

2005 年 1 月 11 日

人間科学研究科長 殿

小山 秀紀氏 博士学位申請論文審査報告書

小山 秀紀氏の学位申請論文を下記の審査委員会は、人間科学研究科の委嘱を受け審査をしてきましたが、2004 年 12 月 10 日に審査を終了しましたので、ここにその結果をご報告します。

記

1. 申請者氏名 小山 秀紀

2. 論文題名 航空機座席環境における下肢の血行動態の測定

3. 本文

3.1 本研究の特徴

本研究は、航空機座席環境を実験モデルとして、着座中の下肢の血行動態についてより良い理解を得るために行われた。その背景には、長時間の着座姿勢の継続は下肢静脈に血栓ができることが指摘されている点にある。この病態は、深部静脈血栓症 (deep vein thrombosis: 以下 DVT) と称され、致命的な肺動脈塞栓症を併発することが指摘されている。近年、航空機内での DVT の症例が、多数報告されたことから、エコノミークラス症候群あるいは旅行者血栓症とも呼ばれ、社会的な問題となっている。血栓形成の危険因子は、血液凝固能の亢進、血流の停滞、血管壁の損傷、であることが知られている。これを機内客室環境にあてはめた場合、低い湿度や不十分な水分摂取により、血液粘度が増加して血液凝固能が亢進する。これに加え、狭い座席に同じ姿勢で座り続けることにより、静脈血流の停滞が生じて、血栓形成のリスクが高まると考えられている。一般に、静脈血流の停滞を改善するためには、下肢の運動(筋ポンプ作用)や深呼吸(呼吸ポンプ作用)を行うことによって、静脈還流を促進させることが望ましいと言われている。ところが、これらの推奨事項は経験則に基づいたものが殆どであり、実際の航空機座席における軽運動の有用性を明らかにした研究は少なく、比較的风险が高いとされる中高年層に関する知見が見当たらなかった。このような背景から、本研究では DVT のリスク予防を視野にいれた航空機座席について、人間工学的観点から、実際の応用場面を想定した評価を行うことを目的とした。評価にあたっては、下肢の血行動態、とくに静脈血流の停滞と姿勢の不動化に着目し、着座中に軽運動を行った場合の影響について、測定を行った。

本論文のために用いた測定手法は、椅子や着座姿勢に関係する従来の評価研究とは異なるものと

いえる。すなわち、非侵襲的な測定方法として、近赤外線分光法 (near-infrared spectroscopy: NIRS) に基づく組織血液量の測定、超音波 Doppler 法による静脈血流の測定、下肢の周径囲・容積の測定が行われた。実験装置には、機内客室環境モックアップと従来の航空機座席に加えて、上体の後屈運動がしやすく呼吸ポンプ作用を得ることを意図した背もたれの中折れ機能と、下肢運動による筋ポンプ作用を促すためのフットレストを装備した DVT 対応座席を開発して、実験を行った。このことにより、人間の軽運動と座席機能が協調して動いた時の下肢の血行動態について、初めて計測が可能となった。

以上のような今日的な課題に対して、新しい測定手法を導入し、DVT のリスク予防を視野にいれた座席と人間との関わりについて研究した結果をまとめたのが本論文である。

3.2 本論文の各章の概要

本論文は、以下の 6 つの章より構成されている。

第 1 章では、DVT のリスク予防を視野にいれた航空機座席について、実際の応用場面を想定した評価を行うことを目的としていることが述べられている。このような目的を達成するために、下肢静脈に関する基礎知識、血栓症の病態生理、航空機における血栓症の調査研究について述べている。また、現状の航空機座席の課題について調査を行った結果について述べている。

第 2 章では、本論文で用いた測定手法と実験機材の特徴について述べられる。ここでは、侵襲的・非侵襲的な血液循環測定法を挙げた上で、本研究で用いた、NIRS 法、Doppler 法、下肢の周径囲・容積計測法の測定原理について述べている。また、実験機材として用いた、機内モックアップ環境と DVT 予防を意図して設計された改良座席の特徴について述べている。

第 3 章では、下肢と上体の軽運動を補助する改良座席を用い、長時間着座が下肢の大伏在静脈 (表在静脈) に与える影響について検討されている。ここでは、従来座席を比較対照とした。また、NIRS 法、Doppler 法、下肢の周径囲・容積計測から得られる測定値の相互関係を分析し、着座条件の違いによる下肢の血行動態を測定・評価が可能か検討した。

