

労働災害と関連する運動機能評価用スマートフォンアプリケーションの開発と実装

研究分担者 高野賢一郎 関西労災病院

研究分担者 野村卓生 関西福祉科学大学

研究要旨：高齢者雇用安定法が改正(2012年)され、65歳までの雇用機会が確保されるようになった。また休業4日以上労働災害による死傷者において、高齢労働者(60歳以上)が占める割合も増加傾向にあり、その対策は喫緊の課題である。本研究班は高齢労働者が安全に働くための基礎的条件となる身体機能評価法の確立を目指している。データベース解析により、安全な労働と関連するのは、2ステップ値/片脚立位時間/歩行速度であり、転倒災害防止の評価に必要な身体機能は椅子立ち上がり/片脚立位時間であることが示唆されたため、これら身体機能の計測をパーソナルスペースで実施する体制が整備されれば、産業衛生の現場での負担を軽減することが可能となる。そこで我々は歩行速度、片脚立位時間、椅子立ち上がり時間を計測するスマートフォンアプリケーションを開発した。これにより、転倒災害の高リスク者を抽出することが可能になった。本年度は、転倒災害の高リスク者を想定した転倒災害を予防するための職場で実施できる簡易的な運動プログラムの開発を行い、企業において実装した。

#### A. 研究目的

高齢者雇用安定法が改正(2012年)され、65歳までの雇用機会が確保されるようになった。また休業4日以上労働災害による死傷者において、高齢労働者(60歳以上)が占める割合も増加傾向にあり、その対策は喫緊の課題である。本研究班は高齢労働者が安全に働くための基礎的条件となる身体機能評価法の確立を目指している。データベース解析により、安全な労働と関連するのは、2ステップ値/片脚立位時間/歩行速度であり、転倒災害防止の評価に必要な身体機能は椅子立ち上がり/片脚立位時間であることが示唆されたため、これら身体機能の計測をパーソナルスペースで実施する体制が整備されれば、産業衛生の現場での負担を軽減することができる。そこで我々は歩行速度、片脚立位時間、椅子立ち上がり時間を計測するスマートフォンアプリケーションの開発を行い、転倒災害の高リスク者を抽出することが可能になった。

そこで転倒災害の高リスク者を想定した転倒災害を予防するための職場で実施できる簡易的な運動プログラムの開発を行い、企業において実装した。

なお高野は退職に伴い、研究分担者として活動した期間はR2-3年度である。

#### B. 研究方法

バランス能力は、静的バランス能力と動的バランス能力に大別される。前者、安定した状態におけるバランス能力であり、後者は動作を伴うなど不安定な環境下で姿勢を調整し維持する能力であるとされるが、動的バランス能力の考え方は多様に存在し、環境や測定条件によって異なるとされている。このため、動的バランス能力の評価指標はいくつか存在する。単一の動作課題として片脚立位検査、Functional reach Test)、Timed Up and Go Testなどがあり、複数の動作課題として Bergbalance scale (以下、BBS)がある。これらは、ある課題の遂行度で表されるパフォーマンステストであり、臨床場面や地域における機能評価指標として使用されている。

特に、片脚立位検査は開閉眼といった視覚的な情報をコントロールすることで、時間ロンベルグ率(閉眼片脚立位時間/開眼片脚立位時間)を算出し、視覚的代償の程度について測定できるため、使用頻度の高い測定方法である。しかし、片脚立位検査は、10秒、60秒、120秒と上限値を設定し測定するため、天井効果を示しやすく一定以上のバランス能力を有する対象者において、その能力差を弁別することが困難な方法である。

これらに対して、動的バランス能力の評価は、重心（足圧中心）動揺計を用いても測定（以下、重心動揺検査）が可能である。重心動揺検査は、立位時の重心動揺について精密に測定することが可能であり、姿勢保持の可否や安定性、保持時間、重心動揺面積が求められる。しかしながら計測を簡易に行うことは難しいため、スマートフォンに搭載されたジャイロセンサーを用いた評価などで代用可能か検討する必要がある。

