超音波エコーを使用した研究では、ATMトレーニングによる介入によりインナーマッスルである腹横筋の筋厚が有意に増加したとの報告もある[5]。これらのインナーマッスルは関節や動作時の安定性に大きく関与しており、それらの強化によりバランス能力が向上することは想像に容易である。特に本研究では、ATMトレーニングにより腰部と股関節部のインナーマッスルに集中的にアプローチしており、このことがロコモ度テスト結果向上の一因になったものと考ええる。

次に、柔軟性とバランス能力の関係についてであるが、動作分析システムを用いた研究によると、身体柔軟性指標と直立姿勢保持能力指標との関係では、負の相関性が認められ ($P < 0.05$)、身体柔軟性の高い人ほど少ない動揺で直立姿勢を保持していることが報告されている[6]。すなわち、柔軟性もバランス能力の重要な因子とも言える。本研究においては、ATMトレーニングの振り子運動作用が柔軟性向上に大きく影響しているものと考ええる。すなわち、振り子運動は対象の関節を起点として付随する筋のストレッチ作用があるわけであるが、前述の自重免荷作用と相まって

表1 各観察スコア結果一覧

被験者No.	立ち上がりテスト (点)		2ステップ値 (2歩幅 (cm)/身長 (cm))		骨格筋量指数 (kg/m ²)	
	Before ※	After ※	Before ※※	After ※※	Before ※※※	After ※※※
1	2	3	1.30	1.58	6.49	6.48
2	1	2	1.53	1.55	7.73	7.74
3	2	2	1.45	1.47	5.98	5.95
4	3	3	1.46	1.47	6.44	6.33
5	2	2	1.43	1.53	6.29	6.32
6	2	3	1.55	1.64	8.30	8.48
7	1	2	1.21	1.38	5.09	5.09
8	4	5	1.60	1.85	8.54	8.63
9	2	5	1.82	1.84	6.40	6.37
10	2	2	1.79	1.85	7.76	7.66
11	4	4	1.50	1.67	7.43	7.50
12	3	3	1.71	1.68	7.69	7.77
13	2	3	1.26	1.73	7.01	7.22
14	2	3	1.06	1.04	6.74	6.78
15	4	5	1.64	1.82	5.88	5.59
16	2	3	1.43	1.76	5.93	5.70
17	1	1	1.39	1.53	5.83	5.98
18	3	4	1.65	1.70	9.01	8.82
19	2	2	1.30	1.26	6.24	6.83
20	3	5	1.32	1.43	6.45	6.17
21	2	3	1.43	1.64	7.28	7.11
22	5	5	1.55	1.55	9.84	8.84
23	2	3	1.63	1.66	9.37	10.11
24	5	5	1.39	1.46	8.77	7.99
25	4	5	1.04	1.18	11.02	11.12
26	3	5	1.47	1.70	10.06	11.17
27	3	5	1.67	1.79	6.36	6.48
28	2	3	1.56	1.64	6.27	6.91
29	3	3	1.76	1.85	8.92	9.28
統計	中央値 (四分位範囲)		平均値 (標準偏差)		平均値 (標準偏差)	
	2 (2~3)	3 (3~5)	1.48 (0.20)	1.59 (0.20)	7.41 (1.50)	7.46 (1.58)

立ち上がりテスト, 2ステップテスト, 骨格筋量指数の結果を示す。

※ Before vs After: P<0.05 (Wilcoxonの符号付順位和検定) (得点は両側40cm: 1点, 片側40cm: 2点, 片側30cm: 3点, 片側20cm: 4点, 片側10cm: 5点)

※※ Before vs After: P<0.05 (paired t test)

※※※ Before vs After: Not Significant (paired t test)

インナーマッスルに対して効率的にストレッチが行っていたものと推測する。

本研究の今後の課題としては、まず対象が健常ボランティアである点が挙げられる。ATMトレーニングの有効性を検討するため、プレリミナリーな位置付けでまずは安全性を考慮し健常ボランティアを対象としたわけであるが、ロコモを含め移動機能低下が問題となるのは高齢者がメインである。従って今後は高齢者を対象とした研究を検討している。また調査期間が3カ月と短期間である点も課題である。今後は調査期間を延長

し、より詳細なバランス能力の変化を検討する予定である。特に本研究では骨格筋量指数は増加しなかったわけであるが、長期の介入を行えばそれらの増加が生じる可能性もあり、ロコモ度テスト結果と筋量の関連についても明らかになるものも期待している。加えて、介入頻度を週二回以上と設定しているが上限については特に設けておらず(対象会員の自由意志)、この点も課題である。

V. 結 語

我々は、バランス能力向上の新たなトレーニング法としてATMトレーニングに注目した。プレリミナリーな位置付けでまずは安全性を考慮し健常ボランティアを対象とし、その有効性についてロコモ度テストを尺度として検討した。結果、ATMトレーニングを実施することによりロコモ度テスト結果は向上した。一方で骨格筋量指数は増加しなかった。すなわちATMトレーニングは、3ヶ月の短期成績においてのみではあるが、筋量以外のバランス能力規定要素（体幹バランス、インナーマッスル、柔軟性）にアプローチしている可能性が高いことが示唆された。今後は対象や調査期間を増やし、さらなる検討を行っていく予定である。

貢 献 者

山崎，池澤，大鳥：研究の構想および計画を行った。志水：研究データの収集を行った。折田，江口，志賀，佐藤（崇），佐藤（雅），鈴木，榎本，高岡，水木，穂積，土屋，金，小田切，向畑，菱谷，古矢，牧：研究データの分析・解釈を行った。稲毛：研究の構想，計画，研究データの分析・解釈，論文の推敲を行った。共著者全員が最終稿を確認し，内容について承認を得た。

財源支援

なし。

利益相反

山崎はトレーニング・ジムであるトータル・ワークアウトへのトレーナー派遣を主要業務とするトータル・ワークアウトプレミアムマネジメ

ント株式会社代表取締役会長，池澤は同取締役（COO）である。大鳥は本誌・千葉医学の編集委員である。他の著者は，この論文の内容について財源のおよび非財源的な利益相反を有しないことを表明する。

倫理的承認

本研究は，千葉大学大学院医学研究院倫理審査委員会の承認を得た（承認番号：千葉医総第273号）。本研究では，対象者に研究内容を公開し，オプトアウトによる研究参加拒否の機会を保障したため，個別のインフォームドコンセントの取得は希求しなかった。

データの可用性

この研究で採取し解析した全てのデータは，本論文の中に含まれている。

文 献

- 1) Nakamura K. (2008) A "super-aged" society and the "locomotive syndrome". J Orthop Sci 13, 1-2.
- 2) 日本整形外科学会編. (2010) ロコモティブシンドローム診療ガイド2010. 東京: 文光堂, 2-13.
- 3) Baumgartner. (1998) Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. Am J Epidemiol 147, 755-63.
- 4) 宮下 智, 和田良広, 鈴木正則. (2012) 効果的な体幹筋トレーニング方法の検討－異なる運動における腹横筋と内腹斜筋の収縮厚から－. 日本橋学館大学紀要11, 41-51.
- 5) 強瀬敏正, 田中俊一, 荻野雅史, 佐々木和人, 鈴木英二. (2013) Redcord[®]を用いたバランス練習の治療効果について－1ヵ月間の治療介入による効果の検討－. 理学療法－臨床・研究・教育20, 23-7.
- 6) 谷内幸喜. (2013) 健常者における身体柔軟性と直立姿勢保持能力に関する研究. 保健医療学雑誌 4, 41-9.