



Changes in heart rate and autonomic nervous activity after orthopedic surgery in elderly Japanese patients.

丹, 智絵子

(Degree)

博士 (保健学)

(Date of Degree)

2017-03-25

(Date of Publication)

2018-03-01

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲第6895号

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1006895>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



博 士 論 文

Changes in heart rate and autonomic nervous activity after orthopedic surgery in elderly Japanese patients.

(整形外科術後高齢患者における心拍数と自律神経活動の経時的変化)

平成 2 9 年 1 月 2 3 日

神戸大学大学院保健学研究科保健学専攻

看護学領域 看護実践開発分野 療養支援看護学

丹 智絵子

博 士 論 文

Changes in heart rate and autonomic nervous activity after orthopedic surgery in elderly Japanese patients.

(整形外科術後高齢患者における心拍数と自律神経活動の経時的変化)

指導教員：宮脇 郁子 教授

平成 2 9 年 1 月 2 3 日

神戸大学大学院保健学研究科保健学専攻

看護学領域 看護実践開発分野 療養支援看護学

丹 智絵子

要旨

我が国では、超高齢社会と医療技術の進歩により、侵襲の高い外科治療を受ける高齢者が増えている。術後せん妄は、術後高齢患者にしばしば認められる合併症である。術後せん妄の予防、早期離脱を目的として、術後の環境整備や薬物療法が行われているが、臨床で高い効果を発揮するような予防効果のある看護支援は、まだ確立していない。先行研究において、せん妄の発症や重症化には睡眠や活動のリズムの変化が影響していることが示唆されており、せん妄の発症や重症化には自律神経活動の変調が関連していることが推察される。術前から術後の自律神経活動の経時的変化を把握した上で、自律神経活動に関連する背景要因や術後せん妄との関連を明らかにすることにより、術後せん妄発症予防のための看護支援の適切なタイミングや効果的な看護支援の示唆を得ることが可能になると考えられる。

そこで本研究は、術後せん妄発症予防に効果的な看護支援方法を検討するための基礎データを得るために、整形外科術後高齢患者の自律神経活動の経時的変化、およびこれらに関連する要因を明らかにすることを目的とした。

対象は、人工膝関節全置換術・人工膝関節単顆置換術 (TKA・UKA)、人工股関節全置換術 (THA)、脊椎変性疾患に対する手術を予定している 65 歳以上の患者 32 名とし、 β 遮断薬を内服している患者、糖尿病と診断されている患者は自律神経活動に影響を及ぼすため除外対象とした。自律神経活動は、心拍変動 [心拍数 (以下 HR)、低周波成分 (LF: low-frequency component, 0.04~0.15Hz、以下 lnLF)、高周波成分 (HF: high-frequency component, >0.15Hz、以下 lnHF)] を用いて術前から術後 3 日目までの朝 (10:00~11:00) と夜 (20:00~21:00) の 1 日 2 回、測定を行った。自律神経活動に関連する要因としては、性別、術式などの患者の背景要因、術後疼痛、睡眠満足度、入院前の生活習慣、術後せん妄の有無について調査した。術後疼痛の程度は、Visual Analog Scale (VAS) および追加鎮痛薬の有無で、睡眠満足度は VAS で評価した。術後せん妄の有無は日本語版ニーチャム混乱錯乱スケール (J-NCS) により評価した。入院前の生活習慣については、患者から聞き取りを行った。

対象者の背景は、年齢は 74.4 ± 5.7 歳 (平均値 $\pm$ 標準偏差)、性別は男性 9 例、女性 23 例であった。術式は TKA・UKA を受けた患者が 11 名、THA を受けた患者が 10 名、脊椎変性疾患に対する手術を受けた患者が 11 名であった。全対象者のうち、術後せん妄有りと判断されたのは 3 例であった。

整形外科術後高齢患者の HR と自律神経活動の経時的変化では、HR は、術前夜から術当日夜にかけて上昇し、その後ゆるやかな上昇を続け、術後 2 日目夜に最大値となり、その後ゆるやかに下降していた。そして、術前から術後 3 日間の期間において有意な経時的変化が認められ、手術前に比べ術当日夜から術後 3 日目夜まで有意に高値であった ($p < 0.001$)。lnLF は、術前朝から術前夜にかけて上昇し最大値となった後、術前よりも低い値で横ばいに推移していた。そして、術前から術後 3 日間の期間において有意な経時的変化が認めら

れ、術前夜に比べ術後1日目朝から術後3日目夜まで有意に低値であった($p=0.001\sim0.028$)。lnHFは、術前朝から術前夜にかけて上昇し最大値となったあと、術前よりも低い値で横ばいに経過していたが、有意な上昇や下降は認められなかった。また、朝と夜におけるHRと自律神経活動の変化においてHRは、朝夜ともに術前に比べて術後は有意に高値であった($p<0.001$)。lnLFは、朝は術前から術後にかけての有意な変化は認められなかった。しかし、夜のlnLFは術前に比べて術後1日目夜($p=0.003$)、術後2日目夜($p<0.001$)、術後3日目夜($p=0.001$)で有意に低値であった。lnHFは、朝夜ともに術前から術後にかけての有意な変化はなかった。整形外科術後高齢患者の自律神経活動の経時的変化に関連する要因については、入院前の就寝時間が0時以降の群は、0時より前に就寝している群に比べてHRが術後1日目朝から術後3日目朝に有意に高値であり($p=0.003\sim0.036$)、自律神経活動はlnLF、lnHFともに各測定時点で低値であり、術後1日目夜に有意に低値であった($p=0.017$, $p=0.011$)。なお、性別、術式、術後疼痛、および術後せん妄によるHR、自律神経活動との差は認められなかった。

以上の結果から、整形外科術後高齢患者の自律神経活動は、手術侵襲により朝ではなく夜の自律神経活動が低下していることが明らかになり、夜の副交感神経活動が低下していることが示唆された。そして、入院前の就寝時間が0時以降の患者は術後に副交感神経活動が低下していることが明らかになり、入院前の睡眠習慣は術後の自律神経活動と関連していた。これらのことから、術後の自律神経活動の変調を整えるためには、夜の副交感神経活動を亢進させるための支援、ならびに入院前からの睡眠習慣への支援が必要であると考えられる。

目次

要旨

第Ⅰ章 序章	1
1. 背景：現状と学術的背景	1
2. 研究目的	2
用語の定義	2
本論文の構成	2
3. 研究方法	3
1) 対象者	3
2) 調査内容およびデータ収集方法	3
3) データ分析方法	5
4) 倫理的配慮	5

第Ⅱ章 整形外科術後高齢患者における心拍数と自律神経活動の経時的変化、 および関連要因の検討	7
1. 整形外科術後高齢患者における心拍数と自律神経活動の経時的変化	7
はじめに	7
研究方法	8
結果	10
考察	10
結論	12
表 1	13
表 2	14
図 1	14
図 2	14
2. 整形外科術後高齢患者における心拍数と自律神経活動の経時的変化に関連する 要因	15
1) 手術侵襲等、対象者の身体的背景との関連	15
(1) 性別	15
(2) BMI	15
(3) 術式	15
(4) 麻酔終了時間	16
2) 術後疼痛、睡眠満足度との関連	16
(1) 追加鎮痛薬の有無	16
(2) 睡眠満足度 (VAS)	16

3) 入院前の生活習慣との関連	17
(1) 入院前の就寝時間	17
(2) 入院前の食事時間の規則性	17
考察	18
表 3	20
表 4	21
表 5	21
3. 整形外科術後高齢患者のせん妄発症と心拍数、自律神経活動および背景要因との 関連	22
1) 術後せん妄発症と心拍数、自律神経活動との関連	22
2) 術後せん妄発症と術後疼痛の程度 (VAS)、睡眠満足度 (VAS) との関連	22
3) 術後せん妄発症と病床環境との関連	22
4) 術後せん妄発症と入院前の生活習慣 (就寝時間、食事時間の規則性) との関連	22
考察	22
表 6	24
表 7	24
表 8	24
表 9	24
第Ⅲ章 総合考察	25
1. 整形外科術後高齢患者における心拍数と自律神経活動の経時的変化、 および関連要因の検討	25
2. 看護支援への示唆	25
3. 本研究の限界と課題	26
4. 結論	27
謝辞	28

文献リスト

資料 : Chieko Tan, Nao Saito, Ikuko Miyawaki. Changes in heart rate and autonomic nervous activity after orthopedic surgery in elderly Japanese patients. Kobe J. Med. Sci. 62(5), 2016. In Press.

