

国際医療福祉大学大学院  
医療福祉学研究科博士課程

頸部回旋位における自覚的視性垂直定位に  
対する体性感覚系制御の意義

平成 24 年度

保健医療学専攻・理学療法学分野・基礎理学療法学領域  
学籍番号：10 S 3012 氏名：内田全城  
研究指導教員：丸山仁司教授

## 和文要旨

頸部回旋位における自覚的視性垂直定位に対する体性感覚系制御の意義

内田 全城

本研究は、頸部回旋位における自覚的視性垂直定位（以下 SVV）に対する体性感覚系制御の意義について健常成人を対象に検討した。研究 1 は、18 名を対象に身体回旋位の重心動揺を検証した結果、総軌跡長 ( $F(3, 71) = 9.7, p < 0.01$ ) と軌跡平均面積 ( $F(3, 71) = 4.8, p < 0.01$ ) に主効果がみられ、回旋位で重心動揺が増大した ( $p < 0.01$ )。研究 2 は 20 名を対象に頸部回旋位の SVV を検証した結果、30 度以上で回旋方向への SVV 偏位を認めた ( $p < 0.05$ )。研究 3 は 20 名を対象に頸部右回旋 30 度固定前後の SVV を比較した結果、固定角度を除く全角度で SVV 偏位が低下した ( $p < 0.01$ )。研究 4 は 12 名を対象に SVV と関節位置覚誤差の関係と頸部筋ストレッチ前後の SVV 比較を行った結果、頸部中間位の関節位置覚誤差と SVV に相関がみられ、ストレッチ後で SVV 偏位の低下を認めた ( $p < 0.05$ )。以上より、頸部回旋位の SVV は前庭系と体性感覚に依存し、頸部回旋に対する拮抗筋を主とする体性感覚入力の影響を受けることが示唆された。

キーワード：頸部回旋位，自覚的視性垂直定位，感覚統合，体性感覚

## 英文要旨

The significance of somatosensory system control for subjective visual vertical at position cervical rotation

Masaki Uchida

The purpose of study was to investigate the effect of the subjective visual vertical (SVV) at position cervical rotation on somatosensory system control. The subjects were healthy volunteers. In first study, we investigated the effect of trunk rotation on the displacement of center of gravity in 18 subjects. Total path length ( $F(3,71) = 9.7$ ,  $p < 0.01$ ) and the average area of trajectory ( $F(3,71) = 4.8$ ,  $p < 0.01$ ) were significantly increased in trunk rotation position compared with neutral position. In two study, we investigated the effect of cervical rotation on the SVV in 20 subjects. SVV showed a deviation in the direction of rotation in degrees or higher 30 ( $p < 0.05$ ). In three study, we fixation as result of comparing the SVV of 30 degrees right cervical rotation in 20 subjects. SVV deviation is reduced except for fixed angle in all degrees ( $p < 0.01$ ). In four study, we compared the results before and after the SVV cervical muscle stretch, and relationship between SVV and joint position error. There is a correlation with SVV joint position error in the neutral position of the cervical rotation, SVV deviation was reduced after stretch ( $p < 0.05$ ). Our results suggest that somatosensory and vestibular system, somatosensory input from antagonistic muscles responded to cervical rotation affected SVV in cervical rotation position.

**Key words** : cervical rotation, subjective vertical, sensory integration, somatosensory

## 目 次

|  |    |
|--|----|
| 第一章 緒言   | 1  |
| 第一節 頸部回旋位における自覚的視性垂直定位に対する体性感覚系制御<br>に関する研究の必要性              | 1  |
| 第二節 姿勢制御に関する文献研究   | 2  |
| 1. 姿勢制御の評価指標／ 2. 姿勢制御に対する運動介入／<br>3. 頸部回旋の姿勢制御               |    |
| 第三節 検討すべき問題点   | 7  |
| 第四節 研究目的及び研究課題   | 7  |
| 第五節 研究の意義  | 8  |
| <br>   |    |
| 第二章 視線指標提示角度の定位付け条件が立位重心動揺に与える影響<br>—水平面上視線行動に伴う身体回旋運動からの検証— | 9  |
| 1. 対象と方法／ 2. 結果／ 3. 考察                                       |    |
| <br>   |    |
| 第三章 視線行動に伴う立位頸部回旋位が自覚的視性垂直定位に与える影響                           | 16 |
| 1. 対象と方法／ 2. 結果／ 3. 考察                                       |    |
| <br>   |    |
| 第四章 頸部回旋位固定が自覚的視性垂直位に与える影響                                   | 22 |
| 1. 対象と方法／ 2. 結果／ 3. 考察                                       |    |
| <br>   |    |
| 第五章 立位頸部回旋位 SVV における頸部体性感覚の影響                                | 33 |
| 1. 対象と方法／ 2. 結果／ 3. 考察                                       |    |
| <br>   |    |
| 第六章 総括   | 44 |
| 第一節 結論   | 44 |
| 第二節 本研究の応用性ならびに限界と今後の課題                                      | 45 |
| <br>   |    |
| 謝辞   | 46 |
| 文献一覧   | 46 |

## 第一章 緒言

### 第一節 頸部回旋位における自覚的視性垂直定位に対する体性感覚系制御に関する研究の必要性

ヒトの姿勢制御は、中枢神経系が視覚系、前庭系、体性感覚系を主とした感覚器からの情報を統合・処理し、それらの出力が四肢、体幹の抗重力筋の筋運動調節系に送られることで姿勢を制御する機構である<sup>1)</sup>。この姿勢制御は、とかく現代の高齢化社会において、転倒との関連から重要な位置付けがされている。

転倒の原因は内的要因と外的要因とに大別される。このうち内的要因の中で特に相互関係に対し、立位バランス能力の低下が転倒の第一義的要因と考えられる。また、身体活動低下、筋力、関節可動域、反応時間の低下、歩行様式、前庭機能、視覚機能、体性感覚機能の低下などとの関係性についても検証されている。さらに内的要因の向上には、運動介入が第一義的であるとの考えに基づき、バランス運動、筋力増強運動、太極拳やダンス、歩行や有酸素運動など多岐にわたる運動介入が行われているが、確立された予防方法ならびに運動介入には至っていないのが現状である<sup>2)</sup>。この理由としては、転倒の発生要因は1つでなく複数の要因が複雑に組み合わさっていることや、各種評価指標が各内的要因に特化していないことが問題となり、有効的な運動処方に結び付いていない事が考えられる。つまり、効果的な運動処方のためには、各内的要因に特化した評価指標の活用、これに基づく運動プログラムの特性を示す必要がある。姿勢制御は前述したとおり、視覚、前庭、体性感覚系からの求心入力を統合し、出力を行う一連の過程であり、この感覚統合と出力の双方の側面に特化した評価を行う必要があると考えられる<sup>3,4)</sup>。

現在の理学療法領域における立位姿勢制御は、静的バランスと動的バランスという概念が定着化されてきており、静的バランスとして立位保持、片脚立位、ロンベルグ試験、また動的バランスとして Functional Reach Test (以下、FRT)、Timed Up and Go Test (以下、TUG)、Functional Balance Scale (以下、FBS) などの評価指標があり、姿勢制御の把握を行っている<sup>5)</sup>。これら評価指標に対して、姿勢制御を構成する感覚統合と出力の要因で区分した場合、ほとんどが出力の側面を反映しているものであり、またそのまま運動介入へのプログラム処方として活用していることが多い。このように理学療法の臨床において、出力要因の評価指標の活用には、感覚統合要因を反映する評価指標が明確に示されていないことや、測定手順が難解であることなどが挙げられ、計測に多くの時間を要する、測定機器の不備などといった、臨床的条件に合致しないことも、理由と考えられる<sup>5,6)</sup>。以上のことから、理学療法領域における姿勢制御に対して、感覚統合要因に特化し、かつ特殊な機器を用いることなく測定可能である評価指標の提示により、姿勢制御に対する有効的な運動介入に結び付くと考えられる。

一方で、前述した理学療法領域における評価指標の測定環境についても検討の余地がある。静的バランスの評価指標である立位、片脚立位、ロンベルグ肢位の測定環境は、各肢節間の位置関係を変化させずに行うことが原則である。日本平衡神経科学会による重心動揺検査では両足内側縁を接したロンベルグ肢位や、平衡機能障害の指標とされる両脚直立、Mann 直立、片脚立位検査においても各肢節間の位置関係を変化させずに行うこととされ<sup>7)</sup>、安静立位姿勢での身体動揺を静的バランスの指標として用いられている。つまり、解剖学的肢位に基づく各肢節間位置に限定されていることになり、前額面上、矢状面上、水平面上の中間位で測定を行うことがほとんどである。従って、各肢節間の位置関係を変化させた静的バランスの評価の実施には至っていない。島田ら<sup>8)</sup>は、バランス機能の構成因子として、①静止立位保持機能、②支持基底面を固定した状態での随意運動、③外乱負荷応答、④支持規定面が移動する状態での随意運動の4つをあげており、支持基底面を固定した状態での各肢節間の位置関係を変化させた際の姿勢制御を静的バランスの評価指標として活用する意義は高いと考えられる。

転倒と関係のある肢節間の位置関係に関して、頸部回旋運動はバランスを崩す要因であるとされ、方向転換や振り返り動作時に伴う転倒リスクの一つとして考えられている<sup>9)</sup>。普段の日常生活で用いる姿勢制御は、三次元的な視線行動に伴う姿勢制御が求められ、このとき身体は前額面、矢状面、水平面上の運動を複合的に起こすことになる。なかでも頸部には視覚系や前庭系の感覚器が備わっているため、頸部の運動や肢位の変化は、視覚系、前庭系、体性感覚系から起こる入力情報に変化を与え、その結果、感覚統合へ影響を及ぼすと考えられる。このように、前額面上、矢状面上、水平面上の運動が複合的に行われる姿勢制御の中でも、転倒との関連性が指摘されている頸部回旋の感覚統合へ与える影響について検討を加えることは、姿勢制御の評価ならびに運動処方プログラム特性の具現を促すものとする。

## 第二節 姿勢制御に関する文献研究

姿勢制御の評価指標や姿勢制御能力に及ぼす運動介入の影響についてまとめ、次に、頸部回旋位の姿勢制御を検証する必要性について記述する。

### 1. 姿勢制御の評価指標

姿勢制御の評価は、支持基底面と運動方略の関係、外乱に対する姿勢反応、視覚系、前庭系、体性感覚系との関係などを多角的に検証することになる。このうち、外乱に対する姿勢反応は、頭部・体幹を鉛直に保持する様態と、身体を傾斜させた状態から随意的に姿勢をコントロールする様態の2種類がある。つまり、床面の水平、矢状面、前額面上の垂直を指標として身体を鉛直

に保持する様態であり<sup>10)</sup>、これには視覚系、前庭系、体性感覚系からの入力を統合し、これに基づく出力により遂行されることになる。このため、感覚統合になんらかの問題が生じた場合には、必然的に出力にも影響が生じることになる。以上より、出力要素や感覚統合と出力要素を反映する評価指標では、姿勢制御を捉えるにあたり不明瞭な解釈に留まることが考えられることから、感覚統合の反映に特化した評価指標の活用は重要と考える<sup>3,4)</sup>。

## 1) 感覚統合と出力の複合指標

### ①重心動揺

重心動揺は、立位、片脚立位、ロンベルグ肢位（両足内側縁を接した立位）にて重心動揺計の上に立ち、一定時間の保持した際の足圧中心点（Center of pressure：以下 COP）の軌跡を XY 軸上に記録する検査である。日本では、総軌跡長と動揺面積を解析に用いることが多いとされ、測定時間が長ければ総軌跡長は増加するが、動揺面積はプラトーに達するため、計測時間の設定が重要とされている<sup>4,11)</sup>。日本平衡神経科学会では 60 秒が推奨されているが、20 秒でも 60 秒の各パラメータと高い相関が認められており、時間の統一はされていない。この測定から得られた COP 値から制御機構に照らし合わせることで解析を行うことになる。COP 軌跡の特徴としては、前額面と矢状面では異なる機構が存在するとされ、前者は足関節の内・外反、股関節の内・外転が、後者は足関節の底・背屈が主要な姿勢制御機能である。この時、視覚や体性感覚フィードバック制御が重要な役割を果たすことが知られている。また COP 軌跡の特性も、立位時の COP は前額面上（左右方向）よりも矢状面上（前後方向）で変位し、前額面上の変位量はわずかであるとされ、COP 軌跡は矢状面では各足底面での COP 動揺に依存する特性が報告されている<sup>4)</sup>。

### ②平衡機能検査

平衡機能検査には、立位、片脚立位、ロンベルグ肢位（両足内側縁を接した立位）の保持時間を計測する方法である。日本平衡神経科学会や体育学の分野で幅広く用いられている方法であり、昨今、介護保険施行にあたり介護予防事業の機能評価にも片脚立位が取り入れられるなど、理学療法分野に特化せず、幅広く用いられている。立位姿勢制御が、どのような感覚情報に基づいて達成されているかを評価するには、閉眼や不正面などの条件下で生じる立位姿勢制御の変化を解析することで可能となる<sup>4)</sup>。ロンベルグ姿勢で高齢者と若年者の比較について、ロンベルグ姿勢（左右の足の内側を合わせて立つ）で被験者を立たせると、加齢とともに身体動揺が増大するとされるが、一方で、ただ単に安静立位姿勢だけでは高齢者と若年者の身体動揺に有意な差がないことも報告されている。逆に、安静立位姿勢に加えて、視覚系と体性感覚系に対し同時に外乱を

加えた時には、高齢者と若年者の間に有意な差を認めるなど、視覚系と体性感覚系に外乱を加えた際の姿勢制御の変化を捉えることでより細かい姿勢制御の評価が可能になるとされている<sup>12)</sup>。

## 2) 感覚統合の評価指標

ヒトが安定した直立姿勢を維持するためには、外界との刺激、特に視覚情報との安定した定位づけが重要であるとされ、視覚刺激を様々に変化させた際の身体動揺による分析が多々報告されている<sup>1,3)</sup>。視覚的に認知される垂直方向をさし、視覚情報から得られる情報に垂直軸の定位づけを行う際に用いられる感覚統合を反映する指標として、自覚的視性垂直定位 (Subjective Visual Vertical : 以下, SVV) がある。この SVV は、空間識の認知機能とされ<sup>13,14)</sup>、末梢性の耳石器や前庭系の機能だけでなく、中枢性の重力認知経路の機能をも反映するとされている。この SVV を用いた研究の多くは耳鼻咽喉科領域であり、前庭機能検査のひとつとして用いられている<sup>13,14,15,16)</sup>。SVV の測定は、明るいところでは視覚補正が生じ易いという問題から、通常は暗室にて行われ、立位または座位で眼前に設置したバーを任意の角度に傾いた位置から被験者が垂直とみなす位置に合わせた際の真の垂直軸との誤差 (角度) をパラメータとして用いる評価指標である。健常人の SVV 値は 2° 以下とし、これより高値を病的として捉えたとされている。SVV の測定にあたり、完全な暗室を設定することも難しいことから、明るいところで指標の背景を工夫したものや、暗い部屋で蛍光を発する指標を提示したりするなど様々であり、確立されたものはない<sup>17)</sup>。耳石器機能以外の SVV に影響を与える要因として、指標の周囲視覚環境や視運動刺激、頸部に加わる加速度、頸部の位置があり、体性感覚も関与していることが報告されており、視覚系、前庭系、体性感覚からの入力相互関係がわかる。例えば、頸部振動刺激により SVV 偏位が振動側に偏位することや<sup>18)</sup>、前額面上の身体傾斜により SVV 偏位が起こるとし、傾斜 60° 未満であれば傾斜方向への SVV 偏位を起こし (E-effect)、逆に傾斜 60° 以上では傾斜と反対側方向への SVV 偏位を起こし (A-effect)、身体傾斜よりも頸部単独の傾斜において顕著に現れるとされている<sup>14)</sup>。このことは、体性感覚の入力が変化することで起こる前庭系、視覚系との感覚統合に乖離を生じた結果であり、特に頸部の位置は SVV 偏位を起こす重要な因子であると考えられている。

この SVV を指標とした理学療法領域の研究は、脳血管障害による半側視空間失認症状との関連性についての検証がほとんどである。脳血管障害者の姿勢は、非麻痺側に偏った左右非対称的な荷重姿勢が特徴的であり、脳血管障害者にみられる関節位置感覚の不正確性や身体軸の偏位とバランス能力低下との関連性が指摘されている<sup>19)</sup>。この解析に対して、脳損傷と SVV 偏位の関



係, SVV と pushing 現象の関係などから SVV を用いて検証がされている. 脳血管障害者の SVV 特性については, 麻痺側方向へ SVV 偏位が生じるとされ, SVV 偏位が脳卒中患者の静止立位動揺と関連していることを報告している. これに対する運動療法介入として, 垂直な視覚指標に体幹を合わせる課題などが推奨されている<sup>20)</sup>. 一方では, 半側視空間失認症状を有さない者でも, SVV 偏位と COP 総軌跡長の上に強い相関を認める報告もあり<sup>21)</sup>, 半側視空間失認症状とは異なる感覚統合, 制御経路が指摘されている.

以上のことから, SVV 偏位は神経学的障害や前庭機能障害のみならず, とくに頸部の肢位との関係が強いこと, また SVV 偏位と重心動揺(総軌跡長)との関係が強いことにより, 姿勢制御における感覚統合の結果が出力へ影響を及ぼす要因となっていることがわかる.

## 2. 姿勢制御に対する運動介入

姿勢制御に対する運動介入は, 転倒予防の観点から第一義的であるとされ, バランス運動, 筋力増強運動, 太極拳やダンス, 歩行や有酸素運動など多岐にわたる運動療法介入が行われている<sup>2)</sup>. しかし, どの要素が効果的なのか明らかになっておらず, 各要素の効果判定に関して経時的な変化を検証したものは少ない. なかでも, 感覚統合と出力の複合指標として用いられる立位, 片脚立位, ロンベルグ肢位などをそのまま運動プログラムとして処方する結果, 感覚統合要素への効果なのか, 出力要素への効果なのかが不明瞭になっている.

理学療法領域における姿勢制御への運動療法介入に関して, 神経学的障害を持つ症例においては, 座位バランスと立位バランスとの関連を想定し, 座位姿勢のアライメント矯正や重心移動課題を通して座位バランスの向上を図ることによって, 立位, 歩行に発展させることを理学療法の目的にする場合が多い<sup>10)</sup>. つまり, 感覚統合による空間識のもと, これに沿った出力の向上を促す内容が一般的になっている.

