背臥位における 15 mm の頭部並進運動が 頸椎・上位胸椎動態に及ぼす影響

Influence of Cervical and Upper Thoracic Spine Dynamics on Head Translational Movement of 15 mm in the Supine Position

山崎 博喜¹⁾ 毛利 祥大²⁾

HIROKI YAMASAKI, RPT¹⁾, SHOTA MOURI, RT²⁾

¹⁾ Department of Rehabilitation, Hara Hospital: 2-6-1 Wakahisa, Minami-ku, Fukuoka-shi, Fukuoka 815-0042, Japan
TEL +81 92-551-2431 E-mail: hirokinekeee@yahoo.co.jp

²⁾ Department of Clinical Laboratory, Hara Hospital

Rigakuryoho Kagaku 32(3): 365-369, 2017. Submitted Nov. 22, 2016. Accepted Jan. 10, 2017.

ABSTRACT: [Purpose] To clarify the contributions of the thoracic and cervical spines to translational head movements. [Subjects and Methods] A kinetic analysis of the rotational angles of each vertebra from C3 to T5 in anterior and posterior translational head movements of 12 healthy females in the supine position was performed using MRI. [Results] It was found that translational head movements of 15 mm elicited movements in the thoracic vertebrae. Furthermore, some subjects showed ventral movement by all of the vertebrae from C3 to T5, while other subjects showed ventral to dorsal movement in either the cervical vertebrae or some of the vertebrae to T5. [Conclusion] In the cervical and thoracic spine, there is a point where the curvature changes from lordosis to kyphosis, and our results, showing differences in the subjects' vertebral movements, confirm that there are individual differences in this point. This suggests the necessity of considering not only cervical vertebrae, but also thoracic vertebrae when making translational head movements.

Key words: translational head movements, dynamic analysis of cervical and thoracic vertebrae, MRI

要旨:〔目的〕頭部並進運動における頸椎と上位胸椎の関与を明らかにすること。〔対象と方法〕MRIを用いて健常人女性12名に対し、背臥位にて頭部並進運動前後の第3頸椎から第5胸椎の各椎体の回転角度、並進運動距離の動態解析を行った。〔結果〕15 mmの頭部並進運動によって、胸椎まで連動した動きが認められた。さらに、頸椎から第5胸椎まで全ての椎体において腹側運動が生じる被検者と、頸椎もしくは第5胸椎までのいずれかの椎体で腹側運動から背側運動が生じる被検者が存在した。〔結語〕頸椎と胸椎の間には前弯から後弯に移行する変曲点が存在すると考えられ、本結果から被検者によって椎体運動が異なるため、変曲点は個人差が確認できた。以上より、頭部並進運動においては、頸椎のみならず胸椎まで考慮する必要性が示唆された。

キーワード: 頭部並進運動, 頸胸椎動態解析, MRI

¹⁾ 原病院 リハビリテーション部: 福岡県福岡市南区若久2-6-1 (〒815-0042) TEL 092-551-2431

²⁾ 原病院 検査部

I. はじめに

頸椎は第1頸椎（環椎）と第2頸椎（軸椎）の上位頸椎とその他の頸椎の下位頸椎から構成され、屈曲・伸展・側屈・回旋の高い可動性を持つ。逆に胸椎は、胸郭、薄い椎間板、関節の骨形態、棘突起の重なりが制限となり、可動性は比較的制限されている¹⁾。そのため頸椎の屈曲伸展において胸椎は関与していないと認識されており²⁾、頸椎の屈曲伸展の動態解析の先行研究では第7頸椎を固定したモデルや、それ以下の胸椎は計測から除外されたものが多い。しかし、胸椎高位に疼痛を有する者は頸部痛や腰部痛を有する者に比べ少ないものの散見され³⁾、胸椎高位の靱帯骨化、脊椎症、椎間板ヘルニアなどによる病態が問題となる場合もあり⁴⁾、頸椎の運動が上位胸椎へ関与し、それが過剰なメカニカルストレスになる可能性がある。鷺見ら²⁾は頸椎運動には上位胸椎も関与していると考え、X線シネ透視撮影装置を使用して健康人の頸椎運動を検討し、骨動態には上位胸椎の関与を示唆している。ただし鷺見らの運動課題は頸椎の屈曲伸展のみであり、並進運動については言及していない。さらに、X線機能撮影では肩甲骨が胸椎の照射を阻害するために、胸椎動態解析は予測値となり実測値とは異なる。

脊椎疾患における異常姿勢の代表例に頭部前方位姿勢が挙げられる。胸椎後弯に伴い、下位頸椎の並進運動と上位頸椎の過伸展が生じ、下位頸椎の屈曲モーメントが増加することとなる⁵⁾。そのため、頭部前方位姿勢の是正は椎間板変性の予防においても重要である⁶⁾。今日までに頭部並進運動における頸椎動態解析の研究報告⁷⁾はなされているが、胸椎を含んだ先行研究は乏しい。そのため、頭頸部の屈曲伸展運動のみならず、並進運動に対する動態解析は必要である。

