

原著論文

サドル高が短時間のペダリング運動直後のバランス能力に及ぼす影響

杉浦 宏季¹⁾ 堂前 開世¹⁾ 青木 宏樹²⁾ 岩田 英樹³⁾ 村山 孝之⁴⁾
 畷本 紗斗子⁵⁾ 津田 龍佑⁶⁾ 増田 和実³⁾

Effects of saddle height on balance ability after the short pedaling exercise in the male elderly

Hiroki SUGIURA¹⁾ Kaito DOMAE¹⁾ Hiroki AOKI²⁾ Hideki IWATA³⁾
 Takayuki MURAYAMA⁴⁾ Satoko UNEMOTO⁵⁾ Ryosuke TSUDA⁶⁾
 Kazumi MASUDA³⁾

Abstract

Even while riding a bicycle for a short time, the load on the legs is largely dependent upon the saddle height. Elderly riders often lose their balance after dismounting the bicycle and may fall. This study aimed to examine the relationship between saddle height and balancing ability following the short pedaling exercise. The subjects were eight elderly men (mean age, 68.3 years; SD, 3.0 years). A 10-minute pedaling exercise was conducted at saddle heights of 85%, 90%, 95%, and 100% of the lower limb length. Mean path length, outline area, and maximal amplitude rectangle were measured before and after the pedaling exercise. The results of two-way analysis of variance (saddle × time) revealed a significant difference in the time factor of mean path length and outline area. In both parameters, the value rose by exercise at all saddle heights. In conclusion, in the case of the saddle height set in this study, the balancing ability decreases after dismounting the bicycle; however, no difference occurs according to the saddle height.

高齢者の場合、短時間の自転車運動であっても、サドル高によっては下肢への負荷が高く、降車後にバランスを崩し、転倒する可能性がある。本研究の目的は、サドル高の違いが短時間のペダリング運動直後のバランス能力に及ぼす影響を検討することであった。男性高齢者8名(68.3 ± 3.0歳)を対象に、下肢長の85%、90%、95%、および100%の各サドル高による10分間のペダリング運動をそれぞれ実施し、その前後に単位時間軌跡長、外周面積、および矩形面積を測定した。2要因分散分析(サドル高×時間)の結果、単位時間軌跡長および外周面積の時間要因のみに有意な主効果が認められ、両変数とも、いずれのサドル高もペダリング運動により値は高くなった。結論として、本研究で設定したサドル高の場合、いずれも降車直後にバランス能力は減退するが、サドル高による違いは生じない。

Key words : Bicycle ergometer, COP, Mean path length, Outline area, Maximal amplitude rectangle

キーワード : 自転車エルゴメーター, COP, 単位時間軌跡長, 外周面積, 矩形面積

- 1) 福井工業大学 スポーツ健康科学部
- 2) 福井工業高等専門学校 一般科目教室
- 3) 金沢大学 人間科学系
- 4) 金沢大学 国際基幹教育院
- 5) 金沢工業大学 基礎教育部
- 6) 金沢医科大学 一般教育機構

- 1) Faculty of Sports and Health Sciences, Fukui University of Technology
- 2) General Course, National Institute of Technology, Fukui College
- 3) Faculty of Human Sciences, Kanazawa University
- 4) Institute of Liberal Arts and Science, Kanazawa University
- 5) Academic Foundations Programs, Kanazawa Institute of Technology
- 6) Division of General Education, Kanazawa Medical University

連絡先 杉浦宏季

福井工業大学 スポーツ健康科学部
〒910-8505 福井県福井市学園3-6-1
メール : sugiura@fukui-ut.ac.jp
電話 : 0776-29-2583

