アクティグラフマイクロミニ音型センサーを用いた 腸蠕動運動評価の試み

——評価の再現性について——

*Reliability of the Measurement Intestinal Peristalsis Using
an Actigraph Micro-sound Sensor*

三浦 雅文¹⁾ 多田 真和²⁾ 小林 たつ子³⁾

MASAFUMI MIURA¹⁾, MASAKAZU TADA²⁾, TATSUKO KOBAYASHI³⁾

¹⁾ Department of Rehabilitation, Gunma University of Health and Welfare: Maebashi Plaza Genki 21 6・7F 2-12-1 Honmachi, Maebashi-shi, Gunma 371-0023, Japan. TEL+81 27-210-1294 E-mail: mamiurapt@gmail.com

²⁾ Miyota central memorial hospital

³⁾ Department of Fundamental Nursing, Nagano College of Nursing

Rigakuryoho Kagaku 30(1): 125-129, 2015. Submitted Sep. 25, 2014. Accepted Nov. 10, 2014.

ABSTRACT: [Purpose] To investigate the reliability of the measurement of intestinal peristalsis using an Actigraph micro-sound sensor. [Subjects] Nine healthy subjects. [Methods] Noise was simultaneously measured by three sensors, three times, and the intraclass correlation coefficient and test-retest reliability were calculated. Next we measured intestinal peristaltic sounds, heart sounds, breathing sounds, and investigated whether breathing sounds and heart sounds affected the intestinal peristaltic sound measurement. [Results] The intraclass correlation coefficient was “good” at 0.66, and the test-retest reliability was also “good.” It was possible to measure the intestinal peristaltic sound without interference from breathing and heart sounds. [Conclusion] We confirmed the reliability of the Actigraph micro-sound sensor, and it was possible to measure intestinal peristaltic sounds without interference from breathing and heart sounds.

Key words: intestinal peristalsis, Actigraph, reliability

要旨:〔目的〕Actigraphを使用した腸蠕動運動評価の信頼性を明らかにすること。〔対象〕健康成人9名。〔方法〕3つのセンサーでノイズ音を同時に3回測定し、級内相関係数と施行間の相関係数を求めた。また腸音、心音、呼吸音を同時に測定し、心音や呼吸音が腸蠕動音測定に影響しないか検討した。〔結果〕級内相関係数ICC(2,1)=0.66と良好であり、試行間相関係数も良好な結果であった。腸蠕動音の測定では心音や呼吸音の影響を受けることなく測定が可能であった。〔結語〕Actigraphの信頼性が確認できた。また心音や呼吸音の影響を受けずに腸蠕動音を測定できることが確認できた。

キーワード: 腸蠕動運動, Actigraph, 信頼性

¹⁾ 群馬医療福祉大学 リハビリテーション学部:群馬県前橋市本町2-12-1 前橋プラザ元気21 6・7階(〒371-0023) TEL 027-210-1294

²⁾ 御代田中央記念病院

³⁾ 長野県看護大学 基礎看護学講座

1. はじめに

理学療法の臨床では、担当患者が便秘の症状を有することも少なくない。便秘症の症状は軽度のものから、排便困難や腹部膨満感、腹痛等の症状を伴い薬物治療が行われるものまで程度も幅が広く、対応に苦慮することもある。平成22年度の厚生労働省の報告では、有訴者率は男性よりも女性に多く、特に女性は20歳以降から増加する傾向があった。また、70歳を過ぎると男女を問わず急激に増加する。このようなことからリハビリテーションの現場では今後さらに便秘症の対応が必要となると考えられる。

腸蠕動運動は腸管内在神経（Enteric nervous system：以下、ENS）と外来からの自律神経の二重支配を受けている。ENSは筋層間神経叢と粘膜下神経叢があり、腸管内を内容物が通過する際に内在性感覚ニューロンが刺激されることで蠕動運動が生じる。一方自律神経は副交感神経が蠕動運動を亢進させ、交感神経が抑制する。このような腸蠕動運動に不具合を生じ、運動が低下すれば便秘となり、反対に運動が亢進すれば下痢となる。

理学療法の臨床において、対象となる高齢者が便秘の症状を有し薬物療法を受けていることは多く、運動療法中に放屁や便意を訴えるといった経験をするものも多い。しかしながら、実際には理学療法士が積極的に便秘症に介入することは多いとはいえない。森沢ら¹⁾は心臓外科手術後の腸蠕動運動低下について論じているが、一方では理学療法士が腸蠕動運動に対する関心が低いことを指摘しており、腸蠕動運動を促進する理学療法の必要性を述べた。また、運動療法がこのような腸蠕動運動にどのように影響を及ぼすのかについての先行研究は非常に少ない。今後我々理学療法士が腸蠕動運動に対して効果的な理学療法介入を提案できるかどうかは、薬物療法に依存した便秘対策の選択肢を増やすための重要な課題であると考えられる。

