

皮膚温の低下に着目したクアオルト健康ウォーキングの生理・生化学的な効果

小西 真幸

Physiological and biochemical effects of kurort healthy walking

Masayuki Konishi

早稲田大学スポーツ科学学術院, 〒359-1192 埼玉県所沢市三ヶ島2-579-15 (*Faculty of Sport Sciences, Waseda University, 2-579-15 Mikajima, Tokorozawa, Saitama 359-1192, Japan*)

Received: March 30, 2017 / Accepted: April 11, 2017

Abstract Kurort healthy walking is started to spread across the country as an exercise for health promotion utilizing a rich natural environment in Japan. It is characterized by walking on sloping terrain with mild body cooling (a decrease of approximately 2°C in skin temperature). The body cooling induces physiological and biochemical changes such as the decrease in heart rate and increase in energy metabolism. Although the characteristics of kurort healthy walking are a decrease of approximately 2°C in skin temperature, to our knowledge, no study has focused on its effects on the heart rate or metabolism during exercise. This review focuses on mild body cooling and summarises the effects of kurort healthy walking on physiological and biochemical parameters.

Jpn J Phys Fitness Sports Med, 66(3): 203-208 (2017)

Keywords : mild body cooling, heart rate, fat oxidation, climatic terrain therapy, exercise

はじめに

ウォーキングは様々な疾患の予防や改善に有効であり、健康づくりのための運動として広く推奨されている¹⁻³⁾。実際に日本では「この1年間に行った運動やスポーツ」の中でウォーキングを挙げた者は50.8%と最も高く⁴⁾、定期的な運動実践者のうち週に1回以上の散歩またはウォーキングをおこなっている者は40.5%である⁵⁾。しかしながら平成26年「国民健康栄養調査」によると運動習慣のある者の割合は平成16~26年の10年間では変化しておらず、肥満者や「糖尿病が強く疑われる者」の割合にも変化がなかった⁶⁾。疾患の予防や改善のため運動実践者を増やし健康づくりを推進するうえで、ウォーキングをおこないやすい環境の整備⁷⁾や健康づくりに効果的なウォーキング方法の検討といった生理学的なデータの蓄積が必要である。

日本は数多くの森林や山、温泉地といった豊かな自然環境に恵まれている。近年は健康づくりを目的の一つとする旅行、つまりヘルスツーリズムが注目を集めており、各自治体で豊かな自然環境を活かした健康づくり事業が進められている。例えば山形県上山市では蔵王高原坊平や里山、温泉等の地域資源を活用した「上山型温泉クアオルト事業」に取り組んでおり、その「健康ウォーキングを中心とした市民の健康づくり」という取り組みが厚

生労働省の「第3回 健康寿命をのばそう！アワード」を受賞している⁸⁾。自然環境を活かした健康づくりは全国的な広がりを見せており、青森県青森市浅虫温泉、山形県天童市、山形県西川町、石川県珠洲市、岐阜県白川村、大分県由布市などでもクアオルト健康ウォーキング事業が推進されている⁹⁾。このようにウォーキングをおこなう環境として、日本の豊かな自然環境を活かそうとする取り組みが全国で進められている現状がある。

自然環境の中でおこなうウォーキングが健康にもたらす効果は、生理・生化学的な観点ではいまだ不明な点が多い。健康づくりを推進するうえで科学的な根拠に基づく医療（あるいはヘルスケア）の実践は重要である¹⁰⁾。ウォーキングそのものが肥満の改善や疾患の予防に有効であることは周知の通りであるが¹⁻³⁾、自然環境の中でウォーキングが街中やジムでのウォーキングと異なる生理・生化学的な効果があるか否かについては科学的な検討が不十分である。本稿では、自然環境の中でおこなうウォーキングの中でも特にクアオルト健康ウォーキングに焦点を当て、クアオルト健康ウォーキングの特徴およびその生理・生化学的な効果について我々がおこなった研究データを交えながら紹介する。

