

第 53 回脈波・加速度脈波研究会

講演予稿集

平成 25 年 6 月 1 日（土）
エーザイ(株)別館 4 階会議室

演題 1

モデルベースアプローチに基づいた 動脈血行動態パラメータからの左室エラスタンス推定法

高橋修司†, 坂和健太†, 白石洋一†, 宮下洋‡

†群馬大学大学院 工学研究科

‡自治医科大学検診センター, 自治医科大学 医学部 循環器内科科学部門

概要

本研究では、循環器系のモデルに基づいて作製したシミュレータを用いて、脈波を入力として心左室エラスタンスを推定する、逆問題を利用したモデルベースアプローチを検討する。

モデル化とシミュレーション

循環器系の特性を電気回路素子に置き換えたモデル(図1)に基づき、MATLAB/Simulinkを用い循環器系シミュレータを作製した(図2)。

動脈血行動態パラメータからの左室エラスタンス推定法

作製した循環器系シミュレータを用いた、循環器系のパラメータ推定について検討し、逆問題を利用した推定システムの作製を行った(図3)。このシステムを用い心室機能を示すパラメータの推定を行った。その結果、目標値に対して誤差1%以内の推定値を1時間41分43秒のシミュレーション時間で得ることができた。

結論

逆問題を利用したモデルベースアプローチを使用することにより、心室パラメータ推定のための新しい手法を提案した。実験結果は、この推定方法の精度は実用上十分であることを示唆しているが、処理の高速化は今後の課題として必要である。

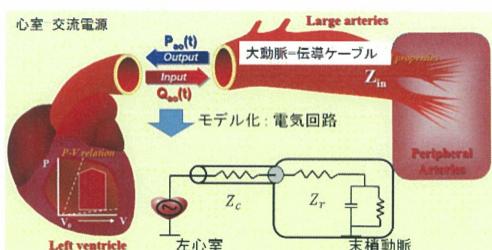


図1 循環器系のモデル化

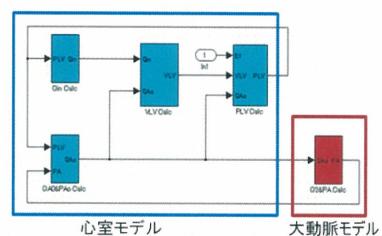


図2 循環器系 Simulink モデル

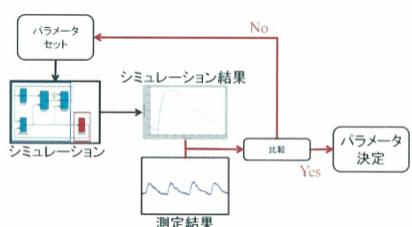


図3 循環器系パラメータ推定フロー

演題2

上肢動脈系における脈圧増幅のメカニズム： ウサギでの高精度実測データによる脈波伝播の実証的検討

○宮下洋^{1,2},勝田新一郎³,苅尾七臣²

¹自治医科大学 健診センター, ²同医学部 循環器内科学部門

³福島県立医科大学 医学部 細胞統合生理学講座

【背景・目的】

中心大動脈より末梢動脈での SBP が高いことは脈圧増幅(PPA)として教科書的事実であるにもかかわらず、1世紀以上にわたって上腕カフによる末梢血圧が高血圧診療の基盤をなしてきた。近年、上腕カフ血圧より中心大動脈血圧が高血圧における予後予測能に優れているとのエビデンスが蓄積されるとともに、その評価の必要性が認知されるに至っている。しかし、日常診療ではその直接測定が困難なため、末梢脈波からの推定が不可欠で、その精度の問題が避けられない。本研究では正確な脈波伝播メカニズムの理解が中心血圧推定法の開発や精度向上に資するとの立場から、高精度かつ多部位同時計測が可能なウサギのデータを用いて血圧脈波伝播における末梢圧波形の成因と PPA のメカニズムを実証的に検討した。