これまでに報告されている腸蠕動運動に関する先行研究は看護研究領域で散見される。小林ら²⁾は体位変換により腸蠕動運動が促進されたと報告した。他にも泊ら³⁾のガムを咀嚼することで消化管術後の患者の腸管運動が促進したという報告や加茂ら⁴⁾の足部温電法によって腸蠕動運動が促進したという報告がある。このような研究では腸蠕動運動をどのように評価するかが重要である。腸管機能の評価としては、自覚症状や視診・触診、聴診、X線画像、排便記録といった方法があるが、客観性は十分とはいえない。先行研究では腸蠕動運動の評価方法として聴診で聴取したものを集計する方法⁵⁾や心音マイクログホンで腸音を記録するもの⁶⁾、腸音解析システムを構築する⁷⁻⁹⁾方法などが報告されているが、臨床で簡便に使用できるかどうかや、信頼性と客観性が十分に得られているかといった点について議論を要する

ものが多い。

このようなことから便秘症に対するより良い理学療法介入を検討し、提案するためには、それに先立って、臨床で簡便に使用でき、信頼性が確認された腸蠕動運動の客観的評価法が必要である。我々は小林ら²⁾が用いたアクティグラフマイクロミニ音型センサー（Actigraph sound sensor：以下、ASSと略す）（AMI社製、米国）を用いて腸蠕動音を測定する方法に着目した。ASS装置一式を図1に示す。ASSは圧電素子を内蔵した小型音センサーであり、操作方法が簡便であるうえに被験者は安静にしているだけで調査が可能であり、臨床において導入しやすい機器である。本来アクティグラフシステムではモーションロガーが日常生活における睡眠と覚醒の状況を評価する機器として普及している¹⁰⁾ものの、音センサーは研究への使用実績がほとんどない。よってASSを腸蠕動運動の研究に使用するにあたっては、再現性の検討と心音や呼吸音が腸音測定に影響しないのかを確認する必要があると考えた。そこで本研究の目的はASSを用いた腸蠕動運動測定の再現性を明らかにすることと、腸蠕動音測定時に心音や呼吸音が影響しないのかを明らかにすることとした。なお、本研究は日本学術振興会の科学研究費助成事業（課題番号：25750218）より助成を受けて行った。

図1 Actigraph マイクロミニ音型センサー一式

左下はセンサー拡大図である。PCにはセンサーからデータを転送するためのインターフェースを接続している。データは専用アプリケーションでCSVファイルに変換し、EXCELとSPSSで解析した。

II. 対象と方法

1. 対象

対象は健康成人9名（男性4名，女性5名，平均年齢 44.3 ± 10.1 歳，身長 167.5 ± 8.1 cm，体重 59.4 ± 11.3 kg）とした。事前に過去2週間の排便習慣について，明らかな下痢や便秘などの症状が無いことを確認した。また，測定前の2時間は飲食や全身運動は行っていないことも確認した。

本研究は群馬医療福祉大学の倫理審査委員会の承認を得て行った。各被験者には測定前に本研究の目的，測定方法，安全性，参加の任意性，個人情報守秘について書面にて十分な説明を行った後，測定に協力する同意を得た。

2. 方法

腸蠕動音の測定にはASSを使用した。実験場所は周辺の人通りが少ないビルの一室とした。事前に機器の再現性を確認するためにセンサーA，センサーB，センサーCの3つのセンサーによる同時測定を3回繰り返した。ラジオからセンサーまでの距離を等しくして横に等間隔に配置し，音量を一定（70～80 dB）にしたノイズ音を5分間隔で1分間発生させ，それを30分間継続してセンサーで測定した。3つのセンサーのキャリブレーションを1回目の測定開始前に一度だけ行った。1回目測定が終了して1時間後に2回目を行い，2回目の測定が終了して3時間後に3回目の測定を行った。準備に関わる雑音を確実に除外するために，開始後と終了前の5分を除外し，20分間の測定結果を分析した。分析はセンサーの個体間で級内相関係数ICC(2, 1)を求めた。また再テスト法に準じて繰り返し測定した値の相関係数を求め再現性を確認した。

腸音蠕動音の測定時に心音や呼吸音が影響しないかを確認するために，3つのセンサーで腸蠕動音，心音，呼吸音を同時に測定した。測定肢位はベッド上安静背臥位で45°程度のギャッジアップとした。3つのセンサーは無作為に被験者に割り当てた。腸蠕動音のセンサー貼り付け部位は深井ら¹⁰⁾の報告を参考にして臍下3横指の左寄りの位置とし，センサーを皮膚に直接両面テープで

