

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 6 月 27 日現在

機関番号：32643

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2015

課題番号：25560252

研究課題名(和文)三次元動作解析を用いた頸部可動域計測法の開発と嚙下リハビリテーションへの応用

研究課題名(英文) Measurement for neck range of motion by three-dimensional motion analysis system: validity and repeatability

研究代表者

緒方 直史 (OGATA, NAOSHI)

帝京大学・医学部・教授

研究者番号：10361495

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：頸部運動は自由度が高く、精確な可動域測定が困難であったが、われわれは三次元動作解析装置を用いた計測法を新たに本研究において開発した。健常者でのデータを蓄積し、再現性がある事が確認され、頸椎の詳細な可動域をリアルタイムで計測することが出来るようになった。その後、変形性頸椎症などの頸椎疾患患者に対しても頸椎可動域を詳細に検討することが出来るようになり、頸椎症では屈伸のみでなく、側屈・回旋の可動域制限を生じることを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：Neck movement is important for many activities of daily living and sometimes suffered by neck disorders, such as cervical spondylosis and whiplash. Several measurement devices, including Cervical range of motion device, have been used recently to measure neck range of motion but involving trunk motion. The advantages of three dimensional motion analysis system, such as accuracy and sequentiality, are known in analyzing walking and other large motion but not in neck movement. The aim of this study was to develop a new method to measure pure neck ROM of flexion, extension, lateral bending, and rotation using three dimensional motion analysis system, VICON. VICON appears to be useful measurement systems to evaluate neck ROM to evaluate the efficacy of intervention, such as surgery or physiotherapeutic exercise

研究分野：リハビリテーション医学

キーワード：三次元動作解析 頸椎疾患

### 1. 研究開始当初の背景

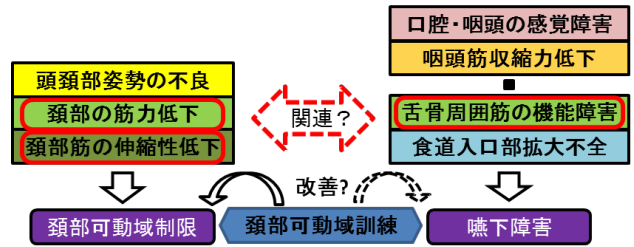
高齢化社会に伴い、高齢者の嚥下障害による誤嚥性肺炎が急増している。昨年度の死亡原因でも肺炎が第3位となっており(平成23年厚生労働省人口動態統計) 中には高齢者の誤嚥性肺炎が多く含まれることが予想される。また嚥下障害により、栄養摂取に経管栄養や胃瘻を必要となることも多く、介護予防ならびにQOL維持のためにも、高齢者の嚥下障害に対する予防・治療法の開発・確立が急務となっている。嚥下動作時、前頸部の舌骨周囲筋群が収縮することによって喉頭挙上が起こり、食物の気管侵入を防いでいるが、これら舌骨周囲の筋力低下により嚥下障害が生じることが知られている(Head Face Med. 3, 2007)。舌骨周囲筋群は舌骨の運動を担うとともに、頸部屈曲運動の補助筋であり、頸部筋力や頸部可動域への関連が示唆される。これまで頸部可動域が低下すると嚥下障害が進む(Spine. 30, 2005) また高齢者への頭部屈曲の筋力訓練で安静時の舌骨の高さが変化する(耳鼻と臨床 56, 2010)という報告があるが、具体的な嚥下機能との関連は評価されていない。一方で、屈伸・側屈・回旋動作が可能な頸部は、それらの組み合わせで様々な運動が可能であるが、これまで頸部可動域の計測は、角度計(Spine. 35(19), 2010)や頸部X線(Spine. 32(9), 2007)で行われており、いずれも最大可動域での一時的な角度を平面的な動きとして測定するのみで、捻れ動作の補正等正確性に欠けるとい報告がある(J Manipulative Physiol Ther. 23, 2000)。さらにはリアルタイムで詳細な動作解析が行える三次元的解析法を用いた計測は全く行われていない。我々はこれまで三次元動作解析装置を用いた経時的な腰部可動域計測法の開発に成功しており、本研究ではこの手法を頸部に応用し、嚥下障害患者での頸部可動域をリアルタイムで計測することで、頸部可動域と嚥下障害の関連を明らかにする。さらには頸部可動域訓練の有効性を立証し、より効果的な新規嚥下リハビリテーション法の開発に繋げていく基礎検討を行うこと目指した。