自然環境を活かした療養地（クアオルト）

ドイツでは疾病の治療や療養のために自然環境を活か

した医療がおこなわれており、医療保険が適応される。この自然環境を活かした治療や療養をおこなうために滞在する場所をクアオルト (Kurort) と呼ぶ¹¹⁾。クア (Kur) は「治療、療養、保養のための滞在」を、オルト (ort) は「場所」を意味し、クアオルトは日本語では「療養地」を指す。ドイツのクアオルトは法律で国が認定した地域となっており、その自然豊かな環境の中に病院や治療の施設がある。認定要件を満たす自然環境は大きく4つに分類され、「土壌」、「海」、「気候」、「クナイプ式 (水・運動・食餌・植物・秩序療法)」がある。例えば「土壌」には温泉による療養が含まれ、温泉の中での運動や飲用の温泉を飲むことにより病気を療養する。ドイツでは温泉による治療や療養の際、疾患や患者の状態により医師が治療計画を立て、医療保険を適応する。日本では温泉により健康を促進する「湯治」という文化があり、温泉の健康増進作用に関する多くの研究がなされているが¹²⁾、ドイツのように医療保険の適応にはなっていない。ただし、ドイツのクアオルトに日本の温泉保養地を参考にした手法が取り入れられるなど、日本の持つ世界でも有数の自然環境は人々の健康づくりにとって有用となる可能性がある。肥満者や循環器系疾患の割合が減っていない現状を考慮すると⁶⁾、健康の維持や疾患の予防のための新たな健康づくり方策として、日本型のクアオルトの形成は重要な役割を担うことが期待される。実際に日本体力医学会において2015年および2016年の学会大会でクアオルトをテーマにしたシンポジウムが2年連続で開催されており、学術的な観点からの注目がうかがえる。

日本型のクアオルトを目指した取り組み

ドイツのクアオルトにならい、日本型のクアオルトを形成しようとする取り組みが各地でなされている。日本型のクアオルトは、日本の自然環境の中でも気候と地形を活かした「気候性地形療法」を中心としている。山形県上山市には日本で初めてドイツの認定を受けた気候性地形療法の専門コースがある。2008年にミュンヘン大学の教授である Schuh の鑑定により、上山市の里山と蔵王高原坊平が気候性地形療法コースとして認定された¹³⁾。上山市での気候性地形療法は、『自身の体力にあった歩行スピードで「冷気と風」、「太陽光線」等の気候要素を活用し、体表面を冷たく保ちながら (主観的な温冷感覚で -1°C やや冷えると感じる状態で、体表面温度を約 2°C 下げる程度)、森や山の傾斜地を歩くことで持久力を強化] することと定義されている¹³⁾。気候性地形療法の適応症は高血圧などの心臓血管系疾患や肥満の改善が主であるが、気候性地形療法の特徴である「体表面温度を 2°C 下げる」ことにより通常のウォーキングよりも高い効果を得られるとされている¹⁴⁾。上山市では専門のコースを歩く際には専任のガイドが付き、その日の天候

や参加者の体力に応じた衣服の調整および歩行スピードの増減が指示される。また「体表面温度を 2°C 下げる」ため、衣服の調整だけでなくコースに流れる沢の水で腕や足を直接冷やすといったこともおこなわれている。2011年には上山市役所にクアオルト推進室が創設され、気候性地形療法を「クアオルト健康ウォーキング」と称して市民等に対する健康づくり事業を展開している。このようなクアオルトに基づいたまちづくり事業は上山市だけにとどまらず、大分県由布市や和歌山県田辺市、石川県珠洲市、新潟県妙高市、秋田県三種町、島根県大田市、群馬県みなかみ町でも事業が推進され、2014年度にはこれらの市町によりクアオルト協議会が設置されるなど、各地域の自然環境に合わせた健康づくり事業が始まっている¹⁵⁾。

