

令和 3 年 6 月 1 日現在

機関番号：84404

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K12126

研究課題名(和文) ストレスフリーなウェアラブル指向型全血行動態モニターと循環管理システムの統合開発

研究課題名(英文) Development of stress-free, wearable-oriented hemodynamic monitor, and hemodynamic management system

研究代表者

上村 和紀 (Uemura, Kazunori)

国立研究開発法人国立循環器病研究センター・研究所・室長

研究者番号：10344350

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：今回の研究では、重要な血行動態指標である血圧・心拍出量・左右心房圧を無侵襲的・ストレスフリーにモニターするウェアラブル指向型機器(ストレスフリー全血行動態モニター)の基礎開発を行った。ストレスフリー24時間血圧モニターを開発し、麻酔下成犬6頭にてこの方法の推定精度を検討し、良好な精度を確認した。このような血圧計で得られる上腕動脈の脈波解析から、心拍出量推定することを企図し、その予備研究として上腕動脈血圧波形と経食道心エコーによる大動脈血流の機械学習解析から、心拍出量を正確に推定する方法を開発した。麻酔下犬12頭を用いた動物実験で心拍出量推定精度を検討し、良好な精度を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

開発したストレスフリー血圧モニターにおける微小薄型超音波プローブと従来のカフ式血圧計を統合するという画期的アイデアは、これまで例がなく学術的意義が大きい。この開発により、24時間血圧計(ABPM)の睡眠時ストレスなどの問題が克服でき、高血圧診療が改善する。これは国民死因の多くを占める脳卒中や心筋梗塞の克服にもつながり、その社会的意義は計り知れない。開発した経食道心エコー心拍出量モニターにおける機械学習の応用は過去に例がなく、学術的意義が大きい。またこのモニターにより、周術期循環管理の精度が改善することは、国民死因のトップである癌患者等の予後改善にもつながり、社会的意義は大きい。

研究成果の概要(英文)：In this research project, we developed prototypes of potentially wearable, stress-free, non-invasive devices to monitor critical hemodynamic variables including arterial blood pressure (BP), cardiac output (CO), and atrial pressures. We have first developed a minimally occlusive cuff BP monitor, which utilizes a thin plate-type ultrasound probe placed between the cuff and the skin. In 6 anesthetized animals, we validated that the reliability of the BP monitor was acceptable according to the AAMI/ISO standards. In the wearable monitor, we planned to implement a module to estimate CO from the BP pulse contour obtainable with use of the developed BP monitor. As the prototype of CO monitor, we have developed a trans-esophageal Doppler CO monitor, which utilizes a peripheral BP pulse contour and a machine learning approach. In 12 anesthetized animals, we have validated that the developed CO monitor tracks changes in CO with acceptable reliability under diverse hemodynamic conditions.