感覚統合を考慮した運動療法介入としては, 垂直な視覚指標に体幹を合わせる課題が推奨されており<sup>20)</sup>, 感覚統合による垂直軸認知機能の向上と同時に出力要素への介入も行っている. このように自らの身体位置や運動状況を意識させることで身体感覚を促す介入が行われているが, 運動中に身体感覚を顕在化させると, 運動の自動制御過程を妨げるとし, 結果的に姿勢制御の動揺の減少に貢献しないとし, 逆に運動前の静止立位時に対して身体の顕在化を促すことで姿勢動揺を減少させる効果が確認されている<sup>19)</sup>. また, 頸部の運動前に視覚入力認知課題を加えることで, 頸部の自動的回旋運動が増大することも報告されており, 姿勢制御における感覚統合の要素を考慮した運動療法介入には, 運動前に視覚への認知課題を促すことで, シミュレーション効果

や身体感覚の顕在化が起こり、感覚統合と出力の双方への介入効果が得られると考えられる<sup>22)</sup>。

また前庭系は平衡感覚をつかさどる最も重要な部位とされているが、この前庭系機能の向上に特化した運動療法に関する報告は少ないのが現状である。前庭系の制御は、頸部の傾斜により、耳石器・半規管を介して行われ、水平面の回転加速度刺激の感知器官である外側半規管は、解剖学的に30度の傾斜を持つことから、加齢に伴う円背や脊柱側弯といった姿勢変化が生じると、外側半規管の受容器としての感知閾値の上昇を招き、平衡感覚に影響するとされている。この前庭系機能に特化した運動療法には、頭位の変化を繰り返すことにより、前庭器官に対して回転・加速度刺激を与えることで、前庭からの入力機能を促通することができるとされており<sup>23)</sup>、「急に180度回転する、あるいは360度回転する動作」、「静止している物に眼を向けたまま、首の屈伸、回旋」等のトレーニングを通じて、静的・動的バランスの改善が得られるとの報告もある。前庭系の情報は頭部の位置変化によって生じることが報告されており、視覚系、前庭系、体性感覚系からの入力の感覚統合に変化が生じることや、このいずれかの感覚入力の機能低下も重心位置の修正が困難なものになることから、前庭系入力機能を介して感覚統合を促進するためには、頸部回旋運動の要素を取り入れることが重要であると考えられる<sup>11)</sup>。

### 3. 頸部回旋の姿勢制御

頸部回旋は、日本リハビリテーション医学会評価基準委員会の定める「関節可動域表示ならびに測定法（以下、リハ医学会法）」に準じると、頭頂部中心を軸心として、両側の肩峰を結ぶ線への垂直線と（基本軸）、鼻梁と後頭結節を結ぶ線（移動軸）により成る頸部運動角度をいう。

姿勢制御の評価ならびに運動療法介入をみると、頸部回旋時の姿勢制御を評価し運動療法介入につなげる方略をとられていない。頸部回旋と姿勢制御の関係については、重心動揺を指標としたものが多く、頸部回旋位は屈曲、伸展よりも重心動揺が増大することされ、脳血管障害者ではより顕著になると報告されている。これには、頸部は前庭系や視覚系の感覚器が備わっていること、頸部体性感覚受容器の分布密度が頸部で最も多いことが関与し、体性感覚、前庭系、視覚系からの入力情報に変化を与えることが主な原因になると考えられる。転倒要因と身体運動の関係からも、方向転換動作や振り返り動作時に伴う頸部回旋運動がバランスを崩す主要因であると指摘されており<sup>9)</sup>、頸部回旋時に起こる感覚統合ならびに出力特性の解明の重要性は高いと考えられる。

### 第三節 検討すべき問題点

本研究を進めるにあたり、前述の先行研究から得られた知見をふまえ、研究課題を検討した。その結果、まず、頸部回旋運動時の姿勢制御特性について、感覚統合と出力の側面から検証する必要性が考えられる。次に、頸部回旋にともなう体性感覚と各感覚統合の関係について明らかにする必要がある。これらのことから、以下の検討すべき課題を設定した。

1. これまでの姿勢制御能力に関する研究のほとんどが重心動揺を用いたものであり、かつその際に用いた体位は、静止立位、片脚立位、ロンベルグ肢位（両足内側縁を接地させた立位）がほとんどである。従来から身体回旋運動が転倒要因として問題視されていることから、身体回旋時の姿勢制御の特性を把握する必要がある。
2. 頸部肢位と SVV の関係性に対する研究は、矢状面上、前額面上に関して検討されており、さらに検討内容は SVV と重心動揺の関係に関する検討に限られる。従って、水平面上の頸部回旋肢位と SVV の関係について、感覚統合の要素から検証することが必要である。
3. 理学療法領域での SVV と姿勢制御に関する研究のほとんどが脳血管障害者を対象となっている。このため、他の疾患、症状への評価指標ならびに運動介入の適応について、明らかにされていない。

### 第四節 研究目的及び研究課題

#### 1. 研究目的

本研究では、健常者を対象に、SVV を指標として、頸部回旋位に伴う体性感覚が姿勢制御における感覚統合に与える影響を明らかにする。また、この影響の評価指標ならびに運動介入の妥当性について検証する。つまり、頸部回旋位の姿勢制御において、頸部回旋位と SVV の関係、頸部回旋位固定と直後の SVV の関係、頸部の関節位置覚と SVV の関係、頸部筋と SVV の関係を分析することにより、頸部回旋位により生じる体性感覚入力の変化が、姿勢制御に与える影響を感覚統合の側面から検討を行う。また、頸部回旋位における感覚統合能力を把握し得る臨床的な評価指標の検討、ならびに感覚統合の促進を目的とした頸部筋のストレッチによる運動介入の有効性を検証する。

## 2. 研究課題

本研究では、前述した研究目的を達成するために、図 1 に示した 4 つの研究課題を設定し、検証を行う。研究課題 1 では、視線指標提示角度の定位付け条件が立位重心動揺に与える影響について検討する (第二章)。研究課題 2 では、視線行動に伴う立位頸部回旋位が自覚的視性垂直位に与える影響について検討する (第三章)。研究課題 3 では、頸部回旋位による体性感覚刺激が自覚的視性垂直定位に与える影響について検討する (第四章)。研究課題 4 では、立位頸部回旋位 SVV における頸部体性感覚の影響について検討する。また、関節位置覚誤差有効性および頸部筋ストレッチの有効性についても検討を加える (第五章)。

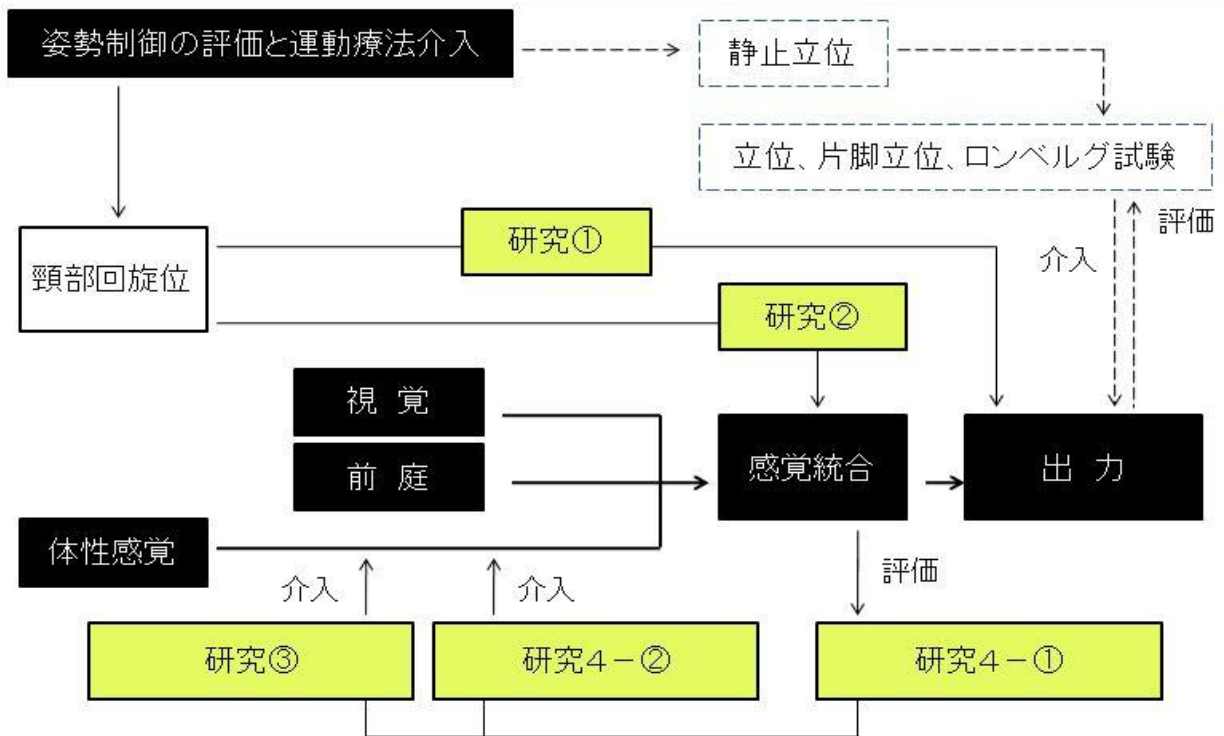


図 1 本研究における研究課題

### 第五節 研究の意義

本研究で得られた知見は、立位姿勢制御における頸部回旋位の特性を感覚統合の側面から把握することができ、立位姿勢制御能力の評価ならびに運動療法介入に対する処方特性の考案に寄与すると考える。

## 第二章 視線指標提示角度の定位付け条件が立位重心動揺に与える影響

### －水平面上視線行動に伴う身体回旋運動からの検証－

**要旨：**〔目的〕本研究の目的は、立位回旋運動に伴う水平面上視覚定位付け条件が立位重心動揺に与える影響について検証した。〔対象〕健常成人 18 名（男性 7 名，女性 11 名，年齢  $21.7 \pm 1.0$  歳，身長  $163.9 \pm 8.9\text{cm}$ ，体重  $57.6 \pm 13.2\text{kg}$ ）とした。〔方法〕水平面上 0 度，45 度，90 度，135 度の 4 条件に設定した垂線を固視した 30 秒間の立位保持を動作課題とし，総軌跡長，軌跡平均面積，左右および前後最大振幅長を測定した。統計解析には一元配置分散分析，その後の多重比較検定を用い，有意水準は 5%未満とした。〔結果〕総軌跡長 ( $F(3, 71) = 9.7, p < 0.01$ ) と軌跡面積 ( $F(3, 71) = 4.8, p < 0.01$ ) において条件間に主効果が認められたが，前後および左右最大振幅長には認められなかった。〔結語〕立位回旋位における視覚系制御には，身体運動軸との関係が示唆され，90 度以外の回旋角度における姿勢制御には，前庭系と体性感覚系入力による感覚統合に影響を受けることが示唆された。

#### 1. 対象と方法

##### (1) 対象

対象は下肢に整形外科的疾患のない健常成人 18 名（内訳：男性 7 名，女性 11 名，平均年齢  $21.7 \pm 1.0$  歳，平均身長  $163.9 \pm 8.9\text{cm}$ ，平均体重  $57.6 \pm 13.2\text{kg}$ ）とした。また全ての被験者に実験の主旨を紙面および口頭にて説明し，同意を得た。

##### (2) 方法

裸足で重心動揺計（Zebris 社製 PDM-S）上に両上肢を体幹前面で組んだ立位（両足部内側縁間距離 20cm）をとり，前方 2m のスクリーン上にある垂直線を固視した状態で 30 秒間の重心動揺を測定した。測定環境は暗室とし，コンピューターで作成した長さ 40cm の垂直線中央が被験者の目線の高さとなるよう設定し，プロジェクターにて照射した。実験条件は垂直線の照射角度とし，両足部内側縁間の中心からの垂線を基準に，右側 0 度，45 度，90 度，135 度の 4 条件とした（図 2）。測定は無作為にランダム順で行い，条件間に 5 分の休憩時間を設けることで疲労による影響を取り除いた。測定項目は，総軌跡長（SPL），軌跡面積（AoE），左右振幅長（WoE），前後振幅長（HoE）である。

統計解析は，条件間の重心動揺値の比較に一元配置分散分析，その後の多重比較検定には

Tukey-Kramer 法を用いた。また、各角度における前後振幅長 (AoE) と前後振幅長 (HoE) の比較に対応のある t 検定を用いて検証した。有意水準は 5%未満とした。

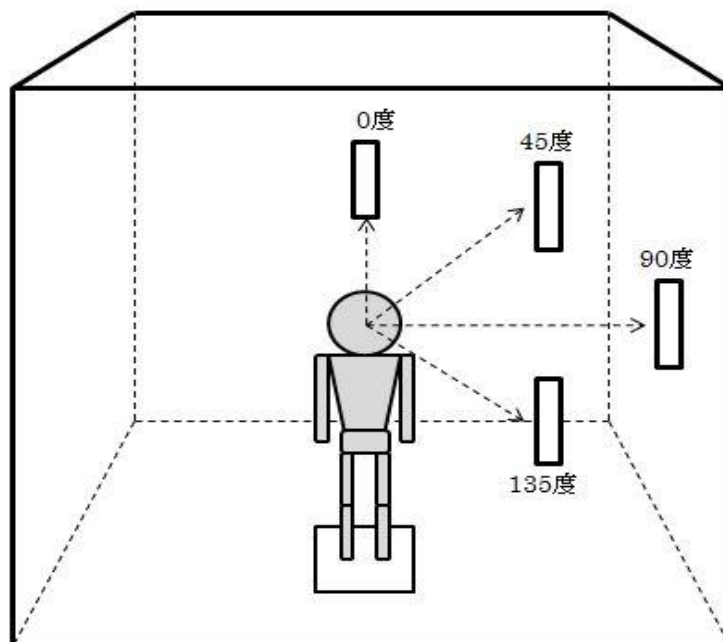


図 2 課題動作

## 2. 結果

一元配置分散分析によって SPL および AoE に有意な主効果が認められたが, WoE および HoE には認められなかった (表 1, 図 3).

各角度における前後振幅長 (WoE) と前後振幅長 (HoE) を角度別に比較した結果を図 4 に示す。全ての角度条件において、左右振幅長 (WoE) に比較して前後振幅長 (HoE) では重心動揺値が有意に高値を示した。

表 1 課題動作条件における重心動揺値

|       | 総軌跡長<br>SPL(cm) |                   | 軌跡面積<br>AoE(cm <sup>2</sup> ) |        | 前後軌跡長<br>HoE(cm) | 左右軌跡長<br>WoE(cm) |
|-------|-----------------|-------------------|-------------------------------|--------|------------------|------------------|
| 0 度   | 66.1±8.2        | *<br>*<br>*<br>** | 12.6±5.8                      | *<br>* | 5.1±2.2          | 3.3±1.2          |
| 45 度  | 78.8±12.6       |                   | 21.1±11.4                     |        | 5.9±3.0          | 3.9±1.6          |
| 90 度  | 68.7±8.5        |                   | 13.7±8.0                      |        | 5.5±2.1          | 3.7±1.9          |
| 135 度 | 83.2±13.8       |                   | 21.3±10.0                     |        | 6.6±2.5          | 4.1±1.1          |

