

令和 3 年度 姫路市大学発まちづくり研究助成事業

「歩行の見える化」で継続的な運動習慣の構築
－実感できる健康づくり－

報告書

令和 4 年 3 月

姫路獨協大学・医療保健学部
安全な歩行を科学する運動研究会

目次

| | |
|----------------------------|----|
| 1. はじめに | 2 |
| 2. 背景 | 2 |
| 3. 考案した体操..... | 4 |
| (1) 血圧体操..... | 4 |
| (2) バランス体操..... | 7 |
| (3) 歩行体操..... | 9 |
| 4. 体操の効果の実証方法 | 12 |
| (1) 血圧の測定 | 12 |
| (2) バランスの測定 | 12 |
| (3) 歩行の測定 | 13 |
| 5. 体操の実施と測定 | 15 |
| (1) 対象者 | 15 |
| (2) 研究方法..... | 16 |
| 6. 測定結果とそれぞれの意義 | 17 |
| (1) 血圧体操の結果と意義 | 17 |
| (2) バランス体操の結果と意義..... | 19 |
| (3) 歩行体操の結果と意義 | 23 |
| 7. 参加者へのアンケート | 29 |
| 8. 研究のまとめ、改善点と今後の展望 | 31 |
| (1) 血圧体操..... | 31 |
| (2) バランス体操..... | 31 |
| (3) 歩行体操..... | 31 |
| (4) 体操の改善と体操教室の今後の展望 | 32 |
| 謝辞 | 33 |
| 参考文献 | 34 |

1. はじめに

本報告書は、健康の維持増進を目的とした体操の提言である。昨今の社会情勢では、高齢化が進み、超高齢化の社会となりつつあり、健康寿命の重要性がいわれている。しかし、健康寿命を積極的に伸ばすツールは、運動、食事と睡眠がキーワードになることには疑義はないが、それらに注意して生活を開始すべき年齢や方法はとなるとはっきりとした答えがあるわけではない。雇用が延長され、より高齢までの就労が叫ばれる中で、健康状態も継続させることもより意識されるべきことである。

高齢化社会の中で、高齢になれば体操や食事に注意を払いましょう、そのための介護予防プログラムを準備してというのでは、厚生労働省が示す「健康寿命」が男性の 72.68 歳、女性で 75.38 歳では、仕事を終えれば既に健康寿命がそこに来ていたことになり、より早い時期からの健康のための施策が必要ではないだろうか。

そこで本研究では、健康を損なう原因としての転倒を減らすべく、「歩行の見える化」ツール等の方法を中心として、体操による効果が期待できる血圧の減少と、バランス能力の向上を目指した体操を提案し、効果検証しようとするものである。

2. 背景

姫路市が実施された生涯現役アンケート調査（50 歳以上の市民対象）では、「健康づくりへの関心は年代を問わず高く、健康のために何らかの取組をしている人が 7～8 割を占める一方で、自分や家族の健康に悩みを有する人も 5～6 割程度おり、『健康のために取り組んでいることが十分な効果を発揮していない』、『健康づくりに関心はあるものの何をすればよいか分からない』といった状況が生じている可能性が示唆された。」とされている。また一方、高齢者の寝たきりになる原因の 1/3 は高齢による衰弱、転倒・骨折と関節疾患を合わせたものであり、ストレスに弱い「フレイル」という括りでまとめられるものであり、要介護の原因の 1/3 を占めるといわれている。

また転倒の原因としてはバランス能力の低下があるが、転倒および転倒不安と関連する因子として、高齢者の体力としては下肢筋力が注目される事が多いが、平瀬らは平衡機能と下肢筋力には関係があるとしている。山田は平衡機能の低下が転倒と関与していることを指摘している。また、橋詰らも加齢とともに平衡機能能力が低下することを指摘しており、たとえ転倒を生じない場合でも転倒に対する恐怖や不安を生じ、生活範囲が狭くなること予測される。そのために、高齢者の体力向上、転倒の予防には筋力の増強とともに、バランス能力の改善が

必要と考えられている。

死亡原因として、成人以降の第一位は悪性新生物（癌、悪性腫瘍）であるが、特に 55 歳以上では第二位と三位は心疾患と脳血管障害である。これら疾患の予防としては血圧の管理が必要であり、喫煙、食事と運動が日常生活での改善が可能である。

つまり、血圧を下げ、転倒しないバランス機能を獲得し、骨折しない歩行をすることが健康長寿に結びつくといえる。それらの改善になるような体操、運動を市民に提供することが、今後の姫路市のみならず、多くの町村、県そして国の事業として必要であることは周知のことであり、実際に多くの市町村で工夫された体操教室等を市民に提供されている。

大切なことは、それらバランス能力、血圧と歩行が体操によりどう変わったかを市民に感じてもらえるようにすることであり、そのような取り組みができれば、体操の効果のエビデンスが明確になるはずである。しかしながら、歩行と筋力、歩行と認知の関係等についての調査研究はあるが、転倒に繋がる歩行を正しく指導しているというモデルはない。それは、「歩行が見える化」する方法がなく、またはあったとしても 3 次元測定装置や、ビデオからの解析を伴う研究室での方法であり、体操をして直ぐに歩行の何がどのように変わったかを、参加者に見える形でフィード・バックする手法がなかったからである。

本研究では、血圧の特定には血圧計、バランスの測定には重心動揺計を用い、歩行には膝関節角度の変化が即時に見てわかる「歩行みえる化ツール(グンゼ(株))」を用いることで、体操の前後で効果が即時に体操参加者に分かるようにしたことで、体操効果を科学的にも参加者に実感してもらうことが可能になるものと考えている。

3. 考案した体操

背景で説明した健康に効果のある体操として、血圧体操、バランス体操と歩行体操の3種類を考案した。

それぞれの体操の所要時間は、6分から7分であり、強度としては低強度からやや強い程度となっている。

体操は、動画のビデオを作成し、その動画を参加者は見ながら、指導者が適宜注意点を説明しながらのものである。

体操の原案は、当グループのメンバーが立案し、動画作成にあたり天理大学体育学部 舞踏学専門の塚本順子教授の指導のもと、天理大学創作ダンス部の梅谷佳以、藤井薫の演技より作成し、ピアノ伴奏は姫路獨協大学の田中麻貴講師が担当して収録した。

(1) 血圧体操

血圧は、心臓の収縮力と末梢の血管抵抗により決まる値である。心臓は体全体に血液を配分し、行きわたらせるために収縮するが、収縮力が強いと血液が押し出される力は大きくなり、その押し出す力が収縮期血圧となる。また、心臓が収縮していない時でも体中の動脈は血液で満たされており、特に脳の動脈で血液が不足すると虚血状態になり、脳の酸素、栄養不足を引き起こすことから、心臓が収縮していないときにもある一定の圧で血管を圧迫していることになり、この圧が弛緩期血圧であり、一般的には前者が最高血圧、後者が最低血圧と呼ばれる。ある一定の圧、つまり正常圧は身体機能を維持するために必要であるが、圧が高すぎると高血圧という状態であり、血管を破壊し、脳では脳出血の原因となる。

降圧のためにはストレッチが有効であるとする報告があるが、ストレッチは筋を伸ばすことだと一般的には理解されているが、同時にすべての動脈を含む、筋に供給されるすべての血管も伸ばされ、動脈の硬さを減らすと抵抗が少なくなり、血圧を下降させると考えられている。

考案した体操は、大血管をストレッチし、手指などの毛細血管の動きを高め、大きな関節を動かすことで血流を改善しようとするものである。

準備運動



体を前方、側方、後方とゆっくりと倒す

頸部と上肢
のストレッチ



頸部を左右に回旋させる運動

その動きを上肢も一緒にする

股関節内側の
ストレッチ



椅子の背を反対の手でもち、
ゆっくりと膝を曲げて、
右股関節の内側を伸ばす

股関節内側の
ストレッチ



ゆっくりと膝を曲げて、
反対足のハムストリングスを伸ばす

股関節の屈曲



ゆっくりと股関節を曲げ、
持ち上げる

図 1. 血圧体操

手指の握り
開き



足指の握り
開き



足首を下へ



しっかりと足の背を伸ばす

図 1. 血圧体操(続き)

