



唾液硝酸イオンを用いた操船者の心的負荷評価

北村, 健一

(Degree)

博士 (海事科学)

(Date of Degree)

2018-03-25

(Date of Publication)

2019-03-01

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲第7217号

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1007217>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



論文内容の要旨

氏 名 北 村 健 一

専 攻 海 事 科 学

論文題目 (外国語の場合は、その和訳を併記すること。)

唾液硝酸イオンを用いた操船者の心的負荷評価

Evaluation of ship navigator's mental workload

using salivary nitrate

指導教員 村 井 康 二 准 教 授

本研究は、唾液に含まれる硝酸イオン濃度を生理指標として使用し、操船者の心的負荷定量評価することをテーマとする。具体的な心的負荷の例としては、熟練操船者が感じるもの、即ち他船との衝突等を含む操船時における安全な航行を脅かす操船イベント、が特定可能ならば、その危険な操船イベント時において若手航海士が熟練操船者と同様に執る必要のある操船方法を最適化することが可能であるとする。最終的には航海士養成機関における教育者が、操船シミュレータ訓練時に唾液硝酸イオン指標を基に操船術の詳細な示唆を若手航海士（学生）に示されることを目指す。

本論は唾液硝酸イオンを測定する為に作成した硝酸イオン測定器が、生理指標として有効性を示すかを確認並びに検証したプロセスを、時系列に記述するものであり、次の9章から構成される。

第1章は諸言であり、本研究の契機を研究背景で触れ、本論の目的及び本研究の内容を概括的に述べる。第2章では心的負荷、生理指標といった本研究に掛かるキーワードに関して述べる。

第3章において、第2章で説明した生理指標の中でも、本研究が採用する唾液硝酸イオンが他の指標と比較して優位性を持つことを述べる。心的負荷を受ける際に、即時に血管内皮細胞から血液へ硝酸イオンが放出される血液に吸収された硝酸イオンは最大25%が唾液腺に取り込まれると考える。さらに硝酸イオンは唾液に10mM程度、つまり血液濃度の10倍まで濃縮すると考える。その硝酸イオンはNO₃⁻のみ分泌することが明らかにされている。即ち、血液から採取するよりも唾液において優位性が見られる。唾液硝酸イオン生理指標による心的負荷評価は、心的負荷に肝要な非接触、非侵襲を守っている。

第4章では、アスリートを対象とする唾液硝酸イオン濃度の日内変動を掴んだ実験を紹介する。又、この実験を契機に行った、唾液硝酸イオン濃度へ及ぼす高負荷運動の影響を確かめた実験に関して述べる。運動が心的負荷に及ぼす影響を、唾液硝酸イオンを用いて評価した。大学のアメリカンフットボール部（アメフト部）に所属する学生を対象に彼等の唾液硝酸イオンの日内変動を調べるとともに、実際に部活動の激しい運動が心的負荷となるかを検証した。実際には運動前後で唾液硝酸イオンに大きな変動は見られなかった為、運動は心的負荷足りえないと結論付けた。加えて、唾液硝酸イオン濃度の日内変動が生理指標として有効とされるコルチゾールのものと類似することを把握し、唾液硝酸イオン指標の生理指標としての有効性を示した。

(氏名： 北村 健一 NO. 2)

又同第 4 章では、高負荷な運動を常時行う部活に属する者ではなく、スポーツに関して素人である者を対象に高負荷運動実験を行った。アメフト部員を対象とする実験結果とは異なり、高負荷運動は唾液硝酸イオンに影響を与える、測定ノイズとなる心的負荷だと断定した。操船者の心的負荷評価に関して、本実験結果がアメフト部員対象の実験結果よりも優位にあると考える。アメフト部員は常日頃から高負荷な運動に慣れており、本実験において運動を心的負荷と認識しなかったと考える。本章で示した実験結果は、海事社会において能動的に身体運動を伴う業務に従事する現場でも、活用の可能な生理指標を構築する、という観点において、本硝酸イオン測定器の持ち運びの簡便性を示した。

