

論文内容要旨 (和文)

氏名 須郷 義広



論文題目 脈波伝播時間を用いた循環動態モニタリングの研究

脈波伝播速度は動脈圧波の動脈壁における伝播速度である。主として弾性動脈の機能をみるのに脈波伝播速度の測定が非観血的方法として用いられるが、循環動態モニタリングとして臨床ではあまり普及していない。その理由として動脈圧波の記録に熟練を要し、その測定は手間を要すからである。脈波伝播速度を動脈硬化診断に応用する上で定量性に影響を与えるのは血圧と一回拍出量 (SV) である。一方、脈波伝播速度を血圧や心拍出量の測定に応用する場合には、動脈硬化度の個人差が測定の汎化性を低める要因となる。しかし動脈硬化は徐々に進行するものであり、モニタリングが必要とされる期間は動脈硬化の進行期間ほどには長くないので、その都度校正を行えば血圧、心拍出量の測定に応用できると考えた。簡便化と非侵襲測定を実現するために、臨床現場で使用されている心電図とパルスオキシメトリの波形を用いて、心電図のR波から末梢のパルスオキシメトリの波形の立ち上がりまでを脈波伝播時間 (PWTT) と定義し、PWTTを循環動態モニタリングに応用した。本論文の第一章では脈波伝播速度測定の意義と測定上の問題点を明らかにし、本論文の研究目的を明確にした。

第二章においてPWTTと血圧の関係について理論的に検討した。心電図から末梢のパルスオキシメトリ波形までの時間は、心臓の駆出前期時間PEPと動脈圧波が血管を伝播する時間a-PWTTを含む。a-PWTTは生理的な血圧の範囲では、血圧とほぼ直線的な関係となる。一方PEPと血圧の間には、a-PWTTと血圧の関係のような一定の関係はない。したがってPWTTと血圧の関係はPEPの影響を受けて変化し、その影響は血圧の変動機序により異なる。そこでPWTTから血圧を定量的に推定するのではなく、PWTTが血圧変化を反映するという特性を活かして、PWTTを用いて血圧変化を検出し、それをトリガーとして非観血血圧測定器(NIBP)を起動する方法について検討した。血圧変化を検出する感度、特異度は、変化を検出するPWTTの閾値に依存するので、使用目的に応じて設定を行うことにより対応できる。NIBPが間欠的測定であるために臨床診断上重要な急激な血圧変化を見逃してしまうという欠点を補うことができ、また、血圧変化を検出してからNIBPを起動し測定値を得るまでの時間は実用上問題ないことを示した。

第三章において、PWTTをPEP、大動脈から弾性動脈を介して筋性動脈まで伝播する時間、さらには、末梢のパルスオキシメトリ測定部位となる末梢部位を伝播する時間に分割して、それぞれの時間成分とSV間の関係を理論的に導出した。PWTTと血圧の関係がくずれのような循環動態変動下においても、PWTTとSVの間には、常に一定の関係があることを確認した。さらに動物実験において関係式の係数を校正により求め、SVと心拍出量を算出した。血圧波形を用いた心拍出量測定では血管抵抗が変化したときに精度が低下するが、本法ではそれが見られず従来のパルスカウンター法の欠点を克服した方法であることを示した。

第四章において、心臓手術後の集中治療室入室患者を対象として心拍出量測定精度を評価した。従来のパルスカウンター法では、血管抵抗が大きく変化したときや一定時間毎に校正を必要としたが、本法では一度の校正で長時間経過しても精度は低下しなかった。また健常者を対象とした運動負荷試験において、超音波診断装置により測定したSVおよび心拍出量と比較した。その結果、本法が超音波診断装置と置き換えが可能な精度を有する可能性が確認できた。

PWTTを用いた血圧モニタリングに関しては、血管抵抗変化にも対応したより高精度化を図る必要がある。PWTTを用いた心拍出量モニタリングに関しては、校正に関するさらなる検討及び使用する部位 (例えば体動のある部位) や適用する対象を増やした評価が今後の課題である。

学位論文の審査及び学力確認の結果の要旨

平成25年8月 9日

理工学研究科長 殿

論文博士論文審査委員会

主査 新関 久一



副査 佐藤 学



副査 馮 忠剛



副査 横山 道央



副査 〇



学位論文の審査及び学力確認の結果を下記のとおり報告します。

記

1. 論文申請者

氏名 須郷 義広

2. 論文題目 (外国語の場合は, その和訳を併記する。)

..... 脈波伝播時間を用いた循環動態モニタリングの研究
.....
.....