Mean±SD,

条件の主効果 SPL F 値 9.7, AoE F 値 4.8, HoE F 値 1.3, WoE F 値 1.1, 自由度はいずれも 3,

\* : p<0.05, \*\* : p<0.01

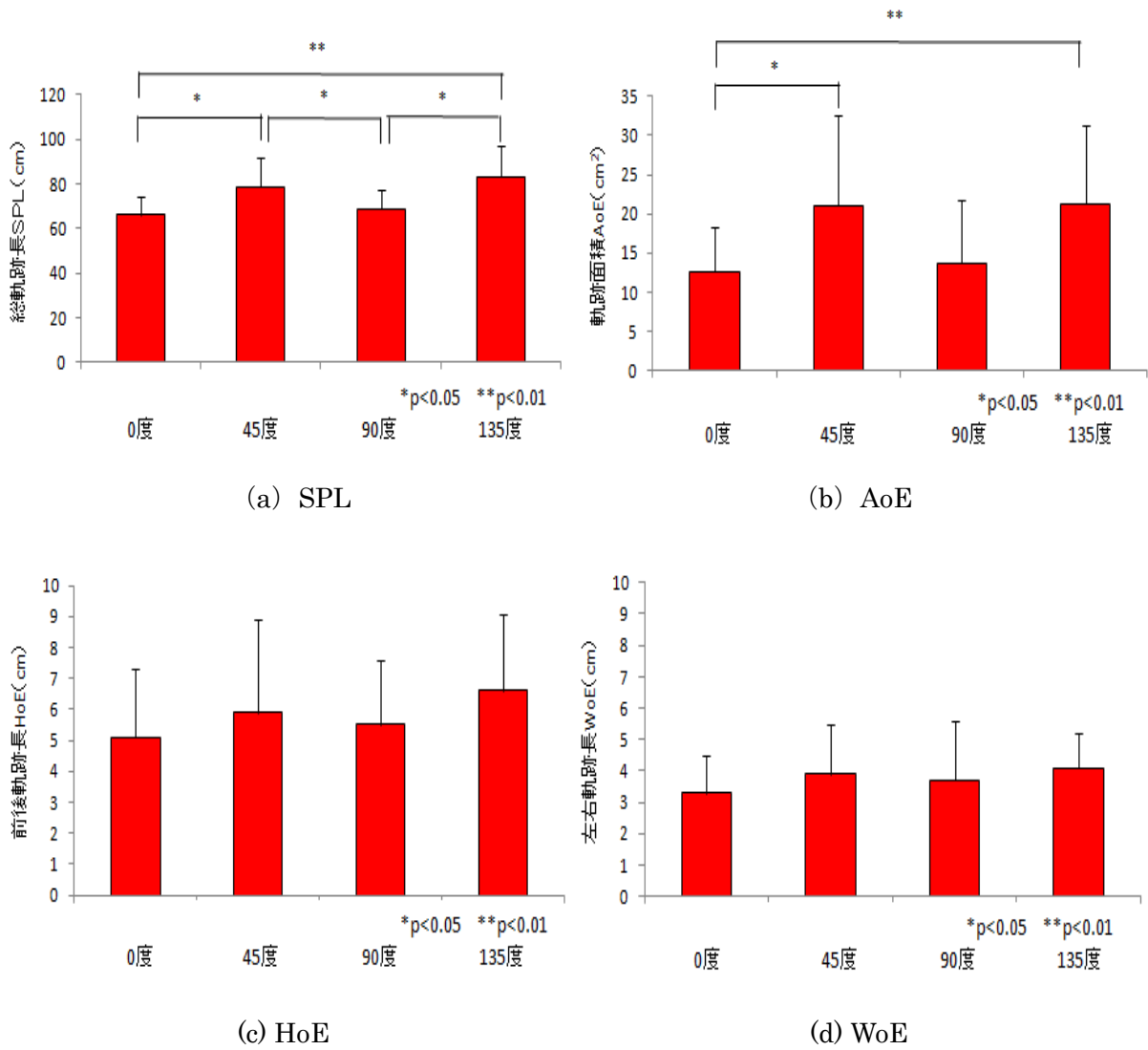


図3 視覚指標提示角度の違いによる重心動揺値の比較

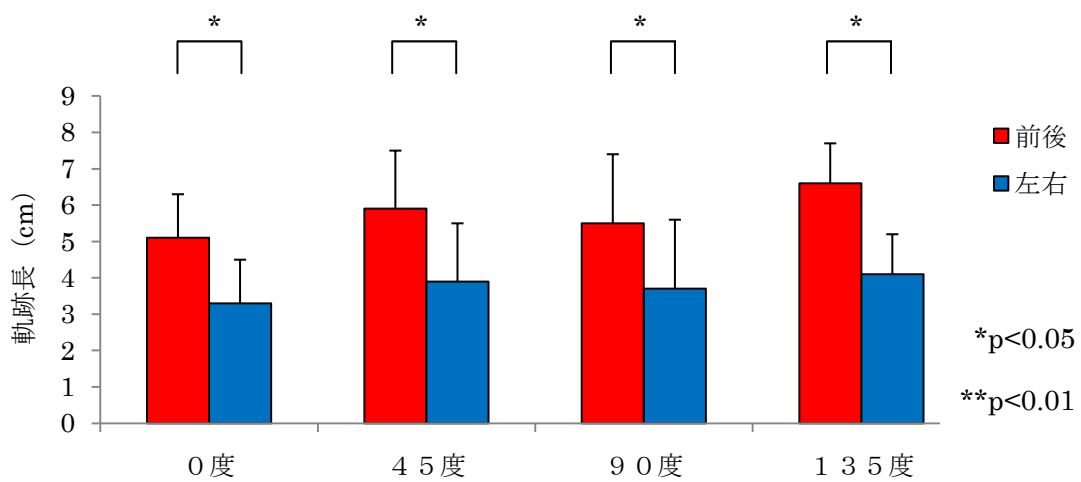


図4 前後振幅長 (HoE) と左右振幅長 (WoE) の比較



### 3. 考察

本研究では健常成人を対象に、水平面上における視覚指標提示角度の違いが立位重心動揺に及ぼす影響について検証した。その結果、左右振幅長および前後振幅長には有意差は認められなかったが、総軌跡長および軌跡面積において条件間に有意差を認め、0度および90度では45度および135度に比べて低値を示す結果となった。以上より、視線行動に伴う立位回旋運動が立位重心動揺に及ぼす要因として、矢状面および前額面上の身体運動軸と関連性があることが示唆された。本研究の運動課題として設定した身体回旋位は、転倒の発生要因の一つとして位置付けられており、日常生活においては方向転換動作や振り返り動作に多く用いられる体位である。このため、これら動作遂行能力の把握や治療介入時には、水平面上への視覚指標提示角度の変化に伴う重心動揺特性を考慮することが必要と考えられる。

姿勢制御には感覚統合と出力の側面があるとされており、身体回旋位の姿勢制御に対して、各感覚入力の影響を考慮する必要がある。

視覚系では、円滑追視眼球運動、衝動性眼球運動、視運動性系の3つの眼球運動制御があるが、本研究で用いた課題動作は指標を固視しており、視運動性系の関与が考えられる。この視運動性に入力機構をもつ体性感覚刺激には、頸動眼反射と前庭動眼反射があり、頸部筋の群の伸長刺激により筋紡錘を介して誘発される反射機構ではある。しかし両者ともに、頭部の動きと同じ速度で眼球を反対方向へ運動させることで視覚固視を可能とする機構であり<sup>24)</sup>、本研究では固視した状態の姿勢保持を課題動作としたことから、これら視覚系入力の影響は最小限と考えられる。

前庭系では、前庭迷路反射と代償的頭部回転作用（以下、compensatory head rotation）がある<sup>25)</sup>。前者は、頭部の回転方向と反対方向への眼球運動を起こすものであり、後者は、体幹と頭部の位置関係から体幹に対して頭部を反対方向へ回転させる反応である。両者とも、視線安定維持の目的という共通点を有するが、本研究では30秒間の指標固視を設定したことから、本研究においてはcompensatory head rotationによる前庭系制御が主に関与するものと考えられる。

体性感覚系では、頸筋反射と前庭筋反射が作用して頭位の制御を行うとされているが、このうち、前庭筋反射は、頸部の回旋には感度が低く、また早い速度に反応する特性があることから、頸筋反射が主に作用すると考えられる。このうち、頸部回旋運動に作用するものとして、非対称性緊張性頸反射があり、頸部回旋側の上下肢の伸展筋活動を高めるものである。立位姿勢制御に対する体性感覚入力は、頸部の固有受容器から最も多く、さらに、関節受容器よりも筋に依存する特性があることが報告されており、頸部筋への振動刺激や持続的等尺性収縮疲労が生じることで立位重心動揺を増大させるとされていることから<sup>26)</sup>、本研究で用いた身体回旋位の姿勢

制御に大きく関与するものと考えられる。

一方、身体回旋位の姿勢保持に対する出力の特性としては、足圧中心動揺の側面からは、回旋側で後外側方向、反対側で母指球方向への移動が生じるとされ、この制御には、回旋側の股関節内転、内旋、屈曲、膝関節内反、伸展、足関節底屈、足部回外により行われるとされている<sup>27)</sup>。

以上より、身体回旋位により生じる各感覚入力の変化と、感覚統合への影響の結果が出力要素として表出することで姿勢制御を可能にしていることから、視覚指標の角度にともなう身体回旋位の重心動揺を通じて、各感覚入力・統合の特性を検証することが可能であると考えられる。つまり、**compensatory head rotation** による前庭系入力と、頸筋反射による体性感覚系入力の変化と、これにともなう感覚統合が重心動揺値に反映するものと考えられる。

左右振幅長および前後振幅長いずれも角度間に有意な差はみられなかった。通常、重心動揺の解析は、静止立位にて矢状面と前額面による二次元的に行われている。これは両者が異なる制御を受けていることに基づいており、矢状面においては、足関節の **stiffness** が主な制御機能として作用し、視覚入力によるフィードバック制御が重要であるとされている。一方、前額面においては、足関節の内・外反、股関節の内・外転が姿勢制御に機能するとされている。さらに重心動揺の特性をみると、前額面（左右）よりも矢状面（前後）のほうが動揺は大きい特徴がある<sup>4,12)</sup>。本研究も同様の結果となったことから、本研究で用いた課題動作である身体回旋位保持においても、前額面よりも矢状面のほうで重心動揺が大きくなる特徴が明らかとなった。また、左右、前後振幅長ともに、角度間の有意な差はみられなかったことは、水平軸にて起こる身体回旋運動軸の偏位量に差がないことを示しており、身体回旋運動の信頼性を高める結果と考えられる。

以上より、身体回旋時の左右、前後振幅長の重心動揺の特性は、静止立位同様、前額面よりも矢状面で動揺が大きく、**compensatory head rotation** による前庭系入力と、頸筋反射による体性感覚系入力の変化ならびに感覚統合が与える影響は少ないことが考えられる。

総軌跡長では、0度と90度において、45度および135度よりも有意に低値を示した。また、軌跡面積においては、0度では45度および135度よりも有意に低値を示す結果となった。

前述したとおり、身体回旋運動に伴い、**compensatory head rotation** による前庭系入力と、頸筋反射による体性感覚系入力の変化ならびに感覚統合に変化が生じると考えた場合、身体回旋角度0度と他の身体回旋角度条件とでは異なる感覚入力・統合が行われると考えられる。しかしながら、回旋角度0度と90度の条件下では、有意な差はみられなかった。また、回旋45度、回旋135度と90度の間に有意な差がみられたことから、回旋90度と回旋45度、135度の間には異なる感覚入力・統合が起こることが考えられる。つまり、回旋90度では、感覚統合が促進された結果、

回旋 45 度, 135 度よりも総軌跡長が有意に低値を示したことを推察する. この理由として, 身体運動軸である前額面と矢状面のそれぞれの軸は, 今回用いた指標角度 0 度と 90 度に該当することがあげられる. 身体水平面上で起こる身体回旋位においても, 身体運動軸と合致する角度 (水平面 90 度と矢状面 0 度) においては, 視覚系, 前庭系, 体性感覚系入力による感覚統合が促進されることで, 身体の垂直軸定位付けが促される結果, 総軌跡長, 軌跡面積が低値を示したと考えられる.

以上のことから, 水平面上 0 度と 90 度への視覚指標にともなう身体回旋位の姿勢制御では, 視覚入力が感覚統合を促進し姿勢制御機能をより高める一方で, これ以外の角度条件下の姿勢制御では, 前庭系と体性感覚系の入力に依存した感覚統合に基づく姿勢制御が行われている可能性が示唆された.

本研究では, 視覚指標提示角度を変化させることで, 固視を目的とした視線行動に伴う立位身体回旋運動が重心動揺に与える影響を検証した. その結果, 知覚情報入力の依存変化や, 視覚情報と身体運動軸の相互環境により, 身体回旋位における立位重心動揺に影響を与えることが明らかとなった. 立位姿勢制御における視覚制御系は成人に比べ小児期においてその関与が大きいことが以前より報告されており<sup>28)</sup>, 成人の姿勢制御能力を捉える際には, 視覚制御系の関与が少ないほど姿勢制御能力は高いと言い換えることができ, 体性感覚器官および前庭器官からの知覚入力依存が生じていることが考えられる. 本研究の結果から, 垂直情報を基にした視覚系制御が有効となる水平面上の環境条件は, 0 度と 90 度に限られるため, これ以外の身体回旋運動における姿勢制御には **compensatory head rotation** と頸筋反射を主とした前庭感覚系制御と体性感覚系の関与が求められることになる. 以上をふまえ, 姿勢制御能力の把握や向上に向けた介入においては, 水平面上 0 度および 90 度以外の立位回旋位を設定することで, 前庭感覚系制御や体性感覚系制御への交渉頻度を高くする環境設定が期待できるものと考えられる.

### 第三章 視線行動に伴う立位頸部回旋位が自覚的視性垂直定位に与える影響

**要旨：**〔目的〕立位頸部回旋位が自覚的視性垂直位に与える影響を把握すること。〔対象〕健常成人 20 名（男性 10 名，女性 10 名，年齢 22.7 歳±1.7 歳）とした。〔方法〕立位にて 7 条件（0 度，左右 15 度，左右 30 度，左右 45 度）に設定した頸部回旋位において自覚的視性垂直定位を測定し，頸部 0 度における SVV との偏位量を算出した。統計解析として二元配置分散分析，およびその後の多重比較検定を用い，頸部回旋運動が自覚的視性垂直定位に与える効果の有無を検証した。有意水準は 5%未満とした。〔結果〕頸部左右回旋 0 度より 30 度および 45 度において SVV 偏位量が高値を示した。また左右回旋 30 度および 45 度において頸部回旋方向への有意な SVV 偏位を認めた。〔結語〕頸部回旋位では側屈による眼位之ズレにより，回旋性視運動刺激の影響を受けることが示唆された。

#### 1. 対象と方法

##### (1) 対象

対象は下肢に整形外科疾患，耳鼻咽喉科疾患の既往がない健常人 20 名（内訳：男性 10 名，女性 10 名，平均年齢 22.7±1.7 歳，平均身長 163.7±9.2cm，平均体重 56.0±10.6kg）とした。本研究は常葉学園静岡リハビリテーション専門学校倫理委員会の承認を得た。全ての被験者に実験の主旨を紙面および口頭にて説明し，同意を得た後に実施した。

##### (2) 方法

被験者に対する SVV の測定は立位で行い，裸眼にて測定を行った。また，背景になる壁を布で覆い，窓からの光の侵入による視覚代償ができないよう工夫した。被験者の顔より約 30cm 前方に直径 50cm の円盤を設置し，円盤中央に 7cm×0.5cm の棒を付属させた。この棒を 15 度傾斜させた位置から垂直とみなす点まで被験者に操作させ，真の垂直との偏位量（角度）を測定した。この時の棒操作は，頸部回旋側の上肢で行うよう統一した。試行回数および方向順序については出発点の効果を相殺する目的で ABBA 法を用い，左右傾斜からの出発を各 2 回ずつ合計 4 回実施した。指標となる棒の位置に対する視覚条件が SVV に及ぼす影響を取り除くため，棒の中央と視線の高さを一致させ，さらに SVV 測定値の再現性を高めるために両眼視の環境にて実施した<sup>29)</sup>。測定値は被験者から見て時計回りを「右：+」，反時計回りを「左：-」として，偏位量の平均値と標準偏差を算出した。

頸部回旋位の設定は、日本整形外科学会・日本リハビリテーション医学会（1995）の測定方法に従い、両側の肩峰を結ぶ線への垂直線を基本軸、鼻梁と後頭結節を結ぶ線を移動軸とし、軸心を後頭結節に位置させて、東大式角度計を用いて測定した。また基本軸を形成する両側の肩峰が変位しないよう、補助者が肢位保持の補助を行った。測定者は1名の理学療法士とし、測定時の肢位保持と記録を行う2名の理学療法士を補助者とした。なお、全ての対象者の測定と補助は、この3名で行った。角度条件は、頸部0度を含め、左右への回旋15度、30度、45度の計7条件とし、計測中はこの条件角度を保持するよう指示した。データ解析パラメータは、頸部回旋0度におけるSVV測定値からの偏位量を算出し、垂直位の方角性を示す偏位量平均値（以下、SVV偏位）と、垂直定位能力の動揺性を示す標準偏差値（以下、SVV動揺）とした<sup>30)</sup>。

統計学的手法にはExcel2007（Microsoft社製）を用い、頸部回旋方向（右、左）と視覚指標角度（-45度、-30度、15度、0度、15度、30度、45度）を2要因とした二元配置分散分析を行った。さらに下位検定として、交互作用が認められた場合、各要因について一元配置分散分析および多重比較検定Tukey-Kramer法を用い、有意水準は5%未満とした。

## 2. 結果

SVV偏位に対する指標提示角度の分析から、頸部右回旋では、15度と30度、15度と45度間に有意差を認め、いずれも30度および45度で高値を示した。頸部左回旋では、15度と45度間に有意差を認め、15度より45度のほうが高値を示した。また頸部回旋方向の比較から、30度、45度間に有意差を認め、頸部右回旋では時計回り、頸部左回旋位では反時計回りにSVVが偏位した。SVV動揺における視覚提示角度間および回旋方向のいずれにも有意差は認められなかった（表2、図5、6）。

表 2 頸部回旋角度と SVV 偏位, SVV 動揺の比較

|        |      | 右        |  | 左         | 左右差 |
|--------|------|----------|--|-----------|-----|
| SVV 偏位 | 15 度 | 0.04±0.9 |  | -0.03±1.5 |     |
|        | 30 度 | 1.4±1.6  |  | -0.8±1.3  | *   |
|        | 45 度 | 2.5±1.6  |  | -1.4±1.8  |     |
| SVV 動揺 | 15 度 | 1.3±0.9  |  | 1.8±0.9   |     |
|        | 30 度 | 1.5±1.0  |  | 1.8±1.2   |     |
|        | 45 度 | 1.9±1.2  |  | 1.8±1.1   |     |

Mean±SD, 単位 : ° , \* : p<0.05, \*\* : p<0.01

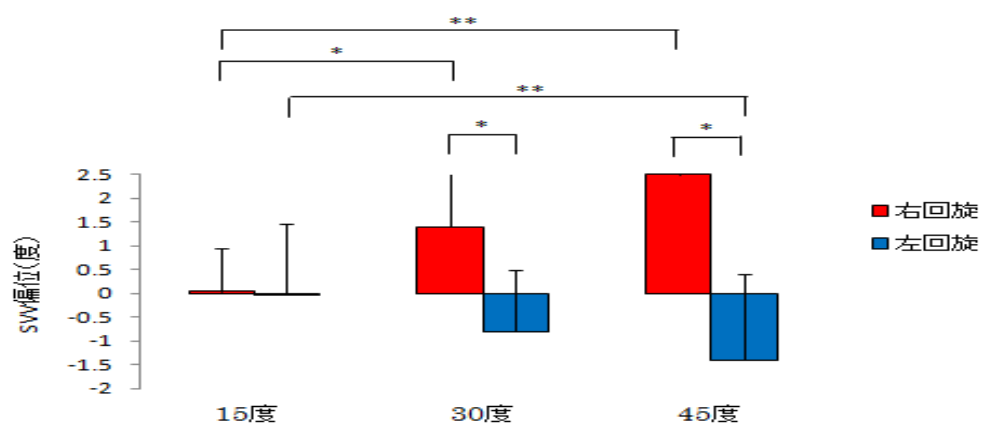


図 5 頸部回旋角度と SVV 偏位の比較

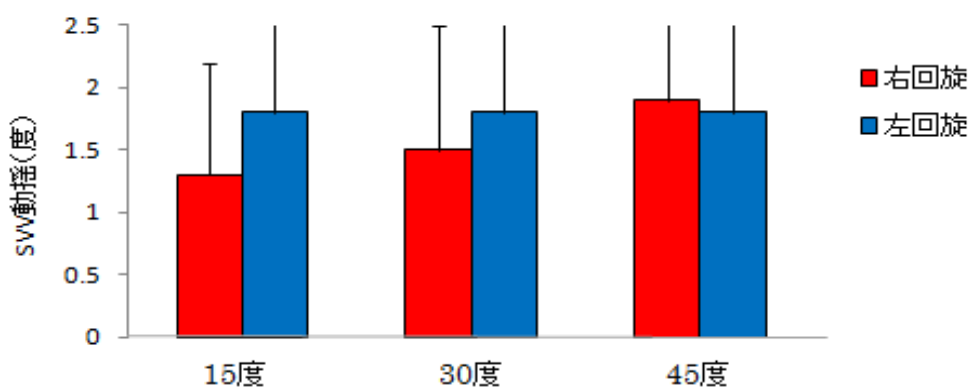


図 6 頸部回旋角度と SVV 動揺の比較

### 3. 考察

本研究では、視線行動に伴う立位頸部回旋位が SVV に及ぼす影響について検証した。その結果、視覚指標に対し頸部回旋角度が大きくなるにつれ SVV 偏位が増大し、さらに頸部回旋 30 度以上で頸部回旋方向に SVV が偏位した。一方で、SVV 動揺は頸部回旋角度条件および方向に影響を受けないことが明らかとなった。以上のことから、頸部回旋位の SVV は、定位に際し動揺させることなく、頸部回旋方向への偏位を生じることが示唆された。

頸部回旋角度の増大にともない頸部回旋方向への SVV 偏位が増大した要因として、まず視覚系入力の変化では、背景動態による rod and frame effect と paradoxical vection が考えられる。