第 I 章 序章

1. 背景：現状と学術的背景

我が国では、超高齢社会と医療技術の進歩により、侵襲の高い外科治療を受ける高齢者が増えている¹⁾。術後せん妄は、術後高齢患者にしばしば認められる合併症である。一般人口におけるせん妄有病率は1～2%であるが、総合病院への入院時には14～24%に上り、入院中に6～56%に増加すると言われている²⁾。またその頻度は、冠動脈バイパス術では30%、大腿骨頸部骨折では50%と高く、高齢、脳器質性疾患の存在によりさらに増加する³⁾。せん妄は、入院期間の延長、患者のADL低下と関連があり、死亡率の増加、認知症のリスクの増加、医療費の増大につながる事が指摘されている⁴⁾。せん妄は、認知力低下によって転倒・転落、ライン類の抜去等の事故に結びつきやすく、必要な治療、看護が困難になることが大きな問題であり、予防のために抑制や鎮静を強いてしまう現状がある。また、せん妄症状により必要な安静が守れない、眠れずに興奮状態になる、大声を出すことへの対応に追われることによる看護師の負担は大きい。さらに、このような患者の急激な変化は、家族の動揺や付き添いによる疲弊を生むと考えられる。

せん妄治療ガイドライン (American Psychiatric Association, 2006) には、薬物療法などの身体的介入、刺激を調節し安心感を提供するような環境および支持的介入を併用することが治療原則に記載されている。そして、臨床におけるせん妄治療の目標は、せん妄の発症予防、早期離脱である。しかし、せん妄発症要因の構造の複雑さから、臨床現場で高い効果を発揮するような予防効果のある看護支援方法が確立している状況とは言い難く⁵⁾、侵襲が大きく多くの介入を必要とする術後患者のせん妄症状に難渋する現状がある。Inouye ら⁶⁾は、睡眠障害、不動に対する介入を含む、6項目の予防的介入を行い、せん妄発症が有意に低かったことを報告している。また、Shigeta ら⁷⁾は、せん妄を起こす患者は術前に比べてメラトニン分泌に変調を来すことを報告している。これらの先行研究は、せん妄の発症や重症化には睡眠や活動のリズムの変化が影響していることを示唆している。すなわち、せん妄の発症や重症化には自律神経活動の変調が関連していることが推察される。

心拍変動測定は、非侵襲的な自律神経機能評価方法であり、心拍変動パワースペクトル解析により自律神経動態を交感神経活動、副交感神経活動に分離定量化して評価できる⁸⁾。ヒトは手術侵襲を受けると、身体の恒常性維持のために交感神経が刺激される。それにより心拍数の増加、末梢血管の収縮による血圧の上昇などが起こる⁹⁾。これに加え、高齢者においては加齢に伴い心臓迷走神経活動レベルは低下し¹⁰⁾、心拍変動の振幅は減少することが明らかにになっている^{11, 12)}。したがって高齢者は手術侵襲により自律神経活動のバランスが崩れやすく、焦燥感や不眠などの自律神経失調症状を引き起こしやすいと考えられる。術後の自律神経障害についてはいくつか先行研究がある。Zang ら¹³⁾は高齢患者において術後1日

目、2 日目の夜間の自律神経活動は術前に比べて有意に低下することを報告している。Hansen ら¹⁴⁾は、乳癌摘出後患者の夜間の副交感神経活動が低下することを報告している。術後の自律神経障害については様々な患者背景のもとに検討が続けられている。しかし、術後高齢患者の自律神経活動を術前から術後 3 日目まで継続的に観察し、その特徴を報告した研究は見当たらない。術後の自律神経活動の経時的変化を把握した上で、せん妄発症と自律神経活動、ならびに術後の疼痛や睡眠状況などとの関連を明らかにすることにより、術後せん妄発症予防のための看護支援の適切なタイミングや効果的な看護支援方法の示唆を得ることが可能になると考えられる。

2. 研究目的

術後せん妄発症予防に効果的な看護支援方法を検討するための基礎データを得るために、整形外科術後高齢患者の自律神経活動の経時的変化、およびこれらに関連する要因を明らかにすることを目的とした。

なお、本研究では、心拍変動による自律神経活動評価に影響が少なく、かつ、高齢者が多く、治療に伴う安静時間が長いために術後せん妄を認めやすい整形外科術後患者を対象とした。

用語の定義

本研究において、以下のように用語を定義した。

- 1) 術後せん妄：せん妄は、米国精神医学会によって「意識障害、および短期間に生じる認識の変化」として定義された症候群であり¹⁵⁾、術後せん妄は通常手術後 1～3 日の間にピークに達し、手術や麻酔を受けた患者に現れるせん妄の形式⁴⁾と定義した。
- 2) 整形外科術後患者：本研究においては、整形外科病棟において人工膝関節全置換術 (TKA)・人工膝関節単顆置換術 (UKA)、人工股関節全置換術 (THA)、脊椎変性疾患に対する手術を受けた患者と定義した。

本論文の構成

第 I 章では、本研究の背景と研究目的および研究方法について述べる。第 II 章は 3 節からなり、第 1 節では整形外科術後高齢患者の心拍数と自律神経活動の経時的変化について明らかにした研究について述べる (第 1 節の内容は *Kobe Journal of Medical Sciences* 62 巻 5 号 (2016) へ掲載予定の論文である)。第 2 節は、整形外科術後高齢患者における心拍数と自律神経活動の経時的変化と、性別や術式等の患者の背景要因、術後疼痛、睡眠満足度、入院前の生活習慣との関連について、第 3 節では、整形外科術後高齢患者のせん妄発症と心拍数、自律神経活動および背景要因との関連について検討した結果を述べる。第 III 章は総合考察とし、看護支援への示唆、本研究の限界と課題、結論を述べる。

3. 研究方法

1) 対象者

A 病院の整形外科病棟に入院中の 65 歳以上の患者で、人工膝関節全置換術 (TKA)・人工膝関節単顆置換術 (UKA)、人工股関節全置換術 (THA)、脊椎変性疾患に対する手術を予定している患者とし、本研究への承諾が得られた 49 名を対象とした。調査にあたっては、主治医の許可が得られた患者とした。

本研究では、自律神経活動に影響を及ぼす、以下の背景をもつ患者を除外対象とした。β 遮断薬を内服している患者、脳血管疾患患者 (自律神経障害を呈する場合)、糖尿病と診断されている患者、加えて、研究者の指示に従うことが困難である患者 (認知症をもつ患者など) を除外対象とした。

2) 調査内容およびデータ収集方法

調査期間は、平成 25 年 7 月～11 月、平成 26 年 6 月～11 月であった。本研究は、以下に示した研究プロトコールに従って調査を実施した。術後せん妄は通常術後 1～3 日に起こる⁴⁾とされているため、調査を行う日数は術前の 1 日と術当日および術後 3 日間とした。

(1) 自律神経活動：心拍変動 (HRV: Heart Rate Variability)

