

レーザ変位センサを用いた非接触計測によるCRI(SQAR)の客観的評価

皆川雅彦 (Japn College of Osteopathy)

Key words : CRI, non-contact monitoring, laser displacement sensor

1. 序文

両手を頭蓋骨の上下側面に当て、その手をリラックスさせることにより、術者は頭蓋が広がったり狭まったりする触診感覚を経験することができる。この動きの感覚は通常1分間に8～14回のレートで生じ、比較的低振幅である。この感覚は「クラニアル・リズミック・インパルス」(CRI)と呼ばれ、Dr. William G. Sutherlandにより、一次呼吸メカニズムの5つのコンセプトの結果として解釈された¹⁾。

1. 脳および脊髄の固有運動
2. 脳脊髄液(CSF)の波動
3. 脳および脊髄髄膜の固有運動
4. 頭蓋骨の関節可動性
5. 両腸骨間の仙骨の不随意運動

CRIの触診は頭蓋仙骨評価の中心であり、頭蓋仙骨治療(CST)に関する頭蓋仙骨評価の一部として、および頭蓋領域のオステオパシーにおいて、世界中で多数のセラピストによって使用されている。頭蓋領域のオステオパシーの開始以来、CRIの存在と性質は、科学文献や公開フォーラムで継続的に物議を醸す議論を引き起こしてきた¹⁾。CRIの存在と報告された範囲の両方に対する批判と論争は、触診による術者の感覚に委ねられる主観的なアプローチで研究が行われていることが原因となっている。科学的な観点から、頭蓋仙骨評価における信頼性のエビデンスはない。観察者間の合意が欠如しており、触診研究はばらつきの程度が大きいと報告されている²⁾。CRIの存在を研究するための客観的なアプローチは、Dr. Viola Fryman (1971)によって頭蓋の動きを直接計測することで試みられた。このときの直接計測の問題点は、使用する機器から頭に高い圧力がかかることと、呼吸の動きを排除するために息を止めなければならないことだった²⁾。その後、Thomasら(2020)の研究により乳様突起の位置で10gの軽い持続的な圧力を維持することで、呼吸を止めなくても計測できるようになった¹⁾。今回の研究はこれらの研究をさらに発展させ、より臨床で使えることを目的とし頭蓋の動きを接触して計測するのではなく、レーザ変位センサを用いて非接触で計測し、解析するシステムを開発した。これによりクライアントへの負担をさらに減らし、計測されている感をなくすことでより自然な状態で計測できることを可能にした。さらに、頭蓋以外でもCRIを計測できる可能性を示した。

2. 方法

2.1. 対象

健康な男女18名を対象とした。(年齢18～67歳)

また、ジャパン・カレッジ・オブ・オステオパシーの講師・学生等の学校関係者も対象とした。

2.2. 除外対象と倫理的配慮

計測を目的とするので除外対象は特に設けなかった。本校の学校関係者も対象者となるので、参加者の自由意志が尊重されるように十分に配慮した。本研究への参加は自由意志によるものとし、研究同意後においても被験者はその理由を述べることなく本研究から自由に離脱する権利を有するものとした。研究参加者には実験の流れ、方法、匿名性の保持、プライバシーの保護、参加の自由意志と、途中辞退の自由があることを説明をし同意を得た上で実験を行った。

2.3. レーザ変位センサに関して

本研究で使用するレーザ変位センサ(OMRON社 ZX2-LD100L)は、本来産業機械などに搭載され、対象までの距離や高さを計測することを目的としたものであるが、このセンサは材質、表面状態、ワーク移動しても安定した計測が可能なることを特徴としており、生体のCRI、呼吸や心臓の動きに伴う体表面の微小な動きも検出可能ではないかと考え、先行研究¹⁾³⁾の周波数と分解能を参考に選定した。この手法の利点としては計測対象から距離を隔てて計測することが可能な点が挙げられる。

光学方式：拡散反射

光源：可視光半導体レーザー（波長660nm, 1mW以下、JIS クラス2 IEC/EN Class2 FDA Class25）
計測中心距離：100m
分解能：5μm

2.4. 手順

本実験は被験者にベッドに仰向けになってもらいアイマスクを付け、ただリラックスするように指示した。予備実験でセンサが髪の毛などの黒いものは計測できないこと、衣服の上から正確に計測できないことがわかったので、皮膚に直接当てることとした。これらの制約条件とCSTIにおけるリスニングステーションから計測部位は下記とした。

- 前頭骨（左端、中央、右端）
- 大腿
- 足首
- 前腕

各部位計測時間は文献に1分間に何回と記載されていることが多いので計測時間は1分間とした。

本来なら非接触計測は接触計測との比較で行われるが、先行研究で使われているセンサが手に入らなかったため今回は行っていない。

2.5. 解析方法

レーザー変位センサからのデータ取得と解析を行うシステムをPythonで開発した。高速フーリエ変換(FFT)で使用するデータ数は処理高速化のため2のn乗個(nは整数)にする必要があるため2,048とした。レーザー変位センサからのサンプリング間隔は30ms(1秒間に30回データ取得する)とし、取得したデータはCSVファイルに保存した。Python によるFFTなどの数学的処理はNumpyライブラリを使用して行った。