【方法】

自発呼吸を維持した麻酔下のウサギ(N=21: 正常日本白色種5匹; KHC 遺伝性高コレステロール血症ウサギ 16匹)の baseline および angiotensin II・sodium nitroprusside 各持続投与下で、上行大動脈(AO)・右鎖骨下動脈分岐直後(SC)およびその末梢の上腕動脈遠位(BR)の3部位で血圧(Millar micro-manometer)・血流波形(Transonic ultrasound flowmeter)を regular pacing 下に同時記録し、N=40 の解析可能なデータを得た。Westerhof et al(1972)の方法に基づき、10心拍の averaging 波形の DFT に基づくインピーダンス解析から得た各部位の特性インピーダンス Zc を用いて、部位ごとに圧波を前進成分 Pf・後退成分 Pb に分離し、それぞれの圧脈波伝播に伴う変化を入力波である Pf_SC との比較で相関係数 r と誤差の RMS(RMSE)で評価・検討した。

【結果】

P_SC は近傍の大動脈圧 P_AO とはほぼ一致しているのに比し、成分波 Pf_SC と Pf_AO の類似性は低いことは、明らかであった。中心 Pf_SC vs. 末梢 Pf_BR の一致性(r=0.99; RMSE=1.0mmHg)は P_SC vs. P_BR の比較(r=0.96; RMSE=2.8mmHg)に比し有意に高く(r, RMSE ともに p<0.001)、Pf_SC は P_BR とも高い相似性(r=0.98)を示した。

【結論】

上肢動脈系に入力された Pf_SC は変化せずに BR に伝播し、上肢末梢からの Pf_BR は反射距離が短いため Pf_SC と相似かつ同相で Pf_BR に重層する結果、Pf_SC と相似性が高い P_BR が形成される。換言すると、末梢圧波形 P_BR は大動脈から分岐直後に決定づけられるとともに、PPA は主として局所の反射のみで説明可能であることを示している。

演題 3

水道水を用いた足浴にはどこまで末梢循環改善効果があるか？

勝田新一郎¹、佐藤順紀²、森川美奈²、挾間章博¹

¹福島県立医科大学医学部細胞統合生理学講座

²福島県立医科大学医学部 5 年次学生

【目的】

温泉水を用いた足浴により橈骨動脈圧脈波から求めた augmentation index (AI) は有意に低下し、末梢血行動態の改善効果が認められたことは昨年の本研究会で報告した。今回は、温泉水による足浴と同一条件下で水道水を用いて足浴を行った場合、末梢循環動態がどこまで改善されるか AI を指標として検討した。

【方法】

20～27歳の女性 29名を対象に、ひのき製の椅子に座りリラックスした状態で、室温約 20℃、湿度約 40% の室内で約 41℃ の水道水(福島市水道局)で 15 分間の足浴を行った。左橈骨動脈圧脈波、右上腕動脈血圧、皮膚温(頸部、手首、膝窩部)を足浴前、足浴終了直後、足浴 15 分後の 3 回測定した。圧脈波および上腕血圧は HEM-9000AI (Omron Healthcare, Co., Ltd.) を用いて行った。なお、本研究は福島県立医科大学倫理委員会の承認を得て実施した。

【結果】

収縮期血圧および収縮期第 2 血圧は、足浴終了直後(ともに $p<0.01$) および足浴 15 分後(ともに $p<0.01$)において足浴開始前より有意に低下した。拡張期血圧は足浴直後に有意に低下した($p<0.01$)。しかしながら、脈圧および収縮期第 2 血圧の脈圧は足浴直後および 15 分後に足浴開始前よりやや低下する傾向にあったが、いずれも統計的に有意差はみられなかつた。心拍数には足浴による変化がほとんどみられず、統計的にも有意ではなかつた。AI の実測値および心拍数 75 回/分での補正值は、いずれも足浴直後および 15 分後においてわずかに低下傾向を示したが、統計的に有意差は認められなかつた。頸部皮膚温および手首皮膚温は、足浴直後(いずれも $p<0.01$) および 15 分後(手首： $p<0.01$ 、頸部： $p<0.05$) にはわずかではあるが足浴前より有意に上昇した。膝窩部皮膚温は、足浴直後に有意な上昇がみられた($p<0.01$)。