貼付けた。心音は左第3肋間胸骨左縁を，呼吸音は右胸郭側面で第5・6肋骨を目安にセンサーを貼付けた。着衣による摩擦音の影響を最小限とするために，スポンジ材で周囲を覆いテープで固定した。測定時間は30分とし，準備に関わる雑音を確実に除外するために開始後と終了前の5分を除外した。測定中は腹部に大きな音が生じないように上肢と頸部のわずかな運動は許可したが，それ以外は安静を保つように指示した。また，発語や咳はセンサーに音が記録されるため，できるだけ生じないように指示した。実験室は大きな音が生じないように維持し，室内の音がセンサーに影響していないことを確認するために，デジタル騒音計DT8852（MK Scientific, Inc）で室内の音を計測した。分析は腸蠕動音，心音，呼吸音の3群で一元配置分散分析を有意水準5%で行い，有意差が確認された場合は，Bonferroniの多重比較で有意差のある項目を確認した。

III. 結果

いずれの実験においても実験室内の騒音は，デジタル騒音計DT8852では40 dB以下であった。本センサーの検出可能な音量は40 dB～90 dBとなっていることから，室内の音がセンサーの記録に影響していないことが確認できた。

3つのセンサーで同時測定したセンサー個体間の級内相関係数ICC(2, 1)は0.66（95% IC: 0.55–0.75）であった。次に再テスト法による施行間の相関係数を表1に示す。再テスト法による施行間の相関係数は11–2回目間はそれぞれセンサーA：0.98，センサーB：0.84，センサーC：0.78，2–3回間はセンサーA：0.80，センサーB：0.51，センサーC：0.79，1–3回目間はセンサーA：0.84，センサーB：有意な相関なし，センサーC：0.43であった。1–2回目間以外では相関係数のばらつきが大きくなる傾向が見られた。また，ノイズ音のピーク値の時間がセンサーの個体間で1分程度ずれる傾向が見られた。

ASSによる心音，呼吸音，腸蠕動音の測定結果を表2に示す。また実測値の代表的な例をグラフにプロットし図2に示す。腸蠕動音の測定値（平均 ± 標準偏差）は

表1 ASSでの繰り返し測定における施行間の相関係数

	1-2 回目間	2-3 回目間	1-3 回目間
センサー A	0.98	0.8	0.84
センサー B	0.84	0.51	—
センサー C	0.78	0.79	0.43

1–2 回目間は全てのセンサーが良好な相関係数を示したが，2–3 回目間と 1–3 回目間では相関係数が低値を示した（ $p < 0.05$ ）。

表2 ASSによる心音，呼吸音，腸蠕動音の測定結果

測定項目	平均値 ± 標準偏差	
心音	79.7 ± 6.2	dB
呼吸音	52.2 ± 14.1	dB
腸蠕動音	65.3 ± 16.4	dB

*すべての項目間に有意差が見られた（ $p < 0.05$ ）。

図2 Actigraph sound sensorによる腸蠕動音と心音の測定結果の違い

心音は85 dBの大音量が一定に持続していた。腸蠕動音は大小の音が不規則に出現した。呼吸音はセンサーの最小検出域である40 dBを下回っていた。

65.2 ± 16.3 dBであった。音の記録パターンは被験者毎に顕著に異なっており、音量やタイミングは不規則であった。それに比較して心音は88.5 ± 5.8 dBと大きい音量が測定時間中持続的に記録された。呼吸音は57.9 ± 13.3 dBであったが、9名のうち5例はセンサーの検出可能な下限の40 dB以下であった。腸蠕動音、心音、呼吸音の3群で一元配置分散分析を行ったところ有意差が確認できた。そこでBonferroniの多重比較検定を行ったところ、全ての群間で有意差が確認された ($p < 0.05$)。

IV. 考 察

ASSは本体内部に圧電素子を内蔵しており、本体周囲の音を振動として精密に記録し保存する仕組みを持っている。これまで一般的には圧電素子を加速度センサーとして利用し、対象者の一日の活動を分析する研究などに用いられてきた¹¹⁾。しかしながら、音センサーや光センサーは研究への使用実績はほとんど無い。このようなASSに着目し、聴診器のように使い腸音を記録しようと最初に試みた小林らのアイディアは斬新であった。デジタル騒音計DT8852で室内にはセンサーに記録されてしまうような大きな音は発生しなかった事が確認された。小林ら¹⁾の報告では室外の足音や話し声のような雑音は、聞こえていてもセンサーには影響がないとしている。本研究でも廊下からヒトの足音が聞こえていることがあったが、DT8852ではこのような音で測定値が増加することはなかった。ASSでの測定では被験者周辺が静寂に保たれていれば影響がないことが分かった。