背景が固定されている場合、視線対象物を取り囲むフレームの傾斜の影響を受けることで、身体が反対方向へ傾斜していると錯覚を起こす rod and frame effect がある。これは物体固有の上下関係等の極性を持つものが垂直認知に与える影響である。一方、背景が動いている場合（視運動刺激）では、回旋性視運動刺激によりもたらされる paradoxical vection が要因となる。

vection とは、回旋性の視運動刺激を与えた場合に SVV が変化し、実際は自分が動いていないにも関わらず身体が回転する感覚のことであり、視運動刺激によって身体が反対方向へ傾斜していると錯覚を起こす。SVV はこれを補正する目的で視運動刺激方向へ偏位する現象であり、視覚刺激により生じる平衡失調の自覚的指標とされている<sup>14,16)</sup>。さらに、回旋性視運動刺激中に出現と消失を繰り返す特性があり、出現は視覚と前庭覚および体性覚の感覚入力情報の統合処理過程における解離を意味するとされる。特に視覚と前庭覚間の抑制性相互反応を反映し、vection 発生時は視覚の優位性が高まるほか<sup>16,30)</sup>、視運動刺激方向への SVV 偏位および足圧重心動揺値の偏位が生じることで、重心動揺の増大を引き起こすことになる<sup>14,31,32,33)</sup>。この回旋性視運動刺激は Listing の法則に従い指標との位置関係や視覚条件（両眼視あるいは左右単眼視）によっても生じ、眼球回旋と同じ方向へ SVV が偏位するとされている<sup>13,34)</sup>。つまり、第一眼位に対して眼位が水平にある場合では眼球は回旋しないが、眼位が左上あるいは右下に移動する場合には、眼球は被験者からみて反時計回りへ回旋することで、paradoxical vection を生じるというものである。

しかし本研究による課題動作では、rod and frame effect の影響を取り除くために円盤を用いたことや、固定された視覚指標物を注視したことにより視覚指標物に起因する回旋性視運動刺激は生じておらず、視覚指標物以外の要因が SVV 偏位に影響を及ぼしたと考えられる。

前庭系入力の影響については、前庭迷路反射と代償的頭部回転作用（以下、compensatory head rotation）がある<sup>25)</sup>。前者は、頭部の回転方向と反対方向への眼球運動を起こすものであり、後者は、体幹と頭部の位置関係から体幹に対して頭部を反対方向へ回転させる反応である。両者と

も、視線安定維持の目的という共通点を有するが、本研究では 30 秒間の指標固視を設定したことから、本研究においては **compensatory head rotation** による前庭系制御が主に関与するものと考えられる。

体性感覚入力の影響については、頸筋反射と前庭筋反射が作用して頭位の制御を行うとされているが、このうち、前庭筋反射は、頸部の回旋には感度が低く、また早い速度に反応する特性があることから頸筋反射が主に作用すると考えられる。立位姿勢制御に対する体性感覚入力は、頸部の固有受容器からが最も多く、さらに、関節受容器よりも筋に依存する特性があるとされている。

以上より、頸部回旋位の **SVV** 定位に寄与する各種感覚入力の影響は、**compensatory head rotation** による前庭入力と、頸筋反射による体性感覚入力にあらわれ、前庭入力と体性感覚入力に依存した感覚統合により姿勢制御が行われると考えられる。また、頸部回旋運動の特徴として、下位頸椎や上位胸椎は回旋すると同側に側屈する。これは脊柱の回旋に伴う複合動作 (**coupling motion**) として知られており、上位胸椎のアライメントが下位頸椎の回旋に影響を及ぼすことから<sup>35)</sup>、頸部回旋と同時に同側への頸部側屈要素も **SVV** 定位に影響を与える体性感覚入力の要因であると考えられる。頸部側屈要素と **SVV** 偏位の関係については、身体側方傾斜 60 度以下で反対側への **SVV** 偏位を起こすとする **Muller** 効果があるが、本研究で得られた結果とは矛盾する。この **Muller** 効果は、頸部のみでなく身体全体の側方への傾斜にて報告されているものではあるが、頸部のみの側方傾斜ではさらに反対側への **SVV** 偏位が顕著になるとされている。本研究の相違点としては、**Muller** 効果の報告は頸部回旋 0 度の前額面上の傾斜を示しているが、本研究では頸部回旋位における頸部の側方傾斜であることであり、頸部回旋 0 度では **compensatory head rotation** による前庭入力が感覚統合へ及ぼす影響は少ないことが考えられる。また、**Muller** 効果は、視覚入力と体性感覚入力に加え、耳石器からの前庭入力による感覚統合で起こる **SVV** 偏位の特性を反映しており、さらに耳石器からの入力は、側方傾斜 60 度以上で起こる傾斜側への **SVV** 偏位を抑制する作用があるとされている。一方、頸部回旋位では、三半規管からの前庭系入力による感覚統合で起こる **SVV** 偏位の特性であることが考えられ、三半規管のうち、左右への水平方向の受容器である外側規管からの入力を反映するものと考えられる。また、耳石器が感受するのは直線加速度であるが、これには動的な直線運動と、静的な重力に対する傾きの 2 種類があり、この耳石器への刺激が頸部回旋を伴うことで回転刺激となり、半規管が同時に刺激されることになる<sup>36)</sup>。以上より、頸部回旋位における同側への側屈により生じる前庭系入力は、**compensatory head rotation**、耳石器からの頸部側屈方向への **SVV** 偏位抑制作用、外側規管からの入力が起こ



ると考えられる。

また、この側屈要素による視覚入力への影響については、前述した **vection** の誘発要因としても考えられる。頸部右回旋時に起こる右側屈の場合、眼位が左下へ偏位（時計回りの眼球運動）することで身体が反時計回りへの **vection** を起し、この補正のために **SVV** が時計回りへ偏位すると考えられる。同様に、頸部左回旋においては、眼位の右下への偏位（反時計回りの眼球運動）を生じたことが **SVV** 偏位の要因と考えられたが、本研究では、課題動作中に頸部側屈が観察できたものの、指標の固視を課題としたため、頸部側屈運動中ではない。このため、視運動性刺激の誘発要因にはなりえないと考えられる。

以上より、本研究では、頸部回旋位が **SVV** に与える影響を検証した。その結果、頸部回旋位における **SVV** 定位のための感覚統合は、頸部筋に起因する頸筋反射を介した体性感覚入力と、**compensatory head rotation**、耳石器、外側規管による前庭入力に依存したものとなり、この結果、頸部回旋側への **SVV** 偏位を起こすことが示唆された。この結果をふまえ、頸部回旋時の姿勢制御に対して、感覚統合の側面から評価、運動介入を行う際には、前庭系と体性感覚入力の統合促進を図ることが必要と考えられた。

## 第四章 頸部回旋位固定による体性感覚刺激が自覚的視性垂直位に与える影響

**要旨：**〔目的〕 座位および背臥位における頸部回旋位固定が立位頸部回旋位 SVV に与える影響を検証すること。〔対象〕 耳鼻咽喉科疾患，下肢の整形外科疾患の既往がない健常成人 20 名とした。

〔方法〕 頸部回旋位 SVV を頸部の左右回旋 30 度，45 度において計測し，課題動作前後の SVV 偏位と動揺を比較検証した。課題動作は 2 条件設定し，背臥位頸部右回旋 30 度と座位頸部右回旋 30 度にて 10 分間同一肢位の固定とした。統計解析は頸部回旋角度と課題動作を要因とした二元配置分散分析を行い，下位検定として多重比較検定を用いて比較検証した。また，頸部回旋角度別に課題動作前，課題動作（A：背臥位，B：座位）の比較に Friedman 検定を用いて検証した。なお，有意水準は 5%未満とした。〔結果〕 頸部右回旋 30 度を除く全角度条件において SVV 偏位と動揺の有意な差がみられ，SVV 偏位は時計回りへの方向性偏位を示した。また背臥位と座位の間には有意な差はみられなかった。〔結語〕 頸部回旋位 SVV は，直前の頸部体性感覚系求心入力と他感覚との感覚統合および交渉頻度により影響を受けることが示唆された。

### 1. 対象と方法

#### (1) 対象

対象は耳鼻咽喉科疾患，下肢の整形外科疾患の既往がなく，日本リハビリテーション医学会の基準に基づき，頸部回旋角度に制限がない健常成人 20 名（内訳：男性 10 名，女性 10 名，平均年齢  $19.3 \pm 1.6$  歳，平均身長  $164.3 \pm 8.9$ cm，平均体重  $56.0 \pm 2.4$ kg）とした。

計測に先立ち，本研究の主旨を紙面および口頭にて説明を行い，同意を得た。また本研究は常葉学園静岡リハビリテーション専門学校倫理委員会の承認を得た後に実施した。

#### (2) 方法

SVV の計測は第三章と同様の手法を用いた。計測は裸足での静止立位とし，被験者の顔より約 30cm 前方に直径 50cm の円盤を設置し，円盤中央に  $7\text{cm} \times 0.5\text{cm}$  の棒を付属させ，この円盤裏面には角度計を設置した。被験者に対し，検者が棒を左右 15 度傾斜させた位置から被験者が垂直とみなす点まで操作させた時の棒の角度と，真の垂直との偏位量を測定した。施行回数および傾斜方向及び視覚指標角度の順序については，出発点の効果を相殺するために ABBA 法を用い，左右傾斜から各 2 回ずつ合計 4 回実施した。被験者からみて時計回りを「右側傾斜：+」，反時計回りを「左側傾斜：-」として，4 回計測した際の偏位量の平均値と標準偏差を算出した。視覚指

標となる円盤中央の棒の位置は、被験者の直立肢位から、左右方向へそれぞれ 30 度、45 度の合計 4 条件とし、被験者には頸部のみ回旋した状態で立位保持させ、鼻梁を視覚指標の棒と一致させ、計測中は視覚指標の棒を固視するよう指示した。棒の操作は、頸部回旋側の上肢で行うよう統一した。さらに、頸部回旋に伴う頸部側屈を抑制するために、ヘアバンドにて頭頂部にレーザーポインターを装着し、水平面上の回旋運動を誘導した。

課題動作は閉眼にて行い、課題動作 A：背臥位にて頸部右回旋 30 度を 10 分間保持、課題動作 B：座位にて頸部右回旋 30 度を 10 分間保持、とした。頸部の回旋固定はクッションにて行い、頸部回旋角度がずれないように監督者を配置した。なお、背臥位と端座位の保持には、30 分間のインターバル時間を設けた。座位および立位における課題順位はランダム順とし、それぞれ課題動作前後に立位頸部回旋位 SVV を計測した。分析項目は、垂直位の方角性を示す SVV 偏位と、垂直定位能力の動揺性を示す SVV 動揺とし、それぞれの平均値および標準偏差を値とした。

統計解析は、Excel2007 (Microsoft 社製) を用い、頸部回旋角度 (左 45 度、左 30 度、右 30 度、右 45 度) の違いと課題動作 (A：背臥位、B：座位) の違いが SVV 偏位、SVV 動揺に与える影響を検証するために、課題動作前の SVV 偏位値、SVV 動揺値からの変化量を算出し、頸部回旋角度 (左 45 度、左 30 度、右 30 度、右 45 度) と課題動作 (A：背臥位、B：座位) の二元配置分散分析により検証した。また有意な主効果があったものは、Scheff's F test を用いて多重比較を行った。有意水準は 5%未満とした。

次に、頸部回旋角度 (左 45 度、左 30 度、右 30 度、右 45 度) における課題動作前、課題動作 (A：背臥位、B：座位) の比較を、一元配置分散分析ならびに Friedman 検定を用いて分析し、その後の多重比較検定 Scheff's F test を用いて検証した。有意水準は 5%未満とした。

## 2. 結果

### (1) SVV 偏位

課題動作 (A：背臥位、B：座位) 後の頸部回旋角度別 SVV 偏位の変化量の結果を図 7 に示す。二元配置分散分析の結果、頸部回旋角度に主効果がみられたが ( $F(3, 160) = 96.5, p < 0.05$ )、課題動作と交互作用にはみられなかった ( $F(1, 160) = 2.397, p < 0.05$ ) ( $F(3, 160) = 1.095, p < 0.05$ )。

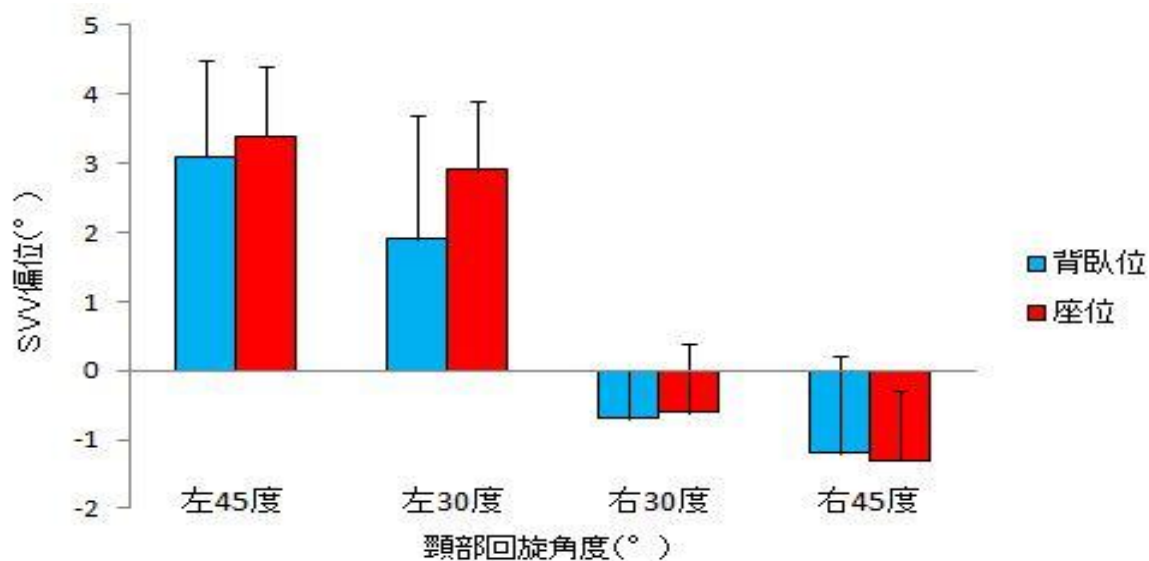


図7 頸部回旋角度の違いと課題動作の違いによる SVV 偏位の比較

頸部回旋角度別にみた課題動作前と課題動作 (A: 背臥位, B: 座位) の SVV 偏位の結果を表3に示す. 頸部右回旋30度を除く全ての角度条件において有意な差がみられた. 左45度, 左30度ともに課題動作前に比べ, 課題動作後で SVV 偏位が高値を示したことから, 右側 (時計回り) 方向への有意な偏位がみられた. 右45度では課題動作前に比べ, 課題動作後で SVV 偏位が低値を示したことから, 左側 (反時計回り) 方向への有意な偏位がみられた. また, 課題動作間には有意な差はみられなかった (図8, 9, 10, 11).

表3 頸部回旋角度別における課題動作後の SVV 偏位の比較

|             | 左45度     | 左30度     | 右30度    | 右45度    |
|-------------|----------|----------|---------|---------|
| 課題動作前       | -2.3±0.4 | -1.5±0.5 | 2.2±0.6 | 2.9±0.6 |
| 課題動作A (背臥位) | 0.9±1.5  | 0.4±1.5  | 1.4±0.8 | 1.7±1.5 |
| 課題動作B (座位)  | 1.2±1.7  | 1.4±1.5  | 1.6±1.4 | 1.6±1.4 |

Mean±SD, \*\*: p<0.01

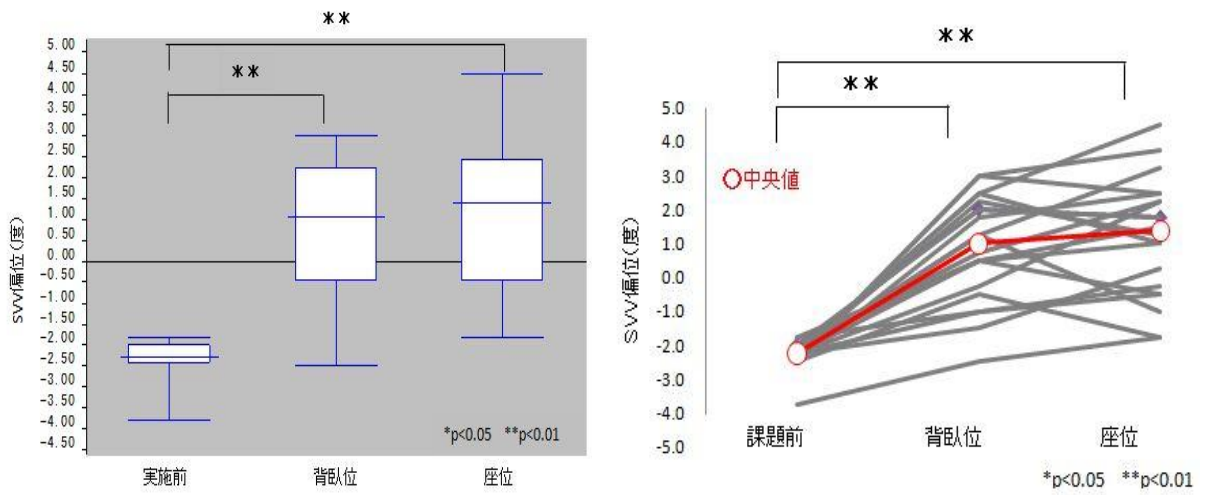


図 8 課題動作における頸部回旋角度別 SVV 偏位の比較 (左回旋 45 度)

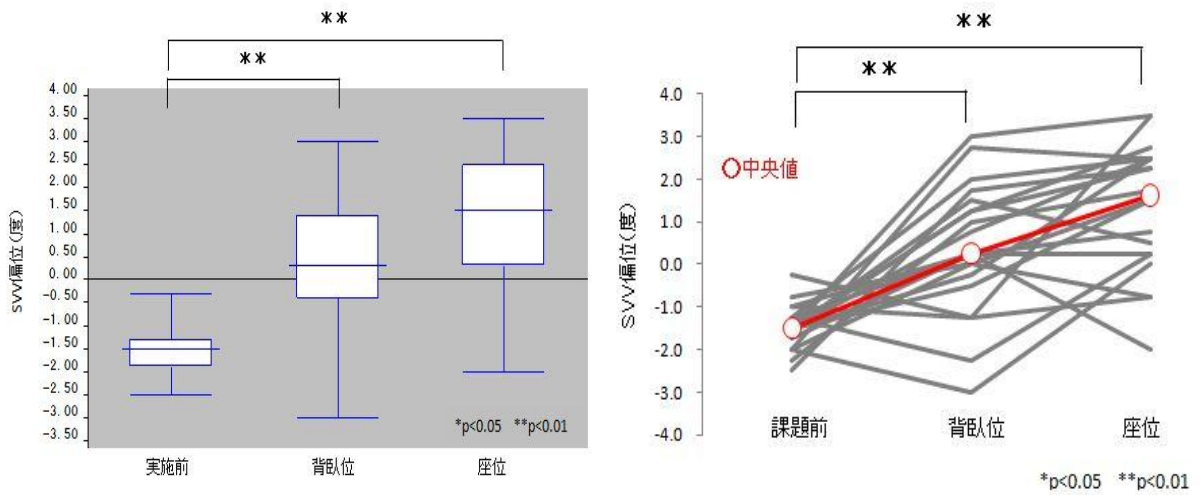


図 9 課題動作における頸部回旋角度別 SVV 偏位の比較 (左回旋 30 度)

