

# 心拍変動解析による睡眠時無呼吸監視システムの研究

高塚 伸太郎 [札幌医科大学附属総合情報センター／助教]

## 背景・目的

睡眠時無呼吸症候群は睡眠中に低酸素症や睡眠障害を引き起こし、さまざまな支障を引き起こすと考えられている。心拍変動は心電図波形もしくはパルスオキシメータの脈波形から得ることが可能であり、在宅状態でも簡単に計測が可能な指標である。心拍変動に含まれる変動成分の大きな割合を占めている呼吸性洞性不整脈の成分は呼吸のリズムと同期していることから、無呼吸時には正常時とは異なる変動を示すと考えられる。本研究では、不等間隔データである心拍変動に合わせた解析手法を考案し、それを用いて心拍変動から睡眠時無呼吸を検出できるか解析を行った。

## 内容・方法

心拍変動は不等間隔の時系列データである。正弦波とデータとの自乗誤差が最小になるようにフィッティングさせる手法を正弦波フィッティングと呼ぶ。本研究では、心拍変動の局所的な最小値・最大値を取り出すことによって、大まかな二呼吸分の区間を取り出し、その区間を解析区間とし、正弦波フィッティングを行った。これによって得た周波数、振幅などの指標を求め、また心拍変動の基線（これはほぼ平均移動線と同じである）に再び正弦波フィッティング解析を行い心拍変動の基線の変動の大きさを得た。

札幌医科大学附属病院耳鼻咽喉科入院中の睡眠時無呼吸患者、21例に睡眠ポリグラフを実施した。本研究ではそのうち、ECG にノイズが多く心拍変動の取得が困難な7例を除き、14例を解析対象とした。

睡眠ポリグラフのデータから、目視にて無呼吸・低呼吸イベントを取得した。また ECG データから R 波を抽出することで RR 間隔を取得した。この RR 間隔データを心拍変動とし、正弦波フィッティング解析を行った。この解析によって得られた推定呼吸間隔、心拍変動の基線の変動の大きさをそれぞれ、無呼吸・低呼吸イベントと照らし合わせた。

## 結果・成果

無呼吸・低呼吸イベントを含む非正常呼吸相の心拍変動は、個体によっていくつかのパターンが存在した。これらのパターンの最も大きな共通点として、解析した14例中12例で睡眠時無呼吸患者の心拍変動は無呼吸からの換気回復時に、RR 間隔が大きく低下した。このことにより RR 間隔は、正常呼吸—無呼吸—換気回復の呼吸サイクルで大きな山を形成した。また、無呼吸時に起こ

る RR 間隔の山の部分では、無呼吸状態にも関わらず、呼吸性洞性不整脈と同じような変動が見られた例もあった。

我々のこれまでの研究より、正弦波フィッティング解析により正常な呼吸状態であれば、その呼吸間隔を推定できることが示された。これには正弦波フィッティング解析の周波数と位相の指標を用いて呼吸間隔を推定していたが、同じ手法で今回解析した対象の睡眠時無呼吸のイベント箇所を抽出することは困難であった。

この原因としては、無呼吸状態にもかかわらず心拍変動が呼吸性洞性不整脈に似た変動を示すからであると考えられる。無呼吸状態における変動を正常な呼吸と同じように捕えてしまったことで無呼吸の抽出が困難であったと推測された。

そこで、正常呼吸—無呼吸—換気回復の呼吸サイクルで形成された大きな山を検出するために心拍変動の基線の変動の大きさを正弦波フィッティングによって得た。この指標と低呼吸・無呼吸イベントの位置は良い一致が見られた。しかし、無呼吸イベントの個所以外でも心拍変動の基線の変動が大きくなる場所がいくつか存在した。

このことから、低呼吸・無呼吸イベントと決定するための基準と、低呼吸・無呼吸による心拍変動への影響には差異が存在する可能性が示唆された。

また、解析した14例中2例は無呼吸と換気回復時による RR 間隔の大きな変化が見られなかった。この2例は、正常な呼吸状態のときから不規則な心拍リズムを刻んでおり、呼吸性洞性不整脈が見られない例であった。このような現象は、呼吸性洞性不整脈を刻むための迷走神経系に何らかの障害があり、心拍変動における呼吸性の変動が小さいためではないかと推測される。

睡眠ポリグラフを実施したが、心拍変動を得られなかった例が7例あった。このことより、通常の心電計測で睡眠中・長時間の計測が困難であることが示唆され、寝返りなどによる基線の変動などに対応できる計測器の必要性が示された。

## 今後の展望

現在までのところ閉塞性無呼吸・中枢性無呼吸と心拍変動パターンの関連が得られていない。閉塞性無呼吸に見られる呼吸努力が心拍変動にどのように影響するか、また中枢性時にはそれがどのように変化するかについて、検討する必要があると考えられる。中枢性無呼吸イベントは割合が少ないため、より多くのデータを集め、中枢性無呼吸イベントを含む対象が必要になると考えられる。また、無呼吸イベント以外の心拍変動の大きな変化をどのように捉えるかについても検討していきたい。