(2) バランス体操

転倒および転倒不安と関連する因子として、体力面では下肢筋力が注目される事が多いが、平衡機能の低下にも原因があるとされ、加齢とともに平衡機能能力が低下することが指摘されている。よって高齢者の体力向上、転倒の予防には筋力の増強とともにバランス能力の改善が必要と考えられ、様々な検査方法、トレーニング方法が考案され実践されている。平衡機能の向上を目的とした運動には、バランスボール等の利用による運動の効果が示されており、転倒予防では立位での姿勢調整運動が必要と考えられる。

考案した体操は、立位での運動であり、高齢者にはやや難易度が高いかもしれないが、できる範囲でもらう事を前提とて、比較的若年層から挑戦的に取り組んでもらいたい内容を含んでいる。

重心左右移動



体重を左踵に寄せ
右を浮かせている
左右で行う

爪先立ちからの
体前屈



爪先立ちで手を挙げ
ゆっくりと降ろしながら
手を膝まで持っていく

両足一直線
バランス



両足を一直線にして立つ
できれば目を瞑り
左右の足を入れ替えて各10秒

図 2. バランス体操

ゆっくり足上げ
前 横 後



ゆっくりと足を上げをする
前 横 後
前後は左右で行う

片足立ち
手は4点へ



左足で立てば左手で
椅子の座面の4隅を順番に
タッチしていく（左では時計周り）
左右で行う

タオル跨ぎ



右足を越させて、戻す
左右で行う

跨ぎ越し
戻る



右足越して、左足も前
右足戻して、左足も戻す
左右で

その場足踏み



足指は浮かしておく
最初は開眼
二度目は閉眼

その場で回転



目を閉じて、その場で10カウントで
一周する
左右で行う

図 2. バランス体操(続き)

(3) 歩行体操

昨今問題になっているサルコペニアは、加齢や疾患により筋肉量が減少することで、下肢筋・体幹筋など全身の筋力低下が起こり、歩くスピードが遅くなる、杖や手すりが必要になるなどのものであり、これらの運動の機能障害、機能低下が要介護の原因の 1/3 を占めるといわれている。しかし、歩行を改善しようとする体操は、ストレッチや筋力増強を坐位でするものが多く、立位で、または歩行を意識した体操の紹介は僅少である。

考案した体操は、歩行を改善する要素を盛り込み、実施後には歩行が変わったと意識ができる内容になっている。

膝を回す



右回し
左回し

膝を開いて前で
閉じる



膝を開いて前へ
前で閉じて戻す

膝を前に出して
開いて戻す



図 3. 歩行体操

腰を回す



手は骨盤で、ゆっくりと腰を回す
左右で

腰を前に出す

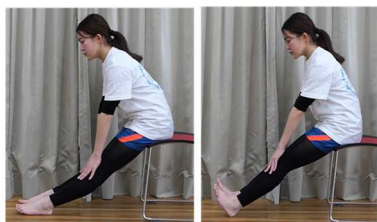


足首の運動



踵を中心に足首で左右に捻る

膝裏のストレッチ



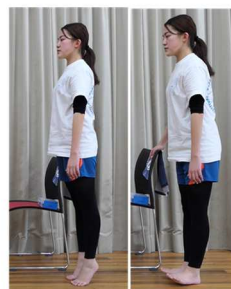
最初は足は自然に
2回目は足首をそろせて
振動は付けずに、手で太ももの上を
なぞるように前屈する

足上げ



右ひじには右ひざを付けようとする
反動を付けずに足の力で上げる

踵上げ
つま先反らし



軽く椅子の背を持っても良い

図 3. 歩行体操(続き 1)

スクワット



指を太ももの上を滑らせて
次第に深い角度にする

ボックス跨ぎ



リズムカルに自分のペースで

図 3. 歩行体操(続き 2)

4. 体操の効果の実証方法

体操を考案しても、その体操が効果的かどうかを実証する必要がある。多くの健康体操では、その体操を継続して経時的に変化を追うことで効果判定をしているが、体操教室を開催したら、その場で改善の効果が実感できることが、効果の「見える化」である。

(1) 血圧の測定

血圧の測定は、自動血圧計(オムロンデジタル自動血圧計 HEM-1000、 図 4)を使用した。



図 4. 自動血圧計(オムロンデジタル自動血圧計 HEM-1000)

測定は、各測定時において坐位で暫く安静時間を取り、各回とも 2 回測定して、より低い値を測定値とした

(2) バランスの測定

バランスの測定は重心動揺計 (GRAVICODER GS-31P、 アニマ社) を用いた。この器機は荷重点が 3 点であり、水平面上の二等辺三角形の頂点に置かれた 3 個の垂直荷重センサー値から、垂直荷重の作用中心点を求め、これを水平面での足圧中心 (center of foot pressure : CoP) として計測を行うものであり、位置精度は ± 1 mm 以内、サンプリング周波数は 20Hz である(図 5)。

測定条件は平衡機能検査法基準化委員会の内容にもとづき山本等が示した方法に則し、検査室は検査の実施前後を含めて静かで、明るさが均一な自然光として、音や視刺激の影響を排除した。また、足位は両足内側を接しての直立とし、両上肢は体側に自然に接する姿勢である。記録の開始は直立位で安定した後、10s から 15 s 経過後からの 30 s 間を測定し、測定開始と終了の合図はしていない。測定は開眼として注視点は設けずに実施した。

測定項目

測定項目は総軌跡長、外周面積、矩形面積、実効値面積であり、総軌跡長を時間で除すことで単位時間軌跡長が、総軌跡長を外周面積で除すことで単位面積

軌跡長を求められる。

総軌跡長 (cm) は、CoP の移動軌跡の全長であり、単位時間軌跡長 (cm) は、総軌跡長の単位時間 (1 s) あたりの CoP の移動距離である。

外周面積 (cm²) は 30 s 間に CoP の軌跡が表した外周により囲まれた面積である。

矩形面積 (cm²) は、Cop の軌跡の左右方向と前後方向のそれぞれの辺の最大幅により形作られる方形の面積である。実効値面積 (cm²) は、CoP を周期波形とみなして、その実効値を半径とした円の面積であり、次の式で求められる。

$$S = \left(\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{n=1}^n \{(AXn - AXmean)^2 + (AYn - AYmean)^2\}} \right)^2 \times \pi$$

S: 実効値面積

n: 計測データ数

単位面積軌跡長 (1/cm) は、総軌跡長を外周面積で除した値である。

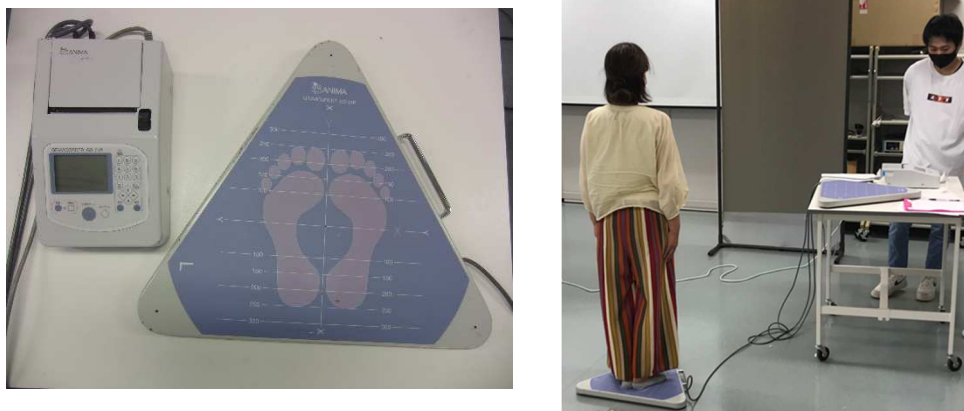


図 5. 重心動揺計と測定の様子

(3) 歩行の測定

歩行を改善する体操を考案したとしても、効果判定を簡便に行う手法がなく、3次元測定装置や、ビデオからの解析を伴う研究室での方法が現行のものである。それらの方法では、一般市民が参加者の場合、体操の効果を実感してもらえない。

