

国士舘大学審査学位論文

「博士学位請求論文の内容の要旨及び審査結果の要旨」

「水中運動が血圧と成長ホルモンに及ぼす効果」

河野 洋志

氏 名 河野 洋志  
学位の種類 博士(体育科学)  
報告番号 甲第63号  
学位授与年月日 令和4年3月20日  
学位授与の要件 学位規則第4条第1項該当  
学位論文題目 水中運動が血圧と成長ホルモンに及ぼす効果  
論文審査委員(主査)教授 角田 直也  
(副査)特任教授 船渡 和男  
(副査)教授 井上 誠治

博士論文の要旨

題 目 水中運動が血圧と成長ホルモンに及ぼす効果

氏 名 河野 洋志

## 論文の和文概要

学位申請者氏名	河野 洋志
学位論文題目	水中運動が血圧と成長ホルモンに及ぼす効果
(論文の和文要旨)	
<b>緒言</b> <p>超高齢社会を迎えた我が国の高齢化率は年々増加しており、加齢に伴う血圧の上昇といった課題の解決が必要とされ、有酸素運動を実施することが有効とされている。トレーニングを高齢者や運動を行うのが苦手な者に行う際は、できる限り低負荷強度で関節等に負担がかからず安全であることが望ましく、水中環境にて実施する水中運動の有効性が示されている。しかしながら、有酸素運動である、水中ウォーキングを用いた実験データにおいては、高齢者の血圧を条件分けした検討は少なく、実施頻度や時間、期間に一定の見解が得られておらず、複数の運動プログラムを組み合わせた報告しか見られない。また、水中で上肢の有酸素運動を行った報告は少なく、浸水部位を変えて検証している報告はほとんどない。さらに、水中での腕の圧迫を用いた運動に関する実験データは極めて少なく、血圧や心拍数の変動や内分泌系の分泌動向は不明確である。</p> <p>そこで本研究は、水中ウォーキングを、異なる血圧条件に分けた高齢者に対して行い、血圧の変動について検証し高齢者や血圧の数値が高めの者に対するトレーニングとして有効であるかを明らかにするとともに、異なる浸水部位での腕振り運動時における、血圧や心拍数の変動、成長ホルモン、インスリン様成長因子 I の分泌動向を圧迫の有無により検証していくことを目的とした。</p>	
<b>研究方法</b> <p>水中ウォーキングの被験者は、治療中の疾患がなく、医師に運動を制限されていない介護予防教室に全日参加した女性とした。水中ウォーキングの内容は、高血圧の診断基準に沿って高血圧群と対照群に分け、準備体操 10 分間、水中ウォーキング(前歩き、後ろ歩き、横歩き)15 分間、休憩を 10 分間挟み、再び 10 分間歩くプログラムを週 1 回の頻度で 5 週間、計 6 回行った。運動強度は、自覚的運動強度が 11 (楽に感じる) から 13 (ややきつい) となるように指導した。測定項目は、収縮期血圧、拡張期血圧、心拍数を自動血圧計にて、初回とそこから 1 週間、3 週間、5 週間後と 1 週おきに運動前後に測定した。また、平均血圧を測定した血圧値から算出した。</p> <p>腕振り運動の被験者は、心血管系の既往、急性外傷のない健常男子大学生とした。運動内容は、剣状突起部までの全身浸水と利き手上腕部だけの部分浸水の 2 つの浸水条件に分け、肩関節の屈伸運動を 10 分間 (1 分間運動、30 秒間休息を 1 セットとして 7 セット)、圧迫なしと 50 mmHg の圧を加えた 2 条件で行った。運動強度は、予め水中で 1 分間楽に動かせる回数、自覚的運動強度に換算して 11 (楽に感じる) から 13 (ややきつい) となるように指導して用いた。測定項目は、収縮期血圧、拡張期血圧、心拍数をトレーニング前後に自動血圧計によって測定し、成長ホルモン、インスリン様成長因子 I をトレーニング前と 15 分後に採血して検査を外部に委託した。</p>	
<b>結果と考察</b> <p>本研究では、水中ウォーキングを異なる血圧条件に分けた高齢者に対して行い、血圧や心拍数の変動について検証し、高齢者や血圧の数値が高めの者に対するトレーニングとして有効である</p>	

