

令和 5 年 6 月 10 日現在

機関番号：34441

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2022

課題番号：18K17698

研究課題名（和文）高齢者における呼吸筋力増強のための水中運動強度の検討およびプログラムの作成

研究課題名（英文）The proposition of underwater exercise program to increase the respiratory muscle strength for the elderly person.

研究代表者

山科 吉弘（Yamashina, Yoshihiro）

藍野大学・医療保健学部・教授

研究者番号：80585456

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,600,000円

研究成果の概要（和文）：我々は高齢者の呼吸筋力を増強させる水中歩行の運動強度を明らかにし、またその持続効果も検討した。

水深は少なくとも第4肋間レベルよりは深い水深が必要であり、陸上歩行と比較して呼吸筋力を向上するには6週間程度の期間が必要であった。また運動強度は予測最大心拍数の60%になるように歩行速度を調節し、20分間歩行を週に4回実施する必要性があることが明らかとなった。しかし、6週間の水中歩行をやめると、プログラム終了後4～6週間にて呼吸筋力は低下することが示唆された。我々の研究から水中歩行により呼吸筋力を改善することは可能であるが、肺活量などは変化を示さないことが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

水中歩行は水の性質により関節の負担も少なくなることから、様々な疾患の方の運動に有用であると思われる。先行研究においても四肢の筋力の改善について多く報告されており、特に肥満者や整形外科疾患の方の研究が盛んにおこなわれている。しかし、呼吸筋力の向上については報告が非常に少なく、また呼吸筋力改善に有効な運動負荷量が示されていないかった。今後、様々な疾患の方に対して、同様の結果が得られるのかを検討する必要性は十分にあるが、我々の結果は高齢者の呼吸筋力増強における水中歩行の運動負荷において、1つの基準になるものと考えられる。

研究成果の概要（英文）：We investigated the exercise intensity of walking in water that enhances respiratory muscle strength in the elderly, and also examined its sustained effect.

A water depth of at least the 4th intercostal space was required, and a period of about 6 weeks was required to improve respiratory muscle strength compared to walking on land. In addition, it was clarified that it is necessary to adjust the walking speed so that the exercise intensity is 60% of the predicted maximum heart rate, and that it is necessary to walk for 20 minutes four times a week.

However, it was suggested that cessation of 6 weeks walking in water program reduced respiratory muscle strength 4 to 6 weeks after the end of the program. Our study revealed that walking in water can improve respiratory muscle strength, but that vital capacity does not change.

研究分野：呼吸リハビリテーション

キーワード：水中歩行 呼吸筋力 呼吸機能 体幹機能 高齢者

1. 研究開始当初の背景

一般的に、呼吸筋力が衰えると、気道分泌物を除去するための咳嗽能力が低下し、術後や長期臥床後の無気肺、肺炎発症リスクを増大させる。また、横隔膜、外肋間筋、傍胸骨肋間筋などの吸気筋群の疲労は、息切れの自覚症状から運動耐容能を低下させる(Smith K, et al.1992)。このように、呼吸筋力の低下は臨床上重要な問題となるが、肺弾性の低下、胸骨と肋軟骨の癒合、胸椎後弯の増加といった加齢に伴う呼吸器の生理学的変化はいずれも呼吸筋力ならびに呼吸機能の低下をもたらすものである(Janssens JP, et al. 2004)。日本において、2011年には高齢社会を反映して肺炎が初めて脳血管疾患を上回り死因の第3位に浮上しており、健康づくり対策において、呼吸筋力を含め呼吸機能の維持は不可欠である。

一方近年では、健康づくりの手段としてリハビリテーションの現場やスポーツクラブで水中運動が導入されている(Wilcock IM, et al. 2006)。水中運動とは、浮力が生じて自重負荷が減少するため、肥満者、関節に疾患を持つ者、腰痛を有する者でも安全に運動を行うことが出来る。また、水の粘性や水圧を利用し、水中運動時には抵抗をかけることも可能であり、四肢の筋力増強の効果も認められている(Wang TJ, et al. 2007)。