### 2. 研究の目的

本研究では、健常者の頸部可動域を三次元動作解析法により詳細に計測し、高齢者や頸椎疾患・嚥下障害患者の計測へと進め、嚥下機能との関連性について検討する。具体的には以下の4つのサブテーマにつき検討することを目的とした。

- (1) 健常若年者ならびに高齢者での頸部可動域の三次元動作解析装置を用いた計測
- (2) 頸部可動域制限を来す疾患患者での頸部可動域の三次元動作解析装置を用いた計測、ならびにその嚥下機能評価
- (3) 嚥下障害患者での頸部可動域の三次元動作解析装置を用いた計測
- (4) 嚥下障害患者に対する頸部可動域訓練後の、頸部可動域と嚥下機能変化の検証

### 練後の、頸部可動域と嚥下機能変化の検証



[図1]本研究の概要

### 3. 研究の方法

本研究では、三次元動作解析法を用いて、若年ならびに高齢健常者の頸部屈曲伸展、側屈、回旋等の動作を詳細に計測しデータを蓄積した後、その結果の妥当性をX線や既に妥当性が確認されている頸部可動域測定機器と比較検討した。その後、患者群での頸部可動域・嚥下機能の評価を行い、最後に患者群での頸部可動域訓練を行いその効果の検証を行うこととした。

具体的には、以下の通りである。

- (1) 健常若年者ならびに高齢者での頸部可動域の三次元動作解析装置を用いた計測

健常若年成人での三次元動作解析法を用いた頸部可動域の妥当性を確認するために、脊椎に既往のなく、頸・背部に疼痛のない若年者30名を募集し、座位での屈曲伸展・側屈・回旋動作中の頸部可動域をX線、CROM III (HOSPEQ社)と三次元動作解析装置VICON MX (VICON Motion Systems社)を用いて計測する。どの計測法でも安静姿勢を統一するため、肩関節は解剖学的肢位、肘関節は屈曲90°とし、大腿の上に手を置き動かさないように指示する。必要時は被験者の正面に鏡を置き、正中を確認するように指示する。VICONでの計測時は水泳帽を着用し、男女ともに撮影用スーツを着用する。身体の各ランドマーク35箇所(Plug-in Gait マーカーセット法による)と後頸部8箇所(C4周辺4箇所、T1周辺4箇所)、下顎3箇所(オトガイ、左右下顎角)、頸部前面3箇所(甲状切痕周辺)、合計49箇所に赤外線反射マーカーを付け動作を計測する。得られたデータから、頸部可動域を算出し、動作の時間軸で検討する。同時に、表面筋電図電極を頸部伸筋、胸鎖乳突筋、舌骨上筋群、舌骨下筋群に貼付し、筋放電量および筋活動のタイミングを評価する。測定の実現性を確認するため、2週間後に同様の計測を繰り返し行う。本研究での統計手法は信頼性の検討には級内相関係数、Bland-Altman Plot法を用いる。次に、頸部疾患を有しない65歳以上の健常高齢者(内科的疾患の有無は問わない)15名を募集し、若年者と同様に頸部可動域の計測を行う。