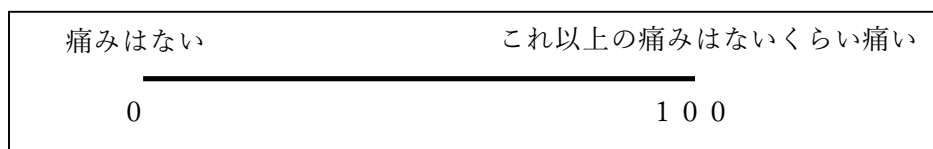
フクダ電子心電計 FX-8222 を用いて II 誘導の心電図記録から R-R 間隔を測定した。本研究では 5 分間 (200 拍) 心電図を基準とする短時間心拍変動を用いて、ゆらぎ現象を低周波成分 (LF: low-frequency component, 0.04～0.15Hz) と高周波成分 (HF: high-frequency component, >0.15Hz) の周波数に分けてスペクトル分析を行った。スペクトルの計算には、Fast Fourier Transform (FFT) を用いた (LabVIEW, National Instruments, Tokyo, Japan)。本研究では、術後患者の身体的・精神的負担を最小限にするため、間歇的測定法を用いた。研究者は患者の病室を 1 日に 2 回、10:00 と 20:00 に訪問した。測定は患者の自室で行い、毎回約 15 分の安静臥床後に臥位にて測定した。なお、測定の 3 時間前からはカフェインの入った飲み物の摂取は控え、食事を摂ってから 2 時間あけて測定できるよう調整した。また、心臓迷走神経活動を交感神経活動から分離して評価するために、呼吸数が 9 回/分以上 (交感神経の伝達可能周波数限界である 0.15Hz 以上) であることを確認しながら行った。測定に際し、気温、湿度は院内環境に準じ、音、照度は毎回測定しできる限り一定になるよう配慮をした。

LF、HF のデータは正規分布ではないため、自然対数 (ln) に変換したデータを分析に用いた。LF 成分は副交感神経活動と交感神経活動の両者を反映し、HF 成分は副交感神経活動を反映する¹⁶⁾ものとした。なお、最大値 (平均値) - 最小値 (平均値) により最大変動値を求め、変動幅を示した。

(2) 術後疼痛：術後疼痛 Visual Analog Scale (VAS：視覚アナログスケール)

VAS の信頼性、妥当性はこれまで多くの先行研究で示されており、感度が高く、急性疼痛の評価の信頼性が高いことが示されている¹⁷⁾。「0」を「痛みはない」状態、「100」を「こ

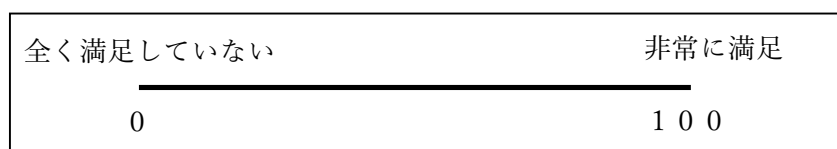
れ以上の痛みはないくらい痛い（これまで経験した一番強い痛み）」状態として、対象者に現在の痛みが 10cm の直線上のどの位置にあるかを示してもらった。研究者が患者の病室を 1 日に 2 回、10:00 と 20:00 に訪問し、データを得た。



本研究では、全ての対象者が定期鎮痛薬の処方によって疼痛コントロールがなされていた。したがって、VAS の評価と合わせて追加鎮痛薬の有無でも術後疼痛の評価を行なった。

（３）睡眠満足度：睡眠満足度 Visual Analog Scale [VAS：視覚アナログスケール]

「0」を「非常に満足している」状態、「100」を「全く満足していない」状態として、対象者に昨晚の睡眠の満足度が 10cm の直線上のどの位置にあるかを示してもらった。研究者が患者の病室を 10:00 に訪問した際に、データを得た。



（４）せん妄の有無と重症度：日本語版ニーチャム混乱・錯乱状態スケール（J-NCS）

The NEECHAM Confusion Scale(NCS)は Neelon らによって開発されたスケールであり、せん妄の重症度だけでなく、予測や早期発見にも優れていることが評価されている。また、信頼性・妥当性は非常に高いことが示されている¹⁸⁾。日本語版のニーチャム混乱・錯乱状態スケール（J-NCS）は綿貫らによって開発され、患者と看護師の通常のケアの中で行われる言語的・非言語的コミュニケーションと酸素飽和度を含むバイタルサインによってせん妄の重症度を測定できる¹⁹⁾。松田らが J-NCS の信頼性・妥当性を検討した結果、内部一貫性による信頼性係数が高く、NCS の構造とほぼ同一であり、臨床における術後患者のアセスメントツールとして有用であることが示されている²⁰⁾。J-NCS スケールは認知・情報処理、行動、生理学的コントロールの 3 分野 9 項目からなり、30 点満点で得点が高いほど正常に近いことを示し、24 点以下でせん妄と判断した。なお、受け持ち看護師が、検温時のコミュニケーションなど日常の看護ケアを通して評価した。

（５）患者背景：診療録の閲覧および面接

・診療録から得たデータ

年齢、性別、身長、体重、既往疾患、診断名、術式、麻酔終了時間、ドレーンからの排液量、鎮痛薬・睡眠薬・向精神薬を使用した場合は、薬剤名と使用時間、血液データ

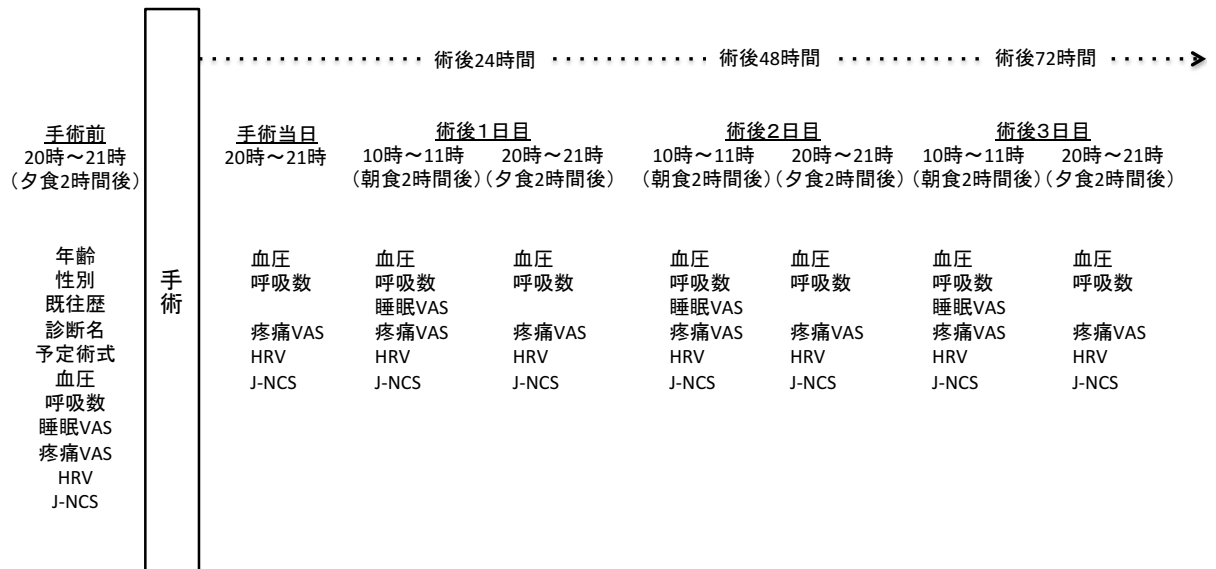
・患者への聞き取りから得たデータ

入院中および入院前の起床時間・就寝時間、食事摂取時間

なお、これらは、研究者がデータ収集した。

【調査の流れ】

上記の調査内容を、以下の流れで行う。術後せん妄は通常術後 1～3 日に起こる⁴⁾とされているため、調査を行う日数は術後 3 日間とした。



研究プロトコール

3) データ分析方法

術後の心拍数、自律神経活動の経時的な変化の検討には反復測定分散分析 (F 値) および Friedman 検定 (χ^2 値) を用いた。反復測定分散分析では、Mauchly の球面性検定を行い、有意であった場合には Greenhouse-Geisser 修正による検定を行った。事後テストには Tukey 検定を用いた。性別、BMI、術後疼痛、睡眠満足度による心拍数、自律神経活動の差の検定には 2 標本 t 検定を用いた。なお睡眠満足度は、術前から術後 3 日目までの睡眠満足度 (VAS) の平均値が 60 点未満の群と 60 点以上の群に分けて分析を行った。術式および麻酔終了時間による心拍数、自律神経活動の差の検定には一元配置分散分析を用いた。入院前の生活習慣 (就寝時間、食事の不規則性：欠食がある、食事時間に 1 時間以上のズレがある) による心拍数、自律神経活動の差の検定、および術後せん妄発症の有無による心拍数、自律神経活動、術後疼痛、睡眠満足度、病床環境の差の検定には Mann-Whitney の U 検定を用いた。せん妄発症の有無と入院前の習慣 (睡眠時間、食事の規則性) の関連の検討には χ^2 検定を用いた。計算には SPSS Statistics 21 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) を使用し、有意水準は 5% とした。