歩行の測定には数量的な指標として、歩行速度、歩幅、ケイデンス(1分間当たりの歩数)があるが、正しい歩行、効率的な歩行には歩容も重要であり、特に膝の動きは歩容において重要である。その膝の動きの測定には、サポータータイプの膝の角度計(グンゼ(株))を用いて、歩行中の膝関節角度がどのように変化する

るかを測定した(図 6)。



図 6. サポート式測定器

5. 体操の実施と測定

(1) 対象者

本研究では、一般にいわゆる高齢者になる手前の年代に体操を行ってもらい、その効果を判定し、体操を構築していくものである。対象は、中高年者であるが、あくまでも個々の被験者でどのように歩行が改善するかをみるものであり、健康状態、歩行状態に不安のあるヒトを対象者にするものではない。対象者は概ね 45 歳から 65 歳程度の健康な男女とし、参加者には、不安なく日常生活を送れていることを確認して申し込んでもらうこととした。

①選定（適格）基準および除外基準

除外基準は実験への参加の意思を表明してから測定日までにおいて、日常生活上での不安が生じた者となる。その場合は自己申告として実験への参加を辞退してもらうこととする。

②症例数及びその根拠

研究対象者は 25 名であり、体操の開発が主眼となる本研究においては、測定と体操指導が研究遂行者の直接の管理下で行える程度の人数としている。また、歩行の改善が認められる体操を構築していくのが目的であり、統計的な観点ではなく、能動的に、安全に実践できる人数とした。

実際の参加者は、2 回の開催で 15 名であった。計画としては、全 3 回の教室を予定していたが、令和 2 年以降の新型コロナウイルスの影響があり、令和 4 年 1 月の実施予定の教室は延期としている。

参加者全体の属性は表 1 の通りであった。

表 1. 健康教室参加者の基本情報

| ID | 性別 | 年齢 | 身長 | 体重 |
|--------------|----|------|------------|------|
| A1 | 女 | 59歳 | 156cm | 50kg |
| A2 | 男 | 63 | 175 | 69 |
| A3 | 女 | 68 | 163 | 52 |
| A4 | 男 | 61 | 170 | 73 |
| A5 | 女 | 54 | 155 | 67 |
| A6 | 女 | 57 | 158 | 42 |
| B1 | 女 | 59 | 152 | 43 |
| B2 | 女 | 54 | 157 | 47 |
| B3 | 女 | 53 | 158 | 50 |
| B4 | 男 | 62 | 172 | 74 |
| B5 | 男 | 58 | 171 | 68 |
| B6 | 男 | 60 | 174 | 73 |
| D1 | 女 | 61 | 157 | 58 |
| D2 | 男 | 61 | 168 | 68 |
| D3 | 女 | 71 | 153 | 45 |
| 平均 | | 60.1 | 163.1 | 59.2 |
| A,Bは10/15の参加 | | | Dは11/18の参加 | |

(2) 研究方法

研究全体は、血圧とバランスの測定と体操、歩行の測定と体操を順次行うものであるが、参加者全体として所要時間を90分以内と想定し、以下順で進行した(図7)。

今回の測定においては、新型コロナウイルスの影響があり、感染対策が求められる時期であり、入室前にはアルコールで手指を消毒し、マスク着用での実施であった。

体操と測定の実施 進行予定表

| | | 経過時間(分) | | | | | | | | | | | |
|-----|------|---------|---|---|------|----|----|------|----|----|------|----|----|
| 参加者 | | 3分 | 6 | 9 | 12 | 15 | 18 | 21 | 24 | 27 | 30 | 33 | 36 |
| A1 | 歩行測定 | | | | 歩行体操 | | | 歩行測定 | | | | | |
| A2 | | | | | 歩行体操 | | | 歩行測定 | | | | | |
| A3 | | | | | 歩行体操 | | | 歩行測定 | | | | | |
| A4 | 歩行測定 | | | | 歩行測定 | | | 歩行体操 | | | 歩行測定 | | |
| A5 | | | | | 歩行測定 | | | 歩行体操 | | | 歩行測定 | | |
| A6 | | | | | 歩行測定 | | | 歩行体操 | | | 歩行測定 | | |

↕

| | | | | | | | | | | | | |
|----|----------|------------|--------|--|--|--|------|--|--|--|------------|----------|
| B1 | 血圧 測定 | 重心動揺 測定 | バランス体操 | | | | 血圧体操 | | | | 重心動揺 測定 | 血圧 測定 |
| B2 | | | バランス体操 | | | | 血圧体操 | | | | | |
| B3 | | | バランス体操 | | | | 血圧体操 | | | | | |
| B4 | | | バランス体操 | | | | 血圧体操 | | | | | |
| B5 | | | バランス体操 | | | | 血圧体操 | | | | | |
| B6 | | | バランス体操 | | | | 血圧体操 | | | | | |

図7. 体操と測定の進行表

6. 測定結果とそれぞれの意義

測定結果にもとづき、それぞれの結果数値の意義と体操の効果について検証した。

(1) 血圧体操の結果と意義

血圧は、一般的に最高血圧と呼ばれる心臓の収縮期血圧と、最低血圧と呼ばれる拡張期血圧がある。

結果としては、運動前より後の方が収縮期血圧、拡張期血圧とも低下する傾向を示した。尚、両者には統計的な差はなく、今回の結果からは、今回の体操の後では血圧が低下する傾向があることが示されたと解釈される。また、一般的な高血圧とされる基準は収縮期血圧が 135 mmHg、拡張期血圧が 85 mmHg 以上とされており、今回の参加者の平均では正常範囲内といえる。

表 2. 運動前後での血圧の変化

| 被験者 | 収縮期血圧 | | 拡張期血圧 | |
|-----|---------|-------|-------|------|
| | 運動前 | 運動後 | 運動前 | 運動後 |
| a1 | 105mmHg | 112 | 65 | 76 |
| a2 | 138 | 139 | 86 | 88 |
| a3 | 137 | 122 | 82 | 75 |
| a4 | 165 | 162 | 101 | 100 |
| a5 | 126 | 117 | 73 | 70 |
| a6 | 98 | 97 | 58 | 53 |
| b1 | 120 | 92 | 74 | 60 |
| b2 | 142 | 125 | 95 | 91 |
| b3 | 134 | 122 | 86 | 79 |
| b4 | 133 | 142 | 82 | 75 |
| b5 | 110 | 105 | 66 | 61 |
| b6 | 136 | 137 | 94 | 88 |
| d1 | 124 | 126 | 90 | 89 |
| d2 | 170 | 166 | 78 | 97 |
| d3 | 154 | 159 | 94 | 97 |
| | 134.8 | 128.2 | 81.6 | 79.9 |

心臓が収縮して血液を追い出すときの収縮期血圧は、心臓の収縮力に依存するのに対して、拡張期血圧は末梢血管が固くなると抵抗が大きくなり高くなる傾向を示す（図 8）。

分時拍出量(1 分間あたりの心拍出量)は、心臓の収縮力と心拍数で規定されるが、血管が硬くなる動脈硬化の進行により収縮期の血圧も拡張期の血圧も高くなる傾向があり、運動の効果は血管の硬さを緩和し、血液がスムーズにながれるようにすることである。

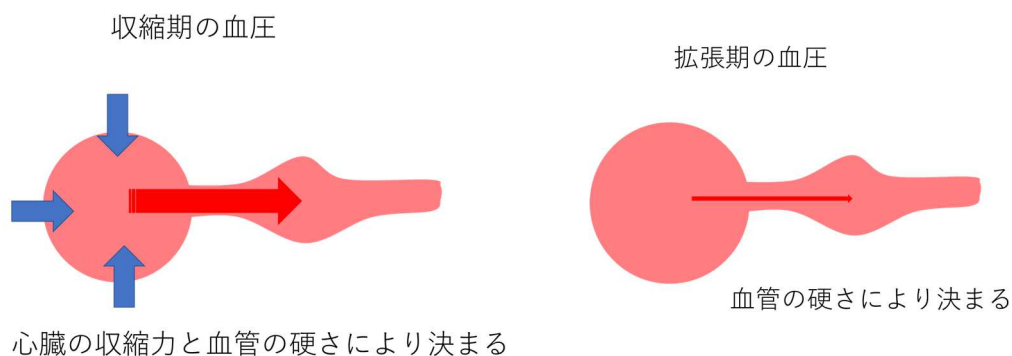


図 8. 収縮期血圧と拡張期血圧

左：収縮期血圧のイメージ図

右：拡張期血圧のイメージ図

今回の体操では、運動の前後で血圧は低下していた。統計学的には有意差が示される変化ではなかったが、今回の体操の強度は比較的軽度なものであるが、一般的には運動による交感神経の賦活は予測されることから、血圧が上昇せずに低下したこと、血管の伸長がはかられた可能性が示されたものと考えられる。