1. 緒言

2021年9月における日本の高齢化率は29.1%であり、1950年(4.9%)から増加し続けている(総務省, 2021)。高齢者人口の増加は2042年で止まるが、高齢化率はそれ以降も高まり、2065年には38.4%に達すると推計されている(内閣府, 2019)。超高齢社会の日本における問題の1つに要介護者の増加が挙げられ、今後、国や自治体が負担する医療費は増大し、更には国民の負担も増大する。加えて、介護施設や病床数不足により、介護サービスを受けられない者が生じることも懸念されている。要介護認定の原因として、認知症や脳血管疾患、衰弱、転倒等が挙げられている(内閣府, 2019)。

近年、高齢者が加害者となる自動車事故が増加しており、2020年に運転免許証を自主返納した75歳以上の高齢者は29.7万人と報告されている(警視庁, 2021)。更には、新型コロナウイルスの感染予防策として、密になる可能性が高い公共交通機関の利用を控える高齢者が増加している。つまり、運転免許証の返納や、公共交通機関の利用を控える現代において、自転車を活用する高齢者は増加すると推測される。

政府は2018年6月に「自転車活用推進計画」を、2021年5月に「第2次自転車活用推進計画」を策定し、後者では「自転車交通の役割拡大による良好な都市環境の形成」、「サイクルスポーツの振興等による活力ある健康長寿社会の実現」、「サイクルツーリズムの推進による観光立国の実現」、および「自転車事故のない安全で安心な社会の実現」を目標に掲げ、地域住民に対して多様な自転車の活用を求めている(国土交通省, 2021)。北陸地方に着目すると、富山県、石川県、および福井県でも「自転車活用推進計画」がそれぞれ策定され(富山県, 2019; 石川県, 2020; 福井県, 2020)、その中で「自転車事故のない安全で安心な社会の実現」や「誰もが気軽に自転車を活用できるまちづくりの推進」、「自転車活用による健康増進」等が共通事項として掲げられている。自転車活用に伴う効果として、死亡率の低下(Andersen et al., 2000)や肥満の予防・改

善(Gordon-Larsenet al., 2009)、ストレス認知度の改善(Avila-Palencia et al., 2017)等が報告されている。更に、自転車の乗り方も重要であり、例えば、ペダリング運動時の足関節戦略により股関節伸展トルクの軽減が生じる(赤羽ら, 2004)。また、サドルを高くすることで最大酸素摂取量および心拍数は増加する(形本ら, 2010)。しかしながら、それを低くし膝関節角度を屈曲位に移行させることで大腿膝蓋関節への負荷が増大するため、膝関節痛の発症が懸念される(星川・藤本, 2003; Dickson, 1985)。

粕谷・栞田(2013)は、下山時は反復される遠心性収縮により大腿四頭筋群への負荷が高くなるため、道中にバランスを崩す可能性を示唆している。同様に、高齢者の移動手段として自転車が活用される場合、短時間であっても、筋疲労の影響から降車後にふらつく、あるいはバランスを崩し転倒する可能性がある。Jorge and Hull(1986)は、各下肢筋の筋放電量はサドルの高低により異なると報告しており、サドル高の違いは筋疲労へも影響すると考えられる。また、サドルが低ければ、サドルに跨りながら両足を地面に接地させやすくなるが、上述の通り、膝関節痛のリスクは高まる。つまり、サドル高の調整可能範囲の間に、膝関節に高い負荷をかけずに、更に降車後のバランス能力を低下させない高さが存在すると考える。

本研究では、高齢者が自転車を活用する際の至適なサドル高を、降車後のバランス能力の観点から検証する。なお、バランス能力は静的および動的に大別され、前者は身体の重心位置の鉛直方向の投影点とほぼ一致する足圧中心位置(Center of Pressure: COP)を支持基底面内に維持する能力、後者はCOPを支持基底面の境界線まで移動する能力や、歩行等の重心移動に合わせて支持基底面内にCOPを移動し続ける能力と定義されている(竹島・Rogers, 2010)。本研究では、降車直後のバランス能力に着目するため、静的バランス能力を選択する。