かを明らかにするとともに、腕振り運動を異なる浸水部位にて行い、血圧や心拍数の変動、成長ホルモン、インスリン様成長因子 I の分泌動向を圧迫の有無より検証した。

水中ウォーキングにおいて高血圧の診断基準に沿って、高血圧群と対照群に分けて経時的変化を検討した結果、高血圧群では1週間後より収縮期血圧が、3週間後より拡張期血圧と平均血圧が低下することが明らかになった。対照群において血圧変動は見られなかった。また、即時効果として水中ウォーキング前後を比較検討した結果、対照群で水中ウォーキング後に収縮期血圧と拡張期血圧の値が上昇し、心拍数は低下した。高血圧群においては、収縮期血圧の平均数値が高血圧の診断基準から改善した5週間後において、対照群と同様に収縮期血圧と拡張期血圧の値が上昇し、心拍数は低下した。以上の結果から、高血圧の診断基準に該当する高齢者に対する水中ウォーキングは、継続的に実施することで収縮期血圧、拡張期血圧それぞれの値を低下させるが、高血圧の診断に該当しない高齢者が実施する場合は、実施直後に血圧の上昇が認められることが判明した。

腕振り運動において、剣状突起部までの全身浸水と利き手上腕部のみの部分浸水に分けて検討した結果、圧迫した場合と圧迫なしで部分浸水した際に、低負荷な運動であったにもかかわらず、成長ホルモンの有意な分泌が認められた。また、いずれの浸水条件、圧迫の有無でもインスリン様成長因子 I および血圧、心拍数の変化は見られなかった。次に、全身浸水と部分浸水における比較検討をしたところ、成長ホルモンは部分浸水における圧迫なし条件のみ有意差が認められ、数値の上昇が見られた。インスリン様成長因子 I および血圧、心拍数はいずれの浸水条件、圧迫の有無でも有意差は見られなかった。

これら一連の結果から、水中ウォーキングは、先行研究における高齢者に対する有酸素運動の降圧効果に比して、低頻度かつ早期に血圧の数値低下が見られた。また、水中の腕振り運動では、利き手上肢のみを浸水させて運動すると低負荷であったにもかかわらず、成長ホルモンが分泌し値の上昇が確認された。目的とする部位のみを浸水させることで、その浸水部位以下が水圧により圧迫され、血流制限環境下のような状態となる可能性が示された。いずれの運動においても、水に顔を浸ける必要がなく、動作の理解が簡単かつ運動に伴う血圧や心拍数に上昇が見られなかったことから、高齢者や血圧の数値が高めの者といった運動時に注意が必要な者たちに対して有効なトレーニング方法となる可能性が示された。

論文の英文概要

Name	Hiroshi KAWANO
Title	The effects of exercise in water on the blood pressure and growth hormone
<p>(English Abstract)</p> <p><b>INTRODUCTION</b></p> <p>Japan is now a “super-aged society” where the percentage of elderly people increases each year. Aerobic exercise is cited as being effective in mitigating issues associated with aging, such as elevated blood pressure. It is preferable that exercise for elderly people – and young people who are not proficient at exercising – is performed safely and at low load intensities that do not stress joints or other physical elements. Aquatic exercises, which are exercises performed while immersed in water, have been shown to be effective as this type of exercise. However, there is only a limited amount of experimental data examining elderly subjects grouped by blood pressure as they engage in aquatic walking as an aerobic exercise. Moreover, there is no consensus on such elements as exercise frequency, time, and duration for aquatic walking, with existing experimental data limited to reports on combined exercise programs. There are also few reports of aerobic exercise performed with an immersed upper limb and almost no reports which investigate the effects of immersing different body parts. Furthermore, there is extremely limited experimental data on exercise in water with pressurized cuffs on the upper limbs, making it unclear how such exercise affects variations in blood pressure and heart rate, as well as endocrine system dynamics.</p> <p>The research detailed in this paper utilized aquatic walking performed by elderly subjects grouped by blood pressure to examine variations in blood pressure and to clarify the efficacy of this type of exercise for elderly people and people with elevated blood pressure. An additional objective of this research was to examine variations in blood pressure, heart rate, growth hormone secretion, and insulin-like growth factor-I (IGF-I) secretion that result from differences in immersion conditions and applied cuff pressures during arm-swinging exercise.</p> <p><b>RESEARCH METHODS</b></p> <p>Aquatic walking subjects were females who participated in all sessions of a nursing care prevention class who had no currently treated conditions or doctor-mandated exercise restrictions. Divided into a hypertensive group and control group based on hypertension diagnostic standards, subjects performed the following routine weekly for 5 weeks, for a total of 6 sessions: 10 minutes of warming up, 15 minutes of aquatic walking (forward, backward, and sideways), 10 minutes rest, and 10 more minutes of aquatic walking. Subjects were instructed to exercise at a rate of perceived exertion (RPE) intensity between 11 (fairly light) to 13 (somewhat hard). Systolic blood pressure, diastolic blood pressure, and heart rate were measured before and after exercise with an automatic blood pressure monitor at the initial session, and then during the first, third, and fifth weeks of the trial. Average blood pressure was calculated from measured blood pressure values.</p> <p>Subjects performing the arm-swinging exercise were healthy male university students with no history of cardiovascular disease and no acute injuries. There were two immersion conditions: whole body immersion to the level of the xiphoid process or partial immersion limited to the brachial area of the subject’s dominant</p>	