クアオルト健康ウォーキングの科学的効果

身体活動が様々な疾患の予防や健康の維持増進に効果的であることは多くの科学的根拠で示されている^{16,17)}。クアオルト健康ウォーキングは自然環境を活かした健康づくり運動として各地域で展開されているが、通常のウォーキングとは異なる特別な効果を有するか否かについては入念に科学的な検討を進める必要がある。クアオルトに関連した論文を調査するため、アメリカ国立医学図書館の国立生物工学情報センターが運営する学術文献検索サービス PubMed を利用し、“kurort” をキーワードに検索した結果、抽出された論文は6編であった (2017年3月29日時点)。これらのうち英語で執筆された論文は4編であり、クアオルトの医科学的な効果について言及した論文はGuenther¹⁸⁾による1編であった。ただしGuentherはクアオルトの歴史や場所、特徴に関して記述しており、通常のウォーキングとクアオルトの差には言及がない¹⁸⁾。このほか山形県上山市において気候性地形療法の専門コースを認定したミュンヘン大学の Schuh がクアオルトに言及した論文が2編ある^{14,19)}。Schuhは、「皮膚温が 2°C 低下した状態」で3週間の運動トレーニングをした群では、通常の温度条件下でトレーニングした群と比較して同強度の運動負荷に対する乳酸濃度の上昇が少ないことを明らかにした^{14,19)}。つまり「皮膚温が 2°C 低下した状態」の方が持久的なトレーニング効果を得られやすいとしている。ただし、Schuhは気候性地形療法が身体に影響を及ぼす生理学的な機序についてはまだ明らかではないと述べている¹⁴⁾。疾患の予防・改善や健康増進のためウォーキングそのものは積極的に進められるべきであるが、クアオルト健康ウォーキングが通常のウォーキングとは異なる効果を持つか否か、そしてその機序については科学的な根拠に乏しい現状にある。

皮膚温の低下がもたらす生理・生化学的变化

気候性地形療法の特徴は「皮膚温の2℃低下」であるが、皮膚温の低下が運動中にどのような生理・生化学的な変化をもたらすかを検討した研究は数多くある。皮膚温だけでなく直腸温まで低下するような寒冷環境下(0℃)では、運動中の脂質酸化が亢進することが報告されている²⁰⁾。ただし身体に震えが生じる寒冷環境で運動した場合には交感神経活動の増加により糖質酸化が亢進する²¹⁾。これら二つの研究では運動中の皮膚温がベースラインと比較して約10℃低下している^{20,21)}。一方、室温10℃の寒冷環境下では室温20℃と比較した場合、運動中の皮膚温の差は約5℃であり運動中の基質酸化に差はなかった²²⁾。したがって「皮膚温が2℃低下した状態」でおこなう気候性地形療法は運動中の基質酸化に影響を及ぼさないと推察できる。

基質酸化には影響がないものの、寒冷環境下では皮膚温の低下の程度に関わらず運動中の心拍数が低下することが報告されている。室温0℃と22℃において最大酸素摂取量($\dot{V}O_{2max}$)の50%の強度で運動した場合には心拍数の差が9-14拍/分²⁰⁾、室温10℃と20℃において65% $\dot{V}O_{2max}$ で運動した場合には心拍数の差が約10拍/分²²⁾、室温5℃と15℃において60% $\dot{V}O_{2max}$ の運動をした場合には心拍数の差が5-10拍/分²¹⁾であった。いずれの研究も皮膚温は5-10℃低下している。皮膚温の低下による心拍数の低下は、寒冷刺激により皮膚温が低下し皮膚表面を走行する末梢血管の収縮が引き起こされることに起因する²³⁾。末梢血管が収縮することにより中心血流、つまり静脈還流量が増加し一回拍出量が増加することで心拍数が低下する(一回拍出量が増加し心拍数が低下することで、両者の積である心拍出量は維持される)²⁴⁾。さらに寒冷環境下では顔面も冷却されるため、顔面の三叉神経が刺激され迷走神経反射が生じることで心拍数が低下する²⁵⁾。つまり寒冷刺激の程度に関わらず、寒冷環境下における皮膚温の低下および顔面の冷却は運動中の心拍数を低下させるため、気候性地形療法でも運動中の心拍数が低下すると考えられる。

