

マーカレスなデジタル画像を用いた 円背測定手法の提案

*A non-invasive method for thoracic kyphosis measurement using markerless-digital
imaging and open-source software*

肥田光正^{1,2)} 和田親宗²⁾ 岡松将吾^{2,3)} 北川広大²⁾ 大西忠輔⁴⁾
多田康貴⁵⁾ 湯川貴史⁵⁾ 川島聡史⁵⁾ 南征吾¹⁾ 畑中良太¹⁾

¹⁾ 大阪河崎リハビリテーション大学：大阪府貝塚市水間 158 番地（〒 597-0104）

²⁾ 九州工業大学大学院生命体工学研究科

³⁾ 北九州リハビリテーション学院 理学療法学科

⁴⁾ 昭和伊南総合病院 地域先進リハビリテーションセンター

⁵⁾ 医療法人社団幸泉会 老人保健施設幸泉エルズ

Mitsumasa Hida^{1,2)}, Chikamune Wada²⁾, Shogo Okamatsu^{2,3)}, Kodai Kitagawa²⁾, Tadasuke Ohnishi⁴⁾
Yasutaka Tada⁵⁾, Takashi Yukawa⁵⁾, Satoshi Kawashima⁵⁾, Seigo Minami¹⁾, Ryota Hatanaka¹⁾

¹⁾ *Osaka Kawasaki Rehabilitation University: 158 Mizuma, Kaizuka-city, Osaka 597-0104, Japan*

²⁾ *Graduate School of Life Science and Systems Engineering, Kyushu Institute of Technology, Japan*

³⁾ *Kitakyushu Rehabilitation College, Japan*

⁴⁾ *Frontier Community Rehabilitation Center, Showa-Inan General Hospital, Japan*

⁵⁾ *Geriatric Health Services Facility Kosen Elzu, Japan*

要旨：【目的】 デジタル画像計測によるマーカレスな円背測定手法を開発することを目的として、本法と従来の測定法との相関性を分析した。【対象】 施設入所中の高齢者 22 名（男性 5 名、平均年齢 84.9 ± 7.6 歳）である。【方法】 対象者の肢位は背臥位とした。カメラはベッド端から 1m 離して設置し撮影した。撮影された画像は、ImageJ (NIH, freeware) を用いて頭蓋脊椎角 (Cranio-Vertebral Angle, 以下 CVA) と頭蓋水平角 (Cranio-Horizontal Angle, 以下 CHA) を算出した。CVA、CHA は、Kyphosis Index と Block 法との関連性を調査した。【結果】 CHA と Kyphosis Index との相関係数は 0.84、Block 法との相関係数は 0.85 で有意に優れた相関性が認められた。CVA は、Kyphosis Index と Block 法との有意な相関はなかった。【結論】 我々が開発した円背測定手法は、従来の測定法と高い相関性を有していることが明らかになった。CHA は頭位を反映する指標であるが、頭位は脊椎のアライメント異常に伴って変化するため、胸椎後弯の程度を反映する測定として有用であると考えられた。キーワード：円背、デジタル画像、Cranio-Horizontal Angle、Cranio-Vertebral Angle

ABSTRACT : [Purpose] To develop a markerless kyphosis measurement method using digital imaging. [Participants and Methods] Twenty-two elderly subjects (five males, aged 84.9 ± 7.6 years) were assessed at the geriatric health facility Kosen Eluzu, with each subject's limb in the supine position. A camera was setup 1 m away from the edge of the bed, and the images recorded were used to calculate craniovertebral angle (CVA) and craniohorizontal angle (CHA) using ImageJ (NIH, freeware). CVA and CHA were used to investigate the relationship between Kyphosis Index and the Block method [Results] An excellent correlation was observed between CHA and Kyphosis Index ($r = 0.84, p < 0.01$) and the Block method ($r = 0.85, p < 0.01$). However, CVA was not significantly correlated to Kyphosis Index and the Block method. [Conclusion] Our method of measuring the kyphosis resulted in a relationship between CHA obtained using digital imaging and conventional spine measurement methods. Because CHA is an index that reflects the head position, and the head position changes with vertebral alignment abnormalities, it is considered useful as a measurement that reflects the degree of kyphosis.