研究分野：生体医工学・循環生理学・超音波医学

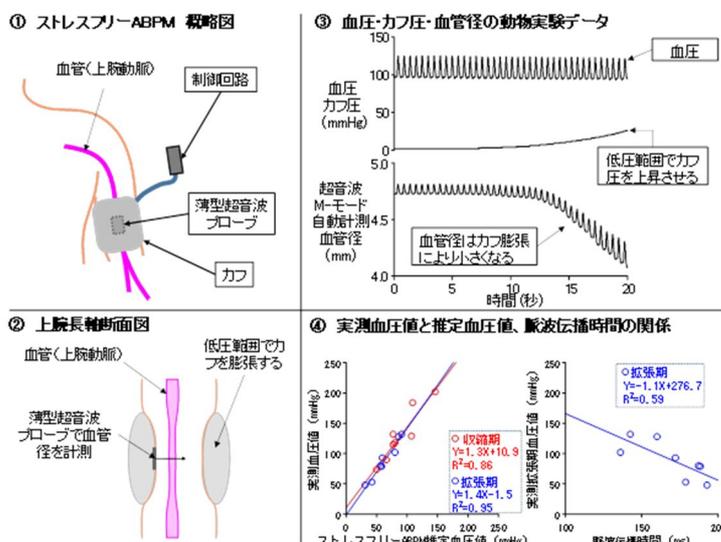
キーワード：血圧 心拍出量 ウェアラブル ストレスフリー 機械学習

1. 研究開始当初の背景

死因上位をしめる心血管疾患克服には、1次予防が重要であり、生活習慣病とりわけ高血圧管理が重要である。24時間血圧モニター(ABPM)が高血圧診療に有用であるが、既存ABPMは上腕動脈血流を途絶するまでカフ圧をあげるため患者に大きなストレスとなり長時間着用は困難であった。また血圧計測は間歇的で、連続計測は不可能であった。ストレスフリー、かつ連続的・正確なウェアラブル血圧モニター開発が望まれていた。更に、既存ABPMの問題点は、“血圧しか測れない”ことであった。生理学的に、血圧は血管抵抗と心拍出量で決定され、心拍出量は心機能と静脈還流により決定される。これら血圧の機械的決定要因を知ること、個々人の病態に合わせた高血圧治療が可能になると期待された。その決定要因の把握には、血圧に加え心拍出量・左右心房圧の計測が必要だが、通常は入院して侵襲的心臓カテーテル検査により計測する。ストレスフリーかつ連続的・正確でウェアラブルな血圧・心拍出量・左右心房圧モニターが望まれていた。このような全血行動態モニターは、心血管疾患治療やその治療後の2次予防で更に重要になると期待された。

2. 研究の目的

本研究の目的は、申請者が開発していた血圧(特許 6692027・特許 6692026)・心拍出量(Anesth Analg. 116:1006-17, 2013.)・左右心房圧(Heart Vessels. 30:516-26, 2015.)のモニターを発展・集約し、これらが無侵襲・ストレスフリーに連続モニターするウェアラブル指向型機器の基礎開発を行うことである。申請者が試作していたストレスフリーABPM(特許 6692027)は、カフと薄型超音波プローブ(5mm厚・6MHz)からなり、動脈上の体表にプローブを配置しカフで覆う(図)。ストレスフリーな内



圧40mmHg以下でカフを膨張すると(図)、超音波プローブで計測する血管径は、カフ圧と血圧の相対関係に応じ小さくなる。ヒトの上腕動脈に血管径に近い犬1頭の大腿動脈に適用した予備実験にて(図)、カフ圧と血管径の関係だけから、収縮期と拡張期血圧を高い決定係数で推定できていた(図 左)。この推定拡張期血圧と実測値の相関は、同時計測した脈波伝播時間と実測拡張期血圧値の相関(図 右)より強かった。今回の研究開発ではまず、このストレスフリーABPMの絶対精度を確認し、その精度を改善することを目的とした。更にこのモニターに統合す

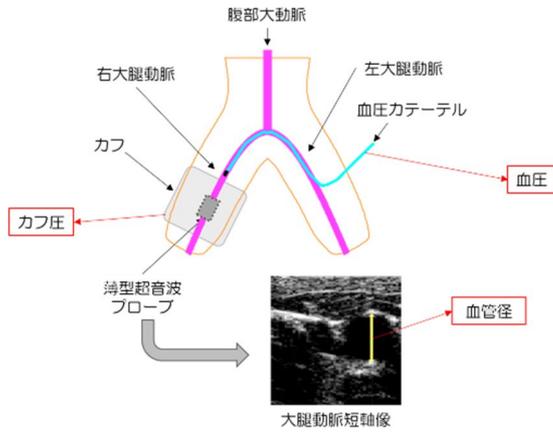
ることを企図して、低侵襲な心拍出量モニターの基盤開発を目的とした。更にこのように開発したモニターと、申請者が開発してきた循環管理システム(J Appl Physiol. 100:1278-86, 2006.)の統合を目的とした。