(2) バランス体操の結果と意義

昨今の高齢化社会で増加し続けている高齢者の転倒は、ADL 能力に障害を与える大きな原因となっている。また健康な高齢者でも転倒、骨折する可能性があり、その場合は長期入院を余儀なくされ、骨折しない場合でも再転倒への不安から外出が少なくなるなど身体活動量が低下する。転倒および転倒不安と関連する因子として、体力面では下肢筋力が注目される事が多いが、平衡機能の低下にも原因があるとされ、加齢とともに平衡機能能力が低下することが指摘されている。よって高齢者の体力向上、転倒の予防には筋力の増強とともにバランス能力の改善が必要と考えられ、様々な検査方法、トレーニング方法が考案され実践されている。平衡機能の向上を目的とした運動には、バランスボール等の利用による運動の効果が示されており、転倒予防では立位での姿勢調整運動が必要と考えられる。

今回、発案した体操は立位での動作が多く、比較的若年層(40歳代より60歳代程度)を想定したものになっている。平衡機能は40歳頃をピークとして低下するものであり、筋力であれば比較的年齢が高く開始しても筋力の増強は可能であるが、神経学的な要素の大きい体力であり、40歳代以降から開始する必要があると考えられる。そのような年代からの開始を想定した場合は、「やや難しい」体操内容を含むことも許容されると考えている。しかし、体操は安全第一であり、個々の能力に応じて椅子を活用する等の工夫は必要である。

表 3. 重心動揺計の各項目の全国平均

| 参加者の性別と年齢 | 参加者の性別と年齢における全国平均値 | | | | |
|-----------|----------------------------|--------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------|
| | 外周面積 (cm ²) | 総軌跡長 (cm) | 矩形面積 (cm ²) | 実効面積 (cm ²) | 総軌跡長/ 外周面積 (1/cm) |
| 53歳 女 | 2.0 | 37.5 | 5.6 | 1.4 | 19.0 |
| 54 女 | 2.0 | 37.5 | 5.6 | 1.4 | 19.0 |
| 54 女 | 2.0 | 37.5 | 5.6 | 1.4 | 19.0 |
| 57 女 | 2.1 | 40.4 | 8.7 | 1.6 | 19.1 |
| 59 女 | 2.1 | 40.4 | 4.7 | 1.6 | 19.1 |
| 59 女 | 2.1 | 40.4 | 8.7 | 1.6 | 19.1 |
| 61 女 | 2.5 | 44.3 | 6.7 | 1.7 | 20.9 |
| 68 女 | 2.6 | 45.1 | 8.7 | 1.8 | 17.7 |
| 71 女 | 3.7 | 56.4 | 8.4 | 2.4 | 17.4 |
| 58 男 | 1.8 | 50.8 | 5.6 | 1.2 | 28.1 |
| 60 男 | 2.8 | 54.5 | 7.5 | 1.9 | 19.3 |
| 61 男 | 2.8 | 54.5 | 7.5 | 1.9 | 19.3 |
| 61 男 | 2.8 | 54.5 | 7.5 | 1.9 | 19.3 |
| 62 男 | 2.8 | 54.5 | 7.5 | 1.9 | 19.3 |
| 63 男 | 2.8 | 54.5 | 7.5 | 1.9 | 19.3 |
| | 2.5 | 46.9 | 7.1 | 1.7 | 19.7 |
| 60.8 男平均 | 2.7 | 53.9 | 7.2 | 1.8 | 20.8 |
| 60.4 女平均 | 2.3 | 42.2 | 7.0 | 1.7 | 18.9 |

体操効果の比較としては、運動前後のデータを解釈すればよいが、年代毎に平均的な値が違うことから、今回の参加者のデータとその年齢年代毎のデータを使い今回の参加者の平均と値を算出した(表 3)。その結果と、今回の参加者の結果の平均を比較した(表 4)。

表 4. 体操前後での重心動揺計での計測値の比較

| | 外周面積 (cm ²) | | 総軌跡長 (cm ²) | | 矩形面積 (cm ²) | | 実効面積 (cm ²) | | 総軌跡長/外周面積 (1/cm) | |
|---------|----------------------------|------|----------------------------|-------|----------------------------|------|----------------------------|------|---------------------|-------|
| | 体操前 | 後 | 体操前 | 後 | 体操前 | 後 | 体操前 | 後 | 体操前 | 後 |
| 参加者の平均値 | 2.30 | 1.84 | 46.47 | 40.73 | 6.15 | 4.94 | 1.57 | 1.35 | 21.66 | 22.55 |
| 参考標準値 | 2.5 | | 46.9 | | 7.1 | | 1.7 | | 19.7 | |

今回考案した体操を行うことで、重心動揺計により測定した結果から、面積に関する指標項目と総軌跡長値は減少し、総軌跡長を外周面積で除した単位面積軌跡長は増加していた。中間以降では増加した。平衡機能の改善は転倒予防と関係し、転倒予防のプログラムとして筋力増強訓練単独やバランス運動単独での効果は期待できず、単一の運動種別として転倒予防の効果があるのは太極拳のみとされている。太極拳の動きは重心位置を保ちつつのゆっくりとした動きであるが、転倒予防には全身的な動きの速さではなく、動きの中での調整力が必要と推察される。今回の体操は、立位でのものであり、自分の重心をコントロールする動きを中心に構成しており、全身の大きな動きではなく、絶えず重心をコントロールすることが求められるものである。

今回測定結果として示した、面積関係のイメージは、矩形面積では図 9 左のように、体重心が足を置いた平面上で動いた軌跡の前後・左右の値の席であり、他の面積の項目よりも大きな値になる。それに対して外周面積は、重心が描いた軌跡の外周でなぞった内側の面積となる(図 9 右)。