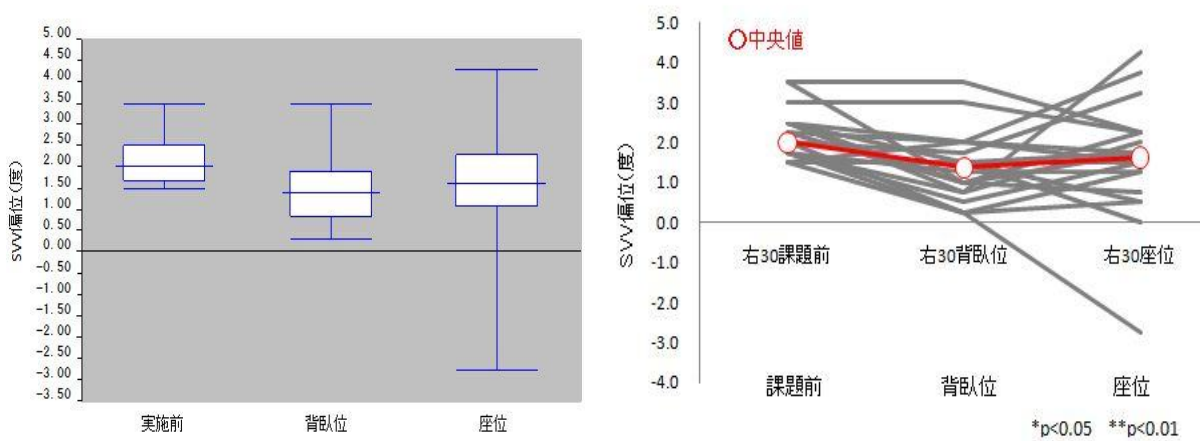


図 10 課題動作における頸部回旋角度別 SVV 偏位の比較 (右回旋 30 度)

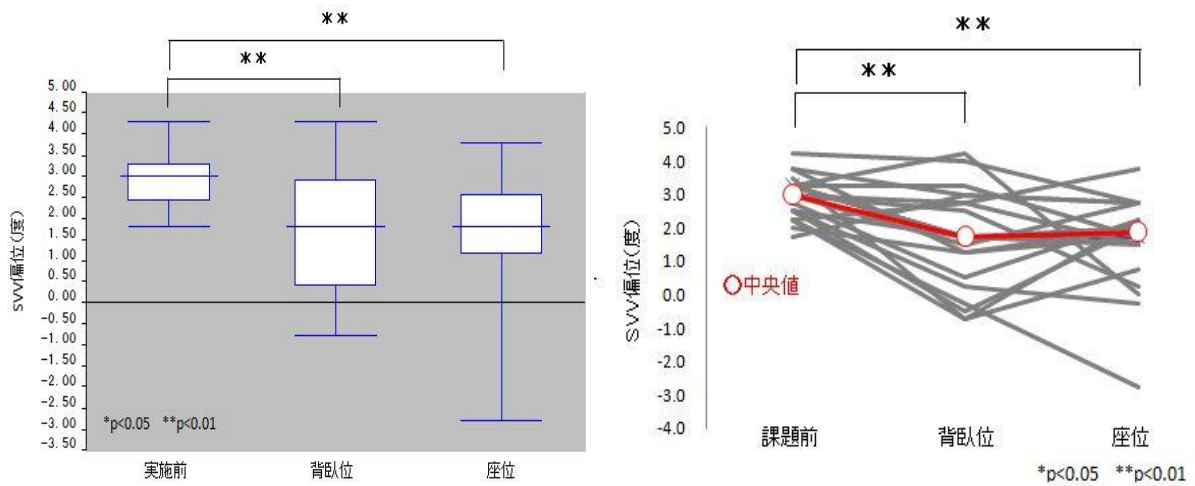


図 11 課題動作における頸部回旋角度別 SVV 偏位の比較 (右回旋 45 度)

## (2) SVV 動揺

課題動作 (A : 背臥位, B : 座位) 後の頸部回旋角度別 SVV 動揺の変化量の結果を図 12 に示す。二元配置分散分析の結果, 課題動作, 頸部回旋角度, 交互作用ともに主効果はみられなかった ( $F(1, 160) = 1.095, p < 0.05$ ) ( $F(3, 160) = 0.781, p < 0.05$ ) ( $F(3, 160) = 0.374, p < 0.05$ )。

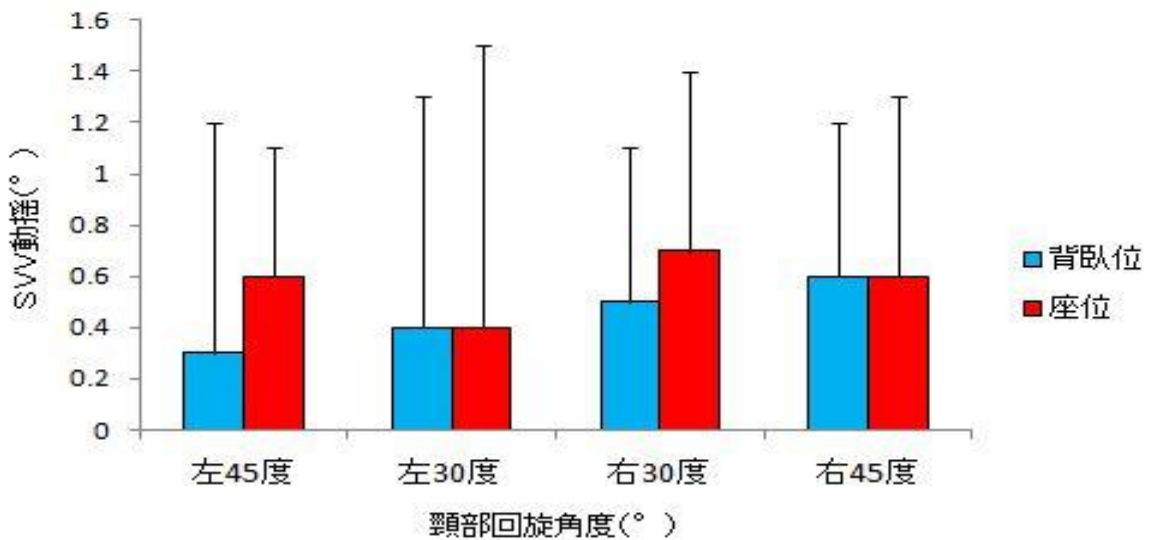


図 12 頸部回旋角度の違いと課題動作の違いによる SVV 動揺の比較

頸部回旋角度別に課題動作前, 課題動作 (A : 背臥位, B : 座位) 後の SVV 動揺の比較結果を表 4 に示す。頸部回旋角度間の比較では, 頸部右回旋 30 度を除く全ての角度条件において有意な差がみられ, 左回旋 45 度では, 課題動作前に比べ課題動作 (B : 座位) 後で有意に高値を示した

( $p<0.01$ ). 左回旋 30 度と右回旋 45 度では, 課題動作前に比べ課題動作 (A: 背臥位, B: 座位) 後で有意に高値を示した ( $p<0.01$ ). また, 課題動作 (A: 背臥位, B: 座位) 間には有意な差はみられなかった (図 13, 14, 15, 16).

表 4 頸部回旋角度別における課題動作後の SVV 動揺の比較

|             | 左45度    | 左30度    | 右30度    | 右45度    |
|-------------|---------|---------|---------|---------|
| 課題動作前       | 1.1±0.3 | 0.8±0.4 | 1.2±0.5 | 1.0±0.4 |
| 課題動作A (背臥位) | 1.4±0.7 | 1.4±0.6 | 1.6±0.8 | 1.6±0.4 |
| 課題動作B (座位)  | 1.7±0.6 | 1.6±0.5 | 1.6±1.2 | 1.6±0.7 |

Mean±SD, \*\*:  $p<0.01$

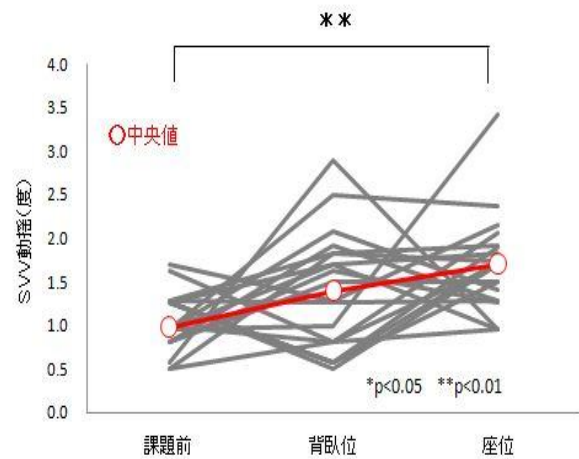
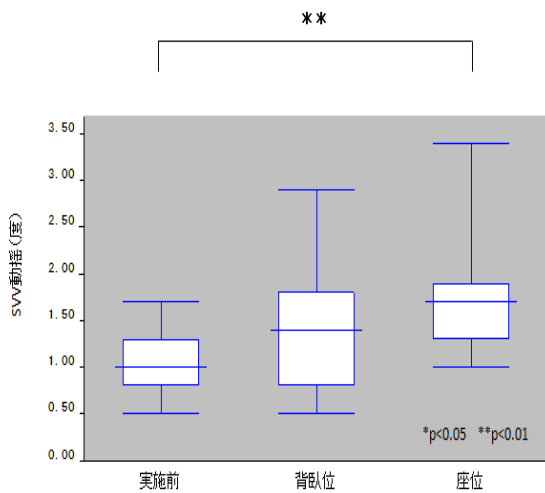


図 13 課題動作における頸部回旋角度別 SVV 動揺の比較 (左回旋 45 度)

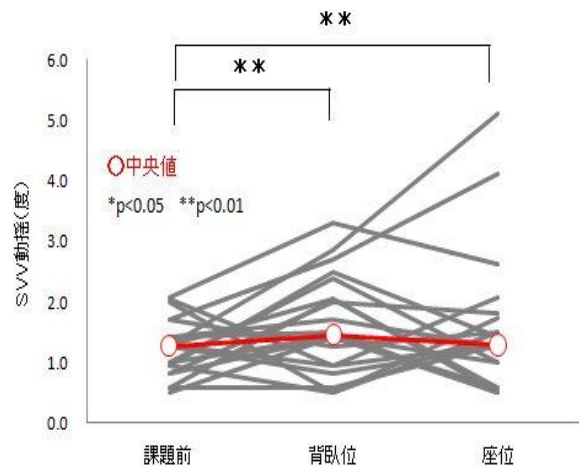
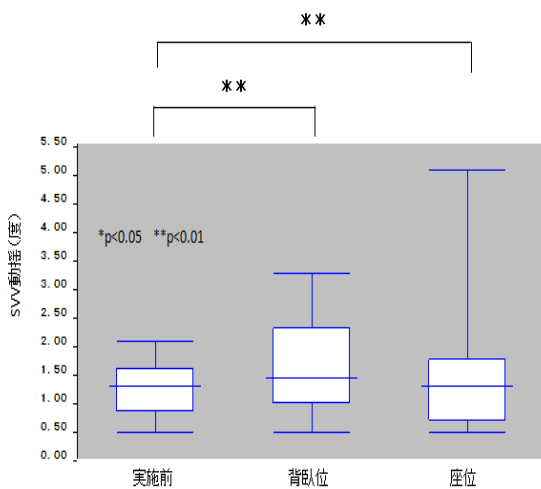


図 14 課題動作における頸部回旋角度別 SVV 動揺の比較 (左回旋 30 度)



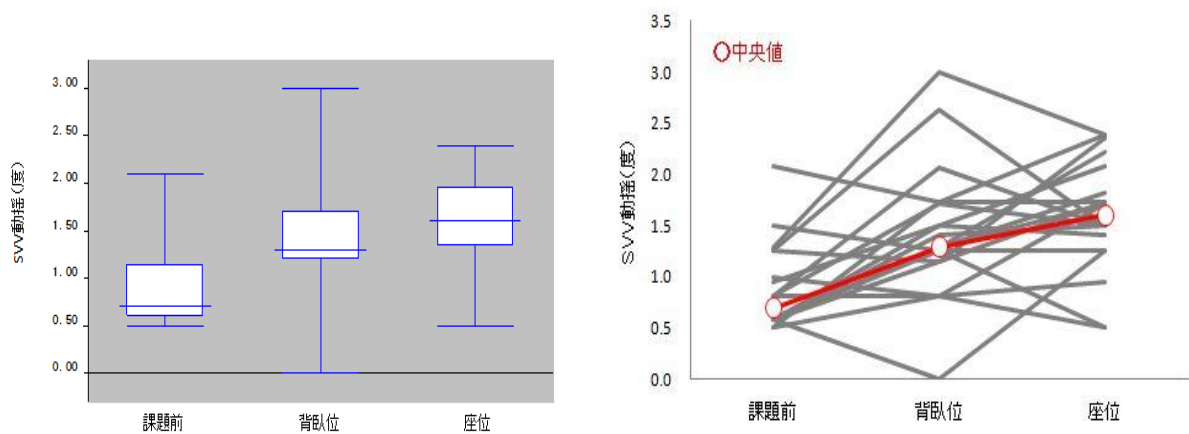


図 15 課題動作における頸部回旋角度別 SVV 動揺の比較 (右回旋 30 度)

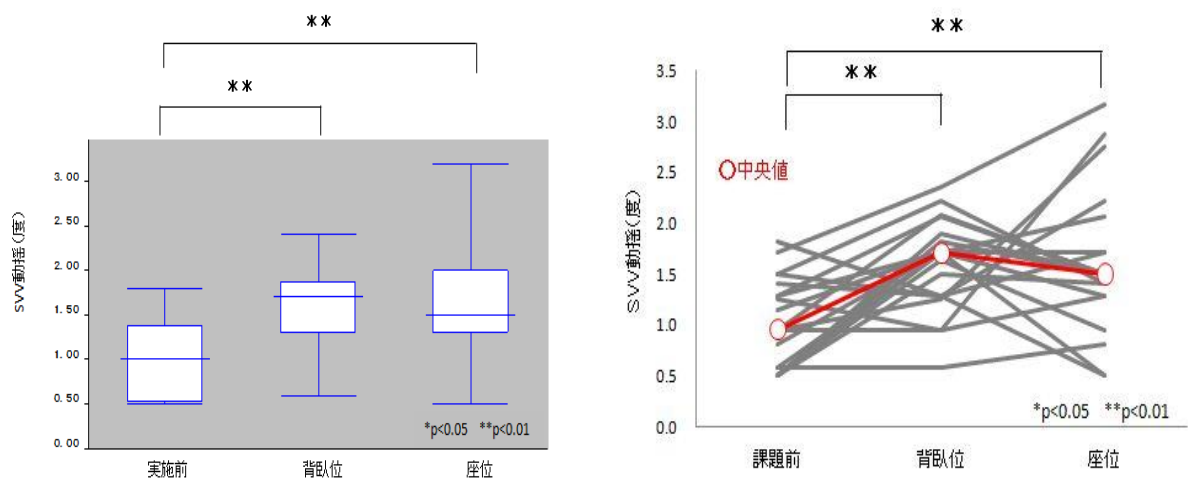


図 16 課題動作における頸部回旋角度別 SVV 動揺の比較 (右回旋 45 度)

### 3. 考察

本研究は立位頸部回旋位 SVV に対する体性感覚が及ぼす影響を検証することを目的とし、頸部同一肢位固定を背臥位および座位の姿勢環境の側面から検証した。分析項目は SVV 偏位量と SVV 動揺の 2 点である。検証の結果、SVV 偏位量は、頸部同一肢位環境として設定した頸部回旋右 30 度を除いた頸部回旋角度において、背臥位および座位ともに SVV 偏位の有意な減少を認め、かつ頸部回旋左 30 度および 45 度では右側方傾斜、頸部回旋右 45 度では左側方傾斜を示した。SVV 動揺は、頸部同一肢位と同側である頸部右回旋 30 度および 45 度において、課題前に比べ課題動作後で動揺が増大し、頸部左回旋 45 度では実施前と課題動作 B との間で有意差が認められ、課題動作 B 後で動揺の増大を認めた。

以上のことから、頸部回旋の同一肢位固定により体性感覚系求心性入力の変化が生じ、体性感



覚優位な感覚統合を強いられた結果、同一肢位を頸部中間位と認識したことが考えられ、背臥位および座位姿勢における頸部肢位が SVV に影響を及ぼすことが示唆された。

立位姿勢制御に寄与する体性感覚刺激においては、頸部の固有受容器からの感覚入力が多、重要であることが報告されており<sup>37)</sup>、頸部の受容器からの求心性神経が頭位および視覚の制御に重要な役割を果たす。頭位の制御については、頸部運動に伴う頸部筋の伸張刺激により頸筋反射 (cervicocollic reflex : 以下 CCR) と前庭筋反射 (Vestibulocollic reflex : 以下 VCR) が作用している。VCR は頸部の回旋に対しては感度が低く、また速い速度に対して反応する特性があることから、頸部の求心性感覚入力は、関節受容器よりも頸部筋の筋紡錘が CCR への入力を行うことになる。機械的受容器の密度は下部頸椎関節より上部頸椎関節で多いこと、頸部筋の筋紡錘の密度が非常に高いこと、頸部筋の筋紡錘配列は直列の割合が非常に高く、伸張と収縮の両方に反応して張力を制御する、といった特徴がある。空間上における頭位の制御に関与する CCR の誘発には、頸部筋の筋紡錘からの入力により誘発される。また、頸部と姿勢の関係では、頸部筋に振動刺激を加えると有意に立位重心動揺が増大することや、頸部運動の不動、頸部筋の持続的等尺性収縮疲労によっても増大することが報告されている<sup>26)</sup>。いずれも頸部体性感覚への刺激により重心動揺が増大することを示しており、頸部筋に与える影響が SVV に影響を及ぼすことが考えられる。このことは、SVV 偏位を最小限にするため、頸部筋に対する介入根拠と成りえるものであると考えることができる。