Key words : Thoracic kyphosis; Photography; Cranio-Horizontal Angle; Cranio-Vertebral Angle

¹⁾ 肥田光正 Mitsumasa Hida
E-mail : hidam@kawasakigakuen.ac.jp

受付日 2019 年 9 月 2 日 受理日 2019 年 12 月 4 日
Receive Sep. 2, 2019. Accepted Dec. 4, 2019.

1. はじめに

円背は、脊椎後彎曲とも呼ばれ、体幹全体が大きく前傾する「腰曲がり姿勢」を指す。高齢者では胸椎の後彎が増大し、これに伴い頸椎や腰椎の彎曲が増強あるいは減少することで円背姿勢となる¹⁾。

円背は、高齢者の31%、高齢男性の42%、女性の48%、農村部の高齢者の62%に存在するといった報告があり、調査母集団の相違により一致した見解は得られていないものの、多くの高齢者が有している姿勢の異常である^{2,4)}。異常姿勢の一つに分類される円背は、高齢者の心身機能に種々の悪影響を及ぼす^{5,7)}。Imanagaらは、中高年者のQOLと骨粗鬆症や脊椎矢状面のバランスを含めた身体能力との関連性を調査し、脊椎の矢状面アライメントがQOL低下に関連することを明らかにした⁸⁾。またKatzmanらは、胸椎後彎の増大は特に女性において、下肢機能の経時的な増悪を予測する因子となることを明らかにした⁹⁾。

円背をはじめとする加齢に伴う姿勢の変化は、経時的に徐々に進行していくため、定期的な姿勢の測定を実施し、予防と適切な介入指導を行うことが重要である。特に近年、健康寿命の延伸に注目が集まり、医療福祉従事者の活動の場も病院、施設からコミュニティが基本になりつつある¹⁰⁾。そのようなことから、地域在住者の訪れやすいコミュニティの中に定期的に姿勢を測定できるようなツールがあれば、姿勢の変化を自覚させ、生活習慣や行動を変容させるための動機づけを与え、健康寿命延伸の一助となる可能性がある。

現在、円背の予防のために定期的な姿勢の測定が可能なツールとしては、X線画像検査によるCobb角、スパイナルマウス、曲線定規を用いたKyphosis Index (KI) やBlock法などがある。Cobb角は、彎曲を2つの終椎の傾きの差によってとらえる方法で、最も客観的な測定法である¹¹⁾。しかし、Cobb角の測定には放射線への暴露が必要であることや、費用が比較的高額であるため、定期的に測定することが難しい。Cobb角の代替手段としては、非侵襲的測定法であるスパイナルマウスやKIがあり、いずれもCobb角との相関性については高いとする報告が多い^{12,16)}。しかしスパイナルマウスは機器が高額で上半身の脱衣を求める必要がある。また、KIも測定時の脱衣が必要であることから、いずれも地域在住者にとって利用しやすいツールではない。非侵襲的測定法の中で、安価でかつ脱衣を求めない測定法としてはBlock法がある。Block法は、対象者が背臥位姿勢で、頭と首が平行になるまで1.7cmのブロックを重ねて頭の下に置き、その時のブロックの個数をアウトカムとする手法である^{17,18)}。Block法は極めて簡便に測定が可能な方法であるが、ブロックの個数をアウトカムとするため、対象者の姿勢の鋭敏な変化を捉えることはできない。そこで我々は、デ

ジタル画像を用いて画像処理ソフトウェアにより円背の程度を把握する測定法を考案した。デジタル画像を用いた姿勢測定法は先行研究で散見されるが、本測定法はマーカレスで脱衣が不要であり、立位保持が不安定な虚弱高齢者にも測定することができるように、背臥位で測定可能である。そのようなことから、我々の開発する測定手法は、地域で簡便に利用できると想定される。本研究の目的は、デジタル画像を用いた円背の測定法を考案し、他の非侵襲的測定法との相関性を検証することである。