4) 倫理的配慮

調査対象者には、担当医の許可を得た後、対象者に研究者が文書ならびに口頭にて、研究の目的、調査方法について説明した。その際、研究協力は自由意志であること、承諾後

も断ることができること、断った後も治療上、看護上の不利益を受けることはないこと、調査は心身の負担にならないように配慮すること、得られた情報は厳守されること、学術資料以外の目的で使用しないことについて説明をした。本調査への同意が得られた場合は、リハビリや検査など患者の治療の妨げにならないよう受け持ち看護師と調整をした上で調査を行った。なお、本研究は神戸大学大学院保健学研究科倫理委員会の承認を得て行った（承認番号：227）。

第Ⅱ章 整形外科術後高齢患者における心拍数と自律神経活動の経時的変化、および関連要因の検討

第Ⅱ章は、第 1 節では整形外科術後高齢患者の心拍数と自律神経活動の経時的変化について明らかにした研究について述べる。第 2 節は、整形外科術後高齢患者における心拍数と自律神経活動の経時的変化と、性別や術式等の患者の背景要因、術後疼痛、睡眠満足度、入院前の生活習慣との関連について、第 3 節では、整形外科術後高齢患者のせん妄発症と心拍数、自律神経活動および背景要因との関連について検討した結果を述べる。

1. 整形外科術後高齢患者における心拍数と自律神経活動の経時的変化

はじめに

我が国では、超高齢社会と医療技術の進歩により、侵襲の高い外科治療を受ける高齢者が増えている¹⁾。術後せん妄は、術後高齢患者にしばしば認められる合併症である。術後せん妄は 65 歳以上の患者の 15～53%に発症し、ICU に入室する高齢者の 70～87%が発症するとの報告もある²⁾。せん妄は、ICU 入院期間の延長、人工呼吸器装着期間の延長、患者の ADL 低下と関連があり、死亡率の増加、認知症のリスクの増加、医療費の増大につながることを指摘されている⁴⁾。せん妄は、認知力低下によって転倒・転落、ライン類（輸液ライン、ドレーン、尿道カテーテルなど）の抜去等の事故に結びつきやすく、必要な治療、看護が困難になることが大きな問題である。せん妄の予防、早期離脱を目的として、術後の環境整備や薬物療法が行われているが、臨床で高い効果を発揮するような予防効果のある看護支援は、まだ確立していない⁵⁾。

せん妄の主な症状のひとつに、概日リズム障害（睡眠障害）がある²¹⁾。Inouye ら⁶⁾は、睡眠障害、不動に対する介入を含む、6 項目の予防的介入を行い、せん妄発症が有意に低かったことを報告している。また、Shigeta ら⁷⁾は、せん妄を起こす患者は術前に比べてメラトニン分泌に変調を来すことを報告している。これらの先行研究は、せん妄の発症や重症化には睡眠や活動などの生活リズムの変化が影響していることを示唆している。Ono ら²²⁾は、食道切除術後患者へ光療法を行い、自律神経活動を指標の一つとして有用性を検討した。その結果、光療法は睡眠覚醒サイクルを調整することが明らかになり、術後せん妄を予防する可能性があることを報告した。これらの先行研究から、せん妄の発症や重症化には自律神経活動の変調が関連していることが推察される。

心拍変動測定（HRV）は、自律神経系の機能の評価および臨床疾患の病期分類に有用である²³⁾。また、心拍変動測定は、非侵襲的な自律神経機能評価方法であり、心拍変動パワースペクトル解析により自律神経動態を交感神経活動、副交感神経活動に分離定量化して評価できる⁸⁾。ヒトは手術侵襲を受けると、身体の恒常性維持のために交感神経が刺激される。

それにより心拍数の増加、末梢血管の収縮による血圧の上昇などが起こる⁹⁾。これに加え、高齢者においては加齢に伴い心臓迷走神経活動レベルは低下し¹⁰⁾、心拍変動の振幅は減少することが明らかになっている^{11,12)}。したがって高齢者は手術侵襲により自律神経活動のバランスが崩れやすく、焦燥感や不眠などの自律神経失調症状を引き起こしやすいと考えられる。術後の自律神経障害についてはいくつか先行研究がある。Zang ら¹³⁾は高齢患者において術後 1 日目、2 日目の夜間の自律神経活動は術前に比べて有意に低下することを報告している。Hansen ら¹⁴⁾は、乳癌摘出後患者の夜間の副交感神経活動が低下することを報告している。術後の自律神経障害については様々な患者背景のもとに検討が続けられている。しかし、術後高齢患者の自律神経活動を術前から術後 3 日目まで継続的に観察し、その特徴を報告した研究は見当たらない。術後の自律神経活動の経時的変化を把握した上でせん妄発症患者の自律神経活動の特徴が明らかになれば、せん妄発症予防のための看護支援の適切なタイミングや効果的な看護支援の示唆を得ることが可能になると考えられる。そこで本研究では、整形外科術後高齢患者の心拍数と自律神経活動の経時的変化を明らかにすることにより、術後せん妄発症予防に効果的な看護支援方法を検討するための基礎データを得ることを研究目的とした。

研究方法

1. 対象

A 病院の整形外科病棟に入院中の 65 歳以上の患者で、人工膝関節全置換術 (TKA)・人工膝関節単顆置換術 (UKA)、人工股関節全置換術 (THA)、脊椎変性疾患に対する手術を予定している患者とし、本研究への承諾が得られた 49 名を対象とした。調査にあたっては、主治医の許可が得られた患者とした。

本研究では、自律神経活動に影響を及ぼす、以下の背景をもつ患者を除外対象とした。β 遮断薬を内服している患者、脳血管疾患患者 (自律神経障害を呈する場合)。加えて、研究者の指示に従うことが困難である患者 (認知症と診断されている患者など) を除外対象とした。

2. 調査内容およびデータ収集方法

調査期間は、平成 25 年 7 月から平成 26 年 11 月までの間の 11 ヶ月であった。術後せん妄は通常術後 1～3 日に起こる⁴⁾とされているため、調査を行う日数は術前の 1 日と術当日および術後 3 日間とした。

1) 自律神経活動：心拍変動 (HRV: Heart Rate Variability)

フクダ電子心電計 FX-8222 を用いて II 誘導の心電図記録から R-R 間隔を測定した。本研究では 5 分間 (200 拍) 心電図を基準とする短時間心拍変動を用いて、ゆらぎ現象を高周波成分 (HF: high-frequency component, >0.15Hz) と低周波成分 (LF: low-frequency component, 0.04～0.15Hz) の周波数に分けてスペクトル分析を行った。スペクトルの計算には、Fast Fourier Transform (FFT) を用いた (LabVIEW, National Instruments, Tokyo, Japan)。本

研究では、術後患者の身体的・精神的負担を最小限にするため、間歇的測定法を用いた。研究者は患者の病室を1日に2回、10:00と20:00に訪問した。測定は患者の自室で行い、毎回約15分の安静臥床後に臥位にて測定した。なお、測定の3時間前からはカフェインの入った飲み物の摂取は控え、食事を摂ってから2時間あけて測定できるよう調整した。また、心臓迷走神経活動を交感神経活動から分離して評価するために、呼吸数が9回/分以上（交感神経の伝達可能周波数限界である0.15Hz以上）であることを確認しながら行った。測定に際し、気温、湿度は院内環境に準じ、音、照度は毎回測定しできる限り一定になるよう配慮をした。

LF、HFのデータは正規分布ではないため、自然対数（ln）に変換したデータを分析に用いた。LF成分は副交感神経活動と交感神経活動の両者を反映し、HF成分は副交感神経活動を反映する¹⁶⁾ものとした。なお、最大値（平均値）－最小値（平均値）により最大変動値を求め、変動幅を示した。