- (2) 頸部可動域制限を来す疾患患者での頸部可動域の三次元動作解析装置を用いた計測並びに嚥下機能評価

頸部に可動域制限を生じるといわれている疾患、特に変形性頸椎症、頭頸部癌治療(手

術、放射線照射)後の患者それぞれ15名を募集する。問診にて疼痛の有無やADL制限、頸部運動の制限がないかを確認し、まず嚥下機能の評価を行う。嚥下機能の評価にはVEとVFを用いる。VEで唾液の貯留、喉頭侵入・誤嚥、咽頭残留の有無を確認する。VFにて咽頭残留の有無とPenetration-Aspiration Scale(PAS)を用いて喉頭侵入・誤嚥の程度を確認し、舌骨の位置および移動距離、舌根から咽頭後壁までの距離を計測し、咽頭の収縮率を計算する。嚥下障害が見られた患者には頸部屈曲、回旋等の代償姿勢による嚥下機能の変化を見る。次に平成25年度に構築した計測システム(VICON, 表面筋電図)を用い、各動作の三次元動作解析を用いて頸部可動域の測定を行い、同時に頸部筋活動を頸部伸筋、胸鎖乳突筋、舌骨上筋群、舌骨下筋群にて評価する。さらに同様にX線とCROM IIIを用いた頸部可動性の評価を行う。嚥下障害がみられ、嚥下機能評価で代償姿勢を取った場合は、同様の姿勢を筋電図による筋活動評価を行いながら、同時に三次元動作解析装置あるいはCROM IIIで計測する。そのほかに頸髄症治療成績判定基準(Japanese Orthopaedic Association score, JOAスコア)あるいはNeurosurgical Cervical Spine Scale(NCSS)を用いて頸部可動域制限による他覚的重症度・自覚的重症度を、またうがいや読書等頸部可動域制限によるADL障害を、SF-36等を用いてQOLを評価する。同様に、SWAL-CARE・SWAL-QOLを用いて嚥下障害に関するQOLも評価する。また実際の摂食状況の確認(食形態、むせの有無)を確認し、肺炎の既往の有無も確認する。統計手法は、患者群の頸部可動域測定の信頼性検討には級内相関係数、Bland-Altman Plot法を用いる。健常群と疾患群との頸部可動域の測定法による測定結果の差を比較する際は対応のないt検定を用いる。また舌骨の移動距離・咽頭収縮率・ADL・QOLと頸部可動域の関係についてはSpearmanの相関係数、ロジスティック回帰分析、因子分析を用いる。測定後に頸部可動域訓練(i.e. 頸部屈伸、回旋、側屈、肩関節可動域訓練等、1回15分程度を1日2回、毎日)を指導し、自宅にて2-3週間継続を指示する。自宅での訓練実施徹底のために、被験者には訓練内容を具体的に写真を用いて説明する図と、訓練実施回数をチェックするチェックシートを渡す。

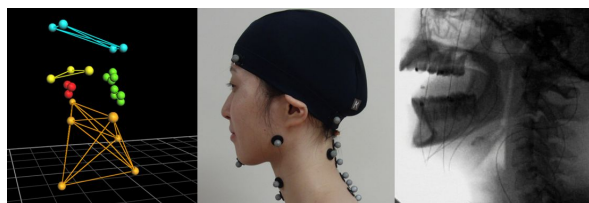
(3) 嚥下障害患者での頸部可動域の三次元動作解析装置を用いた計測

嚥下外来にてVEとVF嚥下評価を行なった際、ゼリー食から嚥下食まで摂食可能な軽度の嚥下障害患者15名を対象として次の計測を行う。VFによる喉頭侵入・誤嚥(PAS)、咽頭残留の評価、舌骨の位置および移動距離、舌根から咽頭後壁までの距離を計測、咽頭の収縮率を計算する。さらに、上記の三次元動作解析法を用いた頸部可動域の計測、筋電図による筋活動評価、ならびに質問紙を用いた