第 4 章では、長時間着座中に中高年女性層の下肢筋内の末梢循環にどのような影響を与えるのか、NIRS 法と下肢の周径囲・容積計測より検討した。ここでは、着座中に上体の後屈運動を挿入した条件と安静着座の条件が比較された。

第 5 章では、4 章の検証作業として、Doppler 法により深部静脈の本態である大腿静脈血流の測定を行い、上体の後屈運動と深呼吸の効果について検討した。

第 6 章では、本研究で行った評価実験の概要と考察された知見についてまとめた。考察にあたっては、各章の実験結果より得られた知見に基づき、航空機座席環境において、DVT のリスクを軽減する座席の諸機能とその効果に関するヒューマンファクタをまとめた。また、今後の課題について述べた。

3.3 本論文で得られた知見の概要

着座中に下肢と上体の軽運動が表在静脈に与える影響を検討した結果からは、運動により、酸素化ヘモグロビンの増加と血流速度の増加が認められ、下肢の膨張率が改善されることが明らかとなった。次に、上体の後屈運動が下肢腓腹筋内の血行動態に与える影響を調べた結果からは、酸素化ヘモグロビンと組織酸素飽和度が有意に増加し、動脈血の流入増加を示唆した。また、上体運動により脱酸素化ヘモグロビンは減少ならびに下肢の膨張率は抑制され、静脈血の流出増加、すなわち静脈還流量の増加を示唆した。検証作業として、上体の後屈運動が下肢の深部静脈に与える影響について検討した結果からは、運動により大腿静脈の血流速度が有意に増加し、下肢から心臓への静脈還流量が増進することが確認された。また、深呼吸を併用することにより、さらに血流速度が増加し、上体の後屈運動と深呼吸の相乗効果が明らかとなった。

以上の検討結果から、本研究で用いた計測法により、航空機座席着座中の下肢の深部静脈、表在静脈、末梢レベルの血行動態を理解するための基礎的知見を与えることが可能となった。DVT 予防という今日的な課題に対しては、これまで経験的に推奨されていた軽運動の有用性について、実験データとして提供したとともに、人間の軽運動に協調して動く座席機能について、計測・評価するための手法を示すことが可能となった。

3.4 審査の結果

現代社会において、様々な生活場面において、着座姿勢は、人間にとって欠かせないものである。本研究は、航空機座席環境を実験モデルとして、着座中の下肢の血行動態についての基礎研究である。研究の社会的背景には、長時間の着座姿勢の継続は下肢静脈に血栓ができること、すなわち深部静脈血栓症やその合併症としての肺梗塞症の発症が指摘されている点にある。研究の実施において、もっとも重要であったことは、実験に必要な測定法と測定機器の整備であった。医学全般として、心臓血管系の研究は、その測定法も含めて動脈の機能・構造に関わるものに遍在している。そのため、過去の研究知見も少なく、測定器・測定法についても同様であった。本研究は、そのような研究・実験環境の整備の上で、行われたものである。その結果、**3.3 本論文で得られた知見の概要で述べられた数々の成果が得られるに至った。これらの知見は、航空機座席環境を実験モデルとしていることから、製品開発の面でも、従来にない航空機シートの実用化につながるものとして考えられる。**

本研究は、学術誌への投稿・掲載について、本研究の前提となった学術誌の本人を第一著者とする原著論文は、以下の通りであった。

小山 秀紀、海老根 祐一、安藤 敏弘、坂東 直行、金城 正佳、野呂 影勇：航空機シート着座中の軽運動が下肢の血行動態に与える影響、日本人間工学会誌、Vol.40、No.6、309-314(2004)

以上により、本論文は、その社会的な意義・必要性・研究内容からみて、博士学位授与にふさわしいものと結論する。

4. 小山 秀紀氏 博士学位申請論文審査委員会

主任審査員 早稲田大学 教授 工学博士(慶應義塾大学) 野呂影勇

審査員 早稲田大学 教授 医学博士(千葉大学) 鈴木秀次

審査員 早稲田大学 教授 保健学博士(東京大学) 町田和彦

審査員 山梨峡東病院 部長 医学博士(北里大学) 金城正佳

以上