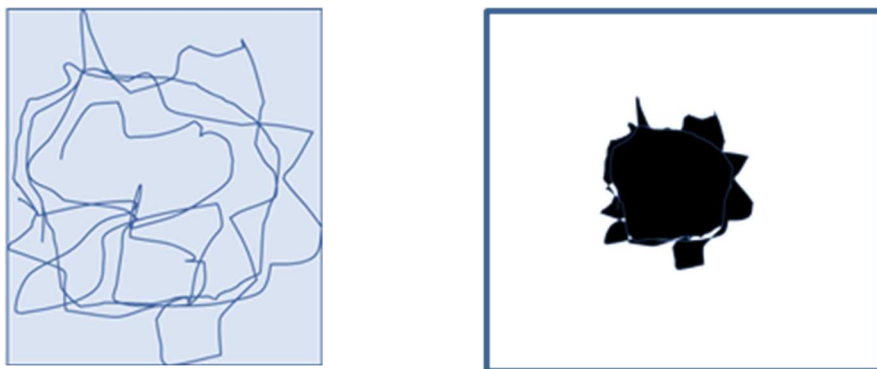


図 9. 矩形面積と外周面積の違い

左：矩形面積 右：外周面積

実効値面積は計算により求められるが(13項参照)、イメージ的には重心が動いた範囲の平均的な位置を示したものである(図 10)。

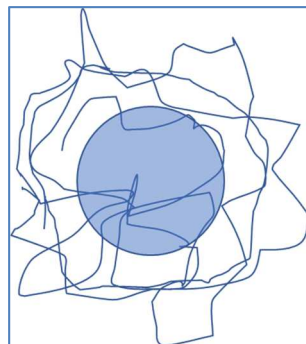


図 10. 実効値面積のイメージ

総軌跡長は、矩形面積や実効値面積の図中の線を引き伸ばした長さである。

単位面積軌跡長は、その総軌跡長を外周面積で除したものであるが、そのイメージを図 11 に示した。

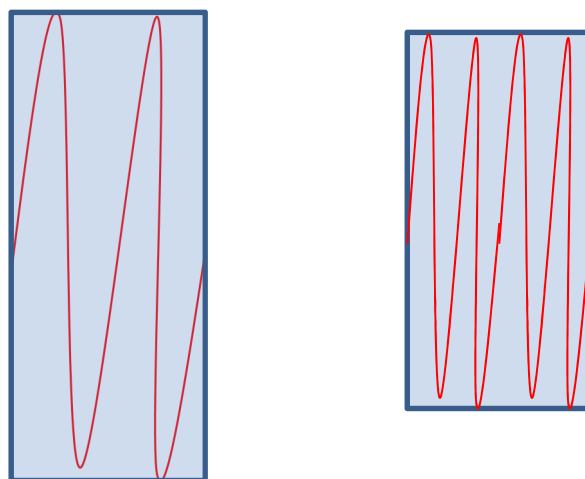


図 11. 単位面積軌跡長のイメージ図

外周は面積を、中の赤線は総軌跡長を示すが、赤線の長さは左右とも同じである。それにより、総軌跡長が同じでも面積が狭くると、単位面積軌跡長は大きくなる。

総軌跡長を外周面積で除した単位面積軌跡長は、 1cm^2 面積内にある移動距離の平均値を示しているが、その値が大きいことは体重心の単位時間内の移動距離が大きいことを示すものであり、動揺面積は縮小しているにも関わらず速く微細な動きをしているものと解釈される。反対に動揺の幅・面積が大きくても体重心の動きが緩慢な場合は、相対的に単位面積軌跡長は小さくなる。

統計的には、体操前後での総軌跡長と矩形面積には有意差が認められ ($p < 0.05$)、外周面積では体操前後での差がある傾向があった ($p < 0.1$)。単位面積軌跡長では差があるが統計的なものではなかった。

これらのことより、今回考案したバランス体操により、面積に関する項目と総軌跡長は減少していることは統計学的にもその傾向があることは示唆されたが、単位面積軌跡長の差は統計的とはいえませんが、参加者の傾向としては増加することが示された。このことは、今回のバランス体操により、重心は安定する傾向にあり、そのために微細な調整力が向上したものと考えられる。大川らは体重心動揺における単位面積軌跡長は直立姿勢制御の微細さ、固有受容性姿勢制御の働きを示すパラメーターとして期待できるとしているが、今回の測定結果から、考案した体操により微細な調整力の向上があったものと考えられ、固有受容性姿勢制御の働きが賦活されたものと考えられる。

(3) 歩行体操の結果と意義

数的な測定項目は、歩行速度(1分間あたりでの歩行距離)、歩幅(一側踵から対側の踵までの距離)とケイデンス(1分間当たりの歩数)である。それぞれの値には年代毎の標準値が示されており、重心動揺の処理と同様に、年代毎の平均値と体操教室の参加者を比較したところ、今回の参加者は平均的な値より各項目について歩行能力が高い結果であった。これは、参加者が健康体操に参加しようという意識の高さがあったこと、また体操に参加した事が速く歩く動機付けとなっている可能性はある。

体操の前後の各測定項目において増加の傾向が認められた。特に、歩幅と歩行速度は、体操前後で比較して統計学的にも有意な変化が認められた ($p < 0.05$)。しかし、ケイデンスは比較的变化が乏しく、統計学的な差はなかった、ケイデンスは歩行時の1分間の歩数のことであり、各人において固有リズムがあり、そのリズムは年齢による変化も小さいことが知られている。つまり、歩行速度も速くなっているが、それは歩幅の変化が寄与するものであり、歩幅は体操により股関節、膝関節の動きが良くなった、筋力が歩行に適した形で発揮され、歩行がよくなったものと考えられる。

表 5. 歩行の体操前後での変化

| | 歩幅(cm) | | 速度(m/min) | | ケイデンス(steps/min) | |
|--------|--------|------|-----------|------|------------------|-------|
| | 体操前 | 後 | 体操前 | 後 | 体操前 | 後 |
| 参加者(女) | 66.2 | 69.5 | 83.0 | 88.7 | 125.4 | 127.5 |
| 参加者(男) | 74.7 | 77.3 | 89.9 | 92.4 | 120.2 | 119.5 |
| 参考値(女) | 54.2 | | 68.4 | | 1224 | |
| 参考値(男) | 63.6 | | 75.6 | | 117 | |

歩行速度等は数値として結果を示すことができるが、「歩き方」「見た感じで良い、悪い」は観察者の主観によるものが大きい。しかしながら股関節や足関節であれば、歩行中の動きを視覚的捉えても、「よく動いている」、「大きく動いている」等と、その動きを表現することは可能である。それは、股関節や足関節はその解剖学的な強固さより、歩行中に関節が瞬間的な動揺をすることはほとんどなく、視覚的に捉えた動きと実際の動きは一致するからである。しかし、膝関節は大腿と下腿が靭帯と筋で連結されているだけであり、関節の動きには個人差が生じる。歩行中に、踵が地面に着くときには膝は伸びた状態であり、そこから次第と膝は曲がり、ちょうど中間の位置では接地側の最大の膝屈曲となる。そこから、地面を押すことで前方へ体重移動するわけであるが、その時には膝は伸び

ていく。そして、地面を押した足が地面から離れると大きく膝は屈曲し、前に振り出され、反対側の踵が接地する。その基本的な波形を図 12 に示した。膝関節の歩行中の動きの大きさとタイミングは、視覚的な方法だけでは測定に限度があり、機器を使用する必要がある。大規模な機器を用いる方法は、大学等の研究機関内では可能であるが、フィールドワークとして使用することは現実的でない。

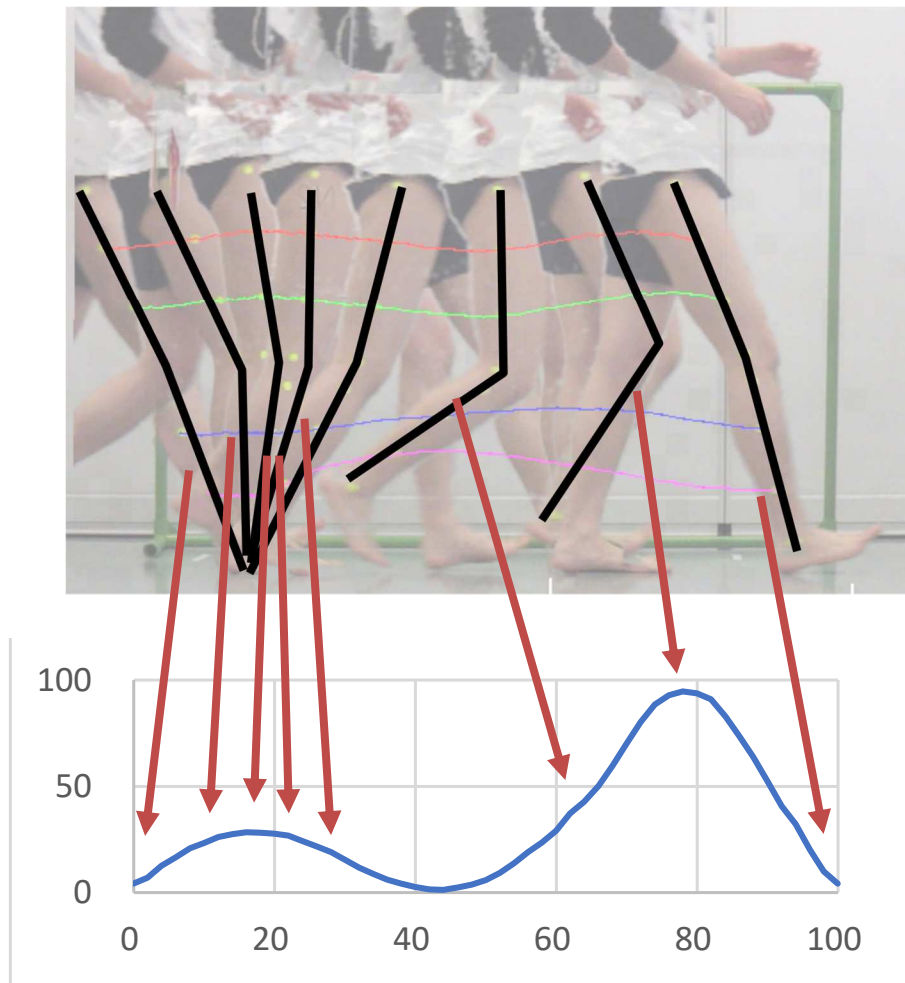


図 12. 歩行中の膝関節角度の変化(正常例)