水中での呼吸器系における影響として、水圧は胸腔に静水圧がかかるため、胸囲が減少し、そのことが横隔膜を頭側へ変位させているかもしれないと報告している(Craig AB, et al. 1975)。そして Bondi らは、水中では、胸腔の血液量が増加することで、肺のコンプライアンスが減少し呼吸努力が増加するとしている(Bondi KR, et al. 1976)。また、水深の違いが呼吸機能に与える影響については、陸上と比べて鎖骨レベルや頸部の水位では、静水圧により肺活量や1秒量、機能的残気量が軽減するとされている。さらに、Andrade らは水位が剣状突起レベルよりも鎖骨レベルにおいて、最大吸気筋力が低下すると報告し、鎖骨レベルにおいてより水圧がかかると報告している(de Andrade AD, et al. 2014)。

このように水泳や水中歩行などの水中運動は、有酸素運動に水の粘性に付随したレジスタンス運動の要素が加味され、健康づくりを目的とした運動として理想的であるうえ、吸気時、つまり胸郭拡大時の抵抗という特異的な環境が、呼吸筋力を増強させるより有効な手段となる可能性が高い。そこで、我々は若年健常者を対象に、呼吸筋に影響を与える水深および運動条件を明らかにし(Y Yamashina et al, 2016,)、4週間の水中運動が呼吸筋力を増強させることを明らかにしてきた。(山科吉弘 他 2017)

しかし、加齢とともに胸郭の可動域や呼吸筋力が低下する高齢者において、若年者と同様の水中運動負荷で呼吸筋力に影響を与えるか、さらに長期間のトレーニング効果について否か明らかになっていない。

以上のことから本研究では高齢者を対象に、どれくらいの水深における水中運動が呼吸筋に影響を及ぼすのか、そしてどれくらいの水中歩行速度が呼吸筋に影響を与えるか否かを検討し、呼吸筋力増強目的の水中運動の処方について作成したい。

2. 研究の目的

本研究の目的は、高齢者の呼吸筋力を増強する水中運動プログラムの作成およびその効果判定をすることである。そのために目的を下記 . . . に分けて検証する。

異なる水深における定位置での呼吸筋負荷運動が高齢者の呼吸筋疲労に与える影響について

調査する。

異なる水中歩行速度が高齢者の呼吸筋疲労に及ぼす影響を調査する。

目的 ・ を通して、呼吸筋力の増強に適した水中運動処方条件を検討し、高齢者に 12 週間水中歩行を実施してもらい、呼吸筋力の増強があるか否かについて調査する。

上記の研究目的は、いずれも当該分野の研究動向と今までの研究成果の上に設定されており、既に「研究の学術的背景」でも述べた通り、実際に高齢者においてより実用的な水中運動療法の立案を行うものである。肺炎が死因の第 3 位に浮上し、健康増進において呼吸機能の向上は不可欠である。整形外科疾患患者や四肢の筋力の維持・向上を目的とした水中運動療法は盛んに実施されているが、高年者の呼吸筋力の増強を目的とした水中運動療法については、検討されておらず、本研究は高齢者の呼吸筋力に関する健康増進に繋がることが期待できる。

3. 研究の方法

研究課題 : 高齢者の呼吸筋に影響を与える水深を決定する

高齢者を対象に陸上および異なる水深への入水条件(臍・第 4 肋間・鎖骨)において、呼吸筋のみ負荷を加え、どの水深条件が呼吸筋に影響を与えやすいのかを検証した。

プロトコル:

各水深条件ともに、まず被験者は陸上安静座位で安静座位 10 分後に呼吸筋力を測定し、これを負荷前値とした。次に、各水位レベル(鎖骨部・第 4 肋間部・臍部)で安静座位 5 分後に負荷前値の 30% に設定した吸気負荷装置を使用し、吸気負荷呼吸を 1 分間 15 回の頻度で 15 分間実施した。そして負荷終了直後の呼吸筋力を各水位条件ともに陸上座位にて測定した。

