

徒手筋力計を使用した膝伸展筋力からみた身体特性

青木 孝哉¹⁾, 小出 益徳¹⁾, 大塚 亮¹⁾, 串原 礼²⁾, 稲垣 賢士郎³⁾,
小椋 瑠羽羅⁴⁾, 中川 大和⁵⁾, 東浦 麻由里⁶⁾, 渡部 凌雅⁷⁾,
田中 宏明¹⁾, 田中 千陽¹⁾, 柴山 靖¹⁾, 椿井 裕樹¹⁾

要旨

本研究の目的は、膝伸展筋力と全身筋力などの身体特性についての関連性について調べた。対象と方法は、健常な学生 28 名（男性 18 名、女性 10 名）に対して、握力、FRT, TUG, CS-30, 大腿周径, 歩数, 歩行率などの項目について測定した。結果は、膝伸展筋力と握力との間には相関が認められた。膝伸展筋力と握力以外の項目については強い相関が認められなかった。統計処理はピアソンの相関係数を用いて算出した ($*R>0.4$)。結論は膝伸展筋力と握力との間には関連性が認められた。

キーワード HHD 膝伸展筋力 握力

I. はじめに

歩行、階段昇降、起立動作などの日常生活動作と膝伸展筋力には相関関係があることが報告されている¹⁾。木村ら²⁾は、日常生活活動動作を支障なく遂行できる膝関節伸展筋力は、男性 11 N/kg, 女性 8 N/kg であると予測している。このように臨床においても膝伸展筋力の数値が指標となることが多く、歩行能力低下の原因や治療を行う際に重要となる。また、筋力評価のパラダイム変換がなされ、膝伸展筋力と移動能力の関連や筋力評価機器の観点から、客観性と利便性を兼ね備えた評価機器・評価方法についても検討がなされ、理学療法分野への有益性を論じられるようになってきた³⁾。今日我々は、膝伸展筋力を測定する手段として病棟や在宅などで使用されており、筋力を客観的に数値化することができるハンドヘルドダイナモメーター (Hand-Held Dynamometer: HHD) を使用した^{4), 5), 6)}。

簡易に行える検査項目と日常生活動作と関連がある膝伸展筋力の相関関係を確認し、HHD を用いることができない状態でも、その他の検査によって全身筋力などの身体特性の指標となる項目がみられるのではないかと考えた。

II. 予備実験

1) HHD の基礎的検討について

HHD は OG 技研社製アイソフォース GT310 を使用した。この機器は、把持部、受圧部、表示部で構成され、電池で作動するひずみ計を利用し、測定可能範囲が 500 N (200 lbs) で、感度が 0.1 N 単位の機能を備えている。HHD の測

1) ユマニテク医療福祉大学校 理学療法学科 2) 岩崎病院 3) 孝友クリニック
4) 富田浜病院 5) 済生会明和病院 6) 介護老人保健施設あのを

7) 伊勢慶友病院

定原理を図 1 に示す．関節運動は、筋の張力が骨に伝達されることにより、関節を中心に肢節が回転して動くことにより起こる．これをテコに当てはめると、筋張力はてこの力点に作用しレバーを動かし、それが関節という支点を中心にレバー（骨）を介して作用点に伝達される．HHD では、その作用点で発揮された力を検出し、最大値を筋力の大きさとして表示する．本研究を行なう前に筋力測定機器としての HHD の精度を確認した．具体的には、プラスチックの箱の中に紙粘土を流し込み、HHD を固定する装置を作成し、固定した HHD の上に重錘を漸増しながら直接置き、その時の HHD の測定値を記録した（図 2a, b）．

2) 測定時間の検討

本研究の趣旨を十分に説明し、同意を得た本校の健常な学生 8 名（男性 4 名，女性 4 名，平均年齢 20.1 ± 0.4 歳，平均体重 53.5 ± 8.6 kg，平均下腿長 28.0 ± 2.0 cm）を対象とした．利き足は右側 7 名，左側 1 名であった．計測手順は Daniels ら（2014）による方法⁸⁾に準じ，股関節 90° 屈曲位，膝関節 80° 屈曲位の肢位で行った．2000 年から 2010 年までの「徒手筋力計」をキーワードで医学中央雑誌⁷⁾を用いて検索を行い，ヒットした 190 文献のうち膝伸展筋力を対象にした 101 文献について計測時間について調べた．その結果，予備実験として対象とする計測時間（抵抗時間）を 2，3，5，7 秒が対象となった．この 4 条件で検討することとした．あらかじめ予行練習を行った．合計 2 回計測を行い，疲労の回復状況に配慮しながら 1 回目と 2 回目の間に 10 分間の休息時間を行った．抵抗のかけ方は等尺性収縮と求心性収縮の要素を含む Make テストとした．