歩行中の膝関節の角度変化は、グンゼ(株)が機器を開発し、姫路獨協大学医療保健学部山本研究室と共同で臨床応用を研究し実用化を目指している膝関節に装着した角度センサーにより連続的な波形として測定する方法を用いて観察した。測定した角度変化は即時にコンピューターの画面で確認できるものであり、参加者に歩行直後に膝の動きの角度変化を波形として、「見える化」しているものである (図 13)。



図 13. 歩行中の膝関節角度の変化の測定

図上：膝関節角度を描写したコンピューター画面の例

図下：膝角度変化のモデル類型

即時的に膝関節角度の変化を捉えることができれば、正常な関節角度の変化からの相違などより、滑らかな動きかどうか、筋力不足が生じていないかどうか、関節の動きに制限はないかどうか等を波形より見つけ、参加者にフィード・バックすることが可能となる。

山本により正常な波形と、異常波形がパターン別に示されており（図 14）、今回の参加者の歩行中の波形より、参加者個々の膝関節のパターン分類をした。

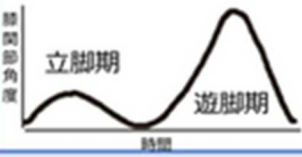
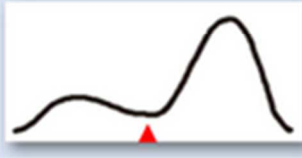



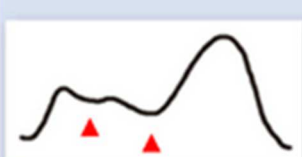
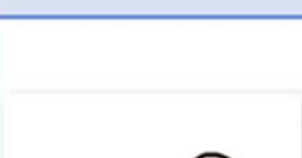
| パターン | 膝角度波形 | 特徴 |
|------------------------------------|---|---|
| 1 正常パターン |  | <ul style="list-style-type: none"> 適切な足の運び方が出来ています。 今の歩き方を継続しましょう。 |
| 2 蹴り出し不足パターン |  | <ul style="list-style-type: none"> 足が地面から離れるタイミングで膝が曲がったままで、十分なキックが出来ていません。 地面から離れるタイミングで膝を伸ばして十分なキックをするとともに、反対足の振り出しを意識しましょう。 |
| 3 膝が伸び切らず接地するパターン |  | <ul style="list-style-type: none"> 足が地面に着くときに膝が十分に伸びていません。 地面に着くときに膝を伸ばすことを意識しましょう。 上半身が前かがみになっていないか確認しましょう。 |
| 4 接地時に膝が曲がったままのパターン |  | <ul style="list-style-type: none"> 足が地面に着いている時に膝が曲がったまま（又は伸ばしたまま）になっています。 膝の曲げ伸ばしを意識しましょう。 かかとの柔らかい靴を履くと、接地後に膝が曲がりやすくなります。 |
| 5 接地後の屈曲がふた山パターン |  | <ul style="list-style-type: none"> 足で体を支えている時に、膝の正常な屈曲以外に小さな屈曲が見られます。 かかとの柔らかい靴を履くと、接地後の膝屈曲がスムーズになる可能性があります。 |
| 6 蹴り出し不足&接地後の屈曲がふた山パターン |  | <ul style="list-style-type: none"> No.2とNo.5の複合型です。 地面から離れるタイミングで膝を伸ばして十分なキックをするともに、反対足の振り出しを意識しましょう。 かかとの柔らかい靴を履くと、接地後の膝屈曲がスムーズになる可能性があります。 |
| 7 膝が伸び切らずに接地&接地時に重心を持ち上げているパターン |  | <ul style="list-style-type: none"> 足が地面に着く時に既に膝が曲がっていて、その後膝を伸ばしながら体の重心を持ち上げています。 地面に着くときに膝を伸ばすことを意識しましょう。 上半身が前かがみになっていないか確認しましょう。 かかたが高い靴の場合、低い靴に変えると良いでしょう。 |

図 14. 歩行中の膝関節の正常パターンと異常類型

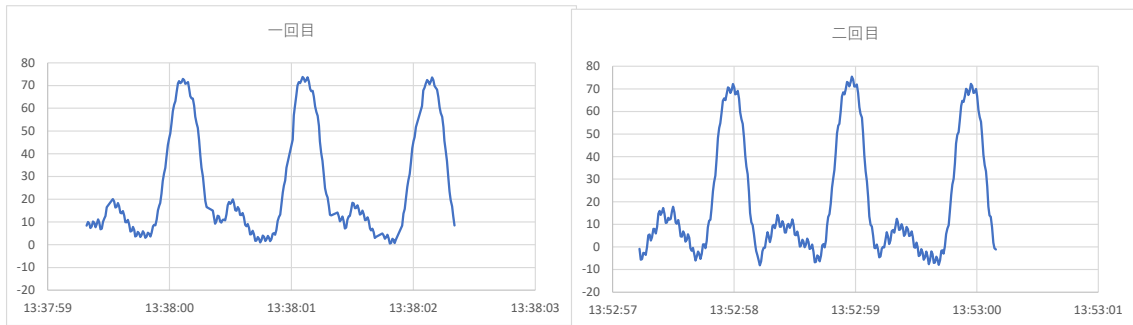
参加者の体操前後でのパターンの変化は表 6 のようになり、大きな変化はなかった。

表 6. 膝関節角度の変化パターン

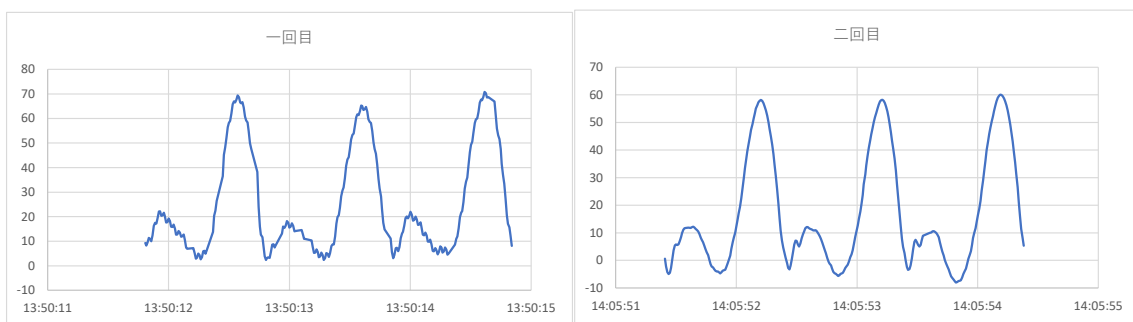
| 被験者 | 膝関節のパターン分類 | |
|-----|------------|-----|
| | 体操前 | 体操後 |
| a1 | 1 | 1 |
| a2 | 1 | 1 |
| a3 | 6 | 6 |
| a4 | 1 | 6 |
| a5 | 5 | 5 |
| a6 | 1 | 1 |
| b1 | 1 | 1 |
| b2 | 6 | 6 |
| b3 | 2 | 2 |
| b4 | 3 | 1 |
| b5 | 5 | 5 |
| b6 | 5 | 2 |
| d1 | 5 | 5 |
| d2 | 1 | 1 |
| d3 | 5 | 5 |

