



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	歯科治療の影響を解析するための心拍変動を用いた自律神経活動モニターシステムの開発
Author(s)	下地, 伸司; 小田中, 瞳; 宮田, 一生 他
Citation	北海道歯学雑誌, 34(1), 23-27
Issue Date	2013-09
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/53324
Type	journal article
File Information	06-34 1shimoji.pdf



最新の歯学

歯科治療の影響を解析するための心拍変動を用いた 自律神経活動モニターシステムの開発

Development of a novel system monitoring autonomic response for analyzing influence of dental treatment

¹北海道大学大学院歯学研究科口腔健康科学講座歯周・歯内療法学教室

²北海道大学大学院歯学研究科口腔病態学講座歯科麻酔学教室

下地 伸司¹, 小田中 瞳¹, 宮田 一生²

菅谷 勉¹, 藤澤 俊明², 川浪 雅光¹

【はじめに】

我が国は欧米先進国よりも20年早いペースで超高齢社会を迎えている。その高齢者の多くは循環器疾患などの全身的基础疾患を有している。高齢者に対する歯科治療は血圧の上昇、心拍数の増加などによって、脳血管障害、狭心症発作などの中枢神経系および循環器系の全身的偶発症を起こす危険性がある¹⁾ため、一般歯科医での治療が消極的になることがある。それらの患者に対して安心・安全に歯科治療を行うためには、保存・補綴・口腔外科・矯正などの多岐に渡る歯科治療が全身状態に及ぼす影響を解明することが必要となる。

近年、心拍変動を周波数解析することにより自律神経活動を評価する方法が全身状態の評価方法の一つとして用い

られており^{2,3)}、北海道大学大学院歯学研究科では歯科治療の影響を解析するための心拍変動を用いた自律神経活動モニターシステムを開発してきた。従来、歯科で用いられている多くの生体情報モニターは血圧、心拍数、経皮的動脈血酸素飽和度を測定するが、本モニターシステムではそれらの情報に加えて心電図のR-R間隔を心拍変動解析することにより自律神経活動についての評価も可能となっている。自律神経活動の変化がストレス状態を反映することは広く知られており、歯科治療が全身状態に及ぼす影響について評価するために自律神経活動を測定することは有効な手段と思われる。

(心拍変動解析を用いた自律神経活動の評価方法)(図1)

心拍は規則正しく安定しているようにみえるが、厳密にはかなり変動している。心臓右心房の上大静脈開口部付近

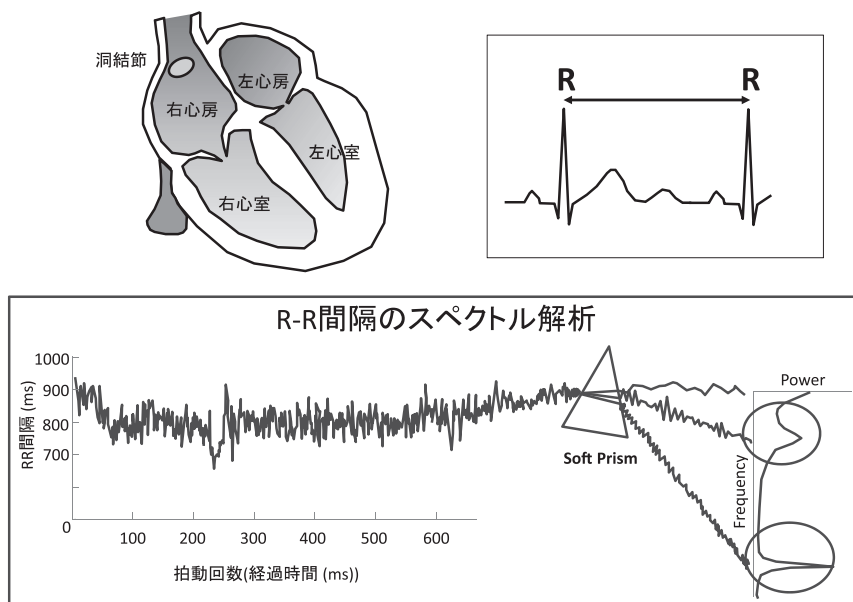


図1. 心拍のR-R間隔と周波数解析

- ・洞結節は自律神経系の支配を受けて、心拍変動を制御する。
- ・心電図のR-R間隔をスペクトル解析することで、低周波成分と高周波成分に周波数解析を行う。

にある洞結節が主に交感神経によって促進的に支配され、副交感神経（心臓迷走神経）によって抑制的に支配されることにより心拍数は制御されている²⁾。したがって、心拍変動を観察することによって自律神経活動の変化を評価することができる。