寒冷環境下では運動中の乳酸濃度が増加することが示唆されている。Wellerらは、寒冷刺激による血管収縮により活動筋への血流が減少し酸素供給が減ることでエネルギー代謝に対する無酸素性の貢献が高まるため乳酸濃度が増加すると報告している²¹⁾。また寒冷環境下で増加するカテコラミン²⁶⁾により筋グリコーゲン分解が促進されるため乳酸濃度が増加するとも述べている²¹⁾。しかしながら、直腸温の低下しない寒冷環境²²⁾や身体の震えを起ささない寒冷環境²⁰⁾ではカテコラミンや乳酸濃度の増加は見られないため、皮膚温が2℃低下する程度の気候性地形療法では生化学的な変化は少ないと推察さ

れる。

クアオルト健康ウォーキングの科学的効果の検討

寒冷環境における皮膚温の低下がもたらす生理・生化学的な影響は先述した通りであるが、クアオルト健康ウォーキングの特徴である「皮膚温の2℃低下」に着目して検討した研究は我々の知る限りない。また実際のクアオルト健康ウォーキングでは、衣服の袖をまくり直接的に皮膚表面に冷気を当てる、あるいは冷水で腕を冷やすことにより「皮膚温の2℃低下」を招いている²⁷⁾。皮膚温の低下の影響を検討した研究の多くは寒冷環境下にて皮膚温を低下させているが、同じ温度・湿度環境下にて実際のクアオルト健康ウォーキングで実践されている方法を用いて皮膚温を低下させた研究はない。クアオルト健康ウォーキングが持つ生理・生化学的な影響を明らかにすることは、科学的な根拠に基づいてクアオルト健康ウォーキングを普及するうえで重要な課題である。ここでは実際にクアオルト健康ウォーキングでおこなわれている方法を用いて「皮膚温の2℃低下」を再現した我々の研究の一部²⁸⁾を紹介し、クアオルト健康ウォーキングの生理・生化学的影響について考察したい。

我々はクアオルト健康ウォーキングを実験室内にて再現した条件(皮膚温低下試行)と同じ温度・湿度条件(コントロール試行)の2条件を設定し、60分間のウォーキング中の生理・生化学的な指標を比較した。対象者は20-30歳代の健常成人男性10名(27±3歳, body mass index: 22.7±2.5 kg/m²)とした。60分間のウォーキングの運動強度は、実際のクアオルト健康ウォーキングでもおこなわれている中等度強度とした。条件の一つ目の皮膚温低下試行では、気候性地形療法の指示(半袖の服装などで風、冷気に暴露し、歩行の途中に肘から下を冷水に付ける)にならない、半袖および半ズボンを着用し、10℃程度の冷水を霧吹きにて腕や脚に吹きかけ、送風(1.5-2 m/秒)することによって皮膚温を低下させた。冷水は皮膚温をモニターしながら約5分毎に、対象者の腕や脚に正面から吹きかけた。条件の二つ目のコントロール試行では、皮膚温低下試行と同様の着衣にて、霧吹きおよび送風はおこなわなかった。2試行はランダム化クロスオーバー試験とし1週間以上の間隔をあけて実施した。実験はすべて人工気象室内にておこない、室温を25℃、湿度を50%に統一した。運動前および運動中には皮膚温、直腸温、心拍数、酸素摂取量および基質酸化量を測定した。運動前、運動終了直後、運動終了1時間後に採血し、得られた血液から交感神経指標となるカテコラミン(ノルアドレナリンおよびアドレナリン)、乳酸値を分析した。

皮膚温はFig. 1に示すように、皮膚温低下試行において運動前と比較して運動終了直前で皮膚温が平均1.7℃

低下し、コントロール試行と比較して運動終了直前で平均 3.0°C 低かった。皮膚温低下試行においてクアオルト健康ウォーキングの特徴である「体表面を冷たく保つ」、つまり皮膚温の約 2°C 低下を再現できていたと考えられる。直腸温には2試行間に有意差は認められなかった。運動中の酸素摂取量には試行間に差がなかったため、両試行における運動負荷強度は同程度であったと言える。運動中の呼吸交換比および基質酸化量は両試行に差がないことから、エネルギー代謝に「体表面を冷たく保つ」影響は認められなかった。先行研究で示されている通