2) 患者背景

せん妄の有無および重症度の評価には、日本語版ニーチャム混乱錯乱（J-NCS）スケールを用いた¹⁹⁾。受け持ち看護師が、検温時のコミュニケーションなど日常の看護ケアを通して評価した。加えて、睡眠満足度および術後疼痛は視覚アナログスケール（Visual Analog Scale : VAS）を用いて研究者が評価した。睡眠満足度の評価は10:00に、術後疼痛の評価は10:00と20:00に行った。

患者の年齢、性別、既往歴、診断名、術式、血液データの情報は診療録から得た。

3. データ分析方法

術後のHR、自律神経活動の経時的な変化の検討には反復測定分散分析（F値）を用いた。反復測定分散分析では、Mauchlyの球面性検定を行い、有意であった場合にはGreenhouse-Geisser修正による検定を行った。事後テストにはTukey検定を用いた。計算にはSPSS Statistics 21（IBM Corp., Armonk, NY, USA）を使用し、有意水準は5%とした。

4. 倫理的配慮

本研究は神戸大学大学院保健学研究科倫理委員会の承認を得て行った（承認番号：227）。プロトコールはヘルシンキ宣言に従って作成した。調査対象者には、担当医の許可を得た後、対象者に研究者が文書ならびに口頭にて、研究の目的、調査方法について説明した。本調査への同意が得られた場合は、リハビリや検査など患者の治療の妨げにならないよう受け持ち看護師と調整をした上で調査を行った。

結 果

1. 対象者の背景

対象者の背景は、表 1 に示した。調査期間中に主治医の許可が得られ、調査の同意が得られたのは 49 例であった。49 例のうち、糖尿病 4 例、欠損値のある者 13 例を除いた 32 例を分析対象とした。対象者の年齢は 74.4 ± 5.7 歳（平均値 $\pm$ 標準偏差）、性別は男性 9 例、女性 23 例、Body Mass Index (BMI) は 24.8 ± 3.0 kg/m² であった。全対象者のうち、せん妄有りと判断されたのは 3 例であった。全対象者が鎮痛薬の定期処方を受けていた。

2. 整形外科術後高齢患者の心拍数と自律神経活動の経時的変化

整形外科術後高齢患者の心拍数（以下 HR とする）と自律神経活動の経時的変化を表 2 に示した。

HR は、術前夜 (65.6 ± 7.4 bpm) から術当日夜 (73.0 ± 10.8 bpm) にかけて上昇し、その後ゆるやかな上昇を続け、術後 2 日目夜 (79.6 ± 12.4 bpm) に最大値となり、その後ゆるやかに下降していた。術前から術後 3 日間の期間において有意な経時的変化が認められ ($F=25.592$, $p<0.001$)、手術前に比べ術当日夜から術後 3 日目夜まで有意に高値であった ($p<0.001$)。lnLF は、術前朝 (4.4 ± 1.2 ms²) から術前夜 (4.9 ± 1.3 ms²) にかけて上昇し最大値となった後、術前よりも低い値で横ばいに推移していた。術前から術後 3 日間の期間において有意な経時的変化が認められ ($F=4.151$, $p<0.001$)、術前夜に比べ術後 1 日目朝から術後 3 日目夜まで有意に低値であった ($p=0.001 \sim 0.028$)。lnHF は、術前朝 (4.5 ± 1.3 ms²) から術前夜 (4.9 ± 1.4 ms²) にかけて上昇し最大値となったあと、術前よりも低い値で横ばいに経過していたが、有意な上昇や下降は認められなかった ($F=1.401$, $p=0.197$)。

3. 朝と夜における心拍数と自律神経活動の変化

朝と夜における心拍数の変化を図 1 に示した。HR は、朝夜ともに術前に比べて術後は有意に高値であった ($p<0.001$)。

朝の lnLF は、術前から術後にかけての有意な変化は認められなかった。しかし、夜の lnLF は術前に比べて術後 1 日目夜 ($p=0.003$)、術後 2 日目夜 ($p<0.001$)、術後 3 日目夜 ($p=0.001$) で有意に低値であった (図 2)。lnHF は、朝夜ともに術前から術後にかけての有意な変化はなかった。

考 察

術後せん妄発症予防に効果的な看護支援方法を検討するための基礎データを得るため、整形外科術後高齢患者を対象に HR と自律神経活動の経時的変化について検討した。その結果、手術侵襲により HR は術前に比べ術当日夜から術後 3 日目まで有意に高値になること、自律神経活動は、朝は術前から術後にかけての変化はないが夜は術前に比べ術後 1 日目から術後 3 日目まで有意に低値になることが明らかになった。

HR は術前に比べ術当日夜から術後 3 日目まで有意に高値であった。術後患者は重要臓器（脳、心臓、骨格筋）への血液のかん流をより良くするために心拍数が増加する⁹⁾。したがって、本研究において術後に HR の上昇を認めたことは手術侵襲に対する生体反応として妥当な結果であると考ええる。

術後に lnLF が術後に有意に低値であったことは、術後の患者には自律神経活動の機能低下が起こっていることを示している。Zang ら¹³⁾ は DM の有無による術後高齢患者の自律神経活動の推移の違いを明らかにすることを目的に、術前日、術後 1 日目、2 日目の 23 時から翌日 7 時までの自律神経活動を計測した。その結果、DM の有無に関わらず lnLF は、術前に比べ術後 1 日目に有意に低下したことを報告している。したがって、本研究で得られた結果は、Zang らの結果と一致しており、さらに lnLF の低下は術後 1 日目だけではなく術後 3 日目まで続くことを明らかにすることができた。前述の通り、LF 成分は副交感神経活動と交感神経活動の両者を反映し、HF 成分は副交感神経活動を反映する¹⁶⁾。本研究において lnLF 値が術後の夜に有意に低下したのは、本研究において HR が術後に有意に高値であったこと、先行研究^{13, 14)}において術後の夜間の副交感神経活動が術前に比べて有意に低下することが明らかになっていることの 2 点により副交感神経活動が手術侵襲により低下したからであると考ええる。しかし、本研究では副交感神経活動の低下は認めていない。副交感神経活動は呼吸の影響を大きく受けるため、副交感神経活動の評価を行う際には呼吸数をコントロールすることが望ましい¹⁰⁾。しかしながら、術後患者に呼吸調整を行うことは現実的ではなく、正確な副交感神経活動の測定が困難であったことは本研究の限界である。

本研究において、夜の自律神経活動は術後に低下したのに対して、朝の自律神経活動は術前・術後を通して変化がなかった。このメカニズムは不明であるが、朝には、副交感神経活動の低下により交感神経活動が優位になることが要因となった可能性がある。さらなる調査が必要である。

本研究の限界を以下に述べる。一施設の整形外科術後高齢患者を対象としていること、術式（TKA・UKA、THA、脊椎変性疾患に対する手術）による手術侵襲の違いを考慮できていないこと、術後の輸血の影響を考慮できていないこと、患者の負担を考慮し間歇的測定方法を採用したため連続的な自律神経活動のデータは得られていないこと、調査期間中に使用された薬剤の影響を考慮できていないことである。

今後は、術後の自律神経活動の推移をより詳細に連続的に把握した上で、せん妄発症の有無や重症度による自律神経活動を分析し、術後せん妄発症予防に効果的な看護支援方法を具体的に検討していく必要がある。

結 論

手術侵襲により、HR は術前に比べて有意に高い値が術当日から術後 3 日目まで続くこと、自律神経活動は朝は術前と比べ変化がないのに対し、夜は術前に比べて術後 1 日目から術後 3 日目まで有意に低値であることが明らかになった。これらのことから、手術後の夜には副交感神経活動が低下していることが示唆された。