全体での変化は、体操前後での顕著な差はなかったが、個々の参加者においては波形のパターン変化とまではいえないが、より良好（正常パターンに近い）な変化を示す例が多くあった(図 15)。

参加者 a1



参加者 a6



参加者 b6

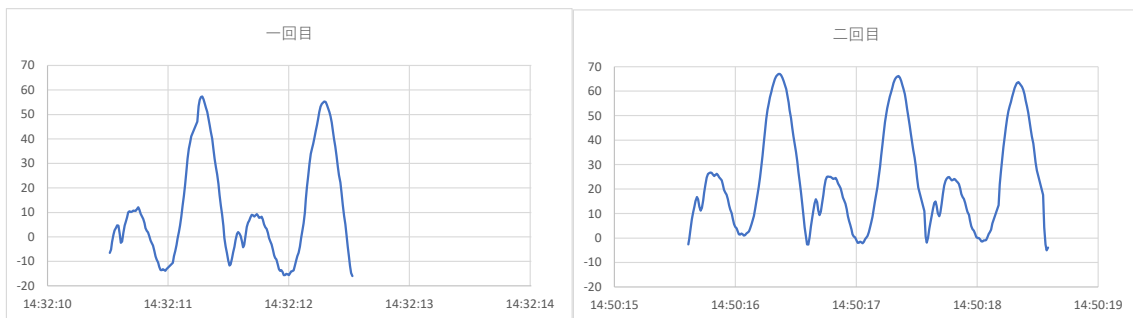


図 15. 膝角度の変化のパターン例

全例とも全体の傾向では変化なく、パターン変化としていないが、いずれも正常波形に近づく変化をしている

7. 参加者へのアンケート

参加者へは、体操及び測定結果についてアンケート調査を実施した(図 16)。アンケートは各体操の内容と、全体の内容についてである。また、アンケートは 10 月 15 日の参加者に対して行い、その結果にもとづいて体操内容の変更、実施方法の変更を予定した。

「歩行の見える化」で継続的な運動習慣の構築 ～実感できる健康づくり～ アンケート用紙

氏名：

| 項目 | | ご回答欄 (該当する箇所を○で囲んで下さい) | | | | |
|---------|---|---------------------------|---------|-----------|------------|-----------|
| | | 強く当てはまる | やや当てはまる | どちらとも言えない | あまり当てはまらない | 全く当てはまらない |
| 歩行体操・計測 | 歩行で気になることがある | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| | 体操はわかりやすかった | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| | 体操の運動強度は強かった | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| | 体操の効果がありそうに感じる | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| | 自分の歩行の特徴を理解できた | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| | 体操前後で、自分の感覚とデータは一致した | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| | 歩行パターンに興味を感じた | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| | 装具を装着しても普段通り歩けた | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| | 今後も継続して計測してみたい | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 血圧体操 | 体操はわかりやすかった | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| | 体操の運動強度は強かった | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| | 血流が良くなった（良くなりそうな）感じがする | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| バランス体操 | 体操はわかりやすかった | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| | 体操の運動強度は強かった | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| | 重心が安定したように感じる | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| プログラム全体 | プログラム前後で、からだ全体の動きが変わった | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| | プログラムに継続して参加するとしたら健康づくりに繋がると思う | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| | 今後このようなプログラムがあれば参加したい | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 自由意見 | (興味を感じた点、楽しいと感じた点、改善した方がよい点など、率直なご意見を頂けると嬉しいです) | | | | | |

図 16. アンケート用紙

アンケートを集計した結果は、図 17 の通りであった。

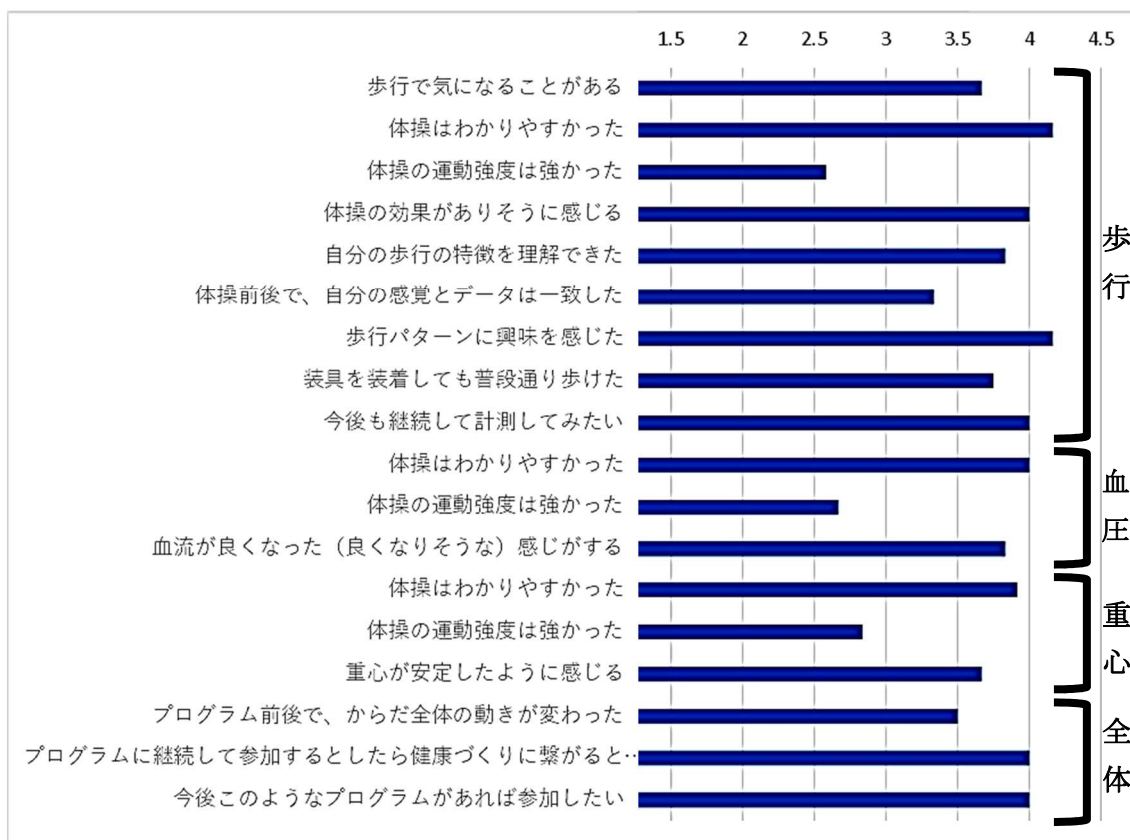


図 17. アンケート結果集計

また、自由意見では下記の記載があった。

- ・ バランス体操ですが、最初にしたので当初のみこみに手間どりました。
- ・ 最初に「何回する」「交互にする」「左から」等の事前アナウンスがあると理解しやすかったかと思います。
- ・ 重心測定は自然に立つのか、意識して起立するのかわによって変わる可能性があるかと思われます。
- ・ バランス体操のつま先の説明（上げ下げ）をもう少し見やすくしていただいたら良いと思う。
- ・ 運動は本当に分かりやすく良かったです。
- ・ むずかしく、あまり理解できなかった。
- ・ 事務職がいましたがなぜですか。専門家ならわかりますが、データをのぞくのはいかがかかと思っています。

8. 研究のまとめ、改善点と今後の展望

(1) 血圧体操

今回の体操では、運動の前後で血圧は低下していた。今回の体操の強度は比較的軽度なものであり、血圧を上昇させる交感神経の作用が比較的緩徐な状態で、血管の伸長がはかられた可能性が考えられる。一般的に、軽度な運動であっても交感神経はその程度に応じて亢進し、血圧は高くなるのが正常反応である。測定においては運動後 10 分程度経過してから測定であったが、血圧の低下の傾向が認められたこと、アンケート結果にも「血流が良くなった」というイメージあり、身体的な変化が科学的に証明されたということまではいえないが、心理面も含めて体操に一定の効果があったと考えられる。