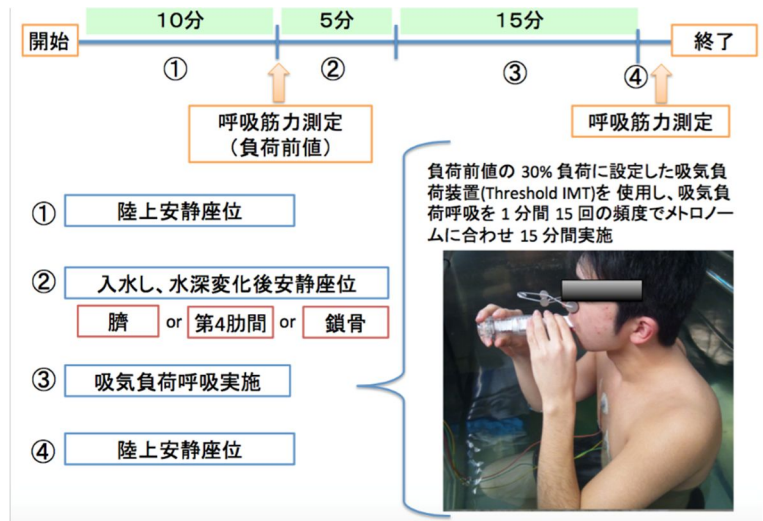


図 1 研究課題 プロトコル

尚、各条件は少なくとも 3 日以上間隔をあげ、ランダムに実施した。

研究課題 : 高齢者の呼吸筋に影響を与える水中歩行速度を決定する

課題の結果で得られた水深条件にて水中歩行強度を変化(強度 A: 予測最大心拍数の 40%、強度 B: 予測最大心拍数の 60%、強度 C: 予測最大心拍数の 80%)させ、どの水中歩行強度が呼吸筋に影響を与えやすいのかを検証した。

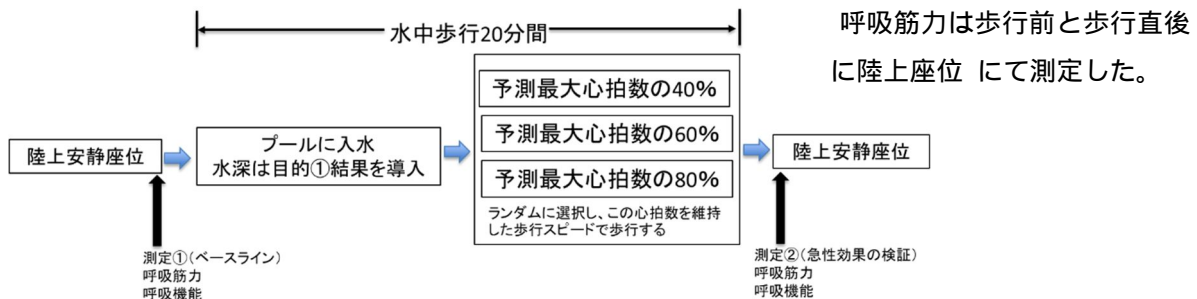


図 2 研究課題 プロトコル

研究課題 : 長期間の水中歩行において高齢者の肺機能・呼吸筋力が増強するか検証する

およびの結果より導き出した水深および歩速にて実際に12週間水中歩行を実施し、肺機能および呼吸筋力増強を認めるかどうかを検証した。

運動前検査および運動後検査として、肺機能・呼吸筋力を陸上座位にて測定した。

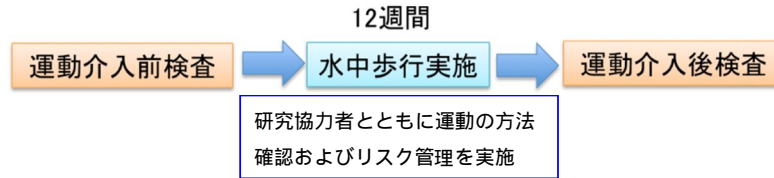


図3 研究課題 プロトコル

4. 研究成果

研究課題：高齢者の呼吸筋に影響を与える水深を決定する

The effect of water immersion on the respiratory function and respiratory muscle strength

	Land	Umbilical level	4 th -rib level	Clavicular level
VC (L)	3.6 ± 0.3	3.7 ± 0.4	3.5 ± 0.5	3.3 ± 0.3 ^{*#}
IC (L)	2.1 ± 0.4	2.1 ± 0.5	2.2 ± 0.4	2.5 ± 0.3
ERV (L)	1.5 ± 0.3	1.6 ± 0.2	1.4 ± 0.3	0.7 ± 0.5 ^{*#}
CC (cm)	78.1 ± 5.4	77.7 ± 5.2	77.0 ± 6.7	77.3 ± 3.1
PEmax (cmH ₂ O)	81.4 ± 11.6	80.7 ± 11.5	82.9 ± 18.1	81.5 ± 12.7
PImax (cmH ₂ O)	90.2 ± 14.6	88.9 ± 13.6	87.8 ± 16.3	90.4 ± 15.1

Values are means ± SD. *p < 0.05 vs. land, #p < 0.05 vs. umbilical level.

