

## 博 士 論 文 要 旨

### 題 目

Increasing cerebral oxyhemoglobin by ankle exercise :

An attempt at preventing symptoms of orthostatic hypotension

(足関節運動による脳内酸素化ヘモグロビンの増加：起立性低血圧を予防するための試み)

指導教授 丸岡 直子 教授

入学年月 平成 2 4 年 4 月 入(進) 学

学籍番号 1207601

氏 名 永谷 幸子

### 要旨

Standing up quickly sometimes results in a transient lightheadedness. This is a common symptom for most people. The main cause of lightheadedness is the blood distribution changes induced by the gravity effect. A similar phenomenon sometimes occurs when nurses change a patient's posture, even if this is carried out on a bed. The cardiovascular system promptly adjusts the blood distribution; therefore, severe hemodynamic fluctuation is usually not observed. However, elderly people with lower baroreceptor sensitivity and patients with dysfunctions of the autonomic nervous system (e.g., diabetic mellitus, Parkinson's disease) have problems when they stand up. This phenomenon is known as "orthostatic hypotension (OH)." The OH is sometimes accompanied by symptoms such as dizziness, faintness and syncope, depending on the degree of cerebral hypoperfusion. Furthermore, these symptoms could cause falling. Thus nursing intervention is required to prevent OH.

To prevent this phenomenon, some physical counter-maneuvers such as squatting have been proposed as nursing interventions. However, these maneuvers address symptoms that occur after standing for a long time and do not seem to be effective in preventing the hypotension experienced in the early phase after postural change. Prior intervention is required to prevent the symptoms that occur immediately after postural change.

The skeletal muscle pump plays an important role in adjusting hemodynamics. Ankle exercise (i.e., ankle plantar flexion and dorsiflexion movements) has been proven to be an effective intervention to increase venous velocity. If ankle exercise performed in a supine position is proven to have the effect of maintaining cerebral hemodynamics, it can prevent the symptoms of the early phase after postural change. However, the role of ankle exercises in cerebral hemodynamics has

been less well established.

The goal of this dissertation is to confirm the efficacy of ankle exercises for cerebral hemodynamics. To achieve this goal, the first study, with an experiment, was conducted to identify the effect of active and passive ankle exercises on the cerebral oxygenated hemoglobin (OxyHb) in a supine position (Chapter 2). Following the results of the first experiment, the second experiment studied the effect of ankle exercises on postural changes (Chapter 3).

In the first study, discussed in Chapter 2, there were seventeen elderly women who participated. Seven participants were hypertensive and 4 had diabetes mellitus. After a 2 min rest in the supine position, each participant repeated ankle plantar flexion and dorsiflexion movements for 1 minute. The pace of ankle movements was 60 times/min. Heart rate (HR), blood pressure (BP), and cerebral OxyHb levels were recorded in a supine position. Two types of exercises were used, active movement and passive movement. HR and mean arterial blood pressure (MAP) increased during active exercise but not during passive exercise. The levels of OxyHb measured at forehead were elevated during both active and passive exercise. This increase lasted at least 1 min after exercise. There was no significant difference between active and passive exercise with regard to OxyHb; however, a significant difference was observed between before and after exercise ( $p < 0.05$ ). The physiological response of OxyHb to ankle exercise was different from that of the other cardiovascular functions. Both active and passive ankle exercises increased cerebral blood oxygenation, although the other cardiovascular functions showed no response to passive exercise. The increased duration of the change in OxyHb evoked by ankle exercise is considered to allow sufficient time for the initial change in hemodynamics induced by postural changes. Therefore, the results of the experiments in Chapter 2 indicated that ankle exercises may be useful for preventing symptoms associated with postural change.

Eleven healthy adults and elderly people participated in the experiment in Chapter 3. Three conditions (active/passive ankle exercise, and control condition) were examined for each participant. The participants performed ankle exercise for 1 minute. After the exercise was finished, the participants changed their posture from supine to sitting. The postural change was conducted passively by using the electric motor of a hospital bed. Additionally, as a control condition, data was taken without ankle exercise. Pulse rate, blood pressure, and cerebral OxyHb levels were recorded.

The MAP showed a significant increase under all three conditions (active;  $p < 0.001$ , passive;  $p < 0.01$ , control;  $p < 0.01$ ), from supine to sitting. The PR also increased under all conditions; however, it did not show a significant difference for any of the conditions. No significant difference in PR for the three conditions was observed after postural change. Active ankle exercise resulted in a significantly greater MAP than passive ankle exercise after postural change ( $p < 0.05$ ), but not in the case of the control condition. Of the three conditions (active, passive, control), active ankle exercise showed significantly higher OxyHb than the others during and after postural change



( $p < 0.05$ ). On the other hand, no significant difference was detected between passive exercise and the control condition. From the results in Chapter 3, active ankle exercise which was performed before postural change has the possibility of attenuating the initial changes in cerebral OxyHb.

There are some limitations to be observed when interpreting this study. The demonstration that there is an effect of maintaining cerebral OxyHb does not fully support the idea that such exercise will improve the symptoms of OH. Further studies on such aspects as changing the degree of the exercise, or its duration, and confirming the improvement of symptoms may answer this question. In spite of these limitations, the author believes that this study provides some evidence for considering that ankle exercise (especially active ankle exercise) can prevent symptoms of OH.

Postural change is an important nursing intervention for expanding the patient's mobilization. On the other hand, it is a fact that postural change has the possibility of inducing changes in blood distribution. Nurses may tend to avoid postural change when they foresee the likelihood of hemodynamic instability after postural change. If ankle exercises before postural change are validated as a nursing intervention, we can expect them to expand the mobility of patients.