心拍変動は心電図上のR-R間隔の変動として測定するが、その解析方法にはR-R間隔の変化をそのまま評価する時間領域解析とR-R間隔の変化を周波数軸に変換して各周波数ごとの成分を評価する周波数解析がある。従来は計算が比較的容易な時間領域解析が用いられていたが、コンピュータの進歩とともに、周波数解析がよく用いられるようになった。

周波数解析では、R-R波を低周波成分（Low Frequency：以下LF, 0.05～0.15Hz）と高周波成分（High Frequency：以下HF, >0.15Hz）などにスペクトル解析を行う。LFは交感神経と副交感神経の活動が複合して形成されており、HFは主に副交感神経の活動のみにより形成されている。またLFとHFの比（LF/HF）は、交感神経と副交感神経のバランス、すなわち相対的交感神経活動の指標とされている。つまり周波数解析によって、交感神経と副交感神経の成分に分離し、それぞれの強さを評価することができる^{4,5)}。

さらに本モニターシステムでは、歯科治療と患者のストレスとの関連を容易に解析するために、デンタルユニットの各種の作動情報や治療情報をリアルタイムで取り込み、モニター上に反映させることができる。本モニターシステムについてその構成・評価可能項目・使用例などについて報告する。

【本モニターシステムの構成・評価可能項目】

本モニターシステムは患者の循環動態や自律神経活動を測定する「モニターセクション」、デンタルユニットの作動情報や治療情報を取り込む「治療情報セクション」およびそれらのデータを統合し、解析する「解析セクション」の3つのセクションで構成されている。（図2，3）

1. モニターセクション

1) 生体情報モニター：Circlemates[®] TM-2584, (株)クロスウェル

（測定項目）収縮期血圧、拡張期血圧、平均血圧、心拍数、経皮的動脈血酸素飽和度。

血圧および心拍数は上腕にカフを巻いて測定し、経皮的動脈血酸素飽和度はカフを巻いた腕とは別の腕の指先にプローベを挟んで測定する。

2) メモリー心拍計：LRR-03[®], (株)GMS

（測定項目）2点の心電電極から得た心電図波形のR-R間隔を算出する。

両手首にクリップ状の電極を装着する（または2つのパッチ式電極を貼る）だけで測定が可能のため、測定自体のストレスは少なく歯科治療時に簡便かつ非侵襲的に心拍変動の記録を行うことができる。

2. 治療情報セクション

1) デンタルユニット：スマイリー N, 長田電機工業(株)