Abbreviations: VC, vital capacity; IC, inspiratory capacity; ERV, expiratory reserve volume; CC, chest circumference; PEmax, maximal expiratory pressure; PImax, maximal inspiratory pressure.

研究課題：高齢者の呼吸筋に影響を与える水中歩行速度を決定する

各スピードと呼吸筋力の変化率

	40%	50%	60%
PImax 陸上	-0.6 ± 2.2	1.9 ± 4.2	1.9 ± 5.2
PImax水中	-0.4 ± 3.1	-0.5 ± 3.1	-0.9 ± 4.1
PEmax 陸上	1.9 ± 4.3	0.9 ± 4.9	-0.5 ± 6.1
PEmax 水中	-1.6 ± 3.1	-2.9 ± 3.5	-5.1 ± 2.3 ^{abc}

a : p < 0.05 vs, 40%; b : p < 0.05 vs 50%; c : p < 0.05 vs 陸上

研究課題 : 長期間の水中歩行において高齢者の肺機能・呼吸筋力が増強するか検証する

被験者数	水中群 (開始9名)	水中群 (12週後9名)	陸上群 (開始10名)	陸上群 (12週後10名)
年齢(歳)	69.3 ± 3.9	69.3 ± 3.9	67.1 ± 2.4	67.1 ± 2.4
身長(cm)	166.1 ± 6.5	166.3 ± 6.6	158.7 ± 5.7	159.3 ± 6.0
体重(kg)	64.5 ± 7.6	63.6 ± 7.4	57.9 ± 8.1	57.7 ± 8.9
BMI (kg/m ²)	23.3 ± 1.8	22.9 ± 1.6	23.0 ± 2.6	22.9 ± 3.0
腹囲(cm)	79.9 ± 7.7	78.1 ± 7.3#	82.5 ± 9.0	81.3 ± 9.2#
全筋肉量(kg)	43.7 ± 4.1	45.5 ± 3.7#	44.2 ± 4.1	44.4 ± 4.5
体脂肪率(%)	23.5 ± 2.0	22.7 ± 1.9#	21.9 ± 2.5	21.1 ± 1.8#
膝伸展筋力(kg)	31.1 ± 4.4	32.8 ± 4.5#	29.2 ± 2.6	30.2 ± 2.5#
握力(kg)	29.6 ± 6.5	30.6 ± 4.8	30.7 ± 5.7	31.1 ± 5.2
体幹瞬発力(点)	2.4 ± 0.5	3.3 ± 0.5#,*	2.3 ± 0.5	2.7 ± 0.5#
体幹筋持久力(秒)	12.7 ± 7.0	23.2 ± 6.6#,*	13.9 ± 4.0	17.7 ± 4.1#
VC(L)	3.14 ± 0.3	3.22 ± 0.4	3.03 ± 0.4	3.14 ± 0.4
Plmax(cmH ₂ O)	73.3 ± 10.4	77.6 ± 10.2#	68.5 ± 7.1	72.7 ± 5.6#
PEmax(cmH ₂ O)	67.4 ± 7.3	75.7 ± 7.7#	70.6 ± 5.3	75.8 ± 6.3