結果は，計測時間 2 秒で 1 回目が 1.9 ± 0.4 N/kg，2 回目が 2.0 ± 0.4 N/kg で有意差はなかった．計測時間 3 秒で 1 回目が 1.7 ± 0.4 N/kg，2 回目が 1.7 ± 0.4 N/kg で有意差はなかった．計測時間 5 秒で 1 回目が 1.6 ± 0.4 N/kg，2 回目が 1.7 ± 0.4 N/kg で有意差（ $p < 0.05$ ）があった．計測時間 7 秒で 1 回目が 1.7 ± 0.2 N/kg，2 回目が 1.9 ± 0.2 N/kg で有意差はなかった．なお，統計処理は対応のある t 検定を用い，有意水準は 5% とした．

3) 固定ベルトの有無の検討

本研究の趣旨を十分に説明し，同意を得た本校の健常な学生 16 名 のうち男性群（男性 8 名：利き足は右側 7 名と左側 1 名，平均年齢 20.1 ± 0.4 歳，平均体重 55.9 ± 7.2 kg，平均下腿長 38.3 ± 2.0 cm）と女性群（女性 8 名：利き足は右側 8 名，平均年齢 20.0 ± 0.0 歳，平均体重 50.4 ± 6.1 kg，平均下腿長 34.8 ± 2.0 cm）の 2 群の膝伸展筋力を測定とした．肢位は Daniels ら（2014）による方法⁸⁾に準じ実施した．独自の座椅子に測定を床面から浮かして座り，ベルト固定を行う場合では，腰部固定ベルトと大腿遠位固定ベルトを用いて固定を行った．計測時間（抵抗時間）は 5 秒とした．あらかじめ予行練習を行った．測定の間には，休息（10 ～ 30 秒程度）を入れ，疲労の回復状況に配慮しながら実施した．抵抗のかけ方は Make テストとした．1 回目と 2 回目の間に休息

時間を 10 分とした。

結果は、男性群で固定ベルトありが 1.9 ± 0.6 N/kg，固定ベルトなしが 1.9 ± 0.4 N/kg で有意差はなかった。女性で固定ベルトありが 2.0 ± 0.3 N/kg，固定ベルトなしが 2.0 ± 0.4 N/kg で有意差はなかった。全体でも固定ベルトありが 1.9 ± 0.4 N/kg，固定ベルトなしが 1.9 ± 0.4 N/kg で有意差はなかった。統計処理は対応のある t 検定を行った。

4) 予備実験の考察及びまとめ

HHD の基礎的検討として、HHD の精度を確認した。測定時間の検討については、有意差のあった 5 秒を本実験で採用することとした。固定ベルトの有無の検討については先行文献の内容とほぼ同様の内容が得られた⁵⁾。

Ⅲ．本実験

1) 対象と方法

本研究の趣旨を十分に説明し、同意を得た本校在学中の健常な学生 28 名（男性 18 名と女性 10 名，平均年齢 19.2 ± 0.7 歳，平均身長 161.8 ± 8.3 cm，平均体重 57.0 ± 8.1 kg，平均 BMI 22.2 ± 2.7 kg/m²）を対象とした。利き足は右側 26 名，左側 2 名であった。HHD での膝伸展筋力の測定実施方法は Daniels ら (2014) による方法⁸⁾に準じ，運動方向を考慮した方法で，肢節の固定を確実にを行うと同時に，該当関節に運動が起こらないように抵抗の与え方を充分配慮した。測定時間は 5 秒以内（休息时间 1 分）とし，あらかじめ測定開始から 2～3 秒後に最大筋力になるよう練習した。測定回数は 2 回計測し，最大値を代表値として採用した。固定（抵抗）のかけ方は，Make テストを採用した。内外果直上 5 cm に HHD の受圧部を当て，ベルトを用いて固定を行った。