arm. A cuff was wrapped around the brachial area of the dominant arm for both immersion conditions and subjects performed shoulder flexion and extension for 10 minutes (7 sets of 1 minute of exercise followed by 30 seconds of rest). This was performed once at a cuff pressure of 0 mmHg and once at a cuff pressure of 50 mmHg. Once immersed, subjects were instructed to exercise at an intensity that permitted easy completion of 1 minute of exercise, performed at a RPE between 11 (fairly light) and 13 (somewhat hard). Systolic blood pressure, diastolic blood pressure, and heart rate were measured with an automatic blood pressure monitor before and after exercise. Growth hormone and IGF-I levels were measured by blood taken before exercise and 15 minutes after exercise, with testing performed by an external lab.

## **RESULTS AND DISCUSSION**

Examining changes over time in aquatic walking subjects, who were divided into a hypertensive group and a control group based on hypertension diagnostic standards, revealed the hypertensive group had decreased systolic blood pressure after one week and decreased diastolic and average blood pressures after three weeks. No blood pressure changes were evident in the control group. A comparative analysis to determine immediate exercise effects using measurements pre-and-post aquatic walking showed that after aquatic walking the control group had increased systolic and diastolic blood pressures, and decreased heart rates. After five weeks, average values for systolic blood pressure in the hypertensive group decreased below hypertension diagnostic standards, and at this point the hypertensive group showed the same post aquatic walking increases in systolic and diastolic blood pressures and decreases in heart rates that were evident in the control group. These results make clear that although continued implementation of aquatic walking will reduce systolic and diastolic blood pressures in elderly people meeting the diagnostic standards for hypertension, blood pressure increases were evident immediately following aquatic walking in non-hypertensive elderly subjects.

Examining results from the arm-swinging exercise performed under whole body immersion (to xiphoid process) and partial immersion (brachial area of dominant arm only) revealed a significant secretion of growth hormone under both conditions for pressurized cuffs, and under partial immersion conditions for non-pressurized cuffs. This secretion of growth hormone occurred irrespective of the low exercise load. There was no change evident in IGF-I, blood pressure, or heart rate for either immersion condition or for any cuff pressure. A comparative analysis of whole body and partial immersion showed a significant difference for only 0 mmHg cuff pressure during partial immersion, where growth hormone levels increased. There was no significant difference evident in IGF-I, blood pressure, or heart rate for either immersion condition or for any cuff pressure.

Results show that aquatic walking produced reduced blood pressure at a lower exercise frequency and at an earlier stage than indicated in previous research on the hypotensive effect of aerobic exercise in elderly people. Furthermore, this research demonstrated that aquatic arm-swinging exercise performed with only the dominant arm immersed and at low exercise loads produced growth hormone secretion, exhibited by increased growth hormone levels. This suggests that immersing only the targeted body part possibly creates conditions similar to blood flow restriction training, as body parts beyond the immersed section are compressed due to water pressure. All the aerobic exercise performed in this research did not require the face to be submerged, had easily understandable movements, and produced no evident exercise associated rises in blood pressure or heart rate. This suggests it can be an effective method of exercise for populations requiring caution during exercise, such as elderly people and people with elevated blood pressure.