#### 【和訳】

頻度や程度の差はあるが、多くの人が、しゃがんだ姿勢から急に立ち上がった場合などに、立ちくらみを経験している。この立ちくらみは、姿勢を変える時に、重力の影響を受けて循環血液の分布が変動することが原因で生じる。これは起立性低血圧 (OH) として、よく知られた症状である。起立時だけでなくベッド上での体位変換においてもこのような症状が生じる場合がある。特に、圧受容器反射の機能が低下している高齢者や、自律神経障害を伴う疾患 (糖尿病、パーキンソン病など) の患者は、体位変換時に大幅な血圧低下を示すことがある。血圧の低下に付随した脳虚血の程度によっては、めまいやもうろう感、失神などが生じる場合もある。またこれらの症状は転倒の原因にもなることから、これに対処するための看護介入が求められている。

この起立性低血圧の症状を予防するための看護的な介入として、スクワットなどが有効だと報告されている。しかしこれらの方法は、主に長時間立位をとった後に起こる血圧低下への対処方法であり、体位変換直後に起こる症状の予防には適さない。体位変換直後の症状を予防するためには、体位変換を実施する前から、事前に症状を予測し対応できるような介入が求められる。

下肢の筋は、筋ポンプとして循環動態の調節に重要な役割を担っている。足関節運動 (背底屈運動) は、下肢の静脈血の流速を上げる効果的な方法であることが証明されている。この足関節運動を体位変換前に実施し、下肢の静脈血を押し出すことで静脈還流を増加できれば、体位変換後の脳循環の変動を軽減できる可能性がある。しかし、足関節運動が、脳循環にまで効果を示すかどうかは明らかにされていない。

この論文の目的は、足関節運動の脳循環への効果を検証することである。この目的を達成するために、第2章では、仰臥位で足関節運動を行い、前額部の酸素化ヘモグロビン濃度 (OxyHb) の変化を確認した。第3章では、仰臥位で足関節運動を行った後に、実際に体位変換を実施し、運動の効果を検討した。

第2章では、17名の高齢女性を対象に実験を行った。高血圧と糖尿病の既往のある参加者はそれぞれ、7名と4名であった。まず、2分間仰臥位で安静をとったのち、参加者は足関節の背底屈運動を1

分間実施した。足関節運動は1秒間に1回の速さで行った。生理学的な指標として、心拍数 (HR)、血圧 (BP) と前額部の OxyHb を測定した。運動の種類は能動的と受動的運動の2条件であった。HR と平均血圧 (MAP) は能動的運動で増加したが、受動的運動では変化しなかった。前額部で測定した OxyHb は、能動的、受動的の両者ともに運動中に上昇を示した。この OxyHb の増加は運動終了後少なくとも1分間は持続した。運動実施前1分間と運動終了後1分間の値を比較したところ、仰臥位で行う足関節運動は、能動的、受動的運動の両者ともに、前額部の OxyHb を有意に上昇させることが明らかになった ( $p < 0.05$ )。足関節運動に対する OxyHb の反応は HR および MAP と異なっていた。足関節運動は、能動的、受動的の両者ともに OxyHb を増加させたが、HR および MAP は受動的運動では変化しなかった。第2章の実験から、仰臥位で足関節運動を行うことによって、体位変換を行った際の循環動態の変動に対応しうる可能性があると考えられた。

第3章では、11名の健康な成人を対象に、3条件 (能動的/受動的足関節運動および、コントロール) を比較した。参加者は、仰臥位で能動的、受動的な足関節運動を1分間実施した後、端座位に体位を変換された。体位変換はギャッチベッドを用い受動的に実施した。加えてコントロールとして足関節運動を行わない場合も実施した。これらの条件で脈拍数 (PR)、BP、前額部の OxyHb を測定した。

MAP は3条件すべてで、仰臥位から座位へ体位変換をした際に有意に上昇した。PR は同じくすべての条件で仰臥位と座位の間で増加したが、有意な差は認められなかった。体位変換後の PR について、3条件間で比較したところ、有意な差は認められなかった。体位変換後の MAP を比較したところ、能動的運動は有意に受動的運動よりも高い値を示した。一方、能動的運動とコントロールの間に有意な差は認められなかった。3条件の中で、能動的運動は、体位変換中から後にかけて、他動的およびコントロール (運動なし) よりも OxyHb を有意に増加させることが明らかになった。この体位変換中から後の OxyHb について、他動的運動とコントロールの間に有意な差は認められなかった。第3章の実験の結果から、能動的な足関節運動は、体位変換を行った際の初期の OxyHb の低下を緩和する効果を持ちうることが示唆された。

本研究の結果を解釈する上でいくつかの限界がある。前額部の OxyHb が維持されたことと、OH の症状が予防できることを同様に考えることはできない。足関節運動を実際の症状緩和に結び付けるためには、より効果的な運動の強さや運動の継続時間を検討すること、足関節運動を行った場合の症状の変化について確認するなど、さらなる研究が必要である。これらの限界はあるものの、本研究によって足関節運動 (特に能動的運動) が OH の症状緩和に効果があると考えられる1つの根拠を示すことができたと考えられる。

体位変換は、患者の活動を拡大することにつながる重要な看護介入である。一方で、体位変換によって循環血液の分布が変動することも事実である。体位変換によって引き起こされる循環動態の変動を懸念して、看護師は保守的な方法を選択する傾向があるとも考えられる。患者の体位の変換に関して、これまでの看護介入は、体位変換後の循環動態の変動に対応するか、あるいは、変動を起こすような体位変換を避ける、という内容に限られていた。足関節運動が看護介入法として確立されれば、より積極的に患者の活動を拡大できるような看護を展開することが可能になると考えられる。