2. 方法

2.1 対象

対象は、老人保健施設入所中の高齢者22名（男性5名、女性17名。平均年齢84.9 ± 7.6歳）である。なお、本研究は大阪河崎リハビリテーション大学研究倫理審査委員会の承認（承認番号:OKRU19-A011）を受けて実施した。

2.2 方法

2.2.1 デジタル画像を用いた円背の測定法

対象者はベッド上で後頭部をベッド面に接触させた背臥位姿勢をとり、衣服の影響を最小限とするため布製のバンドを頸部から肩関節に密着させるように巻いた。対象者には、「顎をひいたり、頸を動かさないこと」、「室内の天井を見つめておくこと」、さらに「リラックして天井を見つめておくこと」を指示した。デジタルカメラ（PowerShot SX740 HS. Canon社製）は、ベッド端から1m離れた位置でベッド面と平行の高さに設置した。カメラの解像度は、5184 × 3888ピクセルとした。デジタルカメラのレンズの中心を対象者の右肩関節部に合わせ写真を撮影した（図1）。撮影者は、撮影時に耳が露出されているかどうかを確認し、頭髪で覆われている場合には露出させるよう処理し撮影した。

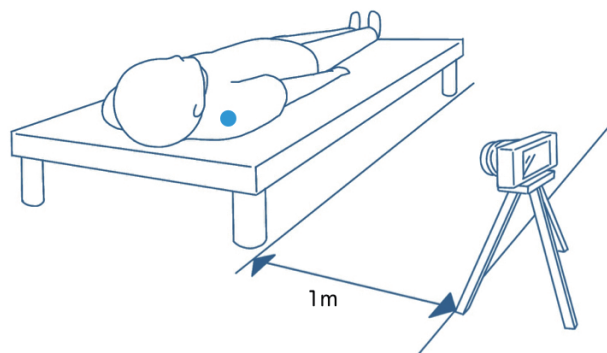


図1 デジタルカメラ撮影方法

撮影された画像はパーソナルコンピュータ (Macintosh) に取り込まれ、ImageJ 1.52 (NIH 製) の角度測定機能を用いて円背の程度を算出した。ImageJ は科学的な画像解析のためのフリーウェアソフトで、生物学のイメージング分野ではデファクトスタンダードとなっている。ImageJ は本来、顕微鏡画像の処理、解析などを目的に組織学、生化学的研究用に開発されたソフトウェアであるが、角度測定機能が付属しているため、動作観察分析・姿勢観察にも有用である。先行研究では、例えば立ち上がり動作解析、車椅子着座姿勢、眉の位置の測定のために ImageJ が用いられている^{19,21)}。

円背の程度を測定するために、ImageJ に取り込んだ画像から頭蓋脊椎角 (Cranio-Vertebral Angle, CVA) と頭蓋水平角 (Cranio-Horizontal Angle, CHA) を算出した (図 2)。先行研究によると、CVA は頭部の前方傾斜の指標であり、CHA は上位頸椎の位置と視野を反映するとされており、立位での測定において良好な検者内および検者間信頼性を有することが報告されていることから²²⁾、我々はこれらの指標を背臥位での測定に応用し、CVA は、耳珠—背部とベッド面との接点—ベッド面の平行線がなす角度として算出された。CHA は外眼角—耳珠—耳珠を通る垂直線がなす角度として算出された。