そこで今回、若年女性を対象に頭部並進運動前後における頸椎と上位胸椎の回転角度と並進運動距離、骨動態軌跡の基礎的資料を得る目的で、MRIを用いて撮像し動態解析を行った。

II. 対象と方法

1. 対象

若年女性12名、包含基準は出産経験のない者、脊柱や体幹の手術歴がない者、脊柱の疼痛により整形外科を受診していない者とした（表1）。

2. 方法

研究ではMRI（Vantage Elan MRT-2020、東芝社製）を使用した。まず背臥位、股関節屈曲位にて胸郭をベルトで固定し、さらに胸郭固定を高めるためにベルトと身体の間隙にはタオルを挿入した。椎体運動は頭部位置に

表1 対象者の身体特性

人数	女性：12人
年齢	24.0 ± 2.9 歳
身長	158.0 ± 6.7 cm
体重	48.4 ± 4.3 kg
BMI	19.2 ± 1.4 kg/m ²

平均値 ± 標準偏差。

影響されるため、頭部の基準として鼻尖と外耳孔を結ぶ線がベッドと垂直になる様に規定し撮像した。その後、高さ15 mmの発砲スチロール製の枕を使用して他動的に頭部を並進運動させ、再度撮像した。20 mm以上の並進運動では、鼻尖と外耳孔を結ぶ線を保持することが困難となることから15 mmと決定した。MRIの撮影条件はspin echo法を用いた。T1強調画像をrepetition time: 550 msec, echo time: 15.0 msec, Flip Angle: 90°により撮像し、スライス厚3 mm、画像を再構成する範囲である矩形撮像領域field of viewを40×25 cm、画像画素数を352×352とし、NSA (number of signal averaging) を3回とした。実際には5分間で11枚のMRI画像を取得した。その画像データ（DICOM）をパーソナルコンピュータに取り込み、ボリュームアナライザー（SYNAPSE VINCENT、富士フィルム社製）の2枚の画像を重ね合わせるソフトであるフュージョンを用いて、ZOOM 3.5で解析した。その際、釣具用のワームをベッド上に貼付し、画像位置を一致させた。

椎体運動量の測定は第3頸椎から第5胸椎までの各椎体の回転角度と並進運動距離とした。各椎体回転角度は画像上から運動前の椎体上縁に沿った線と運動後の椎体上縁に沿った線が交わる角度を α (°)とした（図1）。椎体並進運動距離においては、頭部並進運動前後での椎体中点を求め、2点においてベッドと垂直な運動距離X (mm)を計測し（図2）、各椎体横形にて運動距離を除き、正規化した。また、頭部並進運動後に運動前と比べ、腹側運動を生じた椎体をAnterior、背側運動を生じた椎体をPosteriorと定義した（図1, 2）。

信頼性については、一人の被検者を一週間に一度、計5回撮像し、級内相関係数（intraclass correlation coefficients：以下、ICC）を用いて評価した。

本研究はヘルシンキ宣言に沿ったものであり、当院倫理委員会にて承認を得た（受理番号：2016-1）。被検者への研究協力および参加の説明の際には十分な説明と本人の同意を得て、データ計測を実施した。

III. 結果

頭部並進運動によって頸椎から第5胸椎まで運動して動きが認められた。さらに、被検者によっては隣接する

図1 椎体回転角度

中央の椎体を運動前の椎体，左側は頭部並進運動後に腹側運動が生じた椎体，右側は頭部並進運動後に背側運動が生じた椎体とする．運動前の椎体上縁に沿った線と運動後の椎体上縁に沿った線が交わる角度を椎体回転角度 α (°) と定義した．

図2 椎体並進運動距離

椎体並進運動距離は，頭部並進運動前後における各椎体の中点を求め，ベッドと垂直な2点間距離を算出した後，各椎体横径により除し，正規化した値と定義した．

上位椎体に比べ下位椎体の運動量が大きいなど，各椎体の運動量に個性性が確認された (表 2, 3)．頭部並進運動前後で，頸椎から第 5 胸椎まで全ての椎体において腹側運動が生じる被検者と，頸椎もしくは第 5 胸椎までのいずれかの椎体で腹側運動から背側運動が生じる被検者が存在した (表 4)． $ICC_{1,1}$ は，0.97 (95% CI: 0.94–0.99ICC) であった．

IV. 考 察

脊椎椎体運動は回転運動と並進運動で構成されており，健常人の頭頸部屈曲・伸展時の頸椎動態解析はいくつかの研究がなされている^{2,4)}．Kapandji⁸⁾ や Woltring ら⁹⁾ の研究における脊柱モデルは第 1 胸椎固定モデルであり，胸椎を剛体として捉え頭頸部運動における胸椎の関与は除外されている．しかし臨床において胸椎レベルで