表 1 対象者の背景

		n=32
年齢 (歳)	mean	74.4
	SD	5.7
性別(男性/女性)		9/23
Body mass index (kg/m ²)	mean	24.8
	SD	3.0
体温(°C)	mean	36.3
	SD	0.6
収縮期血圧(mmHg)	mean	117.7
	SD	13.5
拡張期血圧(mmHg)	mean	62.6
	SD	6.8
Hb(g/dl)	mean	12.4
	SD	1.3
WBC(×10 ² /μl)	mean	54.5
	SD	11.4
CRP(mg/dl)	mean	0.129
	SD	0.142
術式		
TKA, UKA		11
THA		10
脊椎変性疾患に対する手術		11
麻酔終了時間		
10:30～13:30		11
13:30～17:00		13
17:00～20:30		8
麻酔時間(min)	mean	224.2
	SD	82.8
ドレーン排液量(ml)	mean	314.4
	SD	285.3
せん妄		
有		3
無		29

Notes:TKA=人工膝関節全置換術 (total knee arthroplasty) ,UKA=人工膝関節単顆置換術 (unicompartmental knee arthroplasty) ,THA=人工股関節全置換術 (total hip arthroplasty)

Hb=ヘモグロビン (hemoglobin) 、WBC=白血球 (white blood cell) 、CRP=Cタンパク反応 (C-reactive protein)

表 2 整形外科術後高齢患者の心拍数と自律神経活動の経時的変化 (n=32)

	術前		術当日	術後1日目		術後2日目		術後3日目		最大 変動値	統計量(F)	p
	朝	夜	夜	朝	夜	朝	夜	朝	夜			
HR (bpm)	66.3±8.37	65.6±7.4	73.0±10.8	74.9±10.1	78.7±12.3	77.9±12.3	79.6±12.4	75.4±10.7	75.3±10.6	14	25.592	0
lnLF (ms ²)	4.4±1.2	4.9±1.3	4.3±1.4	4.0±1.2	4.0±1.3	3.9±1.5	3.8±1.1	4.1±1.4	4.0±1.3	1.1	4.151	0
lnHF (ms ²)	4.5±1.3	4.9±1.4	4.6±1.4	4.3±1.4	4.3±1.8	4.3±1.8	4.1±1.7	4.4±1.5	4.2±1.4	0.7	1.401	0.197

Data are mean±SD HR: Heart Rate, LF: Low Frequency, HF: High Frequency

統計量: 反復測定分散分析(F値) 最大変動値: 最大値(平均値) - 最小値(平均値)。9ポイントの測定値における変動幅を示す。

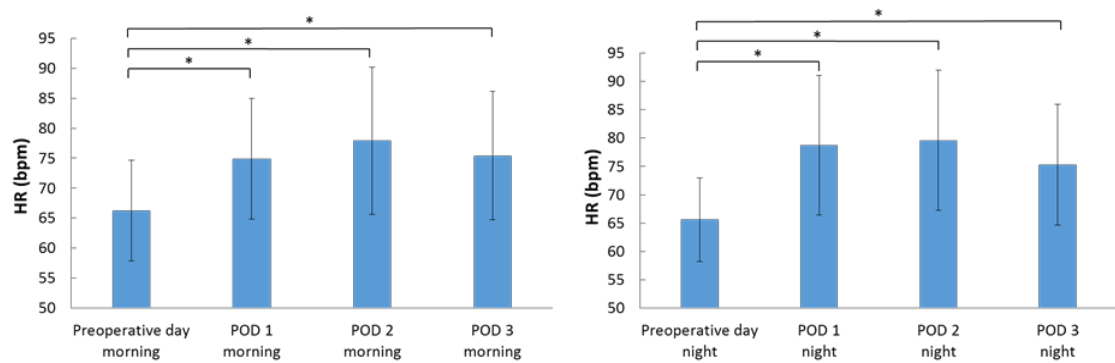


図 1. 朝と夜における心拍数の変化

Data are presented as a mean ± standard deviation. POD: postoperative day; HR: heart rate.

*p < 0.01 according to the Tukey post hoc test.

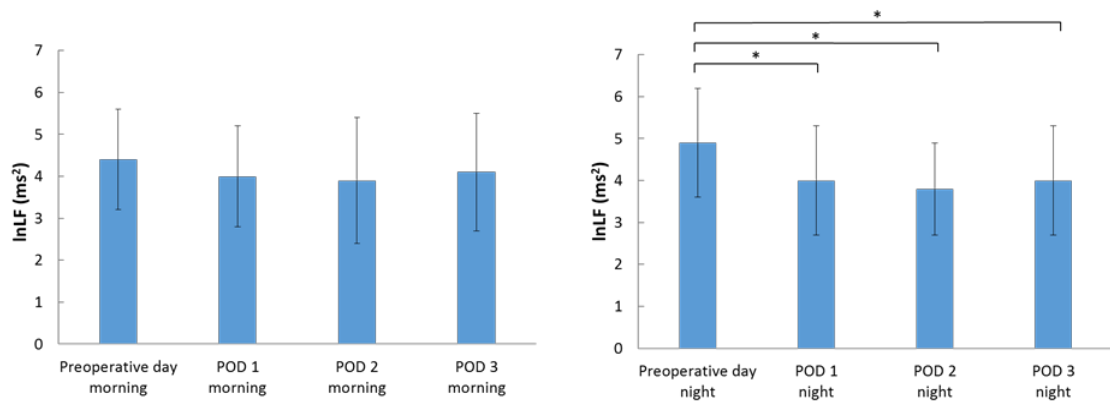


図 2. 朝と夜における lnLF の変化

Data are presented as a mean ± standard deviation. POD: postoperative day; lnLF, natural log of low frequency. *p < 0.01 according to the Tukey post hoc test.

2. 整形外科術後高齢患者における心拍数と自律神経活動の経時的変化に関連する要因

結 果

1) 手術侵襲等、対象者の身体的背景との関連

手術侵襲等、対象者の身体的背景と心拍数、自律神経活動との関連は表 3 に示した。

(1) 性別

HR は、男性 (n=9)・女性 (n=23) とともに術前から術後 3 日間の期間において有意な経時的変化が認められた ($F=9.503, p<0.001$ 、 $F=17.154, p<0.001$)。術後 1 日目の朝を除く全ての時点において男性より女性の方が高値であったが、有意な差は認められなかった。lnLF は、女性は術前夜 ($4.90 \pm 1.19 \text{ ms}^2$) を最大値として有意な経時的変化が認められた ($F=3.420, p=0.001$) が、大きな変動幅ではなかった。男性の変動幅は女性よりも大きかったが、有意な経時的変化は認められなかった ($F=2.187, p=0.090$)。性別による lnLF の有意差は認められなかった。lnHF は男性・女性とも、術前から術後 3 日間の期間において有意な経時的変化は認められなかった ($F=0.266, p=0.975$ 、 $F=1.735, p=0.094$)。性別による lnHF の有意差は認められなかった。

(2) Body Mass Index (BMI)

HR は、 $\text{BMI}<25 \text{ kg/m}^2$ の群 (n=18)、 $\text{BMI} \geq 25 \text{ kg/m}^2$ の群 (n=14) とともに術前から術後 3 日間の期間において有意な経時的変化が認められた ($F=15.525, p<0.001$ 、 $F=11.802, p<0.001$)。 $\text{BMI}<25 \text{ kg/m}^2$ の群は $\text{BMI} \geq 25 \text{ kg/m}^2$ の群に比べ全ての測定時点で高値であり、術前朝に有意に高値を示した ($t=2.048, p=0.049$)。lnLF は、 $\text{BMI}<25 \text{ kg/m}^2$ の群は術前夜 ($4.58 \pm 1.16 \text{ ms}^2$) を最大値として有意な経時的変化が認められた ($F=2.830, p=0.007$) が、大きな変動幅ではなかった。 $\text{BMI} \geq 25 \text{ kg/m}^2$ の群は有意な経時的変化は認められなかった ($F=2.023, p=0.052$)。 $\text{BMI}<25 \text{ kg/m}^2$ の群は $\text{BMI} \geq 25 \text{ kg/m}^2$ の群に比べて、全ての時点において低値であったが、術後 3 日目朝に有意に低い値であった ($t=-2.081, p=0.046$)。lnHF は、 $\text{BMI}<25 \text{ kg/m}^2$ の群、 $\text{BMI} \geq 25 \text{ kg/m}^2$ の群ともに有意な上昇や下降は認められなかった ($F=1.198, p=0.318$ 、 $F=0.810, p=0.596$)。BMI 値による lnHF の有意な差はなかった。