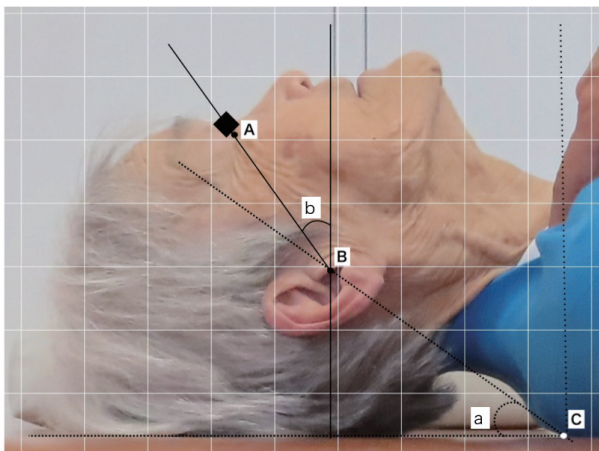


図2 ImageJを用いたCVA, CHAの算出
A: 外眼角 B: 耳珠 C: 背部と床面との接点
a: CVA b: CHA

2.2.2 従来の非侵襲的円背測定の方法

比較のために、従来用いられてきた手法による円背の測定を行った。KI の測定は、Milne らや古戸らの方法をもとに、自在曲線定規 (60cm 曲線ルーラー, T&B 社製) を用いて測定した^{14,23)}。方法は、対象者にリラックスした立位姿勢をとらせ、第7頸椎 (C7) から第4腰椎 (L4) までの背部の彎曲に沿って自在曲線定規をあて、その形状を紙上にトレースした。トレースした彎曲から、C7 と L4 を結ぶ直線 L (cm) と、直線 L から彎曲頂点までの距離 H (cm) を測定し、その割合 ($H/L \times 100$) を KI と

して用いた。

Block 法を用いた円背の測定は、Kado らの方法をもとに、背臥位をとり、頭部と頸部が平行になるまで 1.7cm の木製のブロックを重ね、ブロックの個数をアウトカムとした¹⁷⁾。

2.2.3 統計学的分析

CVA, CHA, KI ならびに Block 法との関連性をピアソンの積率相関係数を用いて調査した。統計ソフトウェアは、IBM SPSS Statics26.0 を使い、有意水準は 5% に設定した。

3. 結果

それぞれの測定の結果を表 1 に示す。また、各測定間の相関性を表 2 に示す。従来の非侵襲的測定法である KI と Block 法との相関係数は 0.87 であり、有意な正の相関関係を認めた。次に CVA と KI との相関係数は 0.17、CVA と Block 法との相関係数は 0.03 で有意な相関関係は認められなかった。CHA と KI の相関係数は 0.83、CHA と Block 法との相関係数は 0.85 で有意な正の相関関係を認めた。

表1 対象者の基本属性ならびに円背を評価する各測定法の結果

| | |
|------------|-------------|
| 年齢 (歳) | 84.9 ± 7.6 |
| KI | 11.2 ± 5.6 |
| Block法 (人) | |
| 0個 | 4 |
| 1個 | 11 |
| 2個 | 2 |
| 3個 | 4 |
| 4個 | 1 |
| CVA (°) | 28.7 ± 11.9 |
| CHA (°) | 53.4 ± 6.6 |

平均値 ± 標準偏差または n. KI:Kyphosis

Index CVA:Cranio-Vertebral Angle

CHA:Cranio-Horizontal Angle

表2 各円背測定法間の相関係数

| | KI | Block法 | CVA | CHA |
|--------|-------|--------|------|-----|
| KI | | | | |
| Block法 | 0.87* | | | |
| CVA | 0.17 | 0.03 | | |
| CHA | 0.83* | 0.85* | 0.12 | |

KI:Kyphosis Index CVA:Cranio-Vertebral Angle CHA:Cranio-Horizontal Angle * : p<0.05

4. 考察

本研究では、先行研究を応用したデジタル画像を用いた円背測定法と従来の方法との相関性を検討した。本法は、脱衣を伴わず、マーカレスかつ背臥位で円背を測定する手法であることから、従来の円背測定法の欠点を補うことができるため、地域での健康増進・介護予防の取り組みを実施する際に必要な姿勢や運動機能の検査に含めやすい手法だと考えられる。