り、皮膚温が 10°C 以上低下するような厳しい寒冷環境下では運動中に基質酸化量は変化するが^{20,21)}、皮膚温の約 2°C 低下程度では基質酸化量には影響しないことが示唆された。本研究では交感神経活動の指標であるカテコラミンや乳酸濃度に試行間の差はなかった。運動中の心拍数は、皮膚温低下試行の方がコントロール試行より運動20分から60分で有意に低値を示し、運動終了直前で10拍/分ほど低い結果となった (Fig. 2)。酸素摂取量には試行間に差がないため、身体には同程度の負荷がかかっていたにも関わらず皮膚温低下試行で心拍数が低下

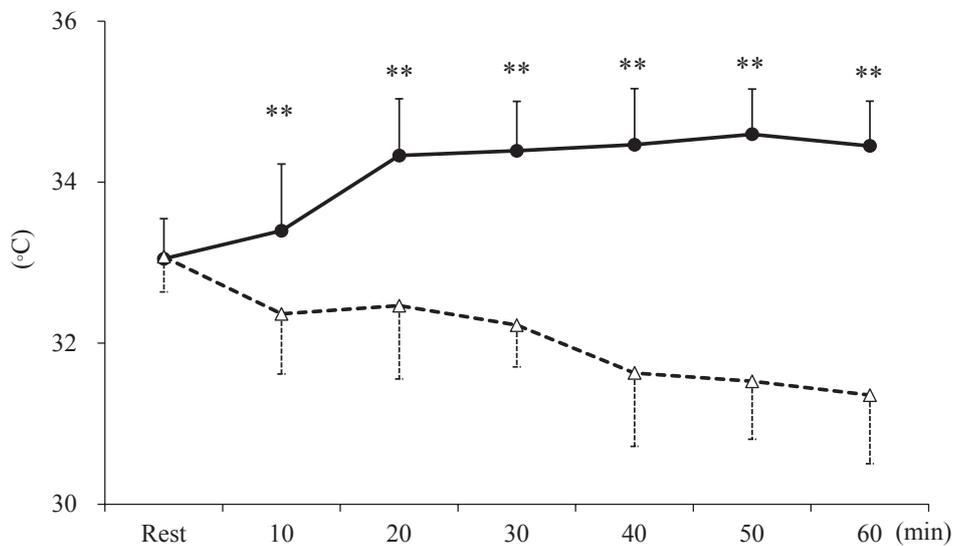


Fig. 1 Skin temperatures at rest and during 60 min of exercise in the mild body cooling (\triangle) and control (\bullet) trials. Significant difference between the two trials: $**P < 0.01$.

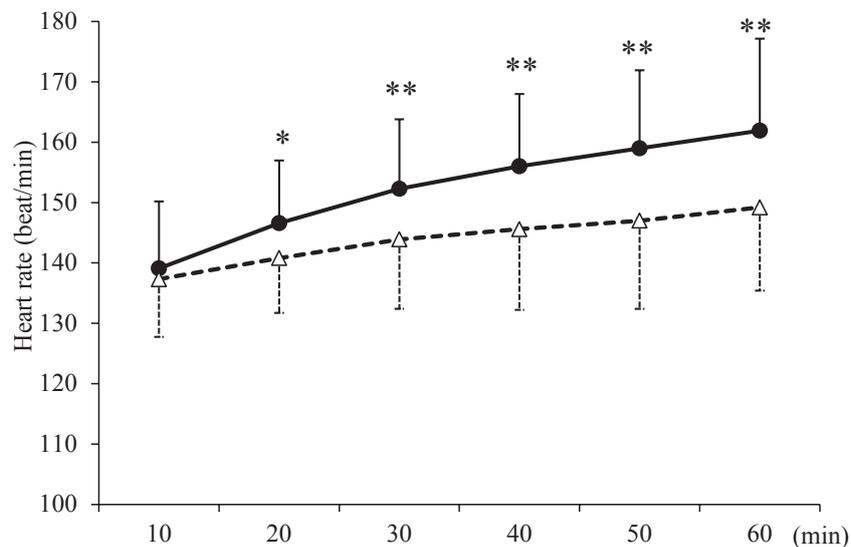


Fig. 2 Heart rate during 60 min of exercise in the mild body cooling (\triangle) and control (\bullet) trials. Significant difference between the two trials: $*P < 0.05$, $**P < 0.01$.