本研究の検証結果は、高齢者が手軽な運動の手段として自転車を活用し健康・体力づくりを行うための前提条件となる知見となり得る。更に、高

年齢がより安全に自転車を活用しうるガイドライン策定のための研究にも貢献できる。本研究を通して得られたエビデンスは、各自治体にとって、自転車の活用推進政策の現状把握や評価を行う際の学術的な指標として有益である。

2. 方法

2.1. 被験者

被験者は自転車を殆ど活用しない男性高齢者8名とした(年齢: 68.3 ± 3.0 歳, 身長: 168.3 ± 4.6 cm, 体重: 68.3 ± 6.3 kg, 下肢長: 77.4 ± 5.5 cm)。被験者は日常的に仕事に従事している者が多く、日常生活を営む上で自立度の高い者であった。なお、文部科学省のADLテストの平均値は 31.4 ± 4.7 点(範囲: 25 - 36 点)であった。各被験者に研究の内容および趣旨について十分に説明し、書面による同意を得た後、以下に示す測定を実施した。なお、本研究の実験計画は、福井工業大学における人を対象とする研究倫理審査委員会によって承認されている(人-2021-10)。

2.2. ペダリング運動

ペダリング運動にはエアロバイク(75XL; コンビ株)を使用し、サドル高はペダルの下死点(ペダルがサドルから一番離れる位置)からサドル上部までの距離とした。本研究では、下肢長(大転子から踝までの長さ)の85%、90%、95%、および100%の4条件を設定した。

「楽に自転車に乗る(8.9 km/h)」ことは3.5 METsと定義されており、自転車エルゴメーターの場合、その強度は「30 - 50 W」と定義されている(国立健康・栄養研究所, 2012)。よって、本研究は上述の各条件にて50 Wによる10分間のペダリング運動を実施した。なお、ペダルの回転数は60回転/分(rpm)から70 rpmの範囲で自由選択とし、測定順はランダムとした。また、安全面を考慮し、上腕式血圧計(UA-1030TMR; 株エー・アンド・デイ)を使用して、2.5分毎(4回: 0分, 2.5分, 5分, 7.5分)に収縮期および拡張期血圧、ならびに心拍数(オシロメトリック法)を計測した。

2.3. 自覚的疲労強度

ペダリング運動に伴う大腿の疲労強度は、Visual Analog Scale (VAS) を用い、左端を「全くない」、右端を「今までに感じた大腿の疲労の中で最高に高い」とした(図1)。被験者は、10 cmの直線上で自己評価した任意の位置に垂線を記入した。なお、本研究ではペダリング運動直後にバランス測定を実施するため、VASは終了30秒前に回答してもらった。評価変数はVASスコアとし、1 cm = 1 点に換算した。



図1 測定で利用したVAS

2.4. バランス能力

静的バランス能力は、立位時における重心の揺れの程度により評価される(Tanaka et al., 1996; Kitabayashi et al., 2003; Matsuda et al., 2008)。本研究では、重心軌跡測定器(T.K.K.5810; 竹井機器工業株)を使用した。本測定器には、水平面上の四角形のプレートの各頂点に加重センサーが内蔵されており、プレート上に起立した被験者のCOPは、足底面に投影された位置をX軸成分(左右軸方向成分)およびY軸成分(前後軸方向成分)に分離した電気的な信号として検出され、COPに関する変数が算出される。測定データは、サンプリング周波数100 Hzにて記録した。

上述した4条件のサドル高によるペダリング運動の直前および直後に、それぞれ60秒間のCOP測定を1試行実施した。その際、被験者は、開眼にて閉足の直立姿勢を保持し、2 m前方の壁に呈示した文章を読ませた。バランス測定においては前方を注視することが多いが、その際、注意意識が身体内部に向く場合がある。Park et al. (2015)は、内部意識(Internal Focus)よりも外部意識(External Focus)の方がバランス能力の評価に有効と報告している。したがって、本研究ではExternal Focusを持続しやすい文字に