本研究で用いた SVV は重心動揺との関連性も高く、各感覚系からの求心性入力の統合状況を反映する指標であり、SVV の把握を通じて感覚統合の相対的な変化を捉えることも可能と考えられる。

姿勢制御に対する視覚系の役割としては、外界と自己との相対的位置関係に関する方位情報をもたらすことである。立位重心動揺に対する視覚系感覚入力の検証では、左右よりも前後動揺との関連性が高く、また前後動揺においては体性感覚系が視覚系よりも優位な影響因子であるとされている<sup>37)</sup>。姿勢制御に対する視覚系の制御を検討した場合、視覚系制御には、(1) 円滑追視眼球運動系、(2) 衝動性眼球運動系、(3) 視運動性系の3つの眼球運動制御に分けられる。(1) 円滑追視眼球運動系は、動いている指標を追う際に像がずれないように調節する機構、(2) 衝動性眼球運動系は、眼球を急速に動かして固視点を変化させる機構、(3) 視運動性系は身体が動いている環境で指標を固視するよう働く機構である。本研究では(3) 視運動性系制御が関与するものと考えられる。

体性感覚刺激からの入力による視運動性制御には、頸動眼反射 (cervico-ocular reflex : 以下

COR) と前庭動眼反射 (vestibulo-ocular reflex : 以下 VOR) がある。COR は外眼筋を制御し、頸部の動きと同速度で反対側への眼球運動を起すことで視覚を明瞭にするために作用し、VOR は視線の固定に必須のものである<sup>24)</sup>。これらはいずれも頸部筋群の伸張刺激により筋紡錘を介して誘発される。VOR は高振幅の運動で眼球運動を制御する特性がある。以上より、視運動性制御に関与する COR と VOR は、頸部筋の伸張刺激によって誘発され、かつ頸部回旋運動時に起こる反射である。

また第三章にて頸部回旋運動に伴う頸部側屈により眼位のズレが生じると、ベクシオン作用を起して、視覚系求心性入力の変化を誘発し SVV 偏位をもたらすことを報告した。立位頸部回旋位 SVV の測定条件として、頸部側屈を最小限にした頸部回旋位が必要と考えられたため、両側頸部に設置したレーザーポインターにて水平面を維持するよう注意することで対応した。

以上より、本研究における SVV 測定値は、課題動作は閉眼で行うこと、視運動性制御における COR と VOR の影響、および眼位のズレを抑制することで、視覚系求心性入力の変化を最小限に抑制した値を反映するものと考えられる。

前庭系求心性入力に対しては、前庭筋反射 (以下、VCR) の抑制を行った。VCR は頭部偏位の制動を補助するために頸部筋を活動させる。この誘発条件は速い頸部運動に反応して起こることから、前庭系求心入力である VCR の関与においても最小限となる環境下であると考えられる。

以上のことから、本研究における立位頸部回旋位 SVV の測定値は、頸部回旋位の同一肢位固定の課題動作が体性感覚系求心性入力の変化を反映させるものと考えられる。さらに、本研究では頸部右回旋位の同一肢位を課題動作としたことから、頸部右回旋筋の筋紡錘からの求心性入力の変化および頸部関節受容器からの求心性入力の変化が各感覚統合に与える影響を反映するものと考えられる。

課題動作 (A : 背臥位, B : 座位) による SVV 偏位と SVV 動揺への影響を検証した結果、有意な差は認められなかったが、座位のほうが SVV 偏位, SVV 動揺ともに大きい傾向にあった。背臥位と立位では、視覚的な情報と触覚的な情報が乖離していることや<sup>38)</sup>、直線加速度負荷による耳石器機能の変化は、座位よりも背臥位のほうが、重力軸方向の認識誤差が大きい<sup>39)</sup>との報告があり、背臥位のほうが SVV 偏位, SVV 動揺ともに増大すると仮説していたが、異なる傾向が明らかとなった。この理由として、空間上の交渉頻度の違いが考えられる。背臥位に比較し、座位は抗重力位環境であり、空間上における身体位置関係の認識に対して各感覚統合が行われている。つまり、空間上での感覚統合を強いられている環境は、課題動作で設定した立位頸部回旋位と同一条件である。したがって、同一条件下において、頸部回旋位固定されることで、体性感覚

入力に変化を及ぼし、異なる感覚統合が促された結果、背臥位よりも座位で SVV 偏位、SVV 動揺が増大したと考えられる。

SVV の方向性を検証した結果、頸部同一肢位環境として設定した右 30 度を除いた頸部回旋角度において、背臥位および座位ともに SVV の有意な低下を認め、かつ立位頸部回旋左 30 度および 45 度では右側方傾斜、右 45 度では左側方傾斜を示した。また、右 30 度のみ SVV の動揺において課題動作間で有意差が認められなかった。

上記のとおり、本研究における SVV 偏位に関する体性感覚系求心性入力の因子は、頸椎関節受容器および頸部右回旋筋であると考えられる。中でも筋紡錘の密度が最も高いとされる後頭下筋群の関与を考慮すると、頸部右回旋筋の短縮位固定が筋紡錘へ与える影響を考察する必要がある。筋紡錘は伸張刺激で反応する受容器であり、筋伸張により筋紡錘の活動上昇がみられる。不動下の筋紡錘は求心性活動が亢進することを踏まえると、課題動作である頸部右回旋 30 度の同一肢位固定により、左側頸部回旋筋群の筋紡錘が筋伸長に対する閾値を低下させ、求心性活動の亢進状態となる環境を作り出したことになる。つまり、頸部右回旋 30 度環境下においては、筋紡錘から起こる求心性線維からの発火に対する錘外筋の収縮が抑制された環境を強いられていたために閾値が低下したと考えられる。頸部左回旋位では 30 度、45 度ともに課題動作後で SVV 偏位が減少し、頸部右回旋 45 度においても同様の結果となった。課題前後で SVV 偏位の有意差が見られなかったのは課題動作と同一肢位である頸部右回旋 30 度のみであった。

観血的に自らの腱を引っ張った場合に、関節が動いていないにも関わらず、関節が動いたかのような錯覚を起こすとし、筋の伸張状態の情報が関節運動の感覚に有益な情報になっていることを意味している。また Goodwin ら<sup>40)</sup>は、筋への振動刺激により筋紡錘の興奮を引き起こすことで運動錯覚が生じたことも報告しており、筋の筋長に伴う筋紡錘の活動上昇が運動錯覚を起こす要因であることが推察される。以上のことから、頸部同一肢位により頸部回旋筋群の筋紡錘の閾値低下により筋伸長刺激に対する求心性入力の増加が運動錯覚を起こすことで、頸部回旋位である同一固定環境へと垂直軸認識が促されたことが考えられる。

SVV 動揺値に対する課題動作前後の比較においては、頸部右回旋 30 度のみ課題動作前後で動揺の有意差が認められなかった。このことは、課題動作前後で感覚統合の相対的な変化がないことを反映していると考え、先に述べたように、頸部の同一肢位により筋紡錘の閾値低下による求心性入力の増加が反映させるのは同一肢位以外であることから、頸部回旋左 30 度、45 度、および右 45 度では、体性感覚系求心性入力の増加に伴い、各感覚統合の相対的な割合の変化を引き起こしたことも考えられる。

頸部右回旋 30 度において SVV 偏位および SVV 動揺に課題動作前後で有意差が認められなかったことは、各感覚統合の相対的变化が少ないことが要因として考えられる。身体位置の認知は、筋紡錘が活動することで頸部運動や肢位の偏位に応じた体性感覚系求心性入力により行われることになる。倉松ら<sup>41)</sup>は、長期療養患者では座位姿勢における垂直軸が後方へ偏位するとし、この理由として姿勢制御と各感覚について常に交渉を続ける必要があり、交渉頻度の低下が姿勢制御に関する感覚統合を不良にすると報告している。頸部における体性感覚系は関節受容器と筋紡錘からの求心性入力であり、筋紡錘に至っては筋伸張刺激との交渉頻度が必要になる。また課題動作である座位および背臥位における頸部右回旋 30 度固定位が体性感覚に与える影響について、関節位置覚の短期運動学習の関与について、大橋<sup>42)</sup>は、試行間隔の変化が関節位置覚の学習過程に及ぼす影響を検証し、筋収縮感覚に伴う関節位置覚の短期運動記憶形成について、2 秒以下および 10 秒以上の試行間隔ではそれを阻害すると報告しているが、本研究では運動を課題としていないため、関節位置覚の短期運動記憶とは違う機構が関与したものと考えられる。

以上より、頸部回旋位固定が強いられると、同一肢位において、筋紡錘からの体性感覚入力と他の感覚入力との間の交渉頻度が増すことで、SVV 定位が変化したと考えられる。背臥位や座位姿勢において、頸部の同一肢位固定が長期化することは、SVV 偏位、SVV 動揺を増大させる結果となり、感覚統合を変化させることになる。またこの影響は、背臥位よりも座位で強くなる傾向があることから、姿勢制御機能の評価、運動療法介入には、座位姿勢の頸部中間位保持を組み入れていく必要があると考える。

## 第五章 立位頸部回旋位 SVV における頸部体性感覚の影響について

**要旨：**〔目的〕立位頸部回旋位 SVV に対する頸部体性感覚系の影響を検証することを目的とし、頸椎関節位置覚と筋感覚による求心性入力の影響を検証すること。〔対象〕下肢に整形外科疾患、耳鼻咽喉科疾患の既往がない健常成 12 名（男性 6 名、女性 6 名）とした。〔方法〕頸部回旋 0 度、左右 30 度、左右 45 度において関節位置覚誤差を計測し、一元配置分散分析および多重比較検定を用いて比較検証した。また、頸部回旋筋に対するストレッチ前後の自覚的視性垂直定位について、対応のある t 検定および Wilcoxon 符号付順位和検定を用いて検証した。〔結果〕頸部回旋角度間に関節位置覚誤差の有意な差は認められなかった。また頸部回旋筋ストレッチ筋の反対側への頸部回旋 45 度において SVV 偏位の減少を認めた。〔結語〕頸部回旋中間位における関節位置覚誤差が頸部回旋位の SVV に影響を及ぼすことが明らかとなり、また、頸部回旋位の SVV には、回旋側と反対側の頸部筋の筋紡錘感受性により影響を受けることが示唆された。また、頸部回旋位の SVV に対し、頸部回旋中間位の関節位置覚誤差の計測により、頸部に起因する体性感覚入力が感覚統合に与える影響を把握する評価指標として活用することが出来る可能性や、頸部回旋位の SVV 偏位を抑制するための運動介入に、拮抗筋に対する介入の必要性が示唆された。

### 1. 対象と方法

#### (1) 対象

対象者は下肢に整形外科疾患、耳鼻咽喉科疾患の既往がない健常成 12 名（男性 6 名、女性 6 名）とした。年齢、身長、体重の平均値及び標準偏差は、それぞれ  $22.9 \pm 1.2$  歳、 $165.0 \pm 6.5$ cm、 $61.7 \pm 12.9$ kg であった。これらの対象者には研究の目的および安全性を紙面および口頭にて説明し、承諾を得た。なお、本研究は常葉学園静岡リハビリテーション専門学校倫理委員会の承認を得て実施した。

#### (2) 方法

##### (2)-1. 関節位置覚 (JPE) の測定

立位頸部回旋位 SVV に与える体性感覚系求心性入力のうち、頸椎関節位置覚の検証に対しては、JPE を用いた。この JPE は自然体での頭部の位置と、頸部を動かした後に戻した位置との角度の違いを示すものである<sup>37)</sup>。JPE の測定は Revel ら<sup>37)</sup>の方法に基づき、レーザーポインターを軽量のヘアバンドで頭部に取り付けた。レーザーポインターと壁との距離が 90cm となるよう閉眼

立位姿勢をとり，両肩峰部を固定することで体幹の回旋運動を出来る限り抑制した．まず開始地点を壁に投射して開始肢位的位置をマーキングした後，頸部反対方向最大回旋位から元の位置まで戻すよう指示し，開始地点と課題動作後の位置の差をセンチメートル単位で計測した(図 17)．頸部回旋角度が中間位の条件下においては，左右への頸部最大回旋位からの計測を行った．得られた値をそれぞれ開始地点に達しない場合には「-」，行き過ぎた場合には「+」とし，左右それぞれ 3 回施行中の平均値±標準偏差を算出した．また 3 回の試行間隔は関節位置覚の学習効果を抑制するために 10 秒以上のインターバルを設けた<sup>42)</sup>．また前庭系の求心性入力を最小限にする目的で頸部を戻す際には出来る限り低速で行うよう指示した<sup>41)</sup>．

統計処理は統計ソフト Excel 統計 2008 を使用した．部回旋角度間(左回旋 45 度，左回旋 30 度，中間位，右回旋 30 度，右回旋 45 度)における JPE の差の有意性を検証するために，Kruskal-Wallis 検定を用いた．また頸部回旋角度と JPE の相関分析にはピアソンの積率相関係数を検証した．なお有意水準は 5%未満とした．

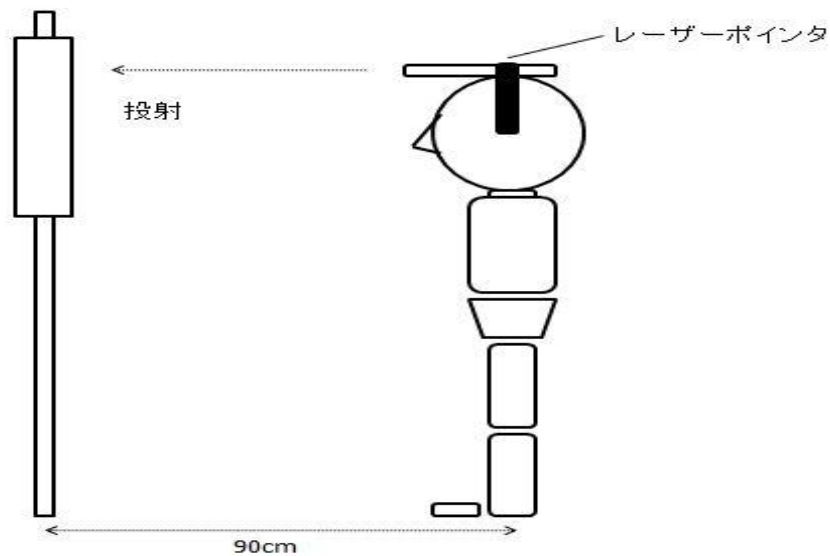


図 17 関節位置覚誤差 (JPE) の測定

## (2)-2.ストレッチの方法

筋感覚の検査は，頸部回旋筋群に対するストレッチを用い，ストレッチ施行前後の立位頸部回旋位 SVV を測定した．頸部回旋筋群は筋紡錘の分布密度が最も多いとされる後頭下筋群の頭板状筋を対象筋とした．ストレッチは，鈴木ら<sup>52)</sup>の方法に基づき，同一検者が行い，ストレッチ施行時間は 20 秒で統一した．またストレッチ肢位は背臥位とした．ストレッチ施行方法を右側頭板状筋群 (6 名，年齢  $22.3 \pm 0.5$  歳，身長  $167.7 \pm 6.6$ cm，体重  $63.2 \pm 12.8$ kg) (以下，右側ストレッ

チ群), 両側頭板状筋群 (6名, 年齢  $23.5 \pm 1.4$  歳, 身長  $162.3\text{cm}$ , 体重  $60.2 \pm 14.0\text{kg}$ ) (以下, 両側ストレッチ群) に区分した. 両群のストレッチ施行前の立位頸部回旋位 SVV に差は認められなかった (表 5).

表 5 右側ストレッチ群と両側ストレッチ群の基本統計量

|          | 年齢 (歳)         | 身長 (cm)         | 体重 (kg)         |
|----------|----------------|-----------------|-----------------|
| 片側ストレッチ群 | $22.3 \pm 0.5$ | $167.7 \pm 6.6$ | $63.2 \pm 12.8$ |
| 両側ストレッチ群 | $23.5 \pm 1.4$ | $162.3 \pm 5.7$ | $60.2 \pm 14.0$ |

Mean  $\pm$  SD, \* :  $p < 0.05$

### (2)-3.立位頸部回旋位 SVV の計測

立位頸部回旋位 SVV の計測は, 第四章と同様の方法を用いた. 測定は裸足での静止立位とし, 被験者の顔より約 30cm 前方に直径 50cm の円盤を設置し, 円盤中央に  $7\text{cm} \times 0.5\text{cm}$  の棒を付属させ, この円盤裏面には角度計を設置した. 被験者に対し, 検者が棒を左右 15 度傾斜させた位置から被験者が垂直とみなす点まで操作させた時の棒の角度と, 真の垂直との偏位量を測定した. 施行回数および傾斜方向及び視覚指標角度の順序については, 出発点の効果を相殺するために ABBA 法を用い, 左右傾斜から各 2 回ずつ合計 4 回実施した. 被験者からみて時計回りを「右側傾斜 : +」, 反時計回りを「左側傾斜 : -」として, 4 回計測した際の偏位量の平均値と標準偏差を算出した. 視覚指標となる円盤中央の棒の位置は被験者の直立肢位から, 左回旋 45 度, 左回旋 30 度, 中間位, 右回旋 30 度, 右回旋 45 度の 5 条件とした. 被験者には頸部のみ回旋した状態で立位保持させ, 鼻梁を視覚指標の棒と一致させ, 計測中は視覚指標の棒を固視するよう指示した. 棒の操作は, 頸部回旋側の上肢で行うよう統一した. さらに, 頸部回旋に伴う頸部側屈を抑制するために, ヘアバンドにて頭頂部にレーザーポインターを装着し, 水平面上の回旋運動を誘導した.

手続きは, 立位頸部回旋位 SVV 計測の後に頭板状筋ストレッチを行い, この直後に立位頸部回旋位 SVV を測定した. なお, この時インターバルは設けず, 連続課題として計測を進めた.

統計処理は統計ソフト Excel2008 を用いた. 各頸部回旋角度条件におけるストレッチ施行前後の立位頸部回旋位 SVV の比較には, 対応のある t 検定および Wilcoxon 符号付順位和検定を用いて検証した.

## 2. 結果

### (1) 頸部回旋角度における関節位置覚誤差 (JPE)

頸部回旋角度 (左回旋 45 度, 左回旋 30 度, 中間位, 右回旋 30 度, 右回旋 45 度) における JPE の比較を表 6, 図 18 に示した. 頸部回旋位では関節位置覚の誤差が負の値を示しており, 直前の頸部肢位まで頸部を戻せない傾向にあったが, 各角度条件間に有意な差は認められなかった ( $p < 0.05$ ). 各頸部回旋角度 (左回旋 45 度, 左回旋 30 度, 中間位, 右回旋 30 度, 右回旋 45 度) における SVV 偏位と JPE の相関関係を表 7, 8 に示した. 両者の間に相関関係は認められなかったが ( $p < 0.05$ ), 頸部回旋中間位 JPE と頸部回旋位 SVV との間に正の相関関係が認められた ( $p < 0.05$ ).