3. 研究の方法

今回の基礎開発研究では、麻酔下成犬を用いた動物実験を用いた。開発実験は、麻酔下犬疾患モデルを用いた。

(1)ストレスフリーABPMの絶対精度を確認し改善：HBD交雑犬・6頭を使用した。チアミラールナトリウム(25mg/kg)で麻酔導入し、人工呼吸下にイソフルラン(2%)で麻酔維持した。カフと薄型超音波プローブを右大腿に装着、カフ圧を50mmHg未満の低圧域で変化した際のカフ圧計測と同時に大腿動脈径を超音波プローブで計測した(図)。動脈内留置カテーテルで収縮期血圧(SBP)・拡張期血圧(DBP)の参照値を実測した。血圧を、ノルアドレナリンの投与により上昇させ、ニトロプルシドの投与により低下させ、大きく変動させた。各状態で、低カフ圧駆動型ABPMでの測定によりSBPeとDBPeを推定し、実測したSBPとDBPとの間での相関分析を行い、決定係数(R²)を算出した。各個体において1時点でSBPeをSBPで較正しSBPpを予測した。同様にDBPe

図⑤. 動物実験の方法



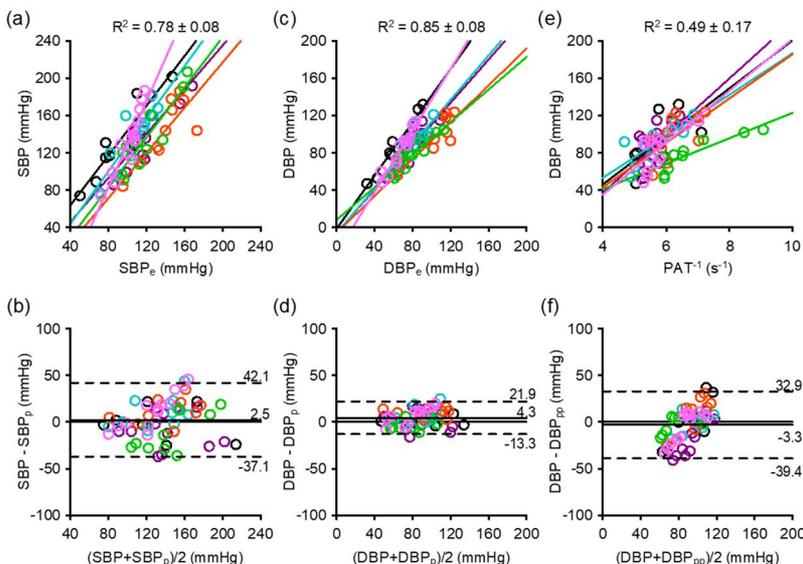
分割交差検証法で、最も決定係数が高いアルゴリズムを採用した。

(2)心拍出量のモニター開発：超音波ドブラー法により大腿動脈血流速度を計測し、同時推定される血圧値とともにその局所血管抵抗から全身血管抵抗を推定し、心拍数などその他のストレスフリーABPMにて採取可能な生理学的指標も用い、心拍出量を推定する方法を開発する予定としていた。しかし、まずはより中枢の心拍出量に近い下行大動脈の血流速度を用い、末梢動脈圧信号と統合することで低侵襲に心拍出量をモニターすることが可能か検討することとした。周術期や集中治療における循環動態の把握のために、経食道エコードブラー(TED)による心拍出量(CO)モニターが行われ、患者成績の改善に貢献してきた。従来から、TEDにより計測される下行大動脈の血流速度信号がCOモニターに用いられてきた。しかし、血圧の変動に伴う大動脈断面積の変化や、大動脈クランプや脊髄麻酔で上下半身の血流比が大きく変化すると、従来のTED COモニターは不正確になるという問題があった。この問題を克服するため機械学習を応用した新たなTED COモニター法を開発した。開発した方法では、まず弓部大動脈においてTED信号計測を試みる。計測したTED信号を、末梢動脈血圧値を同時計測し動脈断面積変化を補正し、心拍出量(CO_{aa_est})を推定する。もし弓部大動脈TED信号計測が不可能な時は、下行大動脈でTED計測する。計測したTED信号を、末梢動脈血圧値により動脈断面積変化を補正した後、上下半身の血流比を機械学習[(1)と同様の Python・Scikit-learn・Support vector 回帰]により補正しCO(CO_{da_est})を推定する。(1)と同様に麻酔された犬12頭において、上行大動脈超音波流量計でCO参照値(CO_{ref})を計測した。心臓血管作動薬投与や、脊髄麻酔・大動脈クランプによりCO_{ref}を大きく(723~7316 ml/min)変化させ、CO_{aa_est}およびCO_{da_est}を、CO_{ref}と比較した。