よる方法を採用した。なお、本研究では降車直後のバランス能力を評価するため、前半10秒間のデータを解析に利用した。

評価変数として、平衡機能検査法診断基準化委員会(2006)の報告を参考に、単位時間軌跡長(1秒間あたりのCOPの移動距離)、外周面積(動揺軌跡の最外郭によって囲まれる面積)、および矩形面積(各軸の最大幅で囲まれる長方形の面積)を選択した(図2)。いずれの変数も値が大きい程、静的バランス能力に劣ると解釈される。

2.5. 統計解析

単位時間軌跡長、外周面積、および矩形面積における平均値の差は、二要因とも対応のある二要因分散分析(サドル高×時間)により検討した。VASスコアの平均値の差は、対応のある一要因分散分析により検討した。いずれにおいても、事後比較検定にはTukeyのHSD法を用いた。また、

平均値の差の大きさを検討するために効果量(η^2 , d)を算出した。本研究における統計的有意水準は5%に設定した。

3. 結果

表1は、サドル高およびペダリング運動前後別に算出したバランス変数の平均値および標準偏差、ならびに解析結果を示している。単位時間軌跡長および外周面積について、時間要因に有意な主効果が認められたが、サドル高の主効果は認められず、交互作用に有意性はなかった。なお、いずれも効果量は高かった(η^2 : 0.91, 0.48)。

表2は、サドル高別に算出したVASスコアの平均値および標準偏差、ならびに解析結果を示している。多重比較検定の結果、VASスコアは85%条件が100%条件よりも有意に高かった。なお、効果量は高かった($d = 0.88$)。



図2 バランス変数のイメージ図(中心の円:測定開始時のCOPの位置)

表1 サドル高およびペダリング運動前後別に算出した各バランス変数の平均値および標準偏差、ならびに解析結果

	100%	95%	90%	85%	F	p	η^2	post-hoc	d		
軌跡長	前	10.5 ± 3.8	10.6 ± 3.7	10.4 ± 3.7	10.1 ± 4.5	F1	0.03	0.99	0.00	100%: 前 < 後	0.65
	後	13.2 ± 4.4	12.9 ± 3.4	13.1 ± 5.1	13.2 ± 4.7	F2	76.4*	0.00	0.91	95%: 前 < 後	0.65
						IN	0.08	0.97	0.01	90%: 前 < 後	0.59
										85%: 前 < 後	0.67
外周面積	前	114.6 ± 100.7	92.3 ± 56.0	108.6 ± 76.9	73.2 ± 48.7	F1	0.85	0.48	0.11	100%: 前 < 後	0.25
	後	144.8 ± 142.9	122.8 ± 70.8	128.8 ± 122.8	103.9 ± 62.7	F2	6.34*	0.04	0.48	95%: 前 < 後	0.48
						IN	0.06	0.98	0.01	90%: 前 < 後	0.19
										85%: 前 < 後	0.55
矩形面積	前	185.3 ± 177.7	145.5 ± 90.0	167.7 ± 114.0	113.0 ± 73.2	F1	1.18	0.34	0.14		
	後	241.4 ± 229.0	185.4 ± 109.0	190.3 ± 171.4	160.4 ± 108.5	F2	5.30	0.05	0.43		
						IN	0.16	0.92	0.02		

注) *: $p < 0.05$, F1: サドル高, F2: 時間, IN: 交互作用, 単位: mm, mm²

表2 サドル高別に算出した VAS スコアの平均値および標準偏差, ならびに解析結果

100%	95%	90%	85%	F	p	η^2	post-hoc	d
3.1 ± 1.8	3.5 ± 1.3	3.6 ± 1.9	4.6 ± 1.5	4.63*	0.99	0.00	100%: 前 < 後	0.65