していたことになる。先行研究の報告と同様²⁰⁻²²⁾、皮膚温の約2℃低下というわずかな変化であっても、運動中の心拍数は低下することが確認された。運動処方では一般的に心拍数を用いて運動強度を設定することが多く、クアオルト健康ウォーキングでも心拍数を用いて適切な運動強度を管理している。そのため、皮膚温の約2℃低下により通常環境でのウォーキングより運動中の心拍数が10拍/分ほど低くなることを認識したうえで、運動強度を管理する必要がある。例えば病院でおこなった運動負荷試験をもとに120拍/分を目標心拍数として運動するように医師より指示があった場合、クアオルト健康ウォーキングにおいて110拍/分を目安に運動をすれば目標の運動強度に到達する可能性がある。ただし本稿で紹介した実験室における知見は、厳密に条件を統制したうえでの研究結果であり、気温や天候、傾斜が様々に変化する実際のクアオルト健康ウォーキングにおいても再現されるかどうかは明らかではない。皮膚温低下試行における運動中の心拍数の低下という知見を運動処方の際の重要な資料とすべく、更なる基礎的・臨床的な研究が望まれる。以上より、寒冷環境下でおこなわれた先行研究²⁰⁻²²⁾から推測された通り、皮膚温の約2℃低下は運動中の心拍数を低下させること、基質酸化量や血液中の生化学指標には影響しないことが示唆された。クアオルト健康ウォーキングの条件を再現し、その生理・生化学的影響を検討した研究はこれまでになく、科学的な根拠に基づいてクアオルト健康ウォーキングを普及させるためにはより多くの研究が進められることが期待される。

我々は実験室内で得られた結果が実際のクアオルト健康ウォーキングの現場でも同様に得られるかどうかを確認すべく、予備的な調査をおこなった。山形県上山市にある気候性地形療法の専門コース（蔵王高原坊平）または市街地（かみのやま温泉駅周辺）でのウォーキングの生理・生化学的影響の違いについて、若年男性2名および60歳台男性2名を対象に調査した結果を紹介したい。専門コースおよび市街地でのウォーキングは45分間としそれぞれ別日に実施した。ウォーキング中には実験室での測定と同様に心拍数や携帯型呼気ガス分析器による酸素摂取量および基質酸化量の測定、採血による血液中の生化学指標を評価した。その結果、測定時期（10月上旬）の影響により専門コースと市街地での皮膚温の差は約1.4℃にとどまったものの（運動開始30分時点：専門コース31.9±0.8℃、市街地33.3±0.7℃）、専門コースの方が市街地よりウォーキング中の心拍数が5-10拍/分ほど低いという結果を得た（4名中3名が専門コースの方が市街地より心拍数が低く1名は同程度）。またウォーキング中の脂質酸化量は専門コースの方が市街地より多い傾向にあった（4名中3名が専門コースの方が市街地より脂質酸化量が多く、1名は同程度）。ウォーキング中の平

均酸素摂取量は専門コースと市街地で同程度であったため、運動負荷は同程度であったと考えられる。血液中の生化学指標には専門コースと市街地での明確な違いはみられなかった。以上より、実験室での研究結果と同様に皮膚温を低下させてウォーキングする専門コースの方が市街地よりも心拍数が低くなる可能性を認めただけでなく、脂質酸化量を増加させることが示唆された。直腸温が低下するような寒冷環境では運動中の脂質酸化量が増加するが²⁰⁾、本予備調査では直腸温を測定することができなかったため、本予備調査での脂質酸化量の増加と直腸温の関係は不明である。本予備調査の条件で直腸温が低下することは考えにくい。脂質酸化量への影響は今後の詳細な検討が必要である。また本知見は予備的な調査の結果であり、科学的な結論を出すためには測定人数を増やしたうえで統計的に検討する必要がある。クアオルト健康ウォーキングの科学的効果の検証はまだ始まったばかりであり、今後の研究の発展が望まれる。