の疼痛や違和感などを散見することから，局所的疼痛発生因子として頭頸部の運動において胸椎も関与しているものと仮説を立て，MRI を用い頭部並進運動時の頸椎動態解析を行った．

結果として，頭部並進運動時に頸椎から第 5 胸椎まで運動した動きが認められた．さらに被検者によっては隣接する上位椎体に比べ下位椎体の運動量が大きいなど個性性が確認された (表 2, 3)．また骨動態軌跡より，頭部並進運動において，Case8 から Case12 のように頸椎から第 5 胸椎まで全ての椎体において腹側運動が生じる被検者と，Case1 から Case7 のように頸椎もしくは第 5 胸椎までのいずれかの椎体で腹側運動から背側運動が生じる被検者が認められた (表 4)．

頸椎椎体運動は頭部位置や肩関節位置により影響を受けるため，頸椎動態解析の先行研究においては，座位で肩関節や胸椎の固定が一般的である．しかし，脊柱運動

表2 頸椎・胸椎椎体回転角度

	C3	C4	C5	C6	C7	Th1	Th2	Th3	Th4	Th5
case1	13.1	8.5	6.1	1.8	0.8	0.9	1.0	1.3	1.1	2.4
case2	3.0	6.1	0.5	1.8	0.3	0.7	0.5	0.5	0.6	0.1
case3	9.0	5.6	6.9	7.0	3.6	1.5	0.7	1.7	1.6	0.7
case4	12.5	5.5	6.4	3.3	2.1	1.6	1.2	1.4	1.1	2.0
case5	3.8	5.1	14.8	11.8	3.7	3.0	3.1	0.5	0.6	2.3
case6	6.3	3.3	5.8	4.0	0.4	2.3	0.3	1.2	1.1	2.0
case7	2.0	0.4	1.8	1.1	0.9	1.2	0.3	1.6	1.5	1.5
case8	6.9	6.7	2.9	5.6	2.3	4.0	2.4	1.5	1.7	1.0
case9	5.7	9.1	9.3	4.6	3.9	1.4	1.3	1.4	0.9	1.2
case10	10.2	2.2	7.3	2.3	2.0	2.4	3.6	1.5	0.7	1.0
case11	9.1	6.6	6.1	6.2	2.3	1.1	3.6	2.2	1.3	0.4
case12	12.7	9.5	2.6	1.2	0.7	1.5	1.3	1.2	0.6	0.6
平均値	7.9	5.7	5.9	4.2	1.9	1.8	1.6	1.3	1.1	1.3
標準偏差	3.8	2.7	3.8	3.1	1.3	1.0	1.2	0.5	0.4	0.8

単位はすべて°.

表3 頸椎・胸椎椎体並進運動距離

	C3	C4	C5	C6	C7	Th1	Th2	Th3	Th4	Th5
case1	45.9	30.6	10.9	4.2	7.0	1.9	3.3	1.8	1.5	3.6
case2	56.6	36.1	16.6	9.4	7.2	6.0	4.6	5.9	4.2	2.9
case3	55.3	45.5	40.0	19.4	6.9	3.8	5.3	3.8	2.6	2.4
case4	51.4	31.3	11.3	2.0	1.4	3.8	1.2	1.6	5.8	5.2
case5	99.3	80.6	58.0	31.9	21.3	14.3	8.1	3.6	2.9	2.1
case6	39.2	23.6	15.4	5.2	1.3	4.5	4.7	2.7	5.3	4.8
case7	30.3	25.7	14.3	15.0	15.2	10.7	15.3	9.6	6.5	4.0
case8	65.4	54.1	39.0	35.9	20.3	19.7	13.2	6.6	3.7	2.9
case9	65.3	48.3	36.8	26.3	16.0	4.4	10.1	2.8	7.8	8.5
case10	102.7	63.9	37.5	22.6	10.2	4.5	3.2	5.5	3.1	1.4
case11	88.1	74.0	52.7	29.6	17.6	13.9	5.1	4.1	3.8	1.9
case12	29.9	9.7	14.5	16.4	14.9	13.0	11.4	6.3	5.7	2.6
平均値	60.8	43.6	28.9	18.2	11.6	8.4	7.1	4.5	4.4	3.5
標準偏差	24.7	21.5	17.0	11.4	6.9	5.7	4.4	2.3	1.8	1.9

椎体並進運動距離 (%) = 椎体並進移動距離 (mm) / 椎体横形 × 100.