【結語】

水道水を用いた足浴は血圧レベルを低下させるが、AI を指標とした場合、末梢循環動態に対して改善効果があるとはいえない。

演題4 指尖容積二次微分波に対する食事の影響

田中邦彦¹⁾、上平公子²⁾、箕浦文枝²⁾、渡邊美幸²⁾

- 1) 岐阜医療科学大学 保健科学部 放射線技術学科
- 2) 同 看護学科

指尖容積二次微分波に現れる/ a は総末梢血管抵抗と、血管弾性に影響を受けると言われる。このうち血管弾性は短時間で変化しにくいと考えられることから短時間内での変化は総末梢血管抵抗変化に大きな影響を受けると考えられる。今回我々は、循環動態が大きく変化する食事の前後でこの二次微分脈波、特にその d/a の値がどのように変化するかを調べた。

22 歳の健康成人男女に体重当たりの内容および組成が同じ食事を摂取させ、その前後 1 時間で指尖容積脈波、血圧、心拍出量を計測した。心拍出量と血圧から総末梢血管抵抗を算出した。食事によって心拍出量は有意に増加した。また総末梢血管抵抗は有意に低下した。このとき総末梢血管抵抗と d/a は有意に一次相関を認めた。他の脈波指標と総末梢血管抵抗との間に相関を認めなかった。

次に 70 歳から 92 歳までの高齢者 30 名について同様の計測を行ったところ、高血圧に対する治療を受けていない 18 名については食後、 d/a の有意な低下を認めたが、降圧剤内服中の 12 名については有意な変化を認めなかった。これらのことから食後、総末梢血管抵抗は低下すること、これが d/a に反映されるが、降圧剤によって事前に血管拡張させている場合には有意な血管拡張を認めず、 d/a が大きく変化しないものと考えられた。

話題提供

演題 5

「ASI(Arterial Stiffness Index)で血管の硬さを評価する」

杏林大学保健学部 生理機能検査学

原島 敬一郎

ASI(arterial stiffness index)は外圧が平均血圧と等しくなるように血管を圧迫して測定することで、血管内膜、中膜の力学的な特性変化を評価することができる指標である。

動脈硬化の発生初期では血管内皮細胞の機能低下が原因となり、血管内膜、中膜に力学的な特性変化が起こる。したがって、動脈硬化症の初期に血管内膜、中膜の特性変化を抽出して評価することは有用であると考えられる。また、ASI は一般的な自動血圧計の測定方法と同様に簡便な測定が可能であるため、日常の診療や健康診断などに用いることができる指標の一つではないかと考えられる。

ここでは、実際に ASI の測定を行った経験から、測定方法や、簡単ではあるがその算出原理、また ASI における性差や年齢による変動および ASI に影響を及ぼす要因について基礎的な検討を行ったので紹介をさせていただきたい。

演題 6 末梢動脈疾患診断における PWV/ABI とサーモグラフィー同時測定の有用性

帝京大学医学部附属病院中央検査部
小須田美和、富原健、小俣久美子、渡邊千絵、古川泰司

【目的】PWV とサーモグラフィー検査を同時期に行い、末梢動脈疾患診断における有用性を検討する。

【対象・方法および結果】サーモグラフィーはインフラアイ 3000(富士通特機システム)を用い、25～27°Cの検査室にて20分間馴化をさせたのち測定した。PWV はform®PWV/ABI(オムロンコーリン)を用い、5 分間安静後に測定した。対象は、帝京大病院サーモグラフィー検査受診者のうち PWV 検査も施行されている 147 症例について検討した。平均体表面温度は下腿で $32.6 \pm 1.1^\circ\text{C}$ 、足背で $31.2 \pm 1.9^\circ\text{C}$ 、下腿・足背の平均体表面温度の差($\angle\text{CF}$)は $1.4 \pm 1.4^\circ\text{C}$ 、最大 $\angle\text{CF}$ は 6.7°C であった。そのうち、両側もしくは片側の $\angle\text{CF}$ が 3.0°C 以上の症例は 22 例で、ABI が正常範囲であっても検査実施前後で amputation、CABG などのイベントが発生している例もみられた。また $\angle\text{CF}$ と PWV 各測定項目との関係では、 $\angle\text{CF}$ と有意な関係が認められたのは baPWV のみであった。

【考察】サーモグラフィー検査における下腿・足背の平均体表面温度差は、PWV/ABI の結果と低い相関しか持たず、末梢動脈疾患の新たな指標となる可能性が示唆される。