本研究の結果、本法で用いたCVAとCHAの指標のうち、CHAが従来の円背測定法と優れた相関性を有していた。従来の円背測定法は、Block法を除き全て立位で測定するが、CVAを用いた脊柱のアライメント測定の手法は頸部痛患者や学童の姿勢の評価で用いられており、その信頼性も良好であることが報告されている²⁴⁻²⁶⁾。本法でもCVAを用いたが、従来の測定手法との相関は認められなかった。これは本法では測定肢位が背臥位であり、背部と床面との接地面に相当する脊柱の部位が対象者によって異なるためだと考えられる。高度の円背を呈する対象者はより下位の脊柱が床面と接し、円背のない対象者は上位脊柱が床面と接すると推察され、測定部位が一致しないことから、正確に円背の状態を反映させることができない指標であると考えられた。一方、CHAは従来の円背の測定法と強い相関関係が認められた。CHAは、上位頸椎の位置や頸椎の角度から頭位を推測することができる角度である²⁷⁾。CHAと従来の円背の測定法との相関関係が認められたのは、円背による脊柱のアライメントの変化に伴い頭位が変化することから、頭位を測定するCHAが円背の程度を反映したものと考えられた。Liuらは背臥位での頸部傾斜角は40歳以上で 53.02 ± 9.52 度であり、加齢により増加する傾向にあることを報告している²⁸⁾。加齢に伴う脊柱アライメントの変化は頸椎のみならず脊柱全体に影響し、その結果頭位も変化するため、背臥位でのCHAがKIやBlock法と強い相関を認めたものと推測された。CHAの利点は、ランドマークが画像上でも確認しやすいことである。

本研究の限界は、対象者の一側のみ(右)での測定であった。対象者は高齢であり、姿勢は加齢の影響により左右非対称である可能性がある²⁹⁾。両側から撮影された画像を用いた解析が必要であったかもしれない。あるいは両側から撮影した角度の平均値等を用いたほうがより高い相関性を示したかもしれない。また、本研究は高齢者のみの測定結果であることから、一般化することはできない。そのため、今後は本法の検者内・検者間信頼性を検証し、横断調査により本法と地域在住者の身体機能との関連性を明らかにする調査を実施する予定である。

5. 結論

我々は、本研究において、円背の測定に関する先行研究の手法を応用することで、従来の測定法の欠点を補うことのできる円背の測定法を考案した。本測定法の特徴は、安価であり、脱衣不要かつマーカレスで計測可能なことである。さらに本測定法は、立位保持が不安定な虚弱高齢者でも測定できるよう、背臥位で測定することができる。本測定法と従来の円背の測定法との相関性は極めて良好であった。今後は、本測定法の検者内・検者間相関性を検証し、横断調査により本法を用いて得られた円背に関するデータと地域在住者の身体機能との関連性を明らかにする調査を実施する予定である。

参考文献

- 1) 高井逸史, 周藤浩, 宮野道雄, 他: 加齢による姿勢変化と姿勢制御. 日本生理人類学会誌, 6: 11-16, 2001.
- 2) 有田親史, 小林郁雄: 老人の脊柱変形の分析. 臨床整形外科, 15: 115-122, 1980-02.
- 3) Milne JS, Williamson J: A longitudinal study of kyphosis in older people. *Age Ageing*, 12:225-33, 1983.
- 4) 安藤正明: 高齢者の脊椎疾患. 別冊整形外科 12, 南江堂, 東京, pp14-17, 1987.
- 5) Miyakoshi N, Kudo D, Hongo M, et al.: Comparison of spinal alignment, muscular strength, and quality of life between women with postmenopausal osteoporosis and healthy volunteers. *Osteoporos Int*, 28:3153-3160, 2017.
- 6) MacIntyre NJ, Lorbergs AL, Adachi JD: Inclinator-based measures of standing posture in older adults with low bone mass are reliable and associated with self-reported, but not performance-based, physical function: *Osteoporos Int*, 25:721-728, 2014.
- 7) 村田伸, 村田潤, 津田彰: 地域在住女性高齢者の足把持力と胸椎後彎角との関係. 理学療法科学, 23:601-607, 2008.
- 8) Imagama S, Hasegawa Y, Matsuyama Y, et al: Influence of sagittal balance and physical ability associated with exercise on quality of life in middle-aged and elderly people. *Arch Osteoporos*, 6:13-20, 2011.
- 9) Katzman WB, Huang MH, Lane NE, et al.: Kyphosis and decline in physical function over 15 years in older community-dwelling women: the Study of Osteoporotic Fractures. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 68:976-983, 2013.
- 10) 三浦猛: 健康長寿社会における健康支援 - 人生 100 年時代を迎えて. 予防医学, 60: 1-7, 2019.
- 11) Carman DL1, Browne RH, Birch JG: Measurement of scoliosis and kyphosis radiographs. Intraobserver and interobserver variation. *J Bone Joint Surg Am*, 72:328-333, 1990.
- 12) 谷澤 真, 飯田 尚裕, 飛永 敬志, 他: 成人脊柱変形症に対するスパイナルマウスを用いた脊柱矢状面アライメント評価の妥当性. 理学療法 - 臨床・研究・教育, 22:21-24, 2015.
- 13) Ripani M, Di Cesare A, Giombini A, et al: Spinal curvature: comparison of frontal measurements with the Spinal Mouse and radiographic assessment. *J Sports Med Phys Fitness*,