おわりに

ークアオルト健康ウォーキングの今後の課題および発展ー

本稿ではドイツおよび日本のクアオルトの紹介とともに皮膚温低下による生理・生化学的影響およびクアオルト健康ウォーキングを実験室にて再現した研究、そして実際に専門コースにておこなった予備調査の結果を報告した。クアオルト健康ウォーキングは、ウォーキングそのものの効果に加え、皮膚温を低下することにより通常のウォーキングとは異なる反応があると示唆された。特にクアオルト健康ウォーキングは同強度でおこなう通常環境でのウォーキングよりも心拍数が10拍/分程度低くなると考えられる。本稿では「皮膚温の低下」に着目して述べてきたが、実際に日本各地でおこなわれているクアオルトに関連した事業として、その土地ならではの食材を活かした食事や温泉を組み合わせた健康づくり事業も展開されている。食事や温泉を含めた健康づくり事業の健康に対する効果について、生理・生化学的な見地だけでなくコホート研究を含めた公衆衛生学的な視点からの検討も進められるべきである。日本の豊かな自然環境を活かした健康づくり運動が、自治体、さらには国レベルでの国民の健康づくり方策として今後ますます発展するためにも、多方面から科学的にアプローチされることが重要である。

利益相反自己申告：申告すべきものはなし

謝 辞

本研究の一部は、山形県上山市からの受託研究費の支援を受けておこなわれました。

引用文献

- 1) Murtagh EM, Nichols L, Mohammed MA, Holder R, Nevill AM, Murphy MH. The effect of walking on risk factors for cardiovascular disease: an updated systematic review and meta-analysis of randomised control trials. *Prev Med* 72: 34-43, 2015. doi: 10.1016/j.jpmed.2014.12.041.
- 2) Hamer M, Chida Y. Walking and primary prevention: a meta-analysis of prospective cohort studies. *Br J Sports Med* 42: 238-243, 2008. doi: 10.1136/bjism.2007.039974.
- 3) Hanson S, Jones A. Is there evidence that walking groups have health benefits? A systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med* 49: 710-715, 2015. doi: 10.1136/bjsports-2014-094157.
- 4) 文部科学省. 体力・スポーツに関する世論調査(平成25年1月調査), 2013. http://www.mext.go.jp/component/b_menu/other/_icsFiles/afieldfile/2013/08/23/1338732_1.pdf (2017年3月29日閲覧).
- 5) 笹川スポーツ財団. 1 運動・スポーツ実施状況, スポーツライフ・データ2010-スポーツライフに関する調査報告書-, 日本パブリシティ, 東京, 28, 2010.
- 6) 厚生労働省. 平成26年国民健康栄養調査, 2014. <http://www.mhlw.go.jp/file/04-Houdouhappyou-10904750-Kenkoukyoku-Gantaisakukenkouzoushin-ka/0000117311.pdf#search=%27E5%B9%B3%E6%88%9026%E5%B9%B4%E5%9B%BD%E6%B0%91%E5%81%A5%E5%BA%B7%E6%A0%84%E9%A4%8A%E8%AA%BF%E6%9F%BB%27> (2017年3月29日閲覧).
- 7) Trost SG, Owen N, Bauman AE, Sallis JF, Brown W. Correlates of adults' participation in physical activity: review and update. *Med Sci Sports Exerc* 34: 1996-2001, 2002. doi: 10.1249/01.MSS.0000038974.76900.92.
- 8) 蔵王かみのやま温泉クアオルト. 第3回 健康寿命をのばそう! アワードを受賞しました! <http://www.city.kaminoyama.yamagata.jp/site/kurort/awadojyusyou.html> (2017年3月29日閲覧).
- 9) 日本クアオルト研究機構. クアオルトとは. http://kurort.jp/kurort/japan_kurort/index.html (2017年3月29日閲覧).
- 10) Evidence-Based Medicine Working Group. Evidence-based medicine. A new approach to teaching the practice of medicine. *JAMA* 268: 2420-2425, 1992.
- 11) 小関信行, アンゲラ・シュー. クアオルト入門-Kurortologie-~ドイツから学ぶ100年のまちづくり~, クアオルト・Kurort入門/気候療法・気候性地形療法入門~ドイツから学ぶ温泉地再生のまちづくり~, 書肆犀, 山形, 27, 2012.
- 12) 王 紅兵, 鏡森定信: 過去20年間に邦文で報告された温泉の健康増進作用に関する研究論文のレビュー, *日温気物医誌*, 69: 81-102, 2006.