(3)急性期心疾患におけるベータ遮断薬自動投与システムの開発：急性心筋梗塞や急性心不全における循環管理において循環破綻リスクを回避しながら、ベータ遮断薬による心拍数低下と心筋酸素消費量低下を可能にする、ベータ遮断薬自動投与システムの開発を行い、動物実験でその性能評価を行った。

4. 研究成果

図⑥. 収縮期血圧と拡張期血圧の予測結果



(1)ストレスフリーABPMの絶対精度を確認し改善：6頭の各犬において、SBPとSBPeは良好に相関していた(図 a)。しかし、SBPとSBPpの誤差平均±誤差SDは、 2.6 ± 18.9 mmHgであった(図 b)。AAMI/ISOの基準(誤差平均±誤差SD < 5 ± 8 mmHg)は満たしていなかった。一方、DBPとDBPeは強固に相関していた(図 c)。DBPとDBPpの誤差は、 3.9 ± 7.9 mmHgであり(図 d)、これはAAMI/ISOの基準を満たした。PAT⁻¹とDBPは有意に相関していたが(図 e)、

をDBPで較正しDBPpを予測し、予測精度が改善するか、ブランド・アルトマン解析した。またBPと心電図信号から、脈波到達時間(PAT)を求め、その逆数PAT⁻¹からDBPを1時点較正で予測(DBPpp)できるか検討した。

低カフ圧駆動型ABPMによる、特にSBPの予測精度を、機械学習によるデータ解析手法を用い、改善を試みた。機械学習は、実測したSBPを教師信号とする教師あり学習を行った。特徴量として、SBPp・DBPp・実測収縮期血管径・実測拡張期血管径・PAT・心拍数を用いた。フリーソフトPython・Scikit-learnを用いた。アルゴリズムは、Ridge回帰、Lasso回帰、Support vector回帰、Random forest回帰、Neural-Network回帰を用いた。グリッドサーチによるパラメータ(正則化など)の最適化3

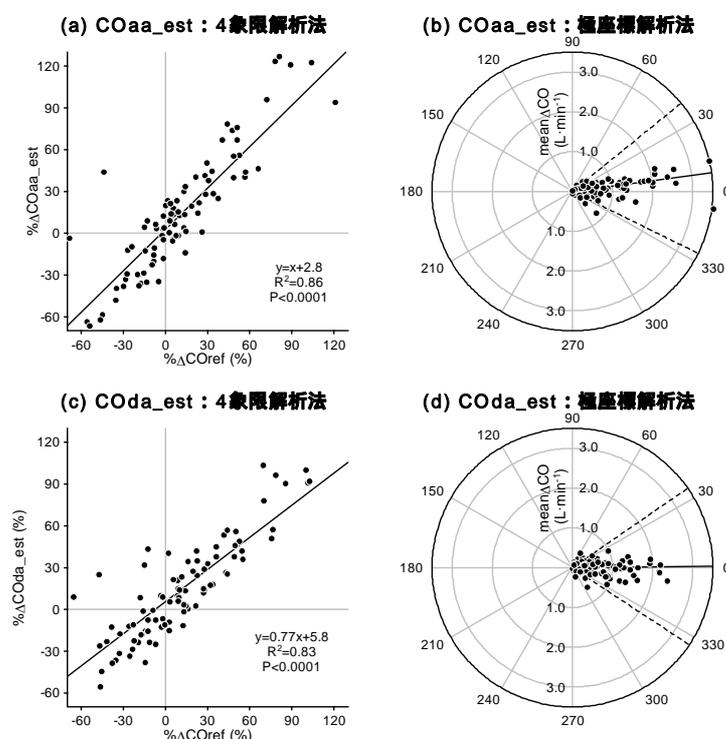
DBP と DBPe の間に認められた相関に比較すると弱かった。また PAT⁻¹ に基づく DBP の予測精度 (DBPpp) は、AAMI/ISO の基準を満たしていなかった (図 f)。

Uemura K, Kawada T, Sugimachi M. A novel minimally-occlusive cuff method utilizing ultrasound vascular imaging for stress-free blood pressure measurement: a proof-of-concept study. *IEEE Trans Biomed Eng.* 2019, 66: 934-945.