- 48:488-494, 2008.
- 14) Milne JS, Lauder IJ: Age effects in kyphosis and lordosis in adults. *Ann Hum Biol*, 1:327-337, 1974.
 - 15) Eva Barrett, Karen McCreesh, and Jeremy Lewis: Intrarater and Interrater Reliability of the Flexicurve Index, Flexicurve Angle, and Manual Inclinator for the Measurement of Thoracic Kyphosis. *Rehabil Res Pract*, 2013:475870, 2013.
 - 16) Azadinia F, Kamyab M, Behtash H, et al.: The Validity and Reliability of Noninvasive Methods for Measuring Kyphosis. *J Spinal Disord Tech*, 27:E212-E218, 2014.
 - 17) Kado DM, Huang MH, Karlamangla AS, et al.: Hyperkyphotic posture predicts mortality in older community-dwelling men and women: a prospective study. *J Am Geriatr Soc*. Oct, 52:1662-1667, 2004.
 - 18) McDaniels-Davidson C, Davis A, Wing D, et al.: Kyphosis and incident falls among community-dwelling older adults. *Osteoporos Int*, 29:163-169, 2018.
 - 19) 前岡 浩, 福本 貴彦, 坂口 顕, 他: 画像解析ソフト ImageJ 信頼性の検証—立ち上がり動作を利用して—*理学療法科学*, 23: 529-533, 2008.
 - 20) Yoon NS, Ahn HB: Exploring Brow Position Changes with Age in Koreans. *Korean J Ophthalmol*, 33:91-94, 2019.
 - 21) Alkhateeb AM, Forrester BJ, Daher N, et al.: Validity and reliability of wheelchair sitting posture measures using Coach's Eye in abled subjects. *Assist Technol*, 29:210-221, 2017.
 - 22) Hazar Z, Karabicak GO, Tiftikci U: Reliability of photographic posture analysis of adolescents. *J Phys Ther Sci*, 27:3123-3126, 2015.
 - 23) 古戸順子, 石井裕美子, 佐藤幸子, 他: 山間部在住円背高齢者における日常生活活動に対する自己効力感, 社会交流活動, および健康関連 QOL. *厚生指標*, 60:1-7, 2013.
 - 24) Vaghela NP, Parekh SK, Padsala D, et al.: Effect of backpack loading on cervical and sagittal shoulder posture in standing and after dynamic activity in school going children. *J Family Med Prim Care*, 8:1076-1081, 2019.
 - 25) Lau HM, Chiu TT, Lam TH: Measurement of craniovertebral angle with Electronic Head Posture Instrument: Criterion validity. *J Rehabil Res Dev*, 47:911-918, 2010.
 - 26) Leroux MA, Zabjek K, Simard G, et al.: A noninvasive anthropometric technique for measuring kyphosis and lordosis: an application for idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*, 25:1689-1694, 2000.
 - 27) Chansirinukor W, Wilson D, Grimmer K, et al.: Effects of backpacks on students: measurement of cervical and shoulder posture. *Aust J Physiother*, 47:110-116, 2001.
 - 28) Liu J, Liu P, Ma Z, et al.: The effects of aging on the profile of the cervical spine. *Medicine (Baltimore)*, 98:e14425. doi: 10.1097/MD.00000000000014425, 2019.
 - 29) Silva FE, Lenke LG: Adult degenerative scoliosis: evaluation and management. *Neurosurg Focus*, 28:E1, 2010.