演題 7 脈圧による動脈硬化分類

○ 向 平 淳 内科小児科むかひら医院

[目的]

上腕動脈脈圧(b-pp)と上行大動脈脈圧 pulse pressure in ascending aorta (Asc.pp)でJAS-GL 動脈硬化性疾患予防 2012年ガイドラインの(動脈硬化リスクを層別化した)カテゴリーをどこまで分類できるか。

[対象と方法]

外来患者 60 名(男 33、女 27、29~90、 65 ± 12 歳) の動脈硬化リスクをカテゴリー(リスクなし正常者)の I 群 5 名、II 群 28 名、III 群 20 名、(冠動脈疾患の既往の)CAD 群 7 名に分ける。上腕～足首の脈波伝播速度 baPWV 測定時に求める($haPWV^2 - hbPWV^2$)= Asc.pp と b-pp とを 4 群に分散する。b-pp と Asc.pp はカテゴリー群別平均値±95%信頼区間に分けて分散分析 ANOVA をを行い Fisher' PLSD 検定 $p < 0.05$ を有意とした。

[成績]

カテゴリー4 群において、b-pp は I 群($p < 0.004$)、II 群($p < 0.01$)、III 群($p < 0.03$)より CAD 群で増大したが、Asc.pp は I 群より II 群($p < 0.01$)、III 群($p < 0.02$)、CAD 群($p < 0.002$)が増大していた。

[考察]

各個人の動脈硬化リスクを JAS-GL カテゴリーに当てはめて層別化した動脈硬化度を得るには絶対リスクの処理を経て総合的にリスクを評価しなければならない。60 名の集団を Asc.pp < 55mmHg は正常者 I 群と動脈硬化の他群に、b-pp > 65mmHg は CAD 群とその他群に大別できた。散布図で b-pp と Asc.pp の両脈圧 < 55mmHg は I 群 5 名と (II+III) の 7 名であり、残り(60-5-7=)48 名が動脈硬化であった。CAD 群 7 名は b-pp > 50mmHg であった。JAS-GL カテゴリー4分類の代わりに脈圧で統計的に動脈硬化を3大別したい。

[結論]

Asc.pp で I 群を、b-pp で CAD 群を選ぶことができた。Asc.pp は正常者と動脈硬化者を分ける指標になれそうである。

演題 8 運動に伴う左室重量と中心血圧の関係

小林正武、小林裕、岩崎陽一、熊井優人、角田泰彦、相賀護、大島一太、喜納峰子、
岩永史郎、高沢謙二（東京医科大学八王子医療センター）

背景

中心血圧の上昇が左室重量の増加に関連しているという報告がみられているが、左室重量の程度が運動後の中心血圧に対する影響について示した報告はない。

方法

トレッドミル運動負荷試験と心エコー図検査を同日に施行した 80 名（男性 53 名、女性 27 名）を対象とした。左室重量係数により対照群（control）40 例と左室肥大群（Left Ventricular Hypertrophy: LVH）40 例に分類した。Bruce protocol による最大下症状制約型漸增多段階負荷試験を行い、安静時と運動負荷直後に HEM-9000AI により上腕血圧と中心血圧を測定、上腕血圧と中心血圧の脈圧の割合を PPA（pulse pressure amplification）と定義した。

結果

安静時の上腕収縮期血圧、中心収縮期血圧、脈拍は両群間で有意差がみられなかった ($p=0.48, 0.12, 0.79$)。運動負荷直後の上腕収縮期血圧、脈拍は両群間で有意差はみられなかつたが ($p=0.67, 0.21$)、中心収縮期血圧は有意に左室肥大群で対照群と比較して高値を示していた（control VS LVH, 145 ± 24 mmHg vs 161 ± 25 mmHg, $p < 0.01$ ）。さらに男性と女性ともに左室重量係数は PPA と有意に負の相関を示しており ($r=-0.55, p < 0.01$; $r=-0.45, p < 0.05$)、多変量解析により左室重量係数は年齢・BMI・左室駆出率または一回拍出量に独立して、運動後の PPA の予測因子であった ($\beta = -0.36, p < 0.01$)。

結語

左室重量の増加は運動後の中心血圧の上昇に寄与する可能性がある。