- 13) 蔵王かみのやま温泉クアオルト. 気候性地形療法とは. <http://www.city.kaminoyama.yamagata.jp/site/kurort/kikou-top.html> (2017年3月29日閲覧).
- 14) Schuh A. Climatotherapy. *Experientia* 49: 947-956, 1993.
- 15) 日本クアオルト協議会. <http://japankurort.jp/aboutus/> (2017年3月29日閲覧).
- 16) Paluska SA, Schwenk TL. Physical activity and mental health: current concepts. *Sports Med* 29: 167-180, 2000.
- 17) Wannamethee SG, Shaper AG, Walker M. Changes in physical activity, mortality, and incidence of coronary heart disease in older men. *Lancet* 351: 1603-1608, 1998. doi: 10.1016/S0140-6736(97)12355-8.
- 18) Guenther K. Exercises in therapy--neurological gymnastics between Kurort and hospital medicine, 1880-1945. *Bull Hist Med* 88: 102-131, 2014. doi: 10.1353/bhm.2014.0022.
- 19) Schuh A. Endurance training under simultaneous cold adaptation: effects on muscle metabolism. *Phys Rehab Kur Med* 1: 22-28, 1991.
- 20) Gagnon DD, Rintamaki H, Gagnon SS, Cheung SS, Herzig KH, Porvari K, Kyrolainen H. Cold exposure enhances fat utilization but not non-esterified fatty acids, glycerol or catecholamines availability during submaximal walking and running. *Front Physiol* 4: 99, 2013. doi: 10.3389/fphys.2013.00099.
- 21) Weller AS, Millard CE, Stroud MA, Greenhaff PL, Macdonald IA. Physiological responses to a cold, wet, and windy environment during prolonged intermittent walking. *Am J Physiol* 272: R226-233, 1997.
- 22) Layden JD, Patterson MJ, Nimmo MA. Effects of reduced ambient temperature on fat utilization during submaximal exercise. *Med Sci Sports Exerc* 34: 774-779, 2002.
- 23) Bogerd N, Perret C, Bogerd CP, Rossi RM, Daanen HA. The effect of pre-cooling intensity on cooling efficiency and exercise performance. *J Sports Sci* 28: 771-779, 2010. doi: 10.1080/02640411003716942.
- 24) Yeung SS, Ting KH, Hon M, Fung NY, Choi MM, Cheng JC, Yeung EW. Effects of Cold Water Immersion on Muscle Oxygenation During Repeated Bouts of Fatiguing Exercise: A Randomized Controlled Study. *Medicine (Baltimore)* 95: e2455, 2016. doi: 10.1097/MD.0000000000002455.
- 25) Williams PA, Kilgour RD. Cardiovascular responses to facial cooling during low and moderate intensity exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 67: 53-58, 1993.
- 26) Frank SM, Cattaneo CG, Wieneke-Brady MB, El-Rahmany H, Gupta N, Lima JA, Goldstein DS. Threshold for adrenomedullary activation and increased cardiac work during mild core hypothermia. *Clin Sci (Lond)* 102: 119-125, 2002.
- 27) 蔵王かみのやま温泉クアオルト. 歩き方. <http://www.city.kaminoyama.yamagata.jp/site/kurort/attention.html> (2017年3月29日閲覧).
- 28) 小西真幸: 最近注目される高齢者の健康づくり運動: ③クアオルトウォーキング, 介護福祉・健康づくり, 2: 33-37, 2015.