握力の測定実施方法は，自然な立位姿勢を保持し，上肢は自然に下げ，握力計は身体や衣服に接触しないように把持した。握力計の幅は第 2 指の近位指節間関節がほぼ直角になるように設定してから把持した⁸⁾。測定回数は 2 回測定し，最大値を代表値として採用した。しかし，握力の測定肢位は，立位と座位の両方で行われており，確立した方法はない。そのため肢位を変えて握力測定を行った場合，下肢筋力との相関にどういった影響を及ぼすのかを検討するために本実験を実施した。周径の測定実施方法は，利き足側の測定部位を明確にするためにペンなどでマークし，巻き尺は長軸方向に対して直角になるように皮膚に軽く当てた。膝蓋骨上縁から 15 cm の大腿部を測定した。CS-30 (Chair stand test) の測定実施方法⁸⁾は，高さ 40 cm の肘かけのない椅子に腰かけ，測定時の姿勢は肩幅程度に両下肢を開いた椅子座位姿勢を開始肢位とした。上肢は前胸部で組み，膝関節を $100^\circ \sim 110^\circ$ 屈曲位に設定し，裸足で足底は接地させ，はじめの合図でテストを実施した。座位姿勢から立ち上がり動作，立位姿勢をとり，再度座位姿勢となる一連の動作を 1 回とカウントした。30 秒間における反復回数の合計を測定値とした。測定回数は，練習を 1 回行った後，2 回測定し，最大値を代表値として採用した。FRT (Functional Reach Test) の測定実施方法は，身体の側面を壁に付け，両足を左右に開いて立ち，肩関節屈曲

90°まで上肢を挙上し、足を動かさずできるだけ前へ手を伸ばす。踵が浮いても良いが足を動かさずに、開始の位置から最も伸びた位置までの距離を第3指中手骨の末端にて計測した⁸⁾。測定回数は2回測定し、最大値を代表値として採用した。TUG (Timed Up and Go Test) の測定実施方法は、椅子座位の状態から開始の合図で立ち上がり、速歩にて3 m先のコーンを回り、ターンして再び椅子に座るまでの時間を測定する⁸⁾。測定回数は2回測定し、最小値を代表値として採用した。

2) 結果と考察

本実験にて男女の身長、体重、BMI、握力、FRT、TUG、HHD、大腿周径、CS-30の各測定項目について、統計処理はピアソンの相関係数を用いて算出し、図3と図4-a, bに示す。

HHDと握力について、男女ともに正の相関が認められた。膝伸展筋力と全身筋力は相関があると多く報告^{10), 11)}されている。

高齢者を対象とした先行研究より、TUGには膝伸展筋力と相関があるとされている¹²⁾。しかし、膝伸展筋力以外にも様々な要素があるとされている。本研究では、TUGとHHDにて男性で弱い負の相関、女性では相関は認められなかったため、TUGとHHDでの相関は認められなかった。その理由として、健常若年者であり膝伸展筋力以外の要素が強く関与しているのではないかと考えた。次に、TUGと握力について、男性は負の相関が認められ、女性は正の相関が認められた。一般にTUGは膝伸展筋群のみならず、起立・歩行・方向転換・着座に用いる全身の筋が関与するが今回我々の結果では男性でより筋力の要素との関連性が疑われ、女性ではよりバランスの要素との関連が疑われた。さらに、握力は下肢の筋力と相関が高いとされているため、全身の筋力の程度を知るための指標として用いられる。周径とHHDについて、男女ともに相関が認められなかった。膝蓋骨上縁から15 cmの大腿部は大腿全体の筋群の大きさを反映されている一方、皮下脂肪による誤差、また筋線維そのものに筋萎縮があっても結合組織に置換される。さらに筋厚や筋線維中に結合組織が入り込む形態学的な相違が認められることも散見され、不明な部分も多く、周径とHHDとの関連性が低いことが考えられた^{13), 14)}。HHDとCS-30では、男女ともに相関が認められなかった。その原因はCS-30は膝伸展筋力以外の要素も含まれる下肢全体の筋力を表すもので膝伸展筋を限定したわけではないためと考える。CS-30と握力では男性が弱い負の相関・女性は弱い正の相関が認められた。この理由として、椅子の高さを40 cmに統一してしまったため、下腿長の長い男性の方が女性に比べ、立ち上がりが行いにくい状態であったことが考えられた。HHDとFRTは、男女ともに相関は認められなかった。丸山らは、FRTは膝伸展筋力の要素よりもその他の筋群やバランス能力のサブシステムによる要素が強いことを報告しており、本実験でも同様のことが示唆された¹⁵⁾。