交差検証において最も良好な精度を示した Support Vector 回帰による機械学習を行い、先述の特徴量を用いて SBP を予測した。機械学習前に比較すると、機械学習後の SBPp の予測精度は、誤差が 0.7 ± 6.9 mmHg と明らかに改善した。機械学習後の SBPp の予測精度は AAMI/ISO の基準を満たした。

Uemura K, Nishikawa T, Kawada T, Sugimachi M. A Minimally-Occlusive Cuff Method Utilizing Ultrasound Vascular Imaging for Stress-Free Blood Pressure Measurement: An Implementation of Machine Learning to Improve the Measurement Precision. presented at ICBME2019、シンガポール、Abstract#: ICBME1066

図 心拍出量モニター推定精度



(2)心拍出量のモニター開発：COaa_est と COref の 4 象限解析法における相対的変化一致率は 96% (図 a)、極座標解析法における相対的かつ絶対的変化の一致率は 91% (図 b)であった。COda_est と COref の 4 象限解析法における相対的変化の一致率は 93% (図 c)、極座標解析法における相対的かつ絶対的変化の一致率は 94% (図 d)であった。各一致率 > 90% が精度基準となることより、我々が開発した方法はその精度要求基準を満たしていた。TED の測定部位に応じて機械学習を利用することで、信頼しうる CO モニターを可能にすると期待された。

Uemura K, Nishikawa T, Kawada T, Zheng C, Li M, Saku K, Sugimachi M. A novel method of trans-esophageal Doppler cardiac output monitoring utilizing peripheral arterial pulse contour with/without machine learning approach. *J Clin Monit Comput.* 2021 Feb 17. doi: 10.1007/s10877-021-00671-7. Epub ahead of print. PMID: 33598822.

(3)急性期心疾患におけるベータ遮断薬自動投与システムの開発：頻脈ペースングにより心不全を誘発した麻酔下犬 6 頭において、開発したシステムはベータ遮断薬ランジオロルの投与量を 1 時間にわたり自動的に安定して制御し、血圧と左心房圧を目標値より誤差 5% 以内に制御した。異常な低血圧や肺水腫を回避しつつ、心筋酸素消費量を有意に減少させた。心筋梗塞後や慢性心不全の急性増悪に伴う急性心不全患者における循環管理において極めて有用と期待された。