第 5 章では、博多湾における港湾の管制塔の役割を担い通信業務を行う博多ポートコーディネーター実験（博多実験）結果に述べた。実際には数秒で唾液から値を得ることが可能であるが、実験協力者が業務中での実験協力ということを考慮し、測定間隔に余裕を持った。本実験では、これまでポートコーディネーターに対する唾液採取間隔が 10 分と長かった為 5 分とした。そして心拍データから算出する LF/HF 値と比較して、唾液硝酸イオン指標の結果を精査した。ポートコーディネーターは 24 時間二人体制で、通信業務を主に行うメインと、メインの支援を行うサブと役割を決めて当直を行う。メインの心的負荷がサブより低い場合が朝方に限るとする結果を先行研究から得ていたが、本実験からそれに反する結果が出た。従ってメイン・サブの関係以外の硝酸イオン濃度変動要因があるかを検証する必要性を感じる。

同第 5 章では、ポートコーディネーターの業務内容を精査する業務表を作成し、活用した。本業務表は実験環境においては心的負荷となる業務の追究の為に、又業務に係る現場では新人教育における業務チェックリストとして活用される為に、作成する。大きく業務を区分した大分類項目に業務内容の区別が可能だったが、大分類項目に対する詳細な業務項目に業務を落とし込むことが不可能だった。従って、業務の細かな精査のために、作成した業務表の改善が必要だと認識した。

第 6 章では、船舶に乗り込み船長の代わりに操船を行う水先人、並びに水先人が乗り込む船舶の船長を被験者とする博多港で行った実験に関して述べた。主に通信業務が操船者の心的負荷となると推察した。

第 7 章では生理指標を使用して、操船者とポートコーディネーターの心的負荷評価の比較を行った実験に関して述べた。結果として、実際に水先人はポートコーディネーターと行う通信を心的負荷とみなすと推察する。本実験結果により、本実験の目的である、操船

(氏名： 北村 健一 NO. 3)

者が心的負荷と見做す操船イベントを唾液硝酸イオンにより心的負荷の評価を行い、把握することに成功したと考える。

第 8 章では、実際の当直現場を想定し、異文化の者で構成したブリッジチームの心的負荷評価を行ったが、本実験に関する結果及び考察を述べる。本章に限り、生理指標として唾液硝酸イオン指標は採用せずに、心拍変動（LF/HF 値）を使用する。本実験と同様な、今後の研究において、唾液硝酸イオンは使用することと考える。実際には航行中の船舶に乗り込み本内容の実験を行いたい、現実的に不可能であることから、操船シミュレータを使用して実験を行った。結果は、第二外国語とする英語によるコミュニケーションはチーム員の心的負荷となることが明確となった。