（測定項目）タービン、エンジン、超音波スケーラーの

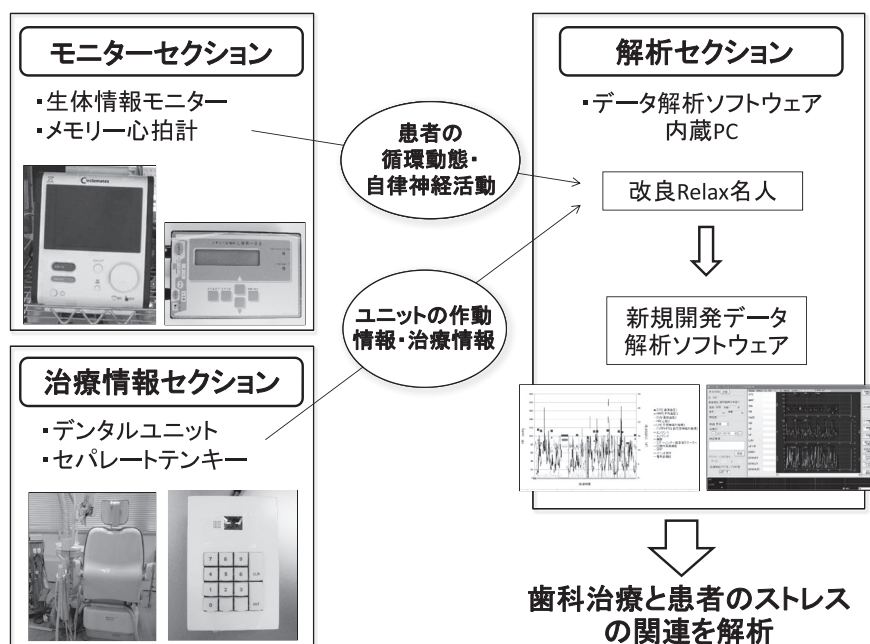


図2. 新規自律神経活動モニターシステムの概要

・患者の循環動態や自律神経活動を測定する「モニターセクション」、デンタルユニットの作動情報や治療情報を取り込む「治療情報セクション」およびそれらのデータを統合し、解析する「解析セクション」の3つのセクションで構成されている。



図3. システムの全体像

作動情報が連動している「解析セクション」に自動的に記録されるように汎用デンタルユニットに電子回路を接続し、この回路からシリアル信号を発信している（同様の回路を接続することで他タイプのユニットにも応用できる）。

2) セパレートテンキー：

（測定項目）セパレートテンキーをユニット横に設置することで術者は診療を行いながら、事前に登録した99項目までの歯科治療内容を「解析セクション」に入力できる。これにより測定した生体情報データに治療内容を反映することができる。

3. 解析セクション

データ解析ソフトウェア（改良Relax名人、新規開発データ解析ソフトウェア、Vital Data Player V3.1.8.3[®]）を内蔵したパーソナルコンピュータで、「モニターセクション」および「治療情報セクション」と連動することにより測定データをパーソナルコンピュータ上にリアルタイムに表示すると共に簡便に電子ファイル化し、保存することが可能なため、データの収集・解析が容易に行える。

1) 改良Relax名人、(株)クロスウェル

Mem Calc（最大エントロピー法⁶⁾）を用いたスペクトル解析法で、「モニターセクション」からのR-R間隔の時系列データを用いて時間領域解析および周波数解析をリアルタイムに同時に行うことができる。時間領域解析においてもCoefficient of Variation of R-R intervals（R-R間隔の標準偏差 / R-R間隔の平均値 × 100：CVRR）を最短30秒間隔で1拍ごとに解析するため、歯科治療により患者が受けるストレスおよび全身状態への影響をリアルタイムかつ見落としが少なく検出できる。

解析項目はRate Pressure Product（収縮期血圧 × 心拍数：RPP）、Heart Rate（瞬時心拍：HR）、HF（副交感神経の指標）、LF（交感神経と副交感神経の指標）、LF+HF（自律神経活動の大きさの指標）、LF/HF（相対的交感神

経の指標）、CVRR（心拍のゆらぎ：自律神経活動の大きさの指標）である。

これらの機能はRelax名人[®]が有しており、さらに「治療情報セクション」から得た情報をリアルタイムに表示できるように改良している。

2) 新規開発データ解析ソフトウェア、長田電機工業(株)

血圧、心拍数、自律神経活動などの生体情報の変化を示すグラフ上に自動的に歯科治療内容を表示することができる。さらに歯科治療の開始、終了時刻が表示されるため治療ごとの統計解析が容易に行える。

3) Vital Data Player V3.1.8.3[®]、(株)クロスウェル

改良Relax名人により得られたデータを同一パーソナルコンピュータ上で保存・解析・グラフ作成・統計学的データ表示までを行うことができる。

【本モニターシステムの使用例】

北海道大学大学院歯学研究科臨床・疫学研究倫理審査委員会の承認（承認番号2011第2号）の下で行った。

被験者：代謝性疾患、循環器疾患を有する60代男性。

実験方法：被験者に対し、口腔内検査、歯周ポケット検査、超音波スクレーラーを用いたスクレーリング（1回目は通常通り、2回目はバキュームを用いず、口腔内に水を溜めた状態）を行い、その際の血圧、心拍数、経皮的動脈酸素飽和度、自律神経活動状態を評価した。処置内容は被験者に事前に説明し、処置中は最低限の会話のみを行った。