Nishikawa T, Uemura K, Hayama Y, Kawada T, Saku K, Sugimachi M. Development of an automated closed-loop β -blocker delivery system to stably reduce myocardial oxygen consumption without inducing circulatory collapse in a canine heart failure model: a proof of concept study. *J Clin Monit Comput.* 2021 May 10. doi: 10.1007/s10877-021-00717-w. Epub ahead of print. PMID: 33969457.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 13件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Nishikawa T, Uemura K, Y, Kawada T, Saku K, Sugimachi M.	4. 巻 in press
2. 論文標題 Development of an automated closed-loop β -blocker delivery system to stably reduce myocardial oxygen consumption without inducing circulatory collapse in a canine heart failure model: a proof of concept study	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 J Clin Monit Comput.	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10877-021-00717-w	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Uemura K, Nishikawa T, Kawada T, Zheng C, Li M, Saku K, Sugimachi M.	4. 巻 in press
2. 論文標題 A novel method of transesophageal Doppler cardiac output monitoring utilizing peripheral arterial pulse contour with/without machine learning approach	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 J Clin Monit Comput.	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10877-021-00671-7	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Kawada T, Sonobe T, Nishikawa T, Hayama Y, Li M, Zheng C, Uemura K, Akiyama T, Pearson JT, Sugimachi M.	4. 巻 319
2. 論文標題 Contribution of afferent pathway to vagal nerve stimulation-induced myocardial interstitial acetylcholine release in rats	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.	6. 最初と最後の頁 R517-R525
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1152/ajpregu.00080.2020	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 上村和紀	4. 巻 41
2. 論文標題 敗血症性ショックの初期循環蘇生を支援する、コンピュータ制御循環管理システムの開発	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 循環制御	6. 最初と最後の頁 103-110
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Li M, Zheng C, Kawada T, Inagaki M, Uemura K, Akiyama T, Sugimachi M.	4. 巻 in press
2. 論文標題 Impact of Peripheral 7-Nicotinic Acetylcholine Receptors on Cardioprotective Effects of Donepezil in Chronic Heart Failure Rats.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Cardiovasc Drugs Ther.	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10557-020-07062-1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nishikawa T, Saku K, Uike K, Uemura K, Sunagawa G, Tohyama T, Yoshida K, Kishi T, Sunagawa K, Tsutsui H.	4. 巻 7(5)
2. 論文標題 Prediction of haemodynamics after interatrial shunt for heart failure using the generalized circulatory equilibrium	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ESC Heart Fail.	6. 最初と最後の頁 3075-3085
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ehf2.12935.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Uemura K, Nishikawa T, Kawada T, Sugimachi M.	4. 巻 104
2. 論文標題 Comprehensive analysis of effective reflection distance and its association with wave reflection strength under diverse hemodynamic conditions in anesthetized dogs.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J Biomech	6. 最初と最後の頁 109753
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jbiomech.2020.109753.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Li M, Zheng C, Kawada T, Inagaki M, Uemura K, Sugimachi M.	4. 巻 70(1)
2. 論文標題 Intracerebroventricular infusion of donepezil prevents cardiac remodeling and improves the prognosis of chronic heart failure rats.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J Physiol Sci.	6. 最初と最後の頁 11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s12576-020-00739-0.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Chinen D, Nagai T, Uemura K, Aikawa Y, Motokawa T, Asaumi Y, Ogo T, Kanzaki H, Noguchi T, Anzai T, Shimizu W, Ogawa H, Sugimachi M, Yasuda S.	4. 巻 123
2. 論文標題 Clinical Usefulness of an Echo-Doppler Model in Predicting Elevated Pulmonary Capillary Wedge Pressure in Patients With Heart Failure.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Am J Cardiol.	6. 最初と最後の頁 1464-1469
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.amjcard.2019.01.053.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kawada T, Yamamoto H, Uemura K, Hayama Y, Nishikawa T, Sugimachi M.	4. 巻 317
2. 論文標題 Intravenous ivabradine augments the dynamic heart rate response to moderate vagal nerve stimulation in anesthetized rats.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Am J Physiol Heart Circ Physiol.	6. 最初と最後の頁 H597-H606.
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1152/ajpheart.00288.2019.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Uemura K, Kawada T, Sugimachi M.	4. 巻 66