注) *: $p < 0.05$, 単位: 点

4. 考察

平均値間における統計的差異の有無を確認する際, t 検定や分散分析等の有意差検定を用いることが多い。しかしながら, 前述の検定では差異の程度を確認することができないため, それは効果量により判定する(水本・竹内, 2008)。2つの平均値差の場合, 効果量はコーヘンの d により評価し, 0.1 は小さい, 0.5 は中程度, 0.8 は大きいと解釈する(水本・竹内, 2008)。本結果では, 単位時間軌跡長および外周面積の時間要因に有意な主効果が認められ, いずれのサドル高においても, 10 分間のペダリング運動により両変数の値は悪化した。その程度について, 単位時間軌跡長はいずれの条件も中程度 ($d: 0.59 - 0.67$) であった。一方, 外周面積は 85% 条件のみ中程度 ($d = 0.55$) であり, 他の 3 条件は小さかった ($d: 0.19 - 0.48$)。ペダリング運動前における平均値に条件間差は認められなかったものの, 平均値が近似するはずのペダリング運動前の値は 85% 条件が他の 3 条件よりも小さい傾向にあった。その原因として, 本研究では測定順をランダムとし, 試行間に十分な休息を設けたものの, 被験者は 8 名と少なかったため, 測定値にバラツキが生じたことが挙げられる。今後, 被験者を追加する必要がある。いずれにせよ, 同じ面積を評価する矩形面積には有意性が認められなかったことから, COP 軌跡に関する面積は顕著に拡大されていないと解釈される。以上のことから, 本研究で設定した 4 条件のサドル高で比較した場合, ペダリング運動直後における単位時間軌跡長の延長の程度はいずれも中程度であったことから, バランス能力は減退したと解釈される。

自転車のペダリング運動において使用する主たる筋肉として大臀筋や大腿四頭筋群, 腓腹筋等が挙げられ, 座位運転の場合, ペダルの上死点 (0 度) では外側広筋および大腿直筋が, 60 度では外側

広筋および大臀筋が, 120 度では大腿二頭筋および腓腹筋が, 300 度では前脛骨筋がそれぞれ顕著に筋発揮される (Li and Caldwell, 1998)。サドル高を変えることによってペダリング運動に関わる各関節可動域は変化し (Nordeen-Snyder, 1977), それは下肢の筋活動にも影響する (Sanderson and Amoroso, 2008)。サドルが低ければ膝関節の関節可動域は小さい。しかしながら, サドル高の上昇に伴い膝関節の伸展動作が大きくなるため, 関節可動域は大きくなる。本結果において, VAS スコアの条件間差は 100% 条件と 85% 条件間に認められ, 後者の方が大腿の自覚的疲労強度は高かった。Jorge and Hull (1986) は, サドルが高ければ大腿二頭筋や腓腹筋の筋放電量が高まり, サドルが低ければ大腿四頭筋群や前脛骨筋の筋放電量が高まると報告していることから, サドルの低い 85% 条件においては大腿四頭筋群への負荷が高かったと推測される。しかしながら, 降車後のバランス能力の減退は, いずれのサドル高においても同程度であった。このことは, サドルが低い方が大腿の自覚的疲労強度は高いが, サドル高自体がペダリング運動直後のバランス能力へ影響しないことを示唆する。また, ペダリング運動は座位姿勢にてハンドルを握り, 更には足部をペダルに接地させた状態で実施する。立位時や歩行時は足裏のみで地面反力を受けるが, ペダリング運動時は接触する身体部位 (臀部, 手部, 足部) でそれを受ける。つまり, 短時間ではあるものの地面から得られる感覚は立位時と異なるため, 降車後にバランス能力は一時的に減退したと考える。いずれにせよ, 本研究デザインのような, 時間 (10 分), 負荷 (50 W), および回転数 (60 - 70 rpm) の場合, それほど大きな変化はなかったと推察される。本研究ではサドル高に着目したが, サドルの前後位置やその角度, 運転時の姿勢, 自転車を固定するか否かの観点からも降車後のバランス能