3つのセンサー間の級内相関係数が良好であったこと、また再テスト法に従った測定の一致性を検討したところ、

測定の1回目と2回目間ではどの個体でも相関係数が非常に良好であったことから、ASSを使用した測定は実用的であると判断した。ただし、2回目以降の測定施行間では相関係数が低値を示すことがあった。これはラジオからのノイズ音記録時間が、2回目と3回目の測定でわずかにずれていたことが原因と考えられる。本センサーはキャリブレーション時の時間設定において数秒程度の個体間誤差を生じており、数時間後には誤差が大きくなっているものと考えられ、本機器の特性として注意すべきである。しかしながら、測定は必ずキャリブレーションから1時間以内で行うことで、この誤差を最小限にすることができると考えられ、ASSを用いた腸蠕動音の測定は、高い信頼性を得られることが明らかとなった。

腸蠕動音、心音、呼吸音を同時に測定した値をグラフにしてみたところ、それぞれの音には特徴が見られた。心音は鼓動音が概ね70 dB以上の大音量で一定に記録されたと考えられる。呼吸音は非常に小さな音のため40 dB以下となり、本センサーには記録されなかった。ただし、呼吸音の測定時に3名が何らかの音が記録された。この音のパターンは心音と酷似しており、心音が呼吸音測定センサーまで届いた可能性が考えられる。腸蠕動音は被験者ひとり一人が、全く異なる不規則な音量とパターンであった。腸蠕動音は聴診時に無音の時間とグル音が生じる時間が不規則に聞こえることがあり、また音量も聴診器で聞き取る大きさのものから周囲の人々に聞き取れるほどの大きさのものまで様々であるといったことがよく経験されることから、本実験の結果は腸蠕動音を記録したものと判断した。腸蠕動音測定時に心音が影響した場合は、持続的に一定の比較的大きな音が記録され低値がかき消されると考えられることから、心音の影響は無かったものと考えられる。また、呼吸音は40 dB以下であり、腸蠕動音の記録に影響することはない。このことから腸蠕動音測定時に心音や呼吸音が影響しないことが確認できた。今後はASSを排便習慣と腸蠕動音との関係を明らかにすることや、効果的な介入を検討する研究を進めるにあたっての評価指標として利用していきたい。

引用文献

- 1) 森沢知之, 高橋哲也, 西 信一: 心臓外科手術後の腸管運動低下に対する理学療法. PTジャーナル, 2012, 46(9): 798-802.
- 2) 小林たつ子, 矢崎朋美, 藤原由理子・他: 体位変換による腸蠕動の変化と聴音測定の検討. 山梨県立大学看護学部紀要, 2011, 13: 37-45.
- 3) 泊由美子, 山下貴子, 石田早苗: キシリトールガム咀嚼による術後腸管運動の促進. 日本看護学会論文集 成人看護1, 2004, 35: 68-70.

- 4) 加茂清美, 吉田多重子, 杉本有里: 足部温罨法が腸蠕動に及ぼす影響. 日本看護学会論文集 看護総合, 2006, 37: 179-181.
- 5) 木下彩子, 酒井志保, 佐藤恵美子: 罨法の部位による腸管の蠕動促進効果の比較. 日本看護学会論文集 看護教育, 2005, 36: 42-44.
- 6) 阪本みどり, 深井喜代子, 田中美穂: 健康女性の腸音と便秘との関係. 川崎医療福祉学会誌, 1996, 6(2): 341-346.
- 7) 岩城和義: 腸音記録分析法の確立と応用. 日本臨床生理学雑誌, 1987, 17(4): 619-631.
- 8) 楠本悟史, 榎本崇宏, 岡久稔也・他: 腸蠕動音解析による薬剤投与前後の超活動評価. 電子情報通信学会技術研究報告, 2011, 111(121): 37-39.
- 9) 加賀城安: イレウス時における腸音周波数分析と腸管組織酸素分圧の変化. 日本臨床生理学雑誌, 1990, 20(6): 535-549.
- 10) 深井喜代子, 阪本みどり, 田中美穂: 水又は運動負荷と温罨法の健康女性の腸音に及ぼす影響. 川崎医療福祉学会誌, 1996, 6(1): 99-106.
- 11) Jones SH, Hare DJ, Evershed K: Actigraphic assessment of circadian activity and sleep patterns in bipolar disorder. Bipolar Disorders, 2005, 7: 176-186.