(3) 術式

HR は、TKA・UKA (n=11)、THA (n=10)、脊椎変性疾患に対する手術 (n=11) 全てにおいて、術前から術後 3 日間の期間に有意な経時的変化が認められた ($F=8.045, p<0.001$ 、 $F=11.928, p<0.001$ 、 $F=9.657, p<0.001$)。TKA・UKA は THA、脊椎変性疾患に対する手術と比べて全ての測定時点で低値であったが、有意な差はなかった。lnLF は、THA においては、術前夜 ($5.25 \pm 1.32 \text{ ms}^2$) を最大値として有意な経時的変化が認められた ($F=2.629, p=0.015$) が、TKA・UKA、脊椎変性疾患に対する手術では有意な経時的変

化はなかった ($F=0.958, p=0.476, F=2.437, p=0.074$)。術式による $\ln LF$ の有意な差は認められなかった。 $\ln HF$ は、TKA・UKA、THA、脊椎変性疾患に対する手術全てで、術前から術後 3 日間の期間において有意な経時的変化はなかった ($F=0.831, p=0.578, F=1.675, p=0.195, F=0.958, p=0.448$)。術式による $\ln HF$ の有意な差は認められなかった。

(4) 麻酔終了時間

HR は、10:30 から 13:30 に終了した群 ($n=11$)、13:30 から 17:00 の間に終了した群 ($n=13$)、17:00 から 20:30 に終了した群 ($n=8$) 全てにおいて、術前から術後 3 日間の期間に有意な経時的変化が認められた ($F=6.682, p=0.001, F=12.4, p<0.001, \chi^2=42.139, p<0.001$)。13:30 から 17:00 の間に終了した群は、10:30 から 13:30 に終了した群に比べて術当日夜を除く全ての測定時点で HR が有意に高値であった ($F=4.467, p=0.015, F=7.187, p=0.003, F=5.575, p=0.011, F=7.957, p=0.001, F=8.107, p=0.001, F=9.001, p=0.001, F=11.074, p=0.000, F=10.372, p=0.000$)。また、13:30 から 17:00 の間に終了した群は、17:00 から 20:30 に終了した群よりも術前夜に有意に高値であった ($F=4.467, p=0.037$)。17:00 から 20:30 に終了した群は、10:30 から 13:30 に終了した群に比べて術後 1 日目朝と術後 3 日目に有意に高値であった ($F=5.575, p=0.041, F=11.074, p=0.011, F=10.372, p=0.037$)。 $\ln LF$ は、13:30 から 17:00 の間に終了した群では有意な経時的変化が認められた ($F=2.545, p=0.015$) が、10:30 から 13:30 に終了した群、17:00 から 20:30 に終了した群では有意な経時的変化はなかった ($F=0.762, p=0.637, \chi^2=9.029, p=0.340$)。麻酔終了時間による $\ln LF$ の有意な差はなかった。 $\ln HF$ は 3 群とも、ほぼ横ばいで経過していた ($F=0.521, p=0.837, F=1.182, p=0.319, \chi^2=9.562, p=0.297$)。麻酔終了時間による $\ln HF$ の有意な差はなかった。

2) 術後疼痛、睡眠満足度との関連

術後疼痛、睡眠満足度 (VAS) と心拍数、自律神経活動との関連は表 4 に示した。

(1) 追加鎮痛薬の有無

本研究では、全ての対象者が定期鎮痛薬の処方によって疼痛コントロールがなされていた。そのため、追加鎮痛薬の有無により術後疼痛の強さを評価した。HR は、追加鎮痛薬を使用した群 ($n=22$)、使用しなかった群 ($n=10$) とともに、術前から術後 3 日間の期間において有意な経時的変化が認められた ($F=18.01, p<0.001, F=9.561, p<0.001$)。追加鎮痛薬を使用した群は使用しなかった群と比べて全ての測定時点で高値であり、術前夜の値が有意に高値であった ($t=-2.229, p=0.033$)。 $\ln LF$ 、 $\ln HF$ は追加鎮痛薬の無い群が術前術後を通して有意な上昇や下降は認めなかった ($F=1.286, p=0.265, F=0.495, p=0.856$) のに対し、追加鎮痛薬が有る群では有意な経時的変化が認められた ($F=5.426, p<0.001, F=2.829, p=0.006$)。追加鎮痛薬の有無による $\ln LF$ 、 $\ln HF$ の有意な差はなかった。

(2) 睡眠満足度 (VAS)

HR は、睡眠満足度 (VAS) の平均値が 60 点未満の群 ($n=15$)、60 点以上の群 ($n=17$)

ともに、術前から術後 3 日間の期間において有意な経時的変化が認められた ($F=14.495$, $p<0.001$, $F=12.298$, $p<0.001$)。睡眠満足度 (VAS) の平均値が 60 点未満の群は、60 点以上の群に比べて常に高い値を示しており、術当日夜の値が有意に高かった ($t=2.222$, $p=0.034$)。lnLF は、睡眠満足度 (VAS) の平均値が 60 点未満の群 ($n=15$)、60 点以上の群とも、有意な経時的変化が認められた ($F=3.691$, $p=0.001$, $F=2.378$, $p=0.020$)。睡眠満足度 (VAS) による lnLF の有意な差はなかった。lnHF は、どちらの群も有意な上昇や下降は認められなかった ($F=0.753$, $p=0.645$, $F=1.462$, $p=0.177$)。睡眠満足度 (VAS) による lnHF の有意な差はなかった。

3) 入院前の生活習慣との関連

入院前の生活習慣と心拍数、自律神経活動との関連を表 5 に示した。

(1) 入院前の就寝時間

HR は、0 時より前に就寝している群 ($n=25$)、就寝時間が 0 時以降の群 ($n=7$) とともに、術前から術後 3 日間の期間において有意な経時的変化が認められた ($\chi^2=77.034$, $p<0.001$, $\chi^2=38.002$, $p<0.001$)。0 時より前に就寝している群は、術前夜から術当日に上昇した後はほぼ横ばいで経過しているのに対し、0 時以降に就寝している群では術当日以降の経時的な変動が大きい傾向があった。また、就寝時間が 0 時以降の群は、0 時より前に就寝している群に比べて各測定時点で高い値を示しており、術後 1 日目朝から術後 3 日目朝に有意に高値であった ($U=41.5$, $p=0.036$, $U=22$, $p=0.003$, $U=37$, $p=0.021$, $U=40.5$, $p=0.032$, $U=32$, $p=0.011$)。lnLF は、就寝時間が 0 時より前の群には有意な経時的変化が認められた ($\chi^2=16.823$, $p=0.032$) が、0 時以降に就寝している群では有意な上昇や下降は認められなかった ($\chi^2=13.067$, $p=0.11$)。0 時以降に就寝している群は 0 時より前に就寝している対象者に比べ、各測定時点で低値であり、術後 1 日目夜に有意に低値であった ($U=35$, $p=0.017$)。lnHF は、就寝時間が 0 時より前の群には有意な経時的変化が認められた ($\chi^2=17.461$, $p=0.026$) が、0 時以降に就寝している群では有意な上昇や下降は認められなかった ($\chi^2=12.622$, $p=0.126$)。0 時以降に就寝している群は 0 時より前に就寝している対象者に比べ、各測定時点で低値であり、術後 1 日目夜に有意に低値であった ($U=32$, $p=0.011$)。

(2) 入院前の食事時間の規則性

欠食がある、食事時間に 1 時間以上のズレがある場合を「食事時間が不規則」とした。HR は、入院前の食事時間が不規則である群 ($n=6$)、規則的である群 ($n=26$) とともに術前から術後 3 日間の期間において有意な経時的変化が認められた ($\chi^2=87.27$, $p<0.001$, $\chi^2=25.408$, $p=0.001$)。入院前の食事時間が不規則である群は、規則的である群に比べて各測定時点で低値であり、術前朝と術後 3 日目夜に有意に低値であった ($U=34.5$, $p=0.035$, $U=34$, $p=0.033$)。lnLF は、食事時間が規則的である群には有意な経時的変化が認められた ($\chi^2=29.767$, $p<0.001$) が、不規則である群には有意な上昇や下降は認められなかった ($\chi^2=11.84$, $p=0.158$)。入院前の食事時間が不規則である対象者は、食事時間が規則的である対象者に比べ、術当日夜を除く全ての測定時点で高い値を示しており、術後 3 日目夜に有意に高値