まず本研究では29～61歳の健常者50名（男性29名、女性21名）を対象に重心動揺計と開発したスマートフォンアプリケーションとの互換性に関して検討した。

さらに転倒災害の高リスク者を想定した転倒災害を予防するための職場で実施できる簡易的な運動プログラム（職場体操）を開発して、企業において実装した。

職場体操を開発は、我々2名のほかに、整形外科専門医（岡敬之氏）、職場での運動指導経験が豊富な理学療法士（浅田史成氏）、アスレチックトレーナー（乍智之氏）の計5名の体制（以下、「専門家チーム」）で行った。まず、転倒災害の防止に加えて、業務上疾病で最も多い腰痛災害の防止、また、肩こりの防止を加味したプログラムとすることが重要であることで一致した。そこで、転倒・腰痛・肩こり防止を念頭に置いたプログラムを開発し企業において実装した。

ベースラインと体操実施3か月後にアンケート調査と体力測定を実施した。1回目のアンケート調査項目は基本情報、記載の1か月前からの転倒歴、記載時の身体不調（視力障害・高血圧・めまい・腰痛・肩こり・ストレス）の程度、作業能力とし、2回目のアンケート項目は、上記に加え、業務量の変化、体操の実施率と感想、体操の効果とした。体力測定はJFEスチール株式会社西日本製鉄所倉敷地区ヘルスサポートセンターの乍らが開発、報告した安全体力機能テストを用いた。これは、閉眼片足立ちテスト、ステップテスト、体前屈テスト、2ステップテスト、片脚立ち上が

りテストの5項目からなり、それぞれ5段階で評価した。アンケート結果の記述統計および、体操実施前後での体力測定の結果の比較を行った。2) 製造業のM社とサービス業のS社に勤務する20歳以上の社員が3ヶ月間体操を行った。M社では職場単位で、S社では、従業員の勤務時間が個々に異なるため、個人単位で体操を行った。体操実施前後にM社ではアンケート調査と身体機能テストを、S社ではアンケートのみを行った。アンケートの項目は過去1か月の転倒歴とつまずきの経験、自覚的腰痛、肩こり、膝痛などである。身体機能テストの内容は上記の安全体力機能テスト（2ステップテスト、閉眼片足立ち時間、立位体前屈、座位ステッピング、片脚立ち上がり）である。体操実施後のアンケートでは体操への参加率、体操の難易度、体操に対する感想も聞いた。

## C. 研究結果

### スマートフォンアプリケーションの検討

Band-Altman 分析において重心動揺計と開発したスマートフォンアプリケーション間に加算誤差を認めた。加算誤差は、測定値（真の値）の大小にかかわらず、特定方向に生じる誤差であるとされており、その場合、臨床応用上の許容範囲を設定するため臨床応用上の許容範囲（limits of agreement：以下、LOA）を算出する必要があるとしている。そのため、本研究においてもLOAを算出した。結果、MIPSの測定を2回行った場合、2回目の測定値は1回目の測定値よりも $-0.26 \sim 0.33$  以内の差であれば測定誤差の可能性があり、 $-0.26$  以下、 $0.33$  以上の差が認められれば介入効果などによる「真の変化」と判断できることが明らかとなった。この結果をアプリケーションに外挿するとスマートフォンの鉛直方向化からの傾きが $\pm 15$ 度の際に、動揺性を評価できることが示唆された。

### 運動プログラム（職場体操）の開発と実装

職場体操を実施する目的・目標を以下のように定めた。

- 1) 職場体操を実施することで、工作中的のふらつきをなくす
- 2) 万が一ふらついても、転倒しない体づくりを目指す
- 3) 万が一転倒しても、ケガをしない体づくりを目指す
- 4) 労働者に多い腰痛・肩こりも予防することができる

以上の4点とした。1)はバランス機能の向上、2)は柔軟性の確保・下肢筋力の向上・敏捷性の向上、3)は柔軟性の確保、運動器の強化が有効であると考えられた。運動内容の具体は、抗重力筋を中心とした筋力の強化、円背等の不良姿勢の問題、股関節や足関節を中心とした柔軟性の改善、バランス戦略の向上、動的バランスの改善、減災の視点からの転倒シミュレーション動作などを入れることが重要と考えた。

職場体操の実施条件は以下のように定めた。

- 1) 実施にかかる時間を短くすること
- 2) 種目数をできるだけ少なくすること
- 3) ひとりでできること
- 4) 安全に楽しくできること
- 5) 座位もしくは立位で行えること
- 6) 移動を伴わず、その場のスペースで実施できること
- 7) 作業服・スーツ・安全靴・オフィスサンダルでもできること
- 8) 機械・器具を使わないこと

