



Title	循環制御に向けた血行動態波形計測
Author(s)	中川, 雄樹
Citation	大阪大学, 2017, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/67164
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏名 (中川 雄樹)

論文題名

循環制御に向けた血行動態波形計測

論文内容の要旨

循環システムを構成する要素,あるいは,その機能に破綻が生じれば循環機能全体が不全となることが知られており,生体の恒常性が崩れ循環制御が正しく行われなくなる場合がある.このような機能破綻が生じる前に循環システムの異常を検知することが第一に重要であり,投薬治療に代表されるような人為的な循環制御によって,生体内の恒常性を,再度,取り戻すことが重要となる.

循環システムの状態を把握するためには血行動態計測が必要となるが,従来の家庭血圧計による一日一回,あるいは,数回の血圧計測では個人の循環機能を正しく評価できておらず,適切な治療が行われていない症例が多く存在することが既に明らかとなっている.血圧は常に変動していることから,血行動態の計測においては,一拍毎 (Beat-by-beat),かつ,長時間に渡って連続して行われる必要がある.また,生体内では血圧を制御するために血流と血管抵抗の調整が行われており,血圧と血流を同時に波形で計測して解析することができれば,計測部位における局所的な情報だけでなく,中枢あるいは末梢を含めた循環動態として把握することができる.

本研究では,MEMS 圧力センサアレイを用いて圧脈波計測回路規模を極小化し,機器全体の小型軽量化を実現した.また,圧力センサ押圧部位近傍の血流速への影響を考慮した最適押圧力の決定アルゴリズムを提案し,被験者実験によってその妥当性を示した.この最適押圧力の決定アルゴリズムによって,圧脈波形と上腕血圧計で計測した血圧値が一致することを確認し,Beat-by-beat の血圧と血流速を同時に長時間連続して計測できることを確認した.また,得られた両波形を用いて,局所的な血管調整機能を反映する橈骨動脈の血管インピーダンスや計測部位から中枢側および末梢側の血行動態を反映する Wave Intensity を Beat-by-beat に連続して算出できることを示した.開発した技術によって,Beat-by-beat の血行動態,さらには,全身の循環動態を監視することが可能になるとともに,生体の恒常性を保持するための循環制御として,各個人に合った種々の治療が行われるようになることが期待される.

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏名 (中川 雄樹)

	(職)	氏名
論文審査担当者	主査 教授	大城 理
	副査 教授	野村泰伸
	副査 教授	清野 健

論文審査の結果の要旨

本論文は、非侵襲、かつ、連続的に人の血行動態および循環動態を計測解析できる装置およびアルゴリズムの開発に関して記述している。血圧は一拍毎 (Beat-by-beat) で常に変動していることから、Beat-by-beat、かつ、長時間に渡って血行動態計測ができる装置が望まれている。また、生体内では血圧を制御するために血流と血管インピーダンスの調整が行われており、血圧と血流を同時に信号計測して解析することができれば、計測部位だけでなく中枢側、あるいは、末梢側の循環動態も把握することができると考えられる。従って、血行動態および循環動態の計測解析システムに求められる要件は以下の三つである。

1. 非侵襲、かつ、連続して計測可能、小型軽量の装着型デバイスである。
2. 血行動態指標である血圧と血流速を Beat-by-beat で同時計測できる。
3. 血圧・血流速波形から血管インピーダンスおよび循環動態指標を解析できる。

上記要件を実現するために、トノメトリ法による圧脈波計測と超音波ドプラ法による血流速計測を手首装着型の一つのデバイスで実現する方法を提案した。トノメトリ式血圧計測は、マルチプレクサやオペアンプを内蔵した半導体圧力センサアレイを用い、複数の信号を時分割処理することで圧脈波計測回路規模を極小化し、機器全体の小型軽量化を実現している。また、超音波ドプラ法による血流計測には、小型化の実現見込みのある市販装置を採用した。本システムの有用性を評価するために被験者実験を実施した。10名の被験者による実験結果により、圧脈波形の最大値および最小値が上腕血圧計で計測した最高血圧、および、最低血圧と一致することを確認し、Beat-by-beatの血圧波形を血流速波形と同時に長時間連続して計測できることを確認した。また、得られた両波形を用いて、局所的な血管調整機能を反映する橈骨動脈の血管インピーダンスや計測部位から中枢側および末梢側の血行動態を反映できる指標である Wave intensity を Beat-by-beat で連続して算出できることを示した。さらに、バルサルバ負荷による血圧変動と、血圧変動の要因である血流、血管インピーダンス、および Wave intensity を Beat-by-beat で計測できることが示された。

本論文では、生体情報を電気信号として取り出すための物理、MEMSのようなデバイス作製技術、さらには、複数のスレッドが干渉しないようなアルゴリズム等を駆使して、無意識、かつ、無拘束で複数の生体信号を計測するシステムに関して報告している。本システムによって、手首に装着するだけで日常的に複数の血行動態情報を Beat-by-beat で計測することが可能となった。本論文で得られた成果は、計測工学、生体医工学の発展のみならず、制御工学、ウェアラブル端末等を用いた情報通信工学、さらには、特に循環器における臨床工学等への寄与も非常に高いと考えられるため、本論文は博士 (工学) の学位論文として価値のあるものと認める。