FRTと身長では男女ともに正の相関が認められた。FRTには、膝伸展筋力のみならず、股関節のストラテジーと体幹の前傾角度が関与しているとされており、さらに、股関節のストラテジーと身長との関連性が指摘されている¹⁶⁾。男

女の体重と BMI, 握力, HHD, 大腿周径との関連性として, 正の相関を示した. 握力は上肢全体の筋力を代表する粗大筋力検査として, 頻繁に臨床で使用されている^{10),17)}. また難しい動きを必要とせず, 短時間で労力をあまり必要とせず安全に測定することができる. 周径と筋力との関連性については即時的に左右差や経時的な筋肥大や筋萎縮を評価する指標となっている¹⁵⁾. 男性では体重に対して BMI, 大腿周径が正の相関を示した. 女性では身長と TUG は負の相関を示した. 体重に対して BMI, 大腿周径は正の相関を示した. BMI と大腿周径は正の相関を示した. 「体重は身体的全組織の充実度合を重さで表したもので, 身体の発育状態, さらに疾病・障害による萎縮が把握できる」^{18),19)}という点に着目して体重が筋力と関連するのではないかと推測した. さらに, 下肢筋力とバランスは相関するが, FBS (Functional Balance Scale) などは天井効果¹⁵⁾が示されており, 項目について検討したいと考える. 女性では, 体重に対して BMI, 大腿周径は正の相関を示した. BMI と大腿周径は正の相関を示した. CS-30 と TUG は負の相関を示した^{11),20)}. CS-30 と TUG は負の相関を示した. FRT と TUG は負の相関を示した.

IV. 追実験

本実験での反省点をもとに, 実験項目と方法を変更し, 追実験を実施した. 対象者の性別を本実験では男性と女性の両方を対象としたが, 追実験では対象を男性のみをとした. そして本実験を踏まえて, HHD と CS-30 の実験方法を再検討し, TUG を 10 m 歩行に変更した. HHD の変更点は, 固定力の不足が示唆されたことから, 固定力を上げて測定を行うこととした. さらに再現性を高めるために練習回数を増やした.

1) 対象と方法

本研究の趣旨に同意した本校在学中の健常な男性学生 10 名 (平均年齢 21.6 ± 3.0 歳, 平均身長 172.1 ± 6.5 cm, 平均体重 66.3 ± 14.8 kg, 平均 BMI 22.4 ± 4.7 kg/m²) を対象とした. 利き足は右側 9 名, 左側 1 名であった. 握力測定実施方法は, 本実験からの変更点として, 測定時の姿勢を立位から座位に変更を行った.

CS-30 の測定実施方法は, 前回の実験からの変更点として, 膝関節 90°の状態で大腿部が平行になるように座面の高さを調節した. その後, 膝関節を 110°屈曲位とし測定を行った.

10 m 歩行の測定実施方法は, 被検者は裸足で速歩にて 15 m 歩行させ, 中間の 10 m 間のタイムと歩数を測定した. 歩数は前額面と矢状面からビデオ撮影を行い, 算出した. 測定回数は練習を 1 回設けた後, 本番で 2 回計測し, 代表値を採用した.

2) 結果と考察

身長, 体重, BMI, 握力, CS-30, 10 m 歩行から算出した歩数, 歩行率の各項目について, 統計処理はピアソンの相関係数を用いて算出し, 図 4 に示す. 体重では, 握力, BMI との間で正の相関を示した. 10 m 歩行では歩行率と負

の相関を示した。HHD と握力では正の相関が認められた。本実験から握力の測定肢位を立位から座位に変更したことで、HHD と同様の肢位となり、さらに HHD の固定力を増加させたことで相関が高まったと考察した。HHD と歩数では正の相関、HHD と歩行率では負の相関が認められ、このことから、若年者では初速と終速には下肢筋力が必要であるとされているが、計測を行った中間の部分では下肢筋力はあまり用いないとされている²¹⁾。そのため、若年者を対象とした本実験では下肢筋力と歩数・歩行率では良好な結果は得られなかったと考えられる。

