

## 腕時計型脈波モニタリング機器による 不整脈検出の検証に関する研究

笠巻祐二<sup>1)</sup>, 橋本賢一<sup>1)</sup>, 中井俊子<sup>2)</sup>, 渡辺一郎<sup>2)</sup>,  
平山篤志<sup>2)</sup>, 矢内 充<sup>1)</sup>, 加藤公敏<sup>1)</sup>, 相馬正義<sup>1)</sup>

### Detection of arrhythmias based on the pulse wave derived RR interval variability analysis by newly developed “watch-type” plethysmograph

Yuji KASAMAKI<sup>1)</sup>, Kenichi HASHIMOTO<sup>1)</sup>, Toshiko NAKAI<sup>2)</sup>, Ichiro WATANABE<sup>2)</sup>,  
Atsushi HIRAYAMA<sup>2)</sup>, Mitsuru YANAI<sup>1)</sup>, Kimitoshi KATO<sup>1)</sup>, Masayoshi SOMA<sup>1)</sup>

#### 要旨

手首完結型の脈波計を作成し、計測された脈波信号の解析により不整脈検出が可能であるか否かを検討した。(1) 脈波RR間隔の変動について0.25～0.5Hz帯域のパワー変化とCVRRを指標に心房細動が検出できることを示した。(2) 148症例について、発作性心房細動の検出率が80%以上であった。(3) 発作性心房細動、持続性心房細動での評価では、脈による検出継続時間が、30分で感度：100%、偽陰性率：0%、偽陽性率：24.8%、45分で感度：94.7%、偽陰性率：5.3%、偽陽性率：17.1%、60分で感度：89.5%、偽陰性率：10.5%、偽陽性率：10.9%であり、脈乱れを伴う不整脈のスクリーニング用途の可能性が示された。(4) 手首完結型腕時計型脈波モニタリング機器にて脈波解析から不整脈が検出でき、簡便に日常生活上で不整脈のモニタリングが可能である。

#### 1. はじめに

腕時計型脈波モニタリング機器は、日常生活での体動時においても他の脈拍計と比べて、ノイズによる影響が少なく脈拍数を計測することが可能である。不整脈患者において、日常生活での不整脈の検出および評価には通常、ホルター心電計あるいは携帯型心電計を使用しているが、そのモニタリング時間は前者で24時間～48時間であり、後者は非連続的である<sup>1-4)</sup>。また電極や粘着テープによるかぶれや、配線の煩わしさなど長時間の装着に対して、ある程度の負担が患者に強いられている。一方、腕時計型脈波モニタリング機器は、日常生活上で簡易に装着可能なので長期の脈波の記録を解析することが可能であり、脈波の日内変動評価など患者の日常管理に用いることが可能である。したがって、脈波から心房細動等の不整脈の検出が可能となれば、不整脈患者におけるスクリーニングのみならず様々な胸部症状を訴える心疾患患者の日常管理が長期で簡便

に行える可能性がある。今回、手首で脈波信号を記録する腕時計型脈波計(HC1)を作成し、計測された脈波信号の解析により不整脈検出が可能であるか否かを検討した。

#### 2. 対象及び方法

循環器外来患者を対象にセイコーエプソン社製の新たに開発された脈波モニタリング機器(HC1)とスズケン製の防水型心電計Cardy302Maxとを同時装着し、最大24時間の連続計測を行い、対比評価を行った。ホルター心電計で検出した不整脈検出箇所(発作性心房細動、持続性心房細動)の腕脈波データを解析して検出した不整脈箇所を比較評価して、腕脈波での不整脈検出率と、その継続時間の誤差および偽陽性率、偽陰性率を算出して評価した。なお、使用したHC1の概観を図1に示す。

被験者の構成は、男性97名、女性56名、計153名(平均年齢70.7歳)であった。

1) 日本大学医学部内科学系総合内科・総合診療医学分野

2) 日本大学医学部内科学系循環器内科学分野

笠巻祐二：kasamaki.yuuji@nihon-u.ac.jp

### 脈波RR間隔による心房細動検出

RR間隔変動は、周波数解析によって周期的な信号と非周期的な信号に分離でき、非周期的信号はその周波数とパワーを対数変換すると、負の直線相関がある。

また、心拍変動解析により脈の乱れを検出し両者をクラスタリングすることで心房細動を検出する。

- (1) 心房細動発生時には相関は低くなり白色雑音状になることから、その変化を捉えやすい0.25～0.5Hz帯域のパワーを算出する。
- (2) 心拍変動係数 CVRR を求める。
- (3) 120分を1フレームとしてk-means法により周波数解析のパワーと CVRR をクラスタリング処理を行い心房細動を検出する。



図 1 腕時計型脈波モニタリング機器 (HC1)

### 3. 結果

実施症例数は153症例（内5症例は、初期の段階において脈波データの欠損が認められた）であり、解析可能症例は148例であった。心房細動症例数は19症例（発作性心房細動：7症例、持続性心房細動：12症例）であった。

(1) 発作性心房細動の発生箇所に対する検出結果

発作性心房細動検出時間が30分以上を陽性とした場合の検出評価については、手首脈波による発作性心房細動検出結果は83.3%となり、指脈波での検出結果である80%以上となった。

ホルター心電計と脈との検出時間割合の平均値は52.9%であった。

(2) 発作性心房細動と持続性心房細動の検出時間の結果

（発作性心房細動：7症例、持続性心房細動：12症例）被験者毎のホルター心電計での心房細動検出時間の合計に対する脈での検出時間の合計と、その時間割合の結果に関しては、心電図検出時間に対して発作性・持続性心房細動で各々51.7%，54.3%であった。