今後は体操を続けることで、長期的な変化を検証する必要がある、今後の課題である。

(2) バランス体操

バランス体操前後では、統計学的にも変化が示されており、短期的な効果はあったものと考えられる。アンケート結果でも、「重心が安定したように感じられる」という記載もあり、個人の印象の問題はあるが、継続していくことで、バランス機能の向上は期待できるのではないだろうか。そのことが、転倒防止につながることを期待しているのであるが、長期的なフォローが必要であり、継続した体操を参加者に定着させることが今後の課題である。

(3) 歩行体操

歩行の良し悪しは、数量的に評価できるものと、質的に評価できるものがある。歩行はヒトの最も基本的な動作であるといえ、歩行の測定方法は近年のコンピュータ機器の発展、画像解析機器の向上により、目覚ましい伸展があった分野である。

数量的には、歩幅、速度やケイデンスを指標とすることが多く、今回の測定においても、歩幅と速度は体操の前後で向上していた。

一方、質的な歩行の観察方法として、歩行分析では矢状面、前額面と水平面での観察が必要であり、そのための方法として近年では、クラスター法が発展してきており、理論的には 3 次元的にいずれの方向からも動作を観察できるようになってきている。この方法は体に多くの蛍光マークを貼り、それをカメラで撮影し、そのデータをデジタル化するものであるが、比較的広い範囲が必要となり、専用のスタジオや大学・研究機関で使用する人が多い。しかし、歩行で最も観察が難しいのは膝関節の動きであり、その動きを正確に測定しようとする bone pin による方法がある。この方法は骨に直接金属ピンを挿入し、X 線によ

り撮影するものどあるが、機器の問題以上に倫理的な問題が予測されるだけでなく、実際的には歩行全体を記録することは困難である。

今回の測定では、グンゼ(株)が開発した膝サポート型の角度センサーを用い、膝の屈曲伸展の一軸の観察ではあるが、簡便に、また即時的に結果を得る方法を用いた。歩行中の関節の関節で最も重要なのは膝関節であり、その屈曲・伸展動作である。

今回の測定では、歩行直後に参加者の各々の歩行中の膝角度の変化を示すことができ、体操効果を判定するのに役立つものと考えられる。アンケート結果でも、今回の膝サポート型の器具は装着の違和感も少なく、有効な機器となる可能性も示唆された。

今後は体操を続けることで、長期的な変化を検証する必要があり、測定機器の使用上の簡便と、正確さの向上が求められる。

(4) 体操の改善と体操教室の今後の展望

初期段階で作成したビデオ動画は、当研究会の学生スタッフが被験者となり体操を紹介したが、アンケート結果でも、一部の体操では動きのタイミングや方向が不明瞭な部分があった。その反省を活かして今後を活用すべく、天理大学体育学部の創作ダンス部に協力を依頼し、より分かりやすく、楽しめる動画に改善しているが、今後とも改善に取り組むとともに、他の体操動画の作成にも取り組みたいと考えている。

作成した動画は DVD 化し、姫路市の各所での活用を想定している。また、本研究会のある姫路獨協大学の講座「獨協講座」では継続して、または市民センター等での教室の開催を通して、姫路市の市民の健康長寿に貢献できればと考えている。

謝辞

今回の研究は、市民の健康長寿をどのように大学発として提案できるかを模索したものであり、担当部局である市民局生涯現役推進室の担当者には、計画段階からの助言、指導を賜りましたこととお礼申し上げます。

また、健康体操の動画の作成においては、当研究会の学生スタッフが原案を作り、それを基にして天理大学体育学部の塚本順子教授に助言を頂きながら体操の最終版としていきました。その体操演技は、同大学の創作ダンス部の梅谷佳以、藤井董の両氏に担っていただきました。深謝申し上げます。

参考文献

(1) 血圧に関する文献

Hiroshi Murayama, Erika Kobayashi, Shohei Okamoto et. al : National prevalence of frailty in the older Japanese population: Findings from a nationally representative survey. Archives of Gerontology and Geriatrics, Aug 9-91, 2010.

田中 みどり, 菅原 基晃, 小笠原 康夫, 他 : 中等度強度の定期的有酸素運動が動脈の硬さに与える効果, 心臓, 47(2), 157-164, 2015.

榎本 雪絵 : 健やかな生活を続けるための運動のポイント, 杏林医学会雑誌, 45(2), 69-70, 2014.

Hotta Kazuki, Kamiya Kentaro, Shimizu Ryosuke, et al. : Stretching Exercises Enhance Vascular Endothelial Function and Improve Peripheral Circulation in Patients With Acute Myocardial Infarction, International Heart Journal, 54(2), 59-63, 2013.

久木山 清貴 : 加齢による血管皮非機能障害の機序に関する研究, 日本老人医学会誌, 38(4), 491 - 493, 2011.

(2) バランスに関する文献

平瀬 達哉, 井口 茂, 塩塚 順, 他 : 高齢者におけるバランス能力と下肢筋力との関連性について 理学療法科学, 23(5), 641-646, 2008.

橋詰 謙, 伊東 元, 丸山 仁司 : 立位保持能力の加齢変化, 老年医学会雑誌, 23(1), 85-92, 1986.

望月 久 : 理学療法におけるバランスの捉え方 —概念・評価・改善へのアプローチ—, 理学療法学, 32(4), 192-196, 2005.

山田 拓実 : 高齢者の平衡機能と運動療法, 理学療法ジャーナル, 41, 25-33, 2007.

中谷 敏昭, 灘本 雅一, 森井 博之 : 身体動揺に及ぼすバランスボール・トレーニングの効果, 体力科学, 50, 643-646, 2001.

渡辺 行雄, 肥塚 泉, 山本 昌彦, 他 : 平衡機能検査標準化のための資料—2006 年平衡機能検査表診断基準化委員会答申書, 及び英文項目—,

Equilibrium Research, 65, 468-503, 2006.

猪飼 哲夫：中高年者の動的バランス機能評価，リハビリテーション医学，39, 311-316, 2002.

片平 清昭，岩崎 祥一：立位姿勢における身体動揺と足底部位圧，姿勢研究，7, 7-12, 1987.

竹井 和人，村田 伸：足趾機能と静的・動的バランスとの関連、理学療法ジャーナル，2, 13-19, 2009.

橋詰 謙：立位保持能力の加齢変化，日老医誌，23(1), 85 -92, 1986.

猪飼 哲夫：高齢者における転倒の要因と対策—福祉のまちづくり研究，6(1), 1-5, 2004.

大高 洋平：高齢者の転倒予防の現状と課題，日本転倒予防学会，1(3), 11-20, 2015.

伊井 公一，山中 健行，鈴木 一弘，他：転倒低リスク高齢者における転倒要因と転倒予防に向けた一考察—，理学療法科学，32（6）. 763-767, 2017.

今岡 薫，村瀬 仁，福原 美穂：重心動揺検査における健常者データの集計，Equilibrium Res. Suppl., 12, 1-84, 1997.

(3) 歩行に関する文献

中村 隆一，斎藤 宏，長崎 浩：基礎運動学(第6版)，医歯薬出版，2003.

Amigo RL.: Observation Gait Analysis, Rancho Los Amigo National Rehabilitation Center, 2001.

山本 洋之，柳田泰義：歩行立脚期の膝関節角度変化の多様性について，理学療法科学，26(2), 269-273, 2011.

(4) 参考とした体操

・テレビ体操 NHK

・リズム体操 NHK

- ・ 自衛隊体操 陸上自衛隊
- ・ ご当地体操マップ 厚生労働省
ホームページ内で各種体操が紹介されている

令和 3 年度 姫路市大学発まちづくり研究助成事業

「歩行の見える化」で継続的な運動習慣の構築－実感できる健康づくり－
報告書

令和 4 年 3 月 発行

安全な歩行を科学する運動研究会（姫路獨協大学）

| | | |
|--------|--------|------|
| 山本 洋之 | 医療保健学部 | 教授 |
| 山中 悠紀 | 医療保健学部 | 准教授 |
| 西山 拓実 | 医療保健学部 | 4 回生 |
| 是常 竜甫 | 医療保健学部 | 4 回生 |
| 大村 悠三 | 医療保健学部 | 4 回生 |
| 後藤 楓未 | 医療保健学部 | 3 回生 |
| 土井 健太郎 | 医療保健学部 | 3 回生 |