HHD と CS-30 では、相関が認められず、本実験の考察と同様の結果となった。本実験と追実験とを通して相関は認められず、さらに握力と CS-30 においても相関は認められず、本実験と同様の結果であった。相関値が減少した理由として、握力の測定方法を立位から座位に変更したことで全身の筋力がみられにくくなりになったことが原因であると推測した。追実験においての改善点として、周径、体重、BMI では筋を定量評価する必要があるが、本研究では不十分で今後の課題であると考察した。全体における改善点は関連性が認められなかった項目に関しては、今後データの積み増しをしていく必要があると考察した。そして被験者が少なかったため本研究では行うことができなかったが、被験者を各群に分けることで相関関係がより明確になるのではないかと考察した。

V. まとめ

HHD を使用した膝伸展筋力からみた身体特性について、簡易に行える検査項目を用いて若年者に対する測定を行い、それぞれの関係性について検討した。

このような加齢による筋力の低下は下肢、上肢、体幹の順に低下するため²²⁾、一番初めに低下する下肢筋力に対するアプローチが重要である。先行研究より膝伸展筋力の低下と全身筋力の低下には相関があるとされており、筋力の低下率を測定する際には HHD と握力を用いることが有用であった。

今後の展望については、筋力の加齢変化は、45 歳までは維持・増加するとされている²³⁾が、中高年以降は低下するとされており、そのため、筋力が低下する中高年の時期に運動習慣を設けることが重要であると考えられる。しかし、厚生労働省の調査より、20 歳から 64 歳の運動習慣は低いとされており、この理由として、加齢変化を実感していない、仕事が忙しく、運動習慣が設けられない環境であることが考えられる。健常中高年者でも日常生活の活動度が低下することで、廃用症候群やその準備状態に陥る可能性はあるとされているため、中高年からの予防が重要視されている。

謝辞

本研究を進めるにあたりご指導していただいたユマニテク医療福祉大学の先生方、本実験・追実験に参加・協力してくださった同校学生の皆様に対して深く感謝致します。

引用参考文献

- 1) 古西男,他:高齢女性における健脚度と膝伸展筋力の横断的調査.新潟医福誌 3(2):117-122, 2003
- 2) 木村靖男:高齢者の日常生活動作遂行能力と下肢筋力の関係.早稲田大学教育学部学術研究(教育・社会教育・体育学編)48:19-26, 2000
- 3) 山崎裕司,他:筋力評価におけるパラダイム転換.理学療法ジャーナル 35(4):247-252, 2001
- 4) Wang CY, et al: Test-retest reliability: Hand-held dynamometry in community dwelling elderly fales. Arch Phys Med Rehabil 83: 811-815, 2002
- 5) 加藤宗規,他:ハンドヘルドダイナモメーターによる等尺性膝伸展筋力の測定.総合リハビリテーション 29(11):1047-1050, 2001
- 6) 山崎裕司,他:膝伸展筋力評価における徒手固定の限界.総合リハビリテーション 35(11):1369-1371, 2007
- 7) <https://search.jamas.or.jp/> (閲覧日 2017 年 5 月 13 日)
- 8) Helen J., et al 著, 津山直一,他 訳:新・徒手筋力検査法第 9 版.協同医書出版社, 2014
- 9) 上月正博,他:リハビリテーション評価 Ver.3.医歯薬出版.145-153, 2016
- 10) 池田望,他:高齢者に行う握力測定の意義.西九州リハビリテーション研究 3:23-26, 2010
- 11) 金指美帆,他:若年女性の下肢筋力と中間広筋厚の関連および握力の測定意義.ヘルスプロモーション理学療法研究 3(4):173-176, 2014
- 12) 中谷敏昭,他:一般在宅健常高齢者を対象としたアップアンドゴーテストの有用性.日本運動生理学雑誌 15(1):1-10, 2008
- 13) 梶上信夫,他:周径の信頼性・筋力と周径の関係-.理学療法学 17(3):242-246, 1990
- 14) 江玉睦明,他:大腿直筋の筋・腱膜構造の特徴・肉ばなれ発生部位との関連について-.厚生連医誌 24(1):34-37, 2012
- 15) 丸山薫,他:高齢者における膝伸展筋力と FBS 項目との関係.理学療法・臨床・研究・教育 13:15-20, 2008
- 16) 辻修嗣,他:側方リーチテストの再現性と動的バランス評価の適応.理学療法科学 32(4):543-547, 2017
- 17) 甲斐義浩,他:下肢周径の測定値と下肢筋力および筋組織厚の関連.理学療法科学 23(6):785-788, 2008
- 18) 和才嘉昭,他:測定と評価第 2 版.医歯薬出版:83-90, 1987
- 19) 江崎千恵,他:地域在住高齢者の大腿周径および大腿四頭筋筋厚と大腿四頭筋筋力との関連.理学療法科学 25(5):673-676, 2010
- 20) 池田望,他:地域在住女性高齢者の握力と身体機能との関係.理学療法科学 26(2):255-258, 2011
- 21) 金俊東,他:加齢による下肢筋量の低下が歩行能力に及ぼす影響.体力科学