力を検証することが可能である。今後、前述した条件も考慮した上で再検証する必要がある。

なお、今岡ら（1997）は、65歳から69歳の男性における60秒間の開眼両足立ち時の単位時間軌跡長の平均値は18.2 mmと報告している。測定器および測定方法（サンプリング周波数、解析区間など）が異なるため正しく比較はできないが、単位時間軌跡長は本結果の方が短いと考えられる。本研究の被験者のADLは高い（31.4 ± 4.7点）ことも踏まえ、今後は被験者の体力も考慮して検証する必要があるだろう。

高齢者における自転車の至適なサドル高を降車後のバランス能力の観点から検討した結果、降車後にバランス能力は減退するものの、設定した4条件間に違いはなかった。高齢者の場合は膝関節痛の予防・改善も重要であり、ペダルが下死点（180度）に位置する際に膝関節の屈曲角度を25度から30度の範囲に留めることが求められる（Bini et al., 2011）。サドル高の違いが降車後のバランス能力に及ぼす影響はほとんどないと考えられるため、身体への負担軽減や緊急時に安全に素早く足が地面に接地できることを優先する方が重要であろう。

5. 結語

男性高齢者を対象に、10分間のペダリング運動前後の静的バランス能力を下肢長の85%から100%の各サドル高で比較した結果、いずれも降車直後にバランス能力は減退するものの、サドル高による違いは認められなかった。

謝辞

本稿を終えるにあたり、ご助言をいただきました名古屋市立大学の高石鉄雄教授に深く感謝の意を表します。

付記

本研究は、北陸スポーツ・体育学会と金沢市都市政策局歩ける環境推進課による共同事業（金沢サイクルFITプロジェクト：KCFP）として実施したものです。

引用参考文献

1. 赤羽秀徳・青木和夫・星川秀利（2004）ペダリング動作時の足関節底屈・背屈運動の違いが下肢の関節ダイナミクスおよびクランクトルクに及ぼす影響。体力科学, 53(2): 221-234.
2. Andersen, L.B., Schnohr, P., Schroll, M., and Hein, H.O. (2000) All-cause mortality associated with physical activity during leisure time, work, sports, and cycling to work. *Archives of Internal Medicine*, 160(11): 1621-1628.
3. Avila-Palencia, I., Nazelle, A., Cole-Hunter, T., Donaire-Gonzalez, D., Jerrett, M., Rodriguez, D.A., and Nieuwenhuijsen, M.J. (2017) The relationship between bicycle commuting and perceived stress: a cross-sectional study. *BMJ Open*, 7(6): e013542.
4. Bini, R., Hume, P.A., and Croft, J.L. (2011) Effects of bicycle saddle height on knee injury risk and cycling performance. *Sports Medicine*, 41(6): 463-476.
5. Dickson, T.B. (1985) Preventing Overuse Cycling Injuries. *The Physician and Sportsmedicine*, 13(10): 116-126.
6. 福井県（2020）福井県自転車活用推進計画。 https://www.pref.fukui.lg.jp/doc/sokou/bicycle/jitensya-keikaku_d/fil/keikakusaisyuu.pdf（参照日：2021年9月30日）
7. Gordon-Larsen, P., Boone-Heinonen, J., Sidney, S., Sternfeld, B., Jacobs Jr D.R., and Lewis, C.E. (2009) Active commuting and cardiovascular disease risk: The CARDIA study. *Archives of Internal Medicine*, 169(13): 1216-1223.
8. 平衡機能検査法診断基準化委員会（2006）平衡機能検査法基準化のための資料 2006年平衡機能検査法診断基準化委員会答申書、及び英文項目。 *Equilibrium Research*, 65(6): 468-503.
9. 星川秀利・藤本浩志（2003）サドル高の低下がペダリング運動中の膝関節に及ぼす影響。日本機械学会論文集C編, 69(680): 1080-1085.
10. 今岡薫・村瀬仁・福原美穂（1997）重心動揺検査における健常者データの集計。 *Equilibrium*