結果と考察：被験者は全身疾患を有する高齢者ではあるが、歯科治療に対する知識は十分に有しており、恐怖心は無い。

口腔内検査、歯周ポケット検査およびスクレーリング開始直前および直後はLF/HFが急激に上昇し、交感神経活動が活発になったが、処置が進むにつれてLF/HFは低下し、安静な状態を示した。口腔内に水を溜めた状態で行った2回目のスクレーリングではストレスを感じたためか、治療中も断続的に交感神経活動がやや活発になった。

また1回目のスクレーリングの初期では交感神経活動が活発になるにつれて収縮期血圧も上昇した。その後、交感神経活動が低下したのに遅れて、収縮期血圧も低下した。その後は収縮期血圧に大きな変化は認められなかった。また、治療終了後に改めてユニットを倒した時にも交感神経活動が活発になった。仰臥位になることにより、静脈還流量が増し、血圧は上昇し、これに対して通常、ホメオスタシスが働き、交感神経活動は相対的に低下するはずであるのに、反対の結果となった。この理由の詳細は不明であるが、倒すことが治療を予感させて精神的ストレスを感じたためなのかもしれない。以上のことから交感神経活動は血圧よりも鋭敏かつリアルタイムに患者のストレスを検出できる可能性が示唆された。（図4）

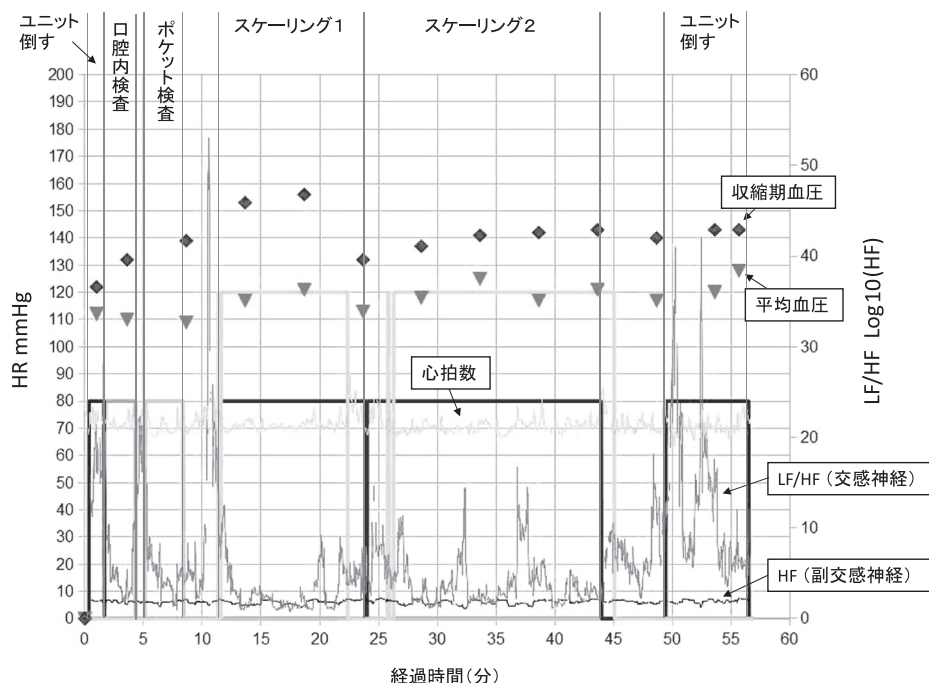


図4. 使用例

- ・被験者：60代男性
- ・歯科処置：口腔内検査、歯周ポケット検査、スケーリング1（通常通り）、スケーリング2（バキューム無し）
- ・評価項目：血圧、心拍数、自律神経活動状態
- ・結果：いずれの処置も開始直前および直後にLF/HFが急激に上昇したが、処置が進むにつれて下降した。また2回目のスケーリングでは活動中も断続的にやや上昇した。収縮期血圧は1回目のスケーリングの初期にLF/HFに遅れて上昇し、緩やかに下降した。その後はほぼ変化はなかった。