3. 審査年月日

論文審査 平成 25年 7月 24日 ~ 平成 25年 8月 5日
論文公聴会 平成 25年 8月 5日
場所 工学部 4号館 214号室
学力確認 平成 25年 8月 5日

4. 学位論文の審査及び学力確認の結果 (「合格」・「不合格」で記入する。)

- (1) 学位論文審査 合格
- (2) 学力確認 合格

5. 学位論文の審査結果の要旨 (1,200字程度)

別紙のとおり

6. 学力確認の結果の要旨

別紙のとおり

別 紙

氏 名	須郷 義広
学位論文の審査結果の要旨	
<p>脈波伝播速度は動脈圧波の動脈壁における伝播速度であり、動脈硬化の指標として用いられるが、循環動態モニタリングとして臨床ではあまり普及していなかった。そこで本論文では、心電図の R 波から末梢のパルスオキシメトリ波形の立ち上がりまでを脈波伝播時間 (PWTT) と定義し、PWTT と血圧および一回拍出量(SV)との関連を理論的かつ定量的に検討を行い、PWTT を循環動態モニタリングに初めて応用したものである。</p> <p>本論文の第一章では脈波伝播速度測定の意義と測定上の問題点を明らかにし、本論文の研究目的を明確にしている。第二章では PWTT と血圧の関係を理論的に考察した。PWTT と血圧の関係は心臓の駆出前期時間 PEP の影響を受けて変化し、その影響は血圧の変動機序により異なることを明らかにした。PWTT が血圧変化を反映するという特性を活かして、PWTT を用いて血圧変化を検出し、それをトリガーとして非観血血圧計を起動する方法を考案した。これにより急激な血圧変化を見逃してしまうという臨床診断上重要な欠点を補うことができることを示した。第三章では、PWTT と SV 間の関係を理論的に導出した。PWTT と血圧の相関関係がくずれるような循環動態変動下においても、PWTT と SV の間には、常に一定の相関関係があることを見出した。PWTT と SV 間の関係式の係数を校正により求め、PWTT から SV と心拍出量を推定した。血圧波形を用いて SV と心拍出量を推定するパルスカウンター法では、血管抵抗が変化したときに精度が低下するが、提案手法では血管抵抗の変化に影響を受けず、従来欠点を克服した方法であることを示した。第四章では、心臓手術後の集中治療室入室患者を対象として PWTT による心拍出量計測の測定精度を評価した。測定前の校正で長時間経過しても心拍出量推定の精度は低下しないことを示している。また健常者を対象として運動負荷試験を行い、超音波診断装置により測定した SV および心拍出量と PWTT から得られた値を比較した。その結果、PWTT から得られる SV と心拍出量は超音波診断装置から推定される値と同等の精度があることを明らかにした。第五章は総括である。本研究の独自性、波及効果、今後の展望について述べた。</p> <p>本学位論文は、無侵襲計測から得られる PWTT を血圧や心拍出量のモニタリングに使用できることを示したものであり、コスト軽減、医療従事者の負担軽減、患者の負担軽減などのメリットを有する。今後、臨床現場での応用が大いに期待されるものである。また、その研究成果は既に査読付学会誌に 8 報の学術論文 (内 3 報は筆頭著者) を公表しており、社会に向け発信している。本審査委員グループは協議の結果、申請論文が論文博士の審査基準を満たしており、論文博士の学位を授与するに十分であると認め、合格と判定した。</p>	
学力確認の結果の要旨	
<p>学力確認は、学位論文公聴会における質疑応答ならびに個別面接を通じて口頭で実施したところ、明瞭かつ的確に回答した。博士として必要とされる専門知識、理解力は十分であると認められた。また、英語による学術論文が 4 報あること、筆頭著者 4 報を含め 7 報の国際会議発表の実績があることから、外国語科目の能力は十分高いと認められる。以上を踏まえ、審査委員全員による協議の結果、合格と判定した。</p>	