:p<0.05 vs. 開始前 * :p<0.05 vs. 陸上群

12 週間の水中歩行において、吸気筋力・呼気筋力は上昇し、陸上歩行では吸気筋力のみ上昇した。水中では、水圧に対して体幹を固定する必要があるために、常に腹筋群の活動を必要とするために、体幹の機能も改善し、呼気筋力も改善したと思われる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 5件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Yamashina Yoshihiro, Aoyama Hiroki	4. 巻 2021
2. 論文標題 Proposing an underwater exercise program to increase respiratory muscle strength in the elderly	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Impact	6. 最初と最後の頁 43～45
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.21820/23987073.2021.5.43	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Yamashina Yoshihiro, Hirayama Tomoko, Aoyama Hiroki, Hori Hirofumi, Morita Emiko, Sakagami Nami, Nanikawa Wataru, Terada Shigeru, Goto Masahiro, Tabira Kazuyuki	4. 巻 10
2. 論文標題 Effects of Water Immersion in Different Water Depths on Respiratory Function and Respiratory Muscle Strength among Elderly People: An Observational Study	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Advances in Aging Research	6. 最初と最後の頁 71～77
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4236/aar.2021.104004	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Yamashina Yoshihiro, Tabira Kazuyuki, Aoyama Hiroki, Hirayama Tomoko, Honda Hiroto, Yamato Yosuke, Morita Emiko, Sakagami Nami, Fukuyama Yumi, Kumabe Sho, Terada Shigeru, Goto Masahiro	4. 巻 10
2. 論文標題 Cough Peak Flow of Independent Elderly People	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Advances in Physical Education	6. 最初と最後の頁 347～353
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4236/ape.2020.104028	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Yoshihiro Yamashina, Hiroki Aoyama, Hirofumi Hori, Emiko Morita, Nami Sakagami, Tomoko Hirayama, Yosuke Yamato, Hiroto Honda, Shigeru Terada, Masahiro Goto, and Kazuyuki Tabira	4. 巻 15(4)
2. 論文標題 Comparison of respiratory muscle strength in individuals performing continuous and noncontinuous walking exercises in water after the 6-week program	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Exercise Rehabilitation	6. 最初と最後の頁 566-570
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.12965/jer.1938260.130	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Yoshihiro Yamashina, Hiroki Aoyama, Hirofumi Hori, Emiko Morita, Nami Sakagami, Tomoko Hirayama, Yosuke Yamato, Hiroto Honda, Shigeru Terada, Akifumi Sugimoto, Masahiro Goto, Kazuyuki Tabira.	4. 巻 Volume1
2. 論文標題 Effect of Walking in Water for 6 Weeks on Respiratory Muscle Strength	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Archives of Physical Health and Sports Medicine	6. 最初と最後の頁 15-19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計11件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 山科吉弘
2. 発表標題 4週間の水中歩行が高齢者の呼吸筋力に与える影響
3. 学会等名 第86回日本温泉気候物理医学会総会・学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山科吉弘
2. 発表標題 水中歩行時の運動負荷量の違いが高齢者の呼吸筋疲労に及ぼす影響
3. 学会等名 第85回日本温泉気候物理医学会総会・学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山科吉弘, 青山宏樹, 田平一行
2. 発表標題 肥満者への吸気筋トレーニングが肺機能および咳嗽力に与える影響
3. 学会等名 第30回日本呼吸ケアリハビリテーション学会学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山科吉弘
2. 発表標題 8週間の水中歩行が呼吸筋力に及ぼす影響
3. 学会等名 第84回日本温泉気候物理医学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山科吉弘, 青山宏樹, 堀寛史, 平山朋子, 森田恵美子, 阪上 奈巳, 田平 一行
2. 発表標題 水中歩行プログラム継続の有無が呼吸筋力に与える影響
3. 学会等名 予防理学療法学会第5回サテライト集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山科吉弘, 青山宏樹, 堀寛史, 森田恵美子, 阪上奈巳
2. 発表標題 水中歩行が呼吸筋力に与える影響-継続群と非継続群との比較-
3. 学会等名 日本健康科学学会第35回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshihiro Yamashina,, Kazuyuki Tabira,, Hiroki Aoyama, Hirofumi Horii, Emiko Morita,, Nami Sakagami,, Tomoko Hirayama
2. 発表標題 Effects of Exercise Load when Walking in Water on Respiratory Muscle Strength in Elderly Men
3. 学会等名 The 97th Annual Meeting of the Physiological Society of Japan
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 Yoshihiro Yamashina, Hiroki Aoyama, Hirofumi Hori, Emiko Morita, Nami Sakagami, Tomoko Hirayama, Kazuyuki Tabira.
2. 発表標題 Influence of inspiratory muscle training on pulmonary functions with postural changes in obese men.
3. 学会等名 The 95 Annual meeting of the Physiological Society of Japan
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山科吉弘、青山宏樹、堀寛史、森田恵美子、阪上奈巳、平山朋子、田平一行.
2. 発表標題 吸気筋トレーニングが肥満者の肺機能および咳嗽能力に与える影響
3. 学会等名 第5回日本呼吸理学療法学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山科吉弘、青山宏樹、堀寛史、森田恵美子、阪上奈巳.
2. 発表標題 中高年齢者への吸気筋トレーニングが呼吸機能に与える影響
3. 学会等名 日本健康科学学会 第34回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 麻生真理、山田夕姫菜、福永正太、青山宏樹、平山朋子、堀寛史、森田恵美子、阪上奈巳、山科吉弘.
2. 発表標題 水中歩行が呼吸筋力に与える影響およびその持続効果
3. 学会等名 第5回日本予防理学療法学会学会大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------