以上8点の実施条件をクリアする以下のメニューを開発した。

**疼痛に伴う労働災害を防止する運動** (1. 胸を広げ

る運動、2. 肩回し運動、3. 首のストレッチ、4. 肩の運動、5. 体側のストレッチ、6. スクワット、7. ふとももの前側のストレッチ、8. ふとももの後ろ側のストレッチ、9. つま先立ちの運動、10. ふくらはぎの運動)

**バランス能力の維持、向上を目的とした運動** (1. 肩回し、2. 肩の強化(外転位での腕回し)、3. 四肢ストレッチ、4. 肩入れ、5. 脚の強化、6. 伸脚運動(サイドランジ)、7. 屈伸と前屈、8. 脚の強化(フォワードランジ)、9. バランスを保った股関節回し(片脚)、10. バランスを保ったももあげ運動(片脚))

研究への参加を示したのは5社(製造業4社、サービス業1社)であった。初回と3か月後の評価の両方が終了したのは2社の従業員23名(男性13名:50.7歳±10.5、女性10名:42.2歳±9.0)であった。体操実施前後で1か月間に転倒のヒヤリハットがあったのは78%から70%、転倒は9%から17%であったが有意差はなかった。5つの体力テストのうち2ステップテストが5段階評価で平均2.32から2.82( $p=0.045$ )、片脚起立(立ち上がり)テストが平均3.86から4.55( $p=0.010$ )で統計的に有意に改善した。体操の感想については「体操継続を希望する」を回答した者の割合が約78%であった。2) M社では27名が体操を行い、前後評価に参加した。平均年齢(標準偏差SD)は45.0(10.2)歳、女性の割合は25.9%( $n=7$ )であった。体操実施前後で2ステップテストの5段階の判定(3.3(1.2)→3.9(1.0),  $p=0.003$ )と片脚立ち上がりの判定(3.6(1.6)→4.1(1.3),  $p=0.023$ )に統計的に有意な差を認めた。自己評価に改善があった人の割合は、1か月の転倒が4.2%、1か月のつまずきが37.5%、腰痛が20.0%、肩こりが16%であった。S社では14名の女性(平均年齢44.9(4.4)歳)が体操

を3ヶ月間行った。自己評価が改善していたのは転倒が14.3%、つまずきが28.6%、腰痛50%、肩こりと膝痛についてはそれぞれ28.6%だった。2社のほとんどの社員が体操の難易度は「ちょうどよい」、「やや簡単」、「やや難しい」と回答した。またS社では1人を除く全員が体操を続けたいと回答した。

#### D. 考察

片脚立位検査は両脚60秒達成者が31名であり、正規分布にしたがわなかった。この結果は、一定以上のバランス能力を有する対象者において、その能力差を弁別することが困難な方法であることを示唆している。一方、重心動揺計と開発したスマートフォンアプリケーションは有意に正規分布にしたがうことが示され、片脚立位検査と比較し、判別能が高く、個々の能力を詳細に評価することが可能であったと考えられる。これは、バランス能力の安定した者を対象とし、閉眼片脚立位検査を測定した場合、短時間での計測では容易に天井効果を示してしまうこと、上限値を設けた場合に時間によっては、筋力、筋持久力といった筋疲労の要因が影響してくる可能性があることが原因として考えられる。

#### E. 結論

本研究において、系統誤差を検討しLOAを算出することで、臨床上の解釈では、スマートフォンの鉛直方向化からの傾きが±15度の動揺性が認めら

れば不安定性の「真の変化」と判断できることが明らかとなった。この安定性に関する指標は、天井効果がなく、簡易に計測可能であることから、個々の動的バランス能力を評価することができる可能性がある。この測定方法は動的バランス能力の評価における一助になり得ると考えられる。

職場での転倒リスクの個人要因も、高齢者におけるものと同様にバランス能力、歩行機能、運動習慣などがあげられている。バランス能力の改善や筋力強化を目的としたエクササイズを用いた介入により、バランス能力の改善がみられたという報告がある。転倒対策としての体操については、マツダとJFEスチール西日本製鉄所の実施例があり、転倒やヒヤリハット事例が低下傾向であると報告している。これらの結果から、転倒の身体機能に関する個人要因に介入する体操は、転倒対策として有効であると考えられる。その内容としては、肩甲帯や四肢のストレッチ、フォワードランジ、スクワットやつま先立ちなどの下肢筋力強化運動、バランス能力向上のための片足立ちやつぎ足などが有効であると考えられる。

#### F. 健康危険情報

特記すべき事項なし。

#### G. 研究発表

現時点ではなし。

#### H. 知的財産権の出願・登録状況

現時点ではなし。