QOL評価を行う。対象者には、自宅での頸部可動域訓練を指導し、月1回の外来通院による評価を継続する。

(4) 嚥下障害患者に対する頸部可動域訓練後の、頸部可動域と嚥下機能変化の検証

自宅での頸部可動域訓練を指導した対象者(頸部可動域制限を生じる疾患患者、嚥下障害患者)の訓練後の評価を行う。嚥下機能の評価をVE・VFを用いて行い、頸部可動域を三次元動作解析装置を用いて評価する。また、ADL・QOL評価を訓練後再度行う。統計手法は、介入前後の違いを見るため、喉頭侵入・誤嚥・咽頭残留の有無には2検定を、筋放電量、舌骨の位置および移動距離、舌根から咽頭後壁までの距離、咽頭の収縮率、頸部可動域、ADL・QOLには対応のあるt検定を、PASにはWilcoxonの順位和検定を用いる。また健常者群と患者群の群間比較には対応のないt検定を行い、舌骨の移動距離・咽頭収縮率・ADL・QOLと頸部可動域の関係についてはSpearmanの相関係数を用いる。



〔図2〕計測方法(左からVICONでの再構築画像、マーカー貼り付け位置、嚥下造影画像)



#### 4. 研究成果

(1) 健常若年者ならびに高齢者での頸部可動域の三次元動作解析装置を用いた計測

健常者12人でCROM装置とVICONでの測定結果を比較した。屈曲では、CROMは $49.7 \pm 7.9$ 度、VICONでは $48.7 \pm 6.0$ 度であり、積率相関係数は $0.779$ ( $P < 0.001$ )となり、両測定法の測定結果に差はなかった。伸展でも、CROMは $57.9 \pm 10.9$ 度、VICONでは $53.0 \pm 10.8$ 度であり積率相関係数は $0.863$ ( $P < 0.001$ )と両測定法に差は見られなかった。同一測定法の日間の比較でも屈曲、伸展ともに日間の信頼性は高く、両測定法とも可動域は再現性が非常に高いことが確認された。以上より、

CROM 装置を用いて頸部角度変化の算出が可能であることがわかり、三次元動作解析装置 VICON を用いて頸部の屈曲・伸展の可動域測定を行い、高い妥当性と再現性を確認できた。(2) 頸部可動域制限を来す疾患患者での頸部可動域の三次元動作解析装置を用いた計測並びに嚥下機能評価

まず、成人期に観血的治療を行った先天性筋性斜頸患者を経験したため、三次元動作解析装置を用いて手術による頸部の安静姿勢・運動の改善の有無を確認した。対象は、22歳の女性。幼少時より斜頸・右胸鎖乳突筋に腫瘍あったが放置。成長とともに斜頸位悪化、右頸部-肩痛出現し、病院を受診、胸鎖乳突筋両極切離術を行ったが、術前と術後6カ月、ならびに術後一年の頸椎運動測定を、三次元動作解析装置を用いて計測した。その結果、三次元動作解析装置により詳細な頸椎角度の計測が可能であり、手術により安静姿勢の非患側回旋位が改善し、頸部伸展・左側屈・回旋運動の制限が改善していたことが判明し、安静姿勢・可動域とも、術後長期的に変化していくことが明らかとなった。本研究で開発された計測方法で、微細な安静姿勢や可動域の変化をリアルタイムで評価可能となることが分かった。

次に、変形性頸椎症患者の頸部可動域について同年代の健常者との比較、術前後の変化について検討した。変形性頸椎症患者群を2014年12月から2015年3月まで整形外科に手術目的で入院された患者とし、入院後に術前に頸椎可動域を計測、術後6ヶ月の外来受診時に術後の頸椎可動域の計測を行った。またコントロール群として、患者群と年齢・性別をマッチさせ、頸部手術歴がなく、頸部症状のないものを選んだ。坐位姿勢で頸部屈曲・伸展・側屈・回旋運動を三次元動作解析装置を用いて測定した。側屈・回旋については、左右のうち可動域制限の大きい側を制限側、少ない側を非制限側と定義した。対照群・患者群それぞれ9人が研究に参加した(男性8人、年齢 $61.0 \pm 14.2$ 歳 vs  $62.0 \pm 15.4$ 歳)。患者群の頸部可動域は対照群と比較して、術前は伸展・制限側の側屈・非制限側の回旋のROMが、術後は伸展・制限側の側屈・非制限側の側屈・非制限側の回旋のROMが制限されていた。術前後でROMに有意な差を認めなかった。変形性頸椎症は屈伸のみでなく、側屈・回旋の可動域制限を生じることが明らかとなり、手術による可動域の低下は認めず、術後早期のリハビリテーション介入や手術の局所化など患者の病態にあわせた治療法の選択が有効であったと考えられた。