3. 結果及び考察

周波数に関する定義

CRI：1周期4.5～7.5秒(0.22～0.13 Hz), 約8～14回(6～12回)/分、振幅40μm～1.5mm^{4, 5, 6, 7)}

Traube-Hering-Mayer：(0.10～0.15 Hz), 約6～9回/分⁴⁾

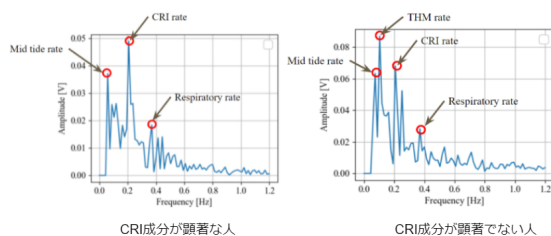
Mid tide：1周期20～30秒(0.03～0.05 Hz), 約2～3回/分⁵⁾

Long tide：1周期100秒(0.01 Hz), 0.6回/分⁵⁾

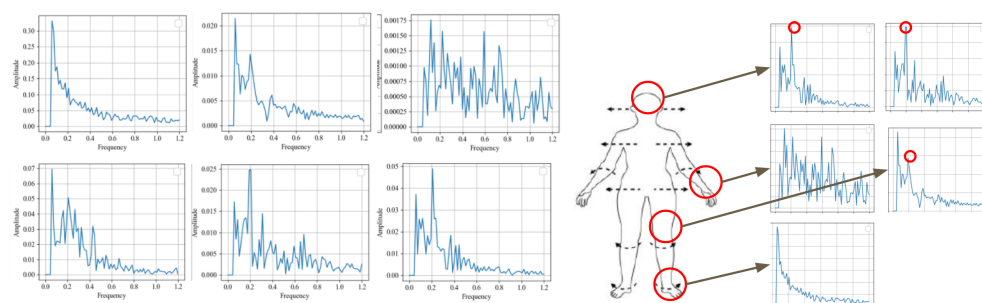
心拍：1周期1.0～0.6秒(1.00～1.66 Hz), 約60～100回/分(安静時)³⁾

呼吸：1周期3.0～5.0秒(0.33～0.20 Hz), 約12～20回/分³⁾

FFTにより振幅と周波数の波形を分離し、CRIの周波数(0.22～0.13 Hz)の範囲内にピークがあるかないかを調べた結果、すべての被験者でCRIの周波数の範囲内にピークがあることを確認できた。しかし、今回の計測でCRI成分が明確な人、CRI以外の成分も同じように出ているなど個人差があることがわかった。CRIがわかりにくい人、セラピストによって回数が異なるのもこれらのどれを捉えているかによって差が生じるのではないかと推測される。

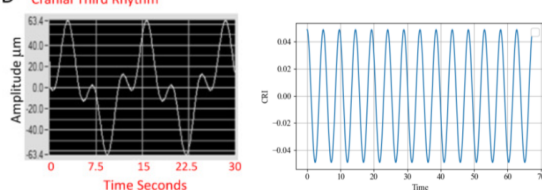


さらに同じ人でも計測部位によって違いがあることもわかった。これは対象者が持つSDの影響によるものではないかと推測される。



生データにCRIの周波数成分でフィルターをかけCRI成分のみ抽出した。先行研究とは波形の形が異なるが、これはフィルターの強度の違いによるものと考えられる。今回はわかりやすくするために狭い範囲(0.04~0.225 Hz)でフィルターをかけているのできれいな正弦波となったが、フィルターの強度によって波形が変化するのでどこまで含めるかは議論の余地がある。

D Cranial Third Rhythm



4. 結論

本研究ではレーザ変位センサを用いることで身体表面に一切触れることなくCRIと思われる周期性を持った波形が計測可能であることを示した。波形で表すことで客観的に個人差があることや部位によっても差があることもわかった。

5. 参考文献

- 1) Thomas Rosenkilde Rasmussen, Karl Christian Meulengracht, Direct measurement of the rhythmic motions of the human head identifies a third rhythm. Journal of Bodywork and Movement Therapies
- 2) Nielson et al., 2006 K.E. Nielson, N. Sergueef, T. Glonek Recording the rate of the cranial rhythmic impulse
- 3) Masahiko M, Hayato I, Satoshi S et all. Evaluation of mental stress with respiration using microwave radar
- 4) OSTEOPATHY IN THE CRANIAL FIELD. Harold Ives Magoun, A.B., D.O., M.Sc. (Hon.) , William Garner Sutherland, D.O., D.Sc. (Hon.)
- 5) M・L クチュラ、W・A クチュラ、頭頸部(HEENT)の機能障害におけるオステオパシー的考察
- 6) Conrad A. Speece, William Thoma Crow, Ligamentous Articular Strain - Osteopathic Manipulative Techniques for the Body.
- 7) グリーンマンのマニュアル・メディスンの原理 - リサ A. ディステファーノ D.O. P189「一次呼吸メカニズム」