第 9 章は結言である。本論で得られた成果を総括するとともに、その意義及び今後の課題について述べた。

氏名	北村 健一		
論文 題目	唾液硝酸イオンを用いた操船者の心的負荷評価 Evaluation of ship navigator's mental workload using salivary nitrate		
審査委員	区分	職名	氏名
	主査	准教授	村井 康二
	副査	教授	今井 昭夫
	副査	教授	古庄 雅生
	副査	准教授	藤本 昌志
	副査		
要 旨			
<p>概要</p> <p>本論文は、従来では血液による分析しかできなかった血液由来の硝酸成分を唾液から獲得し、唾液硝酸イオン濃度を用いることで、心的負荷評価を行う新しい生理指標の構築、提案に関する研究である。そして、唾液を採取する方法から実験プロトコルの構築、日常生活における基礎的応答、海事社会の現場である海岸無線局および実船実験までの実施、評価を行い、その有効性を検証する卓越した独創性と創造性を有する論文である。</p> <p>論文の構成と各章の概要は以下のとおりである。</p> <p>第1章 緒言</p> <p>本研究の研究背景および目的を述べている。研究背景として、数多くある生理指標から、海事社会においては、非侵襲性及び非接触性に優れ、さらに簡便かつ即時性に優れた指標が必要であることを説明している。そして、研究目的として、唾液硝酸イオンを用いた新しい生理指標の必要性について説明している。</p> <p>第2章 心的負荷</p> <p>心的負荷およびその評価指標である生理指標について説明するとともに、本研究で用いる唾液硝酸イオンによる心的負荷の応答機序について確立している。また、唾液硝酸イオンによる心的負荷評価手法が他の指標と比べた優位性について説明している。具体的には、人が心的負荷を受けた際、即時に血管内皮細胞から血液へ硝酸イオンが放出され、血液に吸収された硝酸イオンは最大で25%が唾液腺に取り込まれると考えられている。さらに硝酸イオンは唾液に血液濃度の約10倍まで濃縮され、NO₃⁻のみ分泌することが明らかにされていることから、血液から採取するより唾液から採取する方が信号強度的に大きいことに直結し、測定時における非接触、非侵襲性が高いことを説明している。</p> <p>第3章 唾液硝酸イオンによる評価</p> <p>唾液線から分泌する硝酸イオンの測定原理及び測定器の特性について説明している。また、唾液の採取方法について、金属製スプーンを用いることの妥当性について説明している。</p> <p>第4章 日常生活における唾液硝酸イオン変動</p> <p>日常生活レベルでの応答を検証するための基礎実験を実施しており、日内変動の影響を加味した実験を行っている。具体的には、運動が心的負荷に及ぼす影響を評価するために、神戸大学アメリカンフットボール部に所属する学生を対象に日内変動を調べるとともに、部活動の激しい運動による影響について検証している。さらに、唾液硝酸イオン濃度の日内変動が血液由来成分の生理指標として実績のあるコルチゾールと類似することを考察し、唾液硝酸イオンの生理指標としての有効性を確認している。</p> <p>第5章 ポートコーディネーターの心的負荷評価</p> <p>海事社会の現場への応用について検証するために、発生イベントと被験者に及ぼす影響が比較的一定容易な海岸無線局のオペレーター（ポートコーディネーター）を対象とした実験を行い、唾液硝酸イオンの具体的な活用について検討している。具体的には、イベントと心的負荷の関係を検証するためにポートコーディネーターの業務内容をイベント特定するためのイベント表を構築している。</p>			

氏名	北村 健一
<p>第6章 操船者の心的負荷評価</p> <p>実船での操船者として水先人を被験者とした実船実験を行い、操船者の応答について検討、考察している。また、心的負荷評価に実績のある心拍データから算出するLF/HF値と比較することで、その応答を検証している。</p> <p>第7章 ポートコーディネーター及び操船者の心的負荷変動結果に対する比較評価</p> <p>第6章における操船者に関する解析をより精査するため、操船者に対する発生イベントとしてポートコーディネーターを採用し、両者の心的負荷を比較する実験を行っている。そして、操船者が自己申告する操船イベントに対して唾液硝酸イオンによる心的負荷評価が対応しており、唾液硝酸イオンの指標の有効性を確認している。</p> <p>第8章 シミュレータにおける心的負荷評価</p> <p>本研究の国際的発展を見据えた操船シミュレータ実験を中国において実施し、生理指標による評価手法についての重要性について確認している。具体的には、生理指標として実績のある心拍LF/HF値による評価を行っている。</p> <p>第9章 結言</p> <p>本研究で得られた成果を総括するとともに、その意義及び今後の課題について述べている。</p> <p>研究成果は、本論文を構成する主な投稿論文として、以下に示す3編の査読付ジャーナル論文として公表されている。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 北村健一、村井康二、脇田慎一、林祐司 (2015) “唾液硝酸イオンを用いたポートコーディネーターの心的負荷定量評価”、日本航海学会論文集、132: 58-62. 2. K.Kitamura, K.Murai, S.Wakida, N.Mitomo, and K.Fukushi (2016) “A Ship Navigator's Mental Workload Using Salivary NO₃⁻ Concentration for Simulator-based Experiment” <i>Intelligent Automation & Soft Computing</i>, Taylor & Francis, 23(1): 161-166. 3. K.Kitamura, K.Murai, S.Wakida, and M.Rooks (2017) “Evaluation of Mental Workload for Porto-coordinator on an Individual Scale Using Salivary NO₃⁻” <i>Transactions of Navigation</i>, Japan Institute of Navigation, 2(1): 15-23. <p>本研究は、唾液酵素の一つである硝酸イオン濃度に着目した心的負荷評価のための新しい生理指標構築を行った研究であり、操船者等を対象とした海事社会の現場で使用可能な実用性について重要な知見を得たものとして価値のある集積である。提出された論文は海事科学研究科学学位論文評価基準を満たしており、学位申請者の北村健一は、博士（海事科学）の学位を得る資格があると認める。</p>	