の自由度を考慮すると、先行研究^{4,7)}における徒手での固定方法や、胸椎のみの固定方法では腰椎での代償運動が生じる可能性があるために、頭部並進運動の信頼性は定かではない。そのため、本研究では股関節屈曲位、胸郭をベルトで固定した後、頭部位置を基準とし鼻尖と外耳孔を結ぶ線がベッドと垂直になる様に規定し、頭部並進運動を撮像した。先行研究とは運動の開始肢位が異なり、回転角度や並進運動距離を安易に比較はできないが、先行研究より頭部並進運動時の代償運動は軽微であったと考えている。

驚見ら²⁾はX線シネ透視撮影装置を用いて、頭部屈曲伸展運動時の胸椎動態解析を行い、運動中心と最少移動点を予測的に算出した結果、上位胸椎も関与している

ことを報告した。加藤ら⁴⁾は、撮影方法の具体的記載はないものの、胸椎の屈曲伸展運動時のX線機能撮像を行い、椎体前後屈の合計角度を算出した結果、第2胸椎は前後屈合計で約4°、第3胸椎は約3°、第4胸椎は約2.5°、第5胸椎は約2°と報告している。本研究結果も加藤らの報告と同様に、胸椎には数度単位の回転運動が確認できた。ただし、本研究は上記研究の運動課題である屈曲伸展とは異なり、頭部並進運動であったために瞬間中心は存在しないことから、椎体回転角度は減少したものと推察できる。頭部並進運動において着目すべき点は椎体の骨動態軌跡(表4)にある。Case8からCase12のように、頸椎から第5胸椎まで全ての椎体において腹側運動が生じる被検者と、Case1からCase7

表 4 頭部並進運動後の骨動態軌跡

	C3	C4	C5	C6	C7	Th1	Th2	Th3	Th4	Th5
case1	A	A	P	P	P	P	P	P	P	P
case2	A	A	A	P	P	P	P	P	P	P
case3	A	A	A	A	A	P	P	P	P	P
case4	A	A	A	A	A	P	P	P	P	P
case5	A	A	A	A	A	A	A	P	P	P
case6	A	A	A	A	A	A	A	P	P	P
case7	A	A	A	A	A	P	P	P	P	P
case8	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
case9	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
case10	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
case11	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
case12	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

A : Anterior translation (腹側運動), P : Posterior translation (背側運動)。

のように頸椎もしくは第 5 胸椎までのいずれかの椎体で腹側運動から背側運動が生じる被検者が存在した。頸椎は前弯、胸椎は後弯しており、反対方向への弯曲が存在する。つまり頸椎と胸椎の間には前弯から後弯に移行する変曲点が存在すると考えられているが⁹⁾、今回の結果から、頭部並進運動後の脊柱変曲点は個人間で異なることが明らかとなった。この理由として、胸椎の頂椎つまり変曲点が下位胸椎に移行したものと推察する。本研究結果より、頭部並進運動後の脊柱の変曲点は個人差が関与することが確認できた。以上より、頭部並進運動においては頸椎のみならず胸椎まで考慮する必要性が示唆された。

本研究の限界として、背臥位における運動課題であったため、座位や立位とは異なる姿勢制御であったことが挙げられる。さらに臨床において椎体の腹側運動と背側運動を決定する因子は明らかにできておらず、今後の課題とする。

引用文献

- 1) Vladimir MZ: 身体動作の運動学. 鳥居 俊・他(監訳), ナッブ, 東京, 2003, pp292-317.
- 2) 鷺見正敏, 田中 洋, 二宮裕樹・他: 頸椎運動に対する上位胸椎の関与. 整形・災害外科, 2012, 55: 1315-1321.
- 3) Niemeläinen R, Videman T, Battié MC: Prevalence and characteristics of upper or mid-back pain in Finnish men. Spine, 2006, 31: 1846-1849.
- 4) 加藤勇満, 服部 奨, 小山正信・他: 胸椎部の X 線機能撮影による動態学的研究. 整形外科と災害外科, 1977, 26: 93-96.
- 5) 根地嶋誠, 横山茂樹, 沼澤 俊: 頸椎疾患患者の胸郭の機能障害と理学療法. 理学療法, 2015, 32: 598-604.
- 6) Oatis CA: オーチスのキネシオロジー, 原著第 2 版. 山崎 敦・他(訳), Round Flat, 東京, 2012, pp724-728.
- 7) Ordway NR, Seymour RJ, Donelson RG, et al.: Cervical flexion, extension, protrusion, and retraction. A radiographic segmental analysis. Spine, 1999, 24: 240-247.
- 8) Kapandji IA: カパンディ関節の生理学 II. 荻島秀男・他(監訳), 医歯薬出版, 東京, 1993, pp200-210.
- 9) Woltring HJ, Long K, Osterbauer PJ, et al.: Instantaneous helical axis estimation from 3-D video data in neck kinematics for whiplash diagnostics. J Biomech, 1994, 27: 1415-1432.