【本モニターシステムの意義と今後の課題】

本モニターシステムを用いることで歯科治療が自律神経活動に及ぼす影響を簡便に記録、評価することが可能になるため、高齢者への安心・安全な歯科治療を行うことに貢献できると考える。

さらに高齢者のみならず、一般的に歯科治療に対し不安感や恐怖感をもっている患者は多いと思われる。また術者が患者にとって負担がかかると考えている治療と、実際に患者が負担に感じている治療は必ずしも一致しないという報告もあり⁷⁾、歯科治療に伴う不安・緊張などの精神的ストレス、および侵害刺激などの身体的ストレスによって患者がどういったストレス反応を呈するのか、多岐に渡る歯科治療については未だに客観的に明らかにされていない。本システムを高齢者や有病者のみならず、あらゆる患者を対象として使用し、データを蓄積することでどのような歯科治療、さらにその治療のどの段階がストレスとなり全身状態に影響を及ぼし易いのか、また、どのような患者がリスクが高いのかなどについて網羅的に把握することが可能になると考える。さらに術中の自律神経活動を連続的に評価することで血管迷走神経反射などの歯科治療時の偶発症の予防にも有効と思われる⁸⁾。

近年、歯科領域においても心拍変動を周波数解析することにより自律神経活動を評価する研究がいくつか行われている⁹⁻²²⁾。これまでの研究では健常者におけるレジン充填¹⁰⁾、歯周外科処置時の局所麻酔¹⁹⁾、有病高齢者の義歯調整直前¹⁵⁾などで交感神経活動の上昇がみられ、歯科治療およびその開始直前がストレスになっている可能性が示唆された。ただし抜歯中にも交感神経活動に変化がなかった²¹⁾という報告もあり、一方、中高年齢者では局所麻酔時に交感神経活動が低下したため被験者の年齢によって反応が異なる可能性を示唆した報告もある²²⁾。ガイドラインによる基準値は示されているが³⁾、測定値の評価方法、年齢、基礎疾患ごとの基準値などについてはさらなる検討が必要である。本システムにおいても今後は臨床データを蓄積し、HF、LF/HF、CVRRなどの様々な測定値がどのような特性を持つのか、どの程度の変化がみられた時に全身状態に影響を及ぼす可能性があるのかなどについて明らかにする必要がある。

【おわりに】

北海道大学病院歯科診療センターでは、平成25年10月以降、本システムが18台外来診療室に導入されるため、今後はどのような患者に対してどのような歯科治療が自律神経

活動に影響を及ぼし、それが全身状態に与える影響について比較的大規模に調査、分析を行うことが可能となる。高齢者や有病者のみならず、あらゆる年代、全身状態の患者を対象にし、歯科治療が患者の全身状態に及ぼす科学的根拠としたい。このシステムを歯科医療現場に広く普及し、エビデンスを蓄積していくことが超高齢社会において安心・安全に歯科治療を行うために重要であり、今後さらには歯科治療を快適に行うために有効な介入方法を確立したいと考えている。