表 6 頸部回旋角度別の関節位置覚の誤差 (JPE)

|     | 左回旋 45 度        | 左回旋 30 度        | 中間位           | 右回旋 30 度        | 右回旋 45 度        |
|-----|-----------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|
| JPE | $-1.7 \pm 23.1$ | $-3.8 \pm 21.4$ | $2.2 \pm 7.8$ | $-1.4 \pm 15.6$ | $-8.7 \pm 12.7$ |

Mean  $\pm$  SD, 単位 : cm

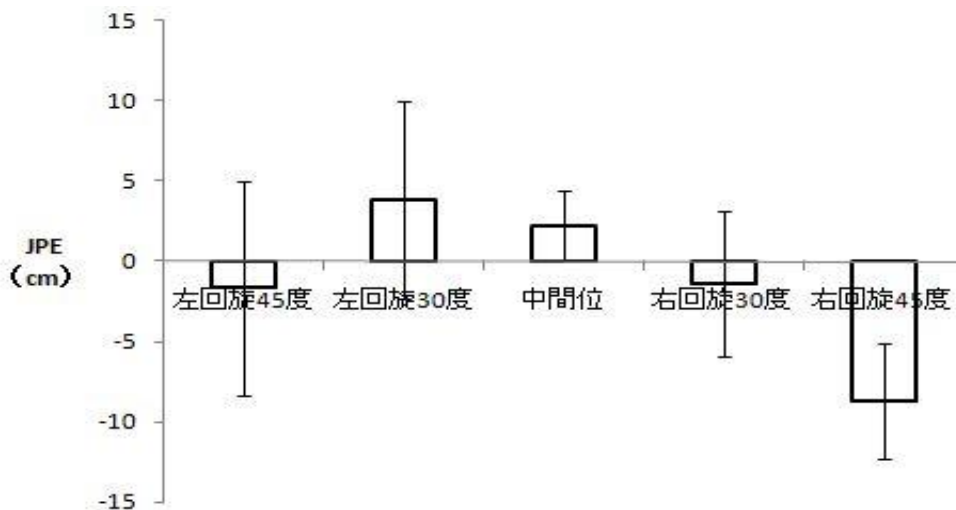


図 18 頸部回旋角度別の関節位置覚誤差 (JPE)



表 7 各頸部回旋角度における SVV 偏位と関節位置覚の誤差 (JPE) の相関係数

|      | 左回旋 45 度 | 左回旋 30 度 | 中間位  | 右回旋 30 度 | 右回旋 45 度 |
|------|----------|----------|------|----------|----------|
| 相関係数 | -0.33    | -0.31    | 0.10 | -0.19    | -0.40    |

表 8 頸部回旋中間位に対する関節位置覚誤差 (JPE) の相関係数

|       | 左回旋 45 度 | 左回旋 30 度 | 右回旋 30 度 | 右回旋 45 度 |
|-------|----------|----------|----------|----------|
| 回旋中間位 | 0.61     | 0.82     | -0.64    | -0.71    |

(2) ストレッチ前後の立位頸部回旋位 SVV

片側ストレッチ群において、ストレッチ施行前後に有意差が認められた。右回旋 45 度において、ストレッチ施行前に比べ施行後で有意に SVV 偏位の減少が認められ ( $p<0.05$ )、頸部回旋中間位方向への傾斜が見られた (表 9, 図 19)。

表 9 右側ストレッチ群の立位頸部回旋位 SVV の比較

|        | 左 45 度   | 左 30 度   | 中間位     | 右 30 度  | 右 45 度  |
|--------|----------|----------|---------|---------|---------|
| ストレッチ前 | -3.4±0.5 | -1.0±1.8 | 1.3±0.3 | 0.5±0.8 | 1.7±1.6 |
| ストレッチ後 | 0.4±1.4  | -0.5±0.7 | 0.9±0.7 | 0.6±1.8 | 1.3±1.8 |

Mean±SD, \* :  $p<0.05$ , 単位 : °

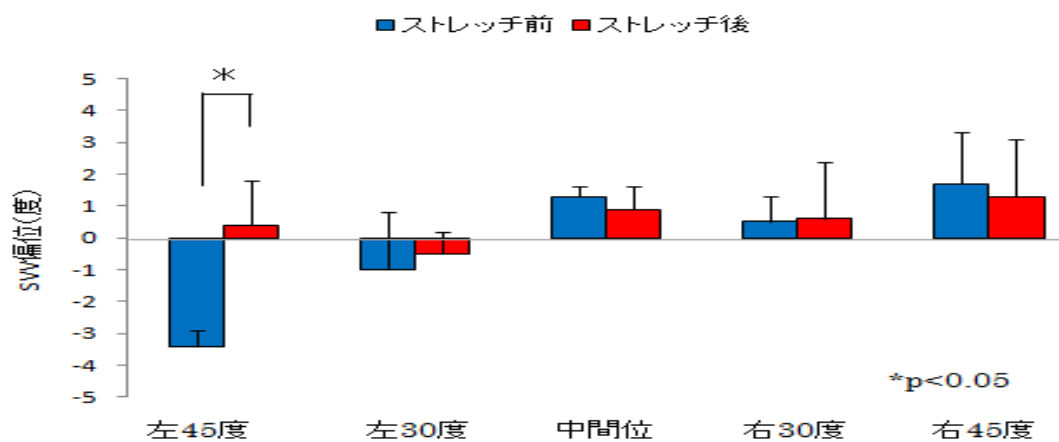


図 19 右側ストレッチ群の立位頸部回旋位 SVV の比較 \* :  $p<0.05$

(3) 両側ストレッチ施行前後の立位頸部回旋位 SVV

両側ストレッチ群において、ストレッチ施行前後に有意差が認められた。頸部左回旋 45 度および頸部右回旋 45 度の条件において、ストレッチ施行前に比べ施行後で有意に SVV 偏位の減少が認められ ( $p<0.05$ )、ともに頸部回旋中間位方向への傾斜が見られた (表 10, 図 20)。

表 10 両側ストレッチ施行前後の立位頸部回旋位 SVV

|        | 左 45 度   | 左 30 度   | 中間位     | 右 30 度  | 右 45 度  |
|--------|----------|----------|---------|---------|---------|
| ストレッチ前 | -1.9±2.5 | -1.7±1.2 | 1.8±1.1 | 0.9±1.4 | 2.8±0.8 |
| ストレッチ後 | -0.7±1.8 | 0.2±1.8  | 0.9±1.5 | 1.6±1.5 | 0.9±1.1 |

Mean±SD, \* :  $p<0.05$ , 単位 : °

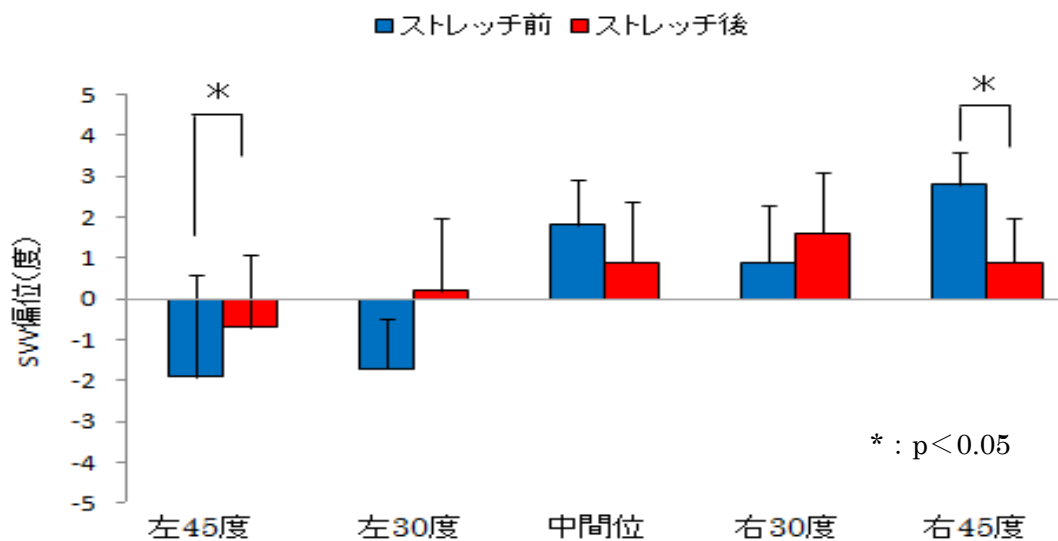


図 20 両側ストレッチ施行前後の立位頸部回旋位 SVV

3. 考察

本研究では、立位頸部回旋 SVV における体性感覚系求心性入力の影響を明らかにすることを目的に、頸部関節位置覚、頸部回旋筋へのストレッチを用いて検証した。その結果、頸部回旋中間位における関節位置覚誤差と頸部回旋位 SVV との間に相関が認められたことから、頸部中間位に

における頸部関節受容器からの体性感覚入力に SVV に影響を及ぼすことが示唆された。また、頸部筋に対するストレッチを行った結果、ストレッチ施行側と反対方向への頸部回旋位 SVV 偏位が有意に減少したことから、頸部回旋位における SVV は反対側の頸部筋の筋紡錘を介した体性感覚入力の影響を受けることが示唆された。

以上より、頸部回旋位 SVV に対し、頸部筋から入力される体性感覚が視覚、前庭覚との感覚統合に影響を与える因子であると考えられる。また、頸部回旋位 SVV の把握に、頸部中間位における関節位置覚誤差の評価指標を活用できる可能性や、頸部回旋位 SVV 偏位の抑制を目的とした運動療法介入の方法として、頸部筋へのストレッチを用いて頸部体性感覚入力を抑制し、各感覚統合を促すことで、SVV 偏位の抑制に寄与するものと考えられた。

#### (1) 頸部回旋角度と関節位置覚誤差の比較

頸部回旋角度の違いが頸部関節位置覚に与える影響について検証した結果、頸部回旋角度の違いにより有意な差はみられなかった。関節位置覚は、関節の固有感覚と筋紡錘からなる筋感覚の統合された感覚を反映していることから、頸部回旋角度の違いが統合感覚へ与える影響は少ないと考えられる。また、頸部中間位での関節位置覚と頸部回旋位 SVV との間に相関がみられたことから、頸部回旋中間位における頸部筋群の体性感覚入力に、頸部回旋位 SVV に影響すると考えられる。

本研究結果を考察する上で、課題動作となる頸部回旋運動時が JPE に及ぼす影響を取り除く必要がある。具体的には、頸部体性感覚系求心性入力と前庭系体性感覚系求心性入力の相互機構、頸部体性感覚系求心性入力と前庭系求心性入力の相互機構の関与である（図 21）。視覚系制御が関与する機構には、頸動眼反射（cervico reflex：以下、COR）と視運動性反射がある。両者ともに頸部筋群の伸張によって誘発され、頭部の動きと同じ速度で反対方向に眼が動く運動での眼位の安定性を補助することで、視覚を明瞭にしている。また視運動性反射においては、眼球運動により頸部筋の活動が起こるなど視覚系制御と頸部体性感覚系制御の間に入出力の両面を担っている。本研究で用いた課題動作は閉眼で行っており、閉眼下の眼球運動まで捉えることは出来ていないが、頸部運動に伴う両者の反射誘発は抑制されていたものと考えられる。次に、前庭系制御が関与する機構には、前庭筋反射（vestibulo ocular reflex：以下、VCR）がある。この VCR は、頸部筋の伸張刺激により誘発され、体幹と頭位の位置関係を制御するための情報を入力するが、頸部回旋運動に対する感度が低い特徴があり、また頸部の運動中に起こる反射であることから、関節位置覚誤差の測定値に与える影響は少ないと考える。さらに、関節位置覚誤差の測定値

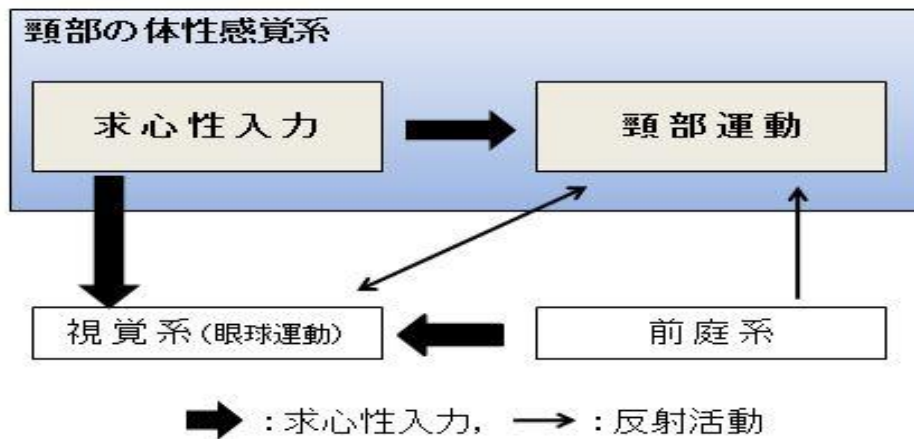


図 21 頸椎に関連する感覚運動制御<sup>37)</sup> (一部改変)

に影響を及ぼす因子として、測定における頸部回旋運動の反復による短期記憶がある。この影響を除くため、大橋らの報告に基づき試行間間隔を 15 秒確保し<sup>42)</sup>、また関節位置覚の測定値については測定上の信頼性を考慮し、3 回測定した際の平均値を採用して検証した。

以上より、本研究で用いた関節位置覚誤差の測定値は、頸部の固有受容器と頸部筋からの統合感覚とした体性感覚入力を反映したものであると考えられる。

関節位置覚と筋紡錘の関係に対し、筋収縮を負荷すると関節位置覚の感度が上昇するとされ、筋疲労に伴う筋紡錘の疲労は、関節位置覚を低下させることが報告され<sup>44,45,46)</sup>、筋内受容器である筋紡錘からの情報入力の低下を反映したものである。運動中における筋の長さおよび筋張力の変化は、筋感覚受容器である筋紡錘を興奮させ、 $\alpha$ 運動線維によって筋収縮を生じさせるが、持続的な筋収縮、あるいは運動負荷後に生じる筋、腱、靭帯の粘弾性の増加は筋紡錘の感受性を低下させる。また渡辺は<sup>47)</sup>、痙性による筋紡錘の持続的収縮が関節位置覚に与える影響を検証した結果、痙性抑制後には関節位置覚の誤差が減少したと報告している。強い筋収縮に伴う筋疲労時には錘外筋のみならず、錘内筋も疲労するとされ、錘内筋の疲労は $\gamma$ 運動ニューロンの促通の低下を引き起こす<sup>48)</sup>。このように、筋紡錘から起こる入力変化が、固有感覚との感覚統合に変化を与える結果、関節位置覚を変化させることになるため、本研究で用いた頸部回旋では、回旋側と反対側の頸部筋の筋紡錘が感覚統合を変化させる要因となる。本研究結果から、頸部回旋角度の違いにより関節位置覚誤差に有意な差がなかったことから、頸部回旋運動に対する拮抗筋の筋紡錘からの入力および固有感覚と感覚統合には影響を及ぼさないことが考えられる。つまり、頸部回旋運動における主動筋の側面では、筋収縮による求心性入力増加と、反対側頸部回旋筋には反

回抑制作用に伴う筋伸張刺激による求心性入力増加起きていると考えられる。

関節位置覚誤差の測定値と頸部回旋位 SVV の関係を検証した結果、頸部回旋中間位における関節位置覚誤差との間に強い相関がみられた。関節位置覚誤差の測定値は頸部筋との統合感覚であり、また、SVV は視覚、前庭、体性感覚との感覚統合を反映することをふまえると、頸部回旋位 SVV の特性として、頸部回旋中間における体性感覚入力に依存することが示唆された。この結果は、奈良<sup>31)</sup>らの報告のとおり、頸部回旋中間位保持の重要性を示す根拠となりえると考えられる。つまり、頸部回旋時は中間位に比較して、重心動揺が増大するなど姿勢制御へ大きな影響を与えるとされており、頸部回旋運動は転倒要因としても位置づけられる。本研究で得られた結果を踏まえ、頸部回旋時に起こる姿勢制御への影響に対し、SVV を指標とした感覚統合能力を把握することは、重心動揺の抑制や転倒予防にもつながるものと考えられる。この頸部回旋位 SVV と頸部中間位における関節位置覚誤差の測定値との間に強い相関がみられたことから、この頸部関節位置覚誤差の測定値は、頸部回旋時の感覚統合能力の把握に寄与する有益な情報になると考えられる。

## (2) 立位頸部回旋位 SVV に与える頸部回旋筋ストレッチの作用

頸部の体性感覚入力の変化が SVV に与える影響を検証するため、頸部筋に対するストレッチを施行し、ストレッチ施行前後の SVV を比較した。その結果、右側頸部筋ストレッチ群では、頸部左回旋 45 度の SVV において、ストレッチ後で有意な SVV 偏位の減少がみられ、両側ストレッチ群では、頸部左右への回旋 45 度の SVV において、ストレッチ後で有意な SVV 偏位の減少がみられた。以上のことから、頸部回旋位の SVV は、頸部回旋方向に対する拮抗筋の体性感覚入力に影響を受けることか明らかとなり、拮抗筋となる筋の求心性入力が抑制されているほど、主動筋の筋感覚による体性感覚入力が優位となることで、SVV 偏位を抑制する可能性が示唆された。

本研究では、ストレッチ筋の選定にあたり、頸部回旋筋の中から頭板状筋を対象筋とした。この理由は、頭板状筋は頸部回旋運動の主動作筋の一つであり、かつ後頭下筋群に含まれるため、筋紡錘の分布密度が最も多いことに基づいている<sup>37)</sup>。ストレッチ方法は鈴木ら<sup>49)</sup>の方法に基づき、Individual Muscle Stretching (以下、ID) を用いた。この ID ストレッチは、一つ一つの筋を個別的にストレッチングする手法であり、筋走行に即した伸張方向を用いる特性があり、個別的なアプローチが行いやすいという利点がある。ストレッチの生理的反応として、直後の急性反応である柔軟性向上がある。これは持続的な伸張が筋に加わることで主動筋に存在するゴルジ腱器官の興奮を起す。この後、Ib 線維を介して脊髄後角に入り、介在ニューロンを介して同名筋の

脊髄前角細胞の興奮を抑制することによる。頭板状筋の ID ストレッチにより、同筋の筋紡錘感受性低下を引き起こすことで筋紡錘の感受性低下（脱感作）に伴う求心性入力低下が起るものである<sup>50)</sup>。