(3) 発作性心房細動と持続性心房細動の検出率、偽陰性率、偽陽性率の結果

（発作性心房細動：7症例、持続性心房細動（24時間）：12症例）被験者毎のホルター心電計での心房細動検出時間の合計に対し、脈での検出時間が継続

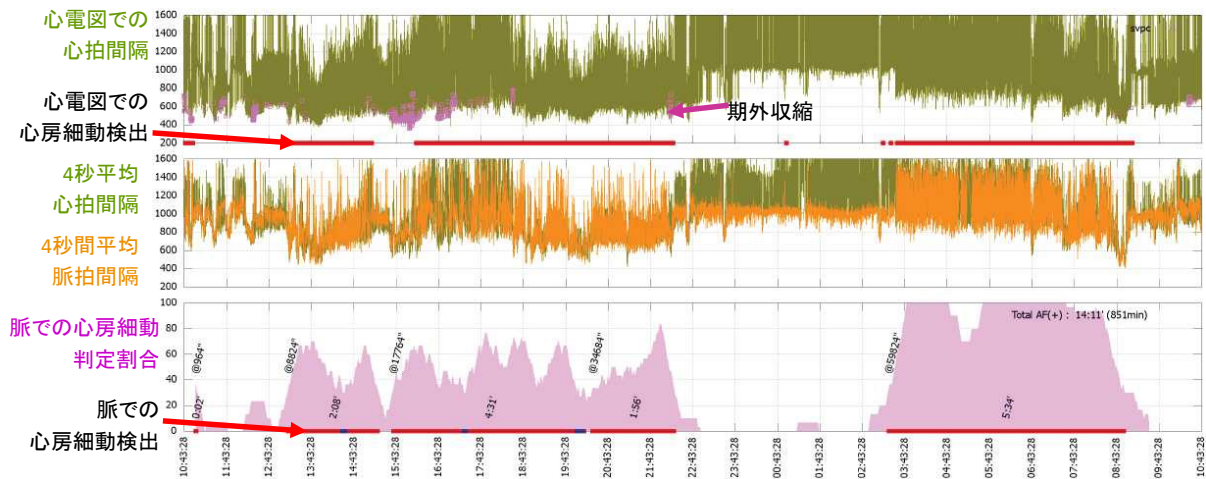


図 2 発作性心房細動検出例における脈波解析  
—心電図での心房細動検出との対比—

して、30分以上、45分以上、60分以上の場合を検査陽性としたときの、検出率（感度）と偽陰性率、偽陽性率の結果は、各々下記であった。

脈による検出継続時間30分で感度：100%，偽陰性率：0%，偽陽性率：24.8%，45分で感度：94.7%，偽陰性率：5.3%，偽陽性率：17.1%，60分で感度：89.5%，偽陰性率：10.5%，偽陽性率：10.9%

#### (4) 発作性心房細動検出例

ホルター心電計での心房細動検箇所（上図赤線）に対して、脈波間隔を解析した脈での心房細動箇所（下図赤線）がよく合致している（図2）。

## 4. 考 察

脈波を手首で記録する脈波計（HC1）を作成し、計測された脈波信号の解析により不整脈検出が可能であるか否かを検討した結果、脈波RR間隔の変動について0.25～0.5Hz帯域のパワー変化とCVRRを指標に心房細動が検出できることが示された。また、発作性心房細動の検出率については80%以上と高い結果が得られた。発作性心房細動、持続性心房細動での評価では、脈による検出継続時間の結果からおおむね良好な精度で検出可能であり、脈乱れを伴う不整脈のスクリーニング用途の可能性が示された。結果としては、手首完結型で脈波が計測でき、不整脈が検出できることは、簡便に日常生活上で不整脈のモニタリングが可能なが確認できた。

しかしながら、心房細動検出に際しては、偽陽性の問題が残った。今回偽陽性例としては、上室性期外収縮が連続または多発しているものが8症例、また心拍変動が大きく連続または多発している場合が11症例、体動による影響（Artifact）で脈波検出が困難な箇所がある場合が7症例で、合計26症例確認された。したがって、今後の課題としては、心房細動の検出精度の向上を図ることが重要であり、現在新たな心房細動検出アルゴリズムを開発中である。

## 5. 結 語

手首で脈波信号を記録する腕時計型脈波計（HC1）を作成し、計測された脈波信号の解析により心房細動などの不整脈検出が可能である。今後は心房細動の検出精度の向上を図ることが重要であると思われる。

## 文 献

- 1) Edwards JD, Kapral MK, Fang J, et al. Underutilization of Ambulatory ECG Monitoring After Stroke and Transient Ischemic Attack: Missed Opportunities for Atrial Fibrillation Detection. *Stroke* 2016; 47: 1982-1989
- 2) Kimura T, Aizawa Y, Kurata N, et al. Assessment of atrial fibrillation ablation outcomes with clinic ECG, monthly 24-h Holter ECG, and twice-daily telemonitoring ECG. *Heart Vessels* 2016; Jul 6 Epub ahead of print
- 3) Anczykowski J, Willems S, Hoffmann BA, et al. Early Detection of Symptomatic Paroxysmal Cardiac Arrhythmias by Trans-Telephonic ECG Monitoring: Impact on Diagnosis and Treatment of Atrial Fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2016 June 3 Epub ahead of print
- 4) Rosero SZ, Kultyifa V, Olshansky B, et al. Ambulatory ECG monitoring in atrial fibrillation management. *Prog Cardiovasc Dis* 2013; 56: 143-152