49: 589-596, 2000

22) 安田俊広,他: 中高年の筋力トレーニングは有効か. 総合臨床 48(10): 2435-2436,1999

23) 市橋則明,他: 中高年向けの体力テスト. 京都大学医療技術短期大学部紀要. 別冊, 健康人間学 9: 40-45, 1997

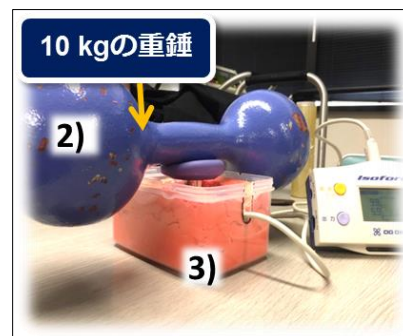
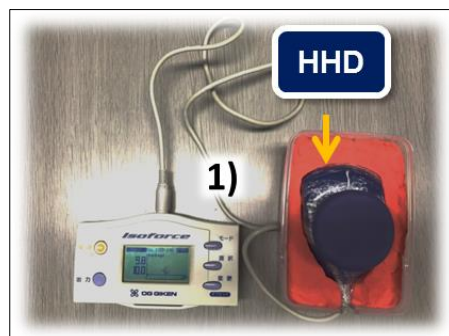


図 1 徒手筋力計の測定原理

図 2-a

図 2-b

図 2-a, b 徒手筋力計のキャリブレーション a: 上からの図, b: 横からの図

項目	体重	身長	BMI	握力	FRT	TUG	HHD	周径	CS-30
体重		-0.23	0.61	0.55	-0.01	-0.09	-0.09	0.62	0.12
身長			-0.42	-0.3	0.42	-0.06	-0.18	-0.26	0.13
BMI				0.03	-0.17	0.22	0.08	0.94	0.32
握力					0.18	-0.4	0.48	0.01	-0.24
FRT						-0.51	-0.16	-0.12	-0.1
TUG							-0.25	0.17	-0.11
HHD								0.21	-0.04
周径									0.34
CS-30									

図 3 各項目での相関関係

項目	体重	身長	BMI	握力	FRT	TUG	HHD	周径	CS-30
体重		0.19	0.86	0.25	-0.09	0.03	-0.2	0.79	0.49
身長			-0.34	0.15	0.5	-0.53	0.11	-0.28	0.06
BMI				0.19	-0.33	0.29	-0.25	0.9	0.45
握力					0.29	-0.41	0.4	-0.09	-0.25
FRT						-0.62	0.03	-0.36	0.11
TUG							0.06	0.25	-0.56
HHD								-0.49	-0.25
周径									0.38
CS-30									

図 4-a 各項目での男性の相関関係

項目	体重	身長	BMI	握力	FRT	TUG	HHD	周径	CS-30
体重		0.19	0.86	0.25	-0.09	0.03	-0.2	0.79	0.49
身長			-0.34	0.15	0.5	-0.53	0.11	-0.28	0.06
BMI				0.19	-0.33	0.29	-0.25	0.9	0.45
握力					0.29	-0.41	0.4	-0.09	-0.25
FRT						-0.62	0.03	-0.36	0.11
TUG							0.06	0.25	-0.56
HHD								-0.49	-0.25
周径									0.38
CS-30									

図 4-b 各項目での女性の相関関係

項目	体重	身長	BMI	握力	歩行率	歩数	HHD	周径	CS-30
体重		0.19	0.86	0.25	-0.09	0.03	-0.2	0.79	0.49
身長			-0.34	0.15	0.5	-0.53	0.11	-0.28	0.06
BMI				0.19	-0.33	0.29	-0.25	0.9	0.45
握力					0.29	-0.41	0.4	-0.09	-0.76
歩行率						-0.62	0.03	-0.36	0.11
歩数							0.06	0.25	-0.56
HHD								-0.49	0.75
周径									0.38
CS-30									

図 5 各項目での男性の相関関係