2. 論文標題 A novel minimally-occlusive cuff method utilizing ultrasound vascular imaging for stress-free blood pressure measurement: a-proof-of-concept study.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE Trans Biomed Eng	6. 最初と最後の頁 934-945
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TBME.2018.2865556.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Uemura K, Kawada T, Zheng C, Li M, Sugimachi M.	4. 巻 52(1)
2. 論文標題 Low-Dose Landiolol Reduces Heart Rate and Cardiac Oxygen Consumption Without Compromising Initial Hemodynamic Resuscitation in a Canine Model of Endotoxin Shock.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Shock	6. 最初と最後の頁 102-110.
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1097/SHK.0000000000001224.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yamamoto H, Kawada T, Shimizu S, Uemura K, Inagaki M, Kakehi K, Iwanaga Y, Fukuda K, Miyamoto T, Miyazaki S, Sugimachi M.	4. 巻 257
2. 論文標題 Ivabradine does not acutely affect open-loop baroreflex static characteristics and spares sympathetic heart rate control in rats.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Int J Cardiol	6. 最初と最後の頁 255-261
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijcard.2017.11.115.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Li M, Zheng C, Kawada T, Inagaki M, Uemura K, Sugimachi M.	4. 巻 69
2. 論文標題 Chronic vagal nerve stimulation exerts additional beneficial effects on the beta-blocker-treated failing heart.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J Physiol Sci.	6. 最初と最後の頁 295-303
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12576-018-0646-0.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計13件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 Uemura K, Nishikawa T, Kawada T, Zheng C, Li M, Saku K, Sugimachi M.
2. 発表標題 A novel method of trans-esophageal Doppler cardiac output monitoring utilizing peripheral arterial pulse contour with/without machine learning approach
3. 学会等名 第85回日本循環器学会総会・学術集会 2021年3月 横浜 ウェブ開催 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Uemura K, Nishikawa T, Kawada T, Sugimachi M.
2. 発表標題 Effective reflection distance (ERD) and its association with pressure augmentation index (AIx) under a variety of acute hemodynamic perturbation
3. 学会等名 第84回日本循環器学会総会・学術集会 2020年7月 京都 ウェブ開催
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 上村和紀, 西川拓也, 川田徹, 杉町勝.
2. 発表標題 実効的脈波反射伝搬距離の包括的な解析
3. 学会等名 第59回日本生体医工学会大会 2020年5月 岡山 ウェブ開催
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Uemura K, Nishikawa T, Kawada T, Sugimachi M.
2. 発表標題 Effective reflection distance and its association with pressure augmentation index under a variety of acute hemodynamic perturbation.
3. 学会等名 ESC congress 2020 2020年8月 ウェブ開催 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Uemura K, Nishikawa T, Kawada T, Sugimachi M.
2. 発表標題 A minimally-occlusive cuff method utilizing ultrasound vascular imaging for stress-free blood pressure measurement.
3. 学会等名 ESC congress 2020 2020年8月 ウェブ開催 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西川 拓也, 上村 和紀, 川田 徹, 羽山 陽介, 杉町 勝
2. 発表標題 急性心不全において循環動態を保持しつつ心筋を保護する、遮断薬閉ループ制御循環 管理システムの開発
3. 学会等名 第58回日本生体医工学会大会 2019年7月 沖縄
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 李 梅花 , 稲垣 正司 , 鄭 燦 , 川田 徹 , 上村 和紀 , 杉町 勝
2. 発表標題 迷走神経刺激は心筋梗塞ラットにおける間葉系幹細胞移植の治療効果を増強する
3. 学会等名 第58回日本生体医工学会大会 2019年7月 沖縄
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上村 和紀 , 川田 徹 , 西川 拓也 , 杉町 勝
2. 発表標題 超音波血管イメージングを利用した、低ストレスなカフ式血圧計測方法の開発
3. 学会等名 第58回日本生体医工学会大会 2019年7月 沖縄
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Uemura , T. Kawada , T. Nishikawa , C. Zheng , L. Meihua , M. Sigimachi
2. 発表標題 Landiolol, a beta-blocker, optimizes cardiac energetics and peripheral microhemodynamics better than ivabradine while reducing heart rate at hemodynamic resuscitation of experimental septic shock
3. 学会等名 ESC Congress 2019 @ Paris, Sep. 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Uemura , T. Nishikawa , T. Kawada , M. Sigimachi
2. 発表標題 A Minimally-Occlusive Cuff Method Utilizing Ultrasound Vascular Imaging for Stress-Free Blood Pressure Measurement: An Implementation of Machine Learning to Improve the Measurement Precision.
3. 学会等名 ICBME 2019 @ Singapore, Dec. 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上村和紀
2. 発表標題 循環治療薬投与のコンピュータ自動制御は、様々な重症循環不全の血行動態管理において極めて有用である。
3. 学会等名 第57回日本生体医工学会大会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 上村和紀, 他 .
2. 発表標題 LPS敗血症性ショックモデルにおいて、短時間作用型ベータ遮断薬ランジオロールは初期循環蘇生に悪影響を及ぼすことなく、心拍数を低下できる。
3. 学会等名 第39回日本循環制御医学会総会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Uemura K et al.
2. 発表標題 A novel minimally-occlusive cuff method utilizing ultrasound vascular imaging for stress-free blood pressure measurement
3. 学会等名 第82回日本循環器学会総会・学術集会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

重症心不全患者さんの診療を支援する、コンピュータ制御循環管理システムの開発
<http://www.ncvc.go.jp/about/excellence/10.html>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------