本研究の結果に影響を与える要因として、ストレッチに伴う頸部回旋位肢位の 30 秒間固定が考えられる。課題動作前の感覚フィードバックの影響について、事前に視線方向の認知付けを行うと、課題動作時の関節可動域が増大し、パフォーマンスが向上することが報告されている<sup>51)</sup>。本研究においても、30 秒間のストレッチ施行時間を要するため、この時の視線方向の認知付けが視覚系入力を介して感覚統合へ反映することも考えられたが、ストレッチ施行中は閉眼位で統一したため、この視覚入力の影響は除外した。

次に、ID ストレッチ施行に伴う関節位置覚の学習効果の関与が考えられるが、大橋ら<sup>42)</sup>の報告では、運動施行間隔が 2 秒以下もしくは 10 秒以上経過している場合には学習効果は低いとしており、本研究で用いた ID ストレッチは、約 20 秒間の静的ストレッチとしたことから、ID ストレッチ施行が関節位置覚の学習効果へ反映されないものと考えられる。また、ストレッチと関節位置覚の関係については、ストレッチ施行後では関節位置覚の再現精度に影響を及ぼすこと、関節位置覚を低下させること、また関節位置覚低下に伴うパフォーマンス低下や、ストレッチ直後の急性反応として筋出力低下も起こることが報告されている<sup>50,52)</sup>。つまり体性感覚は、筋と固有感覚の感覚統合を反映しており、ストレッチにより筋紡錘の感受性が低下し、伸張に対する入力が増加することになる。この結果、固有感覚との統合感覚としても、体性感覚としての入力が低下することになる。

以上を考慮すると、本研究において、右側の頭板状筋への ID ストレッチ施行後に、頸部左回旋 45 度で SVV 偏位の減少がみられたことは、頸部回旋運動に拮抗する回旋筋群の求心性入力低下が SVV 偏位を減少させる要因であることが示唆される。同様に両側ストレッチ群においても ID ストレッチ施行後で頸部左右回旋位の SVV 偏位の減少がみられたことから、拮抗筋の筋紡錘感受性が高い場合には、頸部回旋方向への SVV 偏位を増大させ、一方、感受性が低い場合には、これを抑制する作用があると考えられる。SVV 偏位は重心動揺との関連性も報告されており<sup>32)</sup>、SVV 偏位の抑制を目的とした場合には、拮抗筋に対するストレッチにより筋紡錘感受性低下を図ることの有効性を示唆するものであると考える。

以上より、頸部回旋位 SVV に対して、頸部筋による体性感覚入力の影響を受けることが明らかとなり、また回旋運動の拮抗筋が因子となることが示唆された。

以上より、本研究では、頸部回旋位の SVV に対して、体性感覚入力が及ぼす影響について、関

節位置覚と頸部筋からの各入力要素の視点から検証した。その結果、頸部回旋角度の違いが関節位置覚誤差に影響を与えることはないが、頸部回旋位の SVV に対しては、頸部回旋中間位における関節位置覚入力の影響を受けることが明らかとなった。また、頸部筋の入力要素については、頸部回旋方向と反対側の頸部における筋紡錘を介した入力の影響を受けることが示唆された。このことから、頸部回旋位 SVV には、頸部中間位における頸部からの体性感覚入力の影響が重要であると考えられる。理学療法の臨床応用として、頸部回旋中間位における頸部筋と固有感覚からの統合感覚を評価指標とすることや、この統合感覚の向上を目的とした運動療法介入を行うことで、頸部回旋位の姿勢制御に対し、SVV という感覚統合の側面からの介入に有益な情報となると考えられる。

## 第六章 総括

ヒトの空間識において、前庭系、視覚系、体性感覚系の3つが主要求心性入力系であり、互いが感覚統合を行うことで姿勢制御を可能にしている。姿勢制御能力の評価指標には、片脚立位や、ロンベルグ試験等の静的バランスや、Functional Reach Test, Timed Up and Go Test等の動的バランス指標が幅広く使用されているが、姿勢制御能力の要素を細分化した場合、感覚統合の側面に特化した評価指標や運動介入の検証は少ない。また、これら評価指標の身体肢位は、静止立位であり、身体肢位を変化させた際の静的な姿勢制御能力の評価・介入が必要と考える。

そこで本研究では、立位重心動揺の増大や転倒要因としても位置づけられる頸部回旋運動に着目し、姿勢制御における感覚統合の側面に対して、頸部体性感覚との関係について検証することを目的とした。まず、身体回旋位の立位姿勢制御について重心動揺から検証した(第二章)。次に頸部回旋位に着目し、前庭系、視覚系、および体性感覚系の感覚統合状況を反映する自覚的視性垂直定位を指標として、頸部回旋位と自覚的視性垂直定位の関係について検証した(第三章)。次に、頸部体性感覚が自覚的視性垂直定位に及ぼす影響について、頸部回旋位の同一肢位の固定が自覚的視性垂直定位に及ぼす影響を明らかにした(第四章)。また、頸部関節位置覚と頸部筋による各入力要素について、頸部回旋位のSVVに与える影響について検証した。(第五章)。

### 第一節 結論

本研究は、姿勢制御の検討すべき問題点(第一章第三節)をふまえ、頸部回旋位とSVVの関係について検討し、さらに頸部体性感覚がSVVに与える影響について検討を加えた。

姿勢制御能力の評価・治療において、静止立位や片脚立位およびロンベルグ肢位といった体位に限定されている問題点に対し、視覚指標に伴う身体回旋位を課題動作として設定し、重心動揺を検証した(第二章)。その結果、身体回旋位の姿勢制御特性として、前庭系と体性感覚系を優位とする感覚統合が行われることが示唆された。身体回旋位は転倒の発生要因の一つであることから、姿勢制御の体位条件を静止立位や片脚立位に限定せず、身体回旋位の評価を行うことで、前庭系と体性感覚系を優位とした感覚統合の側面を把握することが可能となると考えられる。

次に、頸部および体幹の肢位がSVVに与える影響について、水平面上の検討がされていない問題点に対し、頸部回旋位がSVVに与える影響について検証した。この結果から、頸部回旋位のSVVに影響を与える頸部体性感覚の因子として、頸部回旋運動の拮抗筋からの求心性入力抽出された。つまり、頸部回旋筋の柔軟性低下や短縮、および頸部回旋位での同一肢位の固定など、求心性入力の亢進を引き起こす要因によって、SVV偏位が起これると考えられる。以上をふまえ、



頸部回旋運動が転倒要因の一つとして位置付けられる背景には、頸部回旋に伴う頸部体性感覚からの求心性入力が増加することで前庭系との感覚統合に乖離を起こすことが理由の一つと考えられる。このことから、頸部回旋時の SVV を評価指標として用いることで、前庭系と体性感覚を優位とした感覚統合を把握することにつながり、また、頸部回旋位の感覚統合の促進を目的とした治療には、頸部筋からの求心性入力を抑制する介入が有効であると考えられる。以上より、転倒予防や姿勢制御能力に対しては、出力要素に対する評価・理学療法介入にとどまらず、頸部体性感覚を介した感覚統合の側面を評価・治療介入することが必要と考えられる。

また、理学療法領域において、SVV を用いた姿勢制御の評価・治療介入が脳血管障害者に限定されている問題点に対し、本研究では健常者を用いて検討した。この結果、健常者においても頸部回旋位では、回旋方向への SVV 偏位を起こすことや、頸部の同一角度肢位の固定後で SVV 偏位を起こすことなど、頸部体性感覚の影響が SVV 偏位の要因であることが明らかとなった。SVV を評価指標として用いる対象が脳血管障害者に限定させている理由は、各求心性入力の包括的な感覚統合を評価対象としていることが原因の一つと考えられる。一方、本研究は、感覚統合に影響を与える体性感覚の求心性入力を対象とし、頸部回旋位の感覚統合に対しては、頸部回旋運動の拮抗筋を主とする求心性入力が要因として抽出された。このことから、姿勢制御における感覚統合の評価にあたり、包括的な感覚統合を対象にするだけでなく、これに作用する体性感覚の求心性入力の程度を評価対象とする必要性が考えられる。

以上より、SVV は姿勢制御における感覚統合の側面を反映することから、頸部筋からの求心性入力を評価指標や治療介入の対象として位置付けることで、頸部回旋位の姿勢制御能力の評価や、向上に向けた治療介入として有効であると考えられる。具体的には、座位における頸部回旋中間位の関節位置覚誤差の測定が評価指標として活用できることや、ストレッチを初めとする頸部回旋筋からの求心性入力の低下を治療効果にもつ治療、ならびに対象者に頸部回旋中間位の認知を促すことが有効な治療介入になると考えられる。以上より、本研究から得られた知見は、頸部回旋位の姿勢制御の評価・治療介入を行う上で貴重な資料になると考えられる。

## 第二節 本研究の応用性ならびに限界と今後の課題

### (1) 応用性

本研究結果から、立位頸部回旋位の姿勢制御における感覚入力・統合能力の特徴、ならびにこの姿勢制御能力を規定する要因として、頸部体性感覚系の関与が明らかとなった。頸部回旋に伴う頸部の体性感覚入力の変化が視覚、前庭との感覚統合に与える影響として、頸部回旋方向への

自覚的視性垂直定位の偏位，直前の座位姿勢における頸部回旋肢位，頸部回旋中間位の頸部体性感覚入力，が立証された．これらの結果をふまえ，座位姿勢における頸部回旋中間位の認知を評価，運動療法介入を行うことで，頸部回旋時の姿勢制御の把握ならびに低下予防・向上に結び付くものと示唆される．

## (2) 測定方法及び対象者

本研究の研究課題において，水平面への頸部回旋運動のみに限定し測定を行った．実際にみられる立位姿勢制御は三次元的に行われるものであり，回旋一側屈，回旋一前後屈など多くのパターンが存在する．今後，様々な方向の感覚統合能力を検証する必要がある．また，本研究で用いた頸部回旋の課題動作の場合，両足底部および体幹回旋を固定して行った．実際の回旋を伴う立位姿勢は頸部のみならず体幹や他部位の運動連鎖の上に成り立つものである．従って，頸部回旋にともなう他の身体部位との連動性を考慮した測定を行う必要がある．

また，本研究課題の対象者は体性感覚系の関与を反映させることを目的に，整形外科的疾患や耳鼻咽喉科疾患の既往がない対象者に限定した．自覚的視性垂直定位の平均は垂直認知の傾斜方向性を示し， $2^{\circ}$  を越える傾斜は病的であることをふまえると<sup>53)</sup>，本研究結果で得られた値は病的範囲外であることから，今後は感覚統合に関与する因子を含めた検証の必要がある．

## 謝辞

本研究を行うにあたり，丸山仁司教授には貴重なご助言と有益なご指導を賜り，心より厚くお礼申し上げます．また，本研究の趣旨を理解し快くご協力頂きました対象者の皆様に心から感謝致します．ありがとうございました．

## 文献一覧

- 1) 朝長昌三.身体動揺の安定性.教育科学 2000;58:63-69
- 2) 平瀬達哉,井口 茂,中原和美ら.在宅虚弱高齢者に対する異なる運動介入が身体機能に及ぼす経時的変化について.理学療法科学 2011;26(1):1-5
- 3) 竹島伸生編.転倒予防のためのバランス運動の理論と実際.東京:有限会社ナップ,2000:11-18
- 4) 長谷公隆.立位姿勢の制御.リハビリテーション医学 2006;43:542-553
- 5) 望月 久,金子誠喜.臨床的バランス能力評価指標に関するアンケート調査報告-臨床的バランス能力評価指標の考案に向けて-.理学療法学 2009;24(2):205-213

- 6) 中村一平,奥田昌之,鹿毛治子ら.ファンクショナルリーチテストとその他のバランス評価法との関係.理学療法科学 2006;21(4):335-339
- 7) 日本平衡神経科学会編.平衡機能検査の実際.東京:南江堂,1994:121-133
- 8) 島田裕之,内山 靖,原田和宏ら.姿勢バランス機能の構造因子:臨床的バランス機能検査による検討.理学療法 2006;33(5):283-288
- 9) 木下義博,宮崎恭宏,林 克樹.CVA患者の頭部回旋に伴う重心動揺.理学療法学 1994;21:31
- 10) 森下元賀,網本 和,麻生よしみら.高齢者における座位側方傾斜時の姿勢反応分析.理学療法科学 2006;21(2):175-180
- 11) 木村みさか.高齢者のバランス能(平衡性)を評価することの意義.日本生理人類学会誌 2000;5(2):65-72
- 12) 小野晃,琉子友男.静的・動的視性制御能の若年者と高齢者の比較.日本整理人類学会誌 1999;4(4):165-171
- 13) 増田圭奈子,斉藤 晶,神崎 仁ら.自覚的視性垂直位(SVV)検査の測定条件について-特に指標の位置と視覚条件の影響-.Equilibrium Res2003;62(3):181-189
- 14) 國弘幸伸.自覚的視性垂直位.Equilibrium Res2004;63(6):533-548
- 15) 中川 肇,渡辺行雄.めまい症例における空間識の認識機能.Equilibrium Res1998;57(1):69-74
- 16) 小林宏成,五島史行,國弘幸伸ら.回転性視覚刺激下の自覚的垂直位とvection.Equilibrium Res2005;64(2):57-63
- 17) 西村由香,吉尾雅春,松本博之ら.脳卒中患者の自覚的視性垂直位.理学療法学 2011;38(7):516-523
- 18) 牧 敦子,川瀬哲明,高田雄介ら.自覚的視性垂直位,水平位検査における頸部振動刺激の意義. Otology Japan2008;18(4):478-478
- 19) 安田和弘,樋口貴広,今中國泰.身体状況の顕在化を促す運動が立位姿勢制御に与える影響.理学療法科学 2009;24(6):803-806
- 20) 鈴木 誠,寺元みかよ,武捨英理子ら.Pusher 現象における視覚的手がかり刺激の有用性.作業療法 2003;22(4):334-341
- 21) 當山峰道,大高洋平,荒木康智ら.脳卒中患者における自覚的視性垂直位と静止立位時バランスとの関連.日本リハビリテーション医学 2011;48:263-269
- 22) 信迫悟志,清水重和,三鬼健太ら.視線方向認知課題が頸部関節可動域と痛みに与える効果.理学療法学 2011;38(2):65-73

- 23) 浅井友詞.高齢者の筋力とバランス機能.理学療法学 2005;32(Suppl)3:60-60
- 24) 石田明允,福岡 豊,田中健治郎ら.立位姿勢の調節における体性感覚の役割.日本臨床バイオメカニクス学会誌 1999;20
- 25) 平崎鋭矢.歩行中の視線安定を維持する頭部運動と眼球運動.大阪大学大学院人間化学研究科紀要 2000;26:177-193
- 26) 越智 亮,坂野裕洋,金井 章ら.頸部振動刺激による残存効果が起立動作の重心位置に与える影響.理学療法科学 2006;21(4):427-432
- 27) 山口光圀,福井 勉,入谷 誠(著):結果の出せる整形外科理学療法.東京:メジカルビュー社, 2009:224-229
- 28) 坂口正範.視運動刺激に対する重心動揺の年齢的変動.信州医誌 1989;37(1):17-30
- 29) 氷見直之,芦田千春,古我知成ら.動揺性視覚刺激により誘発される悪心と重心動揺との関係.信学技報 2004;104(179):13-15
- 30) 網本 和.高次脳機能障害の評価.PT ジャーナル 1989;23:777-784
- 31) 奈良 勲,浅井 仁,酒井純子.頸部・体幹の運動が立位姿勢に及ぼす影響.理学療法学,1991;18(Suppl):345
- 32) 國弘幸伸,荒木康智,増田圭奈子ら.視運動刺激時の重心動揺-回旋性視運動刺激による Vection と姿勢の変化-.Equilibrium Res2004;63(3):267-278
- 33) 飯田政弘.Vection の現象学.Equilibrium Res2004;63(4):285-290
- 34) 鈴木康夫.なぜ今 Listing の法則なのか?.Equilibrium Res1997;56:401-412
- 35) 上田泰久,山崎 敦,福井 勉ら.姿勢の非対称性が頸椎の回旋に及ぼす影響.理学療法科学 2012;27(1):37-40
- 36) 和田佳郎.眼球運動からみた耳石器のはたらき.Equilibrium Res2010;69(3):152-160
- 37) Gwendolen J.et al.(新田 収,中丸宏二監訳).頸部障害の理学療法マネジメント.東京:有限会社ナップ 2009;49-56
- 38) 高井逸史,宮野道雄,中井伸夫ら.リハビリテーションと環境適応.日本生理人類学会誌 2002;7(2):74-78
- 39) 吉田 茂,石井正則,須藤正道ら.直線加速度刺激負荷による重力軸認知の影響.Equilibrium Res2000;59(2):147-151
- 40) Goodwin GM,McCloskey DI,Matthews PB.The contribution of muscle afferents to kinesthesia shown by vibration induced illusions of movement and by the effects of

paralyzing joint afferents. Brain 1972; 95:705-748

- 41) 倉松由子,前田真治,塩見泰蔵.長期療養高齢者の座位における垂直位の認識について.理学療法科学 2007;22(4):467-472
- 42) 大橋ゆかり.関節位置覚の学習過程に試行間間隔が及ぼす影響.理学療法学 1991;18 : 197
- 43) 清水勝利,浅井正嗣,渡辺行雄ら.直立姿勢維持に対する視覚・体性感覚の影響について. Equilibrium Res 1993;52(4):621-628
- 44) 三浦昌子,小林万里子,鶴巻宜生ら.膝関節位置覚の疲労前後の変化について.北海道理学療法士会誌 1998;15:38-43
- 45) 山下堅志.膝位置覚測定における基礎的研究.理学療法学 1997;21(学会特別号):325
- 46) 三浦和知,福田道隆,近藤和泉ら.膝関節の固有感覚に対する筋疲労の影響について.東北整形災害外科紀要 1998;42(1):105-108
- 47) 渡辺貴之.脳卒中片麻痺患者における痙性抑制前後の関節位置覚変化について.山形県理学療法士会誌 2000;13:20-22
- 48) 王 国祥.筋疲労による主動筋および拮抗筋脊髄運動ニューロン興奮性の変化-誘発筋電図 H 波および M 波からの分析-.広島大学医学雑誌 2002;50(1):45-52
- 49) 鈴木重行著.ID ストレッチング第 2 版.三輪書店,2006:90
- 50) 中村浩一,向野義人,児玉隆之.ID ストレッチングが心身に及ぼす影響.理学療法科学 2011;26(1):13-17
- 51) 信迫悟志,清水重和,三鬼健太ら.視線方向認知課題が頸部関節可動域と痛みに与える効果.理学療法学 2011;38(2):65-73
- 52) 塩中雅博,盛田寛明,梶原史恵ら.固有感覚認知の影響因子に関する研究.神大医保紀要 2001;17:15-23
- 53) 網本 和,杉本 諭,高橋哲也ら.半側空間無視例における視覚的垂直定位障害と座位平衡機能の関連について.理学療法学 1992;19(1):1-6