【参 考 文 献】

- 1) 大渡凡人：全身の偶発症とリスクマネジメント 高齢者歯科診療のストラテジー。5-12, 医歯薬出版, 東京, 2012.
- 2) 佐々木一裕, 安田猛彦, 寺山靖夫：心電図R-R間隔変動：スペクトル解析。日本自律神経学会編, 自律神経機能検査 第4版, 164-168, 文光堂, 東京, 2007.
- 3) Task force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology: Heart rate variability, standards of measurements, physiological interpretation and clinical use. *Circulation*, 93 : 1043-1065, 1996.
- 4) 早野順一郎：心拍変動による自律神経機能解析。井上博編, 循環器疾患と自律神経機能 第2版, 71-109, 医学書院, 東京, 2001.
- 5) Akselrod S, Gordon D, Ubel FA, Shannon DC, Berger AC, Cohen RJ: Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: a quantitative probe of heart-to-beat cardiovascular control. *Science*, 213 : 220-222, 1981.
- 6) 大友詔雄, 田中幸雄：時系列の構造とMem Calc. 笠貫 宏, 大友詔雄編, 生体時系列データ解析の新展開, 7-37, 北海道大学図書刊行会, 北海道, 1996.
- 7) 間宮秀樹, 一戸達也, 金子 譲：歯科治療のストレス評価 - 患者はどの治療が一番怖いのか -。日歯麻誌, 24 : 248-254, 1996.
- 8) 福田謙一, 齋田菜緒子, 塚本早季子, 高北義彦, 一戸達也, 金子 譲：心拍変動解析を行った歯科治療時の血管迷走神経反射2症例。日歯麻誌, 38 : 317-318, 2010.
- 9) Uehara N, Takagi Y, Miwa Z, Sugimoto K: Objective assessment of internal stress in children during dental treatment by analysis of autonomic nervous activity. *Int J Paediatr Dent*, 22 : 331-341, 2012.
- 10) 梅谷健作：歯科処置が自律神経系に及ぼす影響。岡山歯誌, 31 : 1-11, 2012.
- 11) 梅谷健作, 玉木直文, 森田 学：術者によるブラッシングが自律神経に及ぼす影響。口腔衛会誌, 61 : 581-588, 2011.
- 12) Ekuni D, Takeuchi N, Furuta M, Tomofuji T, Morita M: Relationship between malocclusion and heart rate variability indices in young adults. *Methods Inf Med*, 50 : 358-363, 2011.
- 13) 三輪恒幸, 天神原亮, 小笠原岳洋, 渡辺信一郎, 亀井英志：歯科心身症患者における自律神経機能の評価 - 心拍変動に対する周波数解析を用いた検討 -。日口腔検会誌, 2 : 78-81, 2010.
- 14) 金 博和, 高田耕司, 岡 俊一, 見崎 徹：歯科診療時の心拍変動と鎮静薬投与量との関係 - 50歳代から70歳代の健常者における検討 -。老年歯学, 22 : 257-263, 2007.
- 15) 金 博和, 見崎 徹, 堀江伸行, 鈴木 潔, 渡邊武之, 中川種昭, 小野敬恵, 高岡啓太, 根本 明, 田中敏光：歯科診療前後における要介護高齢者の心拍変動に関する研究。老年歯学, 20 : 57-62, 2005.
- 16) Montebugnoli L, Servidio D, Miaton RA, Prati C: Heart rate variability: A sensitive parameter for detecting abnormal cardiocirculatory changes during a stressful procedure. *J Am Dent Assoc*, 135 : 1718-1723, 2004.
- 17) 福島卓司, 畦崎泰男, 井上 宏：歯科診療刺激が自律神経活動に及ぼす影響 - 心拍数変動の周波数解析 -。歯科医学, 67 : 195-200, 2004.
- 18) Shiba Y, Nitta E, Hirono C, Sugita M, Iwase Y: Evaluation of mastication-induced change in sympatho-vagal balance through spectral analysis of heart rate variability. *J Oral Rehabil*, 29 : 956-960, 2002.
- 19) 石田義幸, 今渡隆成, 樋浦善威, 村山史生, 川並真慈, 小野智史, 川田 達：心拍変動からみた歯科治療が自律神経活動に及ぼす影響 - 局所麻酔, 歯周外科治療について -。日歯麻誌, 29 : 360-366, 2001.
- 20) Miura K, Matsumura K, Nakamura Y, Kurokawa H, Kajiyama M, Tanaka Y: Suppression of cardiac sympathetic nerve system during dental surgery in hypertensive patients. *Hypertens Res*, 23 : 207-212, 2000.
- 21) 莊司洋文, 三代冬彦, 山下憲昭, 河津徳敏, 内田 稔, 三ツ林裕巳, 河村 博：心拍変動スペクトル解析による抜歯の自律神経活動に及ぼす影響。日臨生理会誌, 30 : 23-26, 2000.
- 22) Matsumura K, Miura K, Tanaka Y, Kurokawa H, Kajiyama M, Abe I, Fukushima M: Changes in blood pressure and heart rate variability during dental surgery. *Am J Hypertens*, 11 : 1376-1380, 1998.