- research, 56(12): 1-84.
11. 石川県 (2020) 石川県自転車活用推進計画 . <https://www.pref.ishikawa.lg.jp/michi/documents/zitennsyakeikaku.pdf> (参 照 日 : 2021 年 9 月 30 日)
 12. Jorge, M., and Hull, M.L. (1986) Analysis of EMG measurements during bicycle pedalling. *Journal of Biomechanics*, 19(9): 683-694.
 13. 粕谷志郎・栞田夕香 (2013) 下山歩行の解剖学・力学的分析 . *登山医学*, 33(1): 77-84.
 14. 形本静夫・村出真一朗・坂本彰宏・柿木亮 (2010) サドル高がベダリング運動時のエネルギー消費量および下肢筋活動に及ぼす影響 . 「自転車による健康増進のための自然科学的研究」報告書, 96-103.
 15. 警視庁 (2021) 自主返納件数の都道府県別・月別の推移 . https://www.npa.go.jp/policies/application/license_renewal/pdf/rdtransition_monthly.pdf (参照日 : 2021 年 9 月 30 日)
 16. Kitabayashi, T., Demura, S., and Noda, M. (2003) Examination of the factor structure of centre of foot pressure movement and cross-validity. *Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science*, 22(6): 265-272.
 17. 国土交通省 (2021) 自転車活用推進計画 . https://www.mlit.go.jp/road/bicycleuse/good-cycle-japan/jitensha_katsuyo/ (参 照 日 : 2021 年 9 月 30 日)
 18. 国立健康・栄養研究所 (2012) 改訂版「身体活動のメッツ (MET s) 表」 . <https://www.nibiohn.go.jp/eiken/programs/2011mets.pdf> (参 照 日 : 2021 年 12 月 13 日)
 19. Li, L., and Caldwell, G.E. (1998) Muscle coordination in cycling: effect of surface incline and posture. *Journal of Applied Physiology*, 85(3): 927-934.
 20. Matsuda, S., Demura, S., and Uchiyama, M. (2008) Centre of pressure sway characteristics during static one-legged stance of athletes from different sports. *Journal of Sports Sciences*, 26(7): 775-779.
 21. 水本篤・竹内理 (2008) 研究論文における効果量の報告のために - 基礎的概念と注意点 - . *英語教育研究*, 31: 57-66.
 22. 内閣府 (2019) 平成 31 年度版高齢社会白書(概要版) 第 1 章 高齢化の状況 . p 3.
 23. Nordeen-Snyder, K.S. (1977) The effect of bicycle seat height variation upon oxygen consumption and lower limb kinematics. *Medicine and Science in Sports*, 9(2):113-117.
 24. Sanderson, D.J., and Amoroso, A.T. (2008) The influence of seat height on the mechanical function of the triceps surae muscles during steady-rate cycling. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 19(6): e465-471.
 25. 総務省 (2021) 統計からみた我が国の高齢者 . <https://www.stat.go.jp/data/topics/pdf/topics129.pdf> (参照日 : 2021 年 9 月 30 日)
 26. 竹島伸生・Rogers, M.E. (2010) 転倒予防のためのバランス運動の理論と実際 . ナップ . p 16.
 27. Tanaka, T., Noriyasu, S., Ino, S., Ifukube, T., and Nakata, M. (1996) Objective method to determine the contribution of the great toe to standing balance and preliminary observations of age-related effects. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 4(2): 84-90.
 28. 富山県 (2019) 富山県自転車活用推進計画 . <https://www.pref.toyama.jp/documents/8661/hpup-cycleplanr3revise.pdf> (参 照 日 : 2021 年 9 月 30 日)
 29. Park, S.H., Yi, C.W., Shin, J.Y., and Ryu, Y.U. (2015) Effects of external focus of attention on balance: a short review. *Journal of Physical Therapy Science*, 27(12): 3929-3931.

2021 年 9 月 30 日受付

2022 年 1 月 26 日受理