(3) 嚥下障害患者での頸部可動域の三次元動作解析装置を用いた計測

嚥下時に頸椎の可動性があるかどうかを検討した。健常成人14人(男性9人、年齢 $33.9 \pm 8.2$ 歳)を対象に、坐位姿勢での液体嚥下を5回ずつ行った。頭部・第7頸椎(C7)部・甲状軟骨下部・体幹に赤外線反射マーカ

を貼り、C7部・甲状軟骨部の上下・前後方向への移動距離と体幹・頸部屈曲角度変化の個人の平均値を算出した。統計には対応のあるt検定を用いた。嚥下時の移動距離は、C7部で上方に $1.2 \pm 0.8$ mm、前方に $4.4 \pm 2.8$ mmであったのに対し、甲状軟骨下部では上方に $5.9 \pm 2.5$ mm、前方に $6.5 \pm 2.8$ mmであった( $P < 0.01$ ,  $P = 0.06$ )。体幹屈曲角度の変化は $1.1 \pm 0.5$ 度であったのに対し、頸部屈曲角度は $3.1 \pm 1.4$ 度であった( $P < 0.01$ )。以上より三次元動作解析装置 VICON を用いることで、健常者嚥下時の微細な前頸部皮膚上マーカの動きと頸部屈曲運動を捉えることができた。今後、嚥下障害を有する患者の嚥下動作を計測し、健常者と比較することで、嚥下障害の動的評価として応用できると考えている。

今回の研究で、頸椎の可動域を、三次元動作解析装置を用いることで、リアルタイムで計測することが可能となった。今後、嚥下障害を起こす多くの疾患の症例でさらなる計測を進め、頸椎可動域異常と嚥下障害との関連性について研究を進めていく予定である。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 1件)

(1) Inokuchi H, Tojima M, Mano H, Ishikawa Y, Ogata N, Haga N  
Neck range of motion measurements using a new three-dimensional motion analysis system: validity and repeatability. *Eur Spine J.* 24(12):2807-15. 2015. 査読あり

[学会発表](計 3件)

1. 井口はるひ、緒方直史、芳賀信彦ら：三次元動作解析法を用いた変形性頸椎症患者の手術前後の頸部運動計測。第53回日本リハビリテーション学会、2016.6.9 京都国際会館(京都市、京都府)

2. Haruhi Inokuchi, Naoshi Ogata, Nobuhiko Haga et al. PRE- AND POST-OPERATIVE CERVICAL RANGE OF MOTION IN PATIENTS WITH CERVICAL SPONDYLOSIS MEASURED BY 3D MOTION ANALYSIS SYSTEM. ISPMR 2016.6.3.クアラルンプール、シンガポール

3. 井口はるひ、緒方直史、芳賀信彦ら：三次元動作解析法を用いた成人先天性筋性斜頸の手術前後の頸部運動計測。第54回日本リハビリテーション学会、2015.5.28 新潟朱鷺センター(新潟市、新潟県)

[図書](計 0件)

[産業財産権]

出願状況(計 件)

名称:

発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況（計 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

緒方 直史 (OGATA NAOSHI)

帝京大学・医学部・教授

研究者番号：22659267

##### (2) 研究分担者

中原 康雄 (NAKAHARA YASUO)

東京大学・医学部附属病院・助教

研究者番号：80595968