氏 名 河野 洋志  
学位の種類 博士(体育科学)  
報告番号 甲第63号  
学位授与年月日 令和4年3月20日  
学位授与の要件 学位規則第4条第1項該当  
学位論文題目 水中運動が血圧と成長ホルモンに及ぼす効果  
論文審査委員(主査)教授 角田 直也  
(副査)特任教授 船渡 和男  
(副査)教授 井上 誠治

博士論文審査結果の要旨

題 目 水中運動が血圧と成長ホルモンに及ぼす効果

氏 名 河野 洋志

国土館大学  
学 長 佐 藤 圭 一 殿

主任審査員

氏 名 角 田 直 也



論文審査結果の要旨

学 籍 番 号	18-DD001	平成 30 年 4 月 1 日入学
学位申請者氏名	河 野 洋 志	
学位論文題目	水中運動が血圧と成長ホルモンに及ぼす効果	
論 文 審 査 結 果 の 要 旨	<p>本論文は、水中ウォーキングによる血圧の変動を観察し、水中ウォーキングが高齢者や血圧の数値が高めの者に対するトレーニングとして有効であるかを検討するとともに、異なる浸水部位における腕振り運動時の血圧、心拍数、成長ホルモン、インスリン様成長因子 I の分泌動向を、圧迫の有無より検証したものである。</p> <p>超高齢社会を迎えた我が国の高齢化率は年々増加しており、加齢に伴う血圧の上昇といった課題の解決が必要とされ、有酸素運動を実施することが有効とされている。トレーニングを高齢者や運動を行うのが苦手な者に行う際は、できる限り低負荷強度で関節等に負担がかからず安全であることが望ましく、水中環境にて実施する水中運動の有効性が示されている。しかしながら、有酸素運動である、水中ウォーキングを用いた実験データにおいては、高齢者の血圧を条件分けした検討は少なく、実施頻度や時間、期間に一定の見解が得られておらず、複数の運動プログラムを組み合わせた報告しか見られない。また、水中で上肢の有酸素運動を行った報告は少なく、浸水部位を変えて検証している報告はほとんどない。さらに、水中での腕の圧迫を用いた運動に関する実験データは極めて少なく、血圧や心拍数の変動や内分泌系の分泌動向は不明確である。そこで申請者は、第 1 章緒論において、先行研究を精査し、未だ解決されていない水中ウォーキング及び圧迫を伴う腕振り運動の効果を明らかにするための課題を設定した。</p> <p>研究 I (第 2 章) では、水中ウォーキングが高齢者や血圧の数値が高めの者に対するトレーニングとして有効であるかを検討するために、初回の血圧の測定値から、高血圧群と対照群に分けた高齢女性に対し、週 1 回の頻度で 5 週間、計 6 回の水中ウォーキングを行った際の血圧の変動について検証した。</p> <p>研究 II (第 3 章) では、異なる浸水部位で腕振り運動を行うことによる血圧、心拍</p>	

数に及ぼす影響や成長ホルモン、インスリン様成長因子 I の分泌動向を圧迫の有無とともに検証した。

総括論議では、研究 I、II で得られた結果をふまえ、一過性の水中運動前後の血圧と心拍数について検討し、その結果、水中ウォーキングを高齢者が実施すると即時的に血圧を上昇させる可能性があり、高齢者に対して水中ウォーキングを指導する際の指針として有効であることを示唆している。また、腕振り運動を実施した結果、心血管反応が変化せずに成長ホルモンの上昇が見られた結果をふまえて、上肢だけを水中に浸水させ腕振り運動は比較的簡単に実施できるプログラムに繋がる可能性を示唆している。最後に、水中ウォーキングの頻度について検討し、継続して運動を行っていくことで降圧効果がより多くの者に認められる可能性を見出している。

#### 評価判定

本論文は水中ウォーキングによる血圧の変動を観察し、水中ウォーキングが高齢者や血圧の数値が高めの者に対するトレーニングとして有効であるかを検討するとともに、異なる浸水部位における腕振り運動時の血圧、心拍数、成長ホルモン、インスリン様成長因子 I の分泌動向を、圧迫の有無より検証した。

その結果、継続的な水中ウォーキングは、高血圧の診断基準に該当する高齢者の収縮期血圧、拡張期血圧を低下させるが、高血圧の診断に該当しない高齢者では、実施直後に血圧の上昇が認められた。また、水中の腕振り運動では、利き手上肢のみを浸水させて運動すると低負荷であったにもかかわらず、成長ホルモンが分泌し値が上昇する結果を得た。これら一連の結果から、運動時に注意が必要な者たちに対して有効なトレーニング方法を提示した点は、健康の維持増進に寄与するものと判断できる。よって、本論文は博士学位論文としての価値を有すると認めた。