を示した ($U=36$, $p=0.043$)。lnHF は、食事時間が規則的である群には有意な経時的変化が認められたが ($\chi^2=26.811$, $p=0.001$)、不規則である群では有意な上昇や下降は認められなかった ($\chi^2=3.467$, $p=0.902$)。入院前の食事時間が不規則である群は、食事時間が規則的である群に比べ、各測定時点で高い値を示しており、術後 3 日目夜に有意に高値を示した ($U=32$, $p=0.026$)。

考 察

1) 手術侵襲等、対象者の身体的背景との関連

性別による HR、自律神経活動に差はなかった。村瀬ら²⁴⁾は、20 歳未満から 70 歳以上の健常者の心拍数と自律神経活動を調査した結果、60 歳以上では心拍数の性差は消失したと報告している。加えて、先行研究^{25, 26)}において、心拍変動指標には性差は認められないと報告されている。本研究の対象は 65 歳以上であり、心拍数、自律神経活動とも先行研究の結果と一致しており、術後においても性別による HR、自律神経活動に差はないことが示された。

本研究において、BMI による HR と自律神経活動の明らかな違いは認められなかった。交感神経活動の亢進は肥満およびメタボリックシンドロームを有する対象者に認められる特徴であり、高血圧および肥満を有する対象者における交感神経活動亢進の程度は、血圧および BMI の程度と密接に関連している²⁷⁾。心拍数においては、BMI < 25 kg/m² の非肥満群の方が高値である傾向があり、BMI ≥ 25 kg/m² の肥満群で交感神経の亢進は認められなかった。本研究の対象者には高度な肥満の者はおらず、術後においても自律神経活動に影響を及ぼさなかった可能性がある。

術式による HR と自律神経活動では、有意な差は認められなかった。本研究で対象とした 3 つの術式は、手術時間や術操作、術後ドレナージによる排液量など手術侵襲に違いがあるため、術後の HR や自律神経活動の推移の特徴が異なると予測したが、差はなかった。また、脊椎手術を受けた患者は術後 3 日目朝まで床上安静が必要であり、活動と休息による 24 時間の生活リズムが崩れやすいことが推察された。しかし、本研究においては、脊椎手術を受けた患者では自律神経活動の変調は認めなかった。

そして、麻酔が終了した時間の違いにより、術後の HR の推移に変調が認められた。17:00 から 20:30 の時間帯に麻酔が終了した群は 10:30 から 13:30 の時間帯に麻酔が終了した群に比べて、術後 1 日目朝と術後 3 日目の朝および夜に HR が有意に高値であった。13:30 までに麻酔が終了する患者は、消灯時間を迎えるまでの時間が十分にあり、術当日の夕方から食事開始となる場合が多いため、手術後であっても食事や就寝に向けた準備など生活リズムを整える機会がある。これに対して、17:00 以降に麻酔が終了する患者では、麻酔覚醒が十分でないことなどから、食事開始は手術翌日の朝以降であり、就寝への準備がないまま消灯時間を迎えることがほとんどである。本研究において 17:00 から 20:30 の時間帯に麻酔

が終了した群で術後の HR が高値であった背景として、前述のような手術当日の過ごし方が関連していることが推察されるが、本研究では自律神経活動との関連は認められておらず、結論を出すには至らない。

2) 整形外科術後の疼痛、睡眠満足度との関連

Chang²⁸⁾らは、腹部手術後の患者における疼痛強度と心拍変動との関係について、術翌日の視覚アナログスケール (Visual Analog Scale (VAS)) の値と LF には負の相関関係があったと報告しており、疼痛が強いほど LF は低値になることを示唆している。本研究においては、疼痛の強さによる lnLF の差は認めておらず、Chang らの研究結果とは一致しなかった。本研究の対象者は、鎮痛薬の定期処方による疼痛コントロールが良好であり、追加鎮痛薬の有無で疼痛の程度を評価したため、自律神経活動との関連が認められなかった可能性が考えられる。なお、術後疼痛が強かった群で術前夜に HR が有意に高値であったことは、術前の心理的緊張などとの関連が推察される。

睡眠と自律神経活動には関連があり、夜間睡眠中には、交感神経活動の低下と迷走神経活動の増加によって心拍数が低下する¹⁰⁾ことが示されている。自律神経活動に変調をきたすと患者の睡眠が妨げられると考え、睡眠満足度 (VAS) との関連を検討したが、睡眠満足度による HR、自律神経活動に明らかな差はなかった。本研究においては、VAS を用いて主観的な睡眠の質を調査したが、今後の調査ではアクチグラフ等の客観的評価と合わせて自律神経活動との関連を検討する必要がある。

3) 入院前の生活習慣との関連

入院前の就寝時間や食事時間などの生活習慣は、患者の生活リズムを形作るものであり、自律神経活動への影響があると考え、関連を検討した。術後に明らかな変調が認められたのは、入院前の就寝時間が 0 時以降の群であった。入院前の就寝時間が 0 時以降の群は 0 時より前に就寝している患者に比べて HR が各測定時点で高い値を示しており、術後 1 日目朝から術後 3 日目朝に有意に高値であった。自律神経活動は、術後 1 日目夜に lnLF および lnHF の有意な低下が認められている。このことから、入院前の就寝時刻が 0 時以降の群では術後 1 日目の夜に副交感神経活動が低下することが明らかになり、入院前の睡眠習慣が術後の自律神経活動と関連することが示唆された。

表3 手術侵襲等、対象者の身体的背景と心拍数、自律神経活動との関連(n=32)

		術前		術当日	術後1日目		術後2日目		術後3日目		最大変動値	統計量(F)	p	
		朝	夜	夜	朝	夜	朝	夜	朝	夜				
性別	HR (bpm)	男 (n=9)	63.9±9.35	62.6±6.42	70.8±9.61	76.3±11.20	75.1±12.08	77.1±14.45	79.2±14.20	72.2±12.03	73.4±10.09	16.6	9.503	0
		女 (n=23)	67.3±7.97	66.8±7.60	73.9±11.35	74.4±9.82	80.1±12.38	78.2±11.17	79.8±11.93	76.6±10.13	76.0±10.95	13.0	17.154	0
	lnLF (ms ²)	男 (n=9)	4.32±1.42	4.84±1.57	3.85±1.28	3.91±1.02	4.04±1.26	3.95±1.71	3.69±0.91	4.64±1.59	4.12±1.52	1.2	2.187	0.090
		女 (n=23)	4.47±1.15	4.90±1.19	4.52±1.40	4.02±1.27	4.01±1.30	3.92±1.46	3.88±1.15	3.94±1.30	3.92±1.21	1.0	3.420	0.001
	lnHF (ms ²)	男 (n=9)	4.01±1.27	4.15±1.34	3.89±1.25	3.87±1.74	3.99±1.79	3.97±1.85	3.67±1.69	4.30±1.83	3.97±1.56	0.6	0.266	0.975
		女 (n=23)	4.72±1.22	5.09±1.21	4.93±1.33	4.48±1.17	4.36±1.84	4.50±1.73	4.32±1.66	4.45±1.45	4.34±1.35	0.8	1.735	0.094
＊														
BMI	HR (bpm)	<25 (n=18)	68.9±7.58	67.4±6.42	73.9±10.04	75.4±10.46	81.9±12.99	81.3±12.38	81.9±12.75	78.6±10.99	77.7±11.09	14.5	15.525	0
		≥25 (n=14)	63.1±8.46	63.2±8.20	71.8±12.04	74.4±9.92	74.6±10.40	73.4±11.09	76.7±11.67	71.2±9.02	72.2±9.47	13.6	11.802	0
	lnLF (ms ²)	<25 (n=18)	4.21±0.72	4.58±1.16	4.12±1.11	3.82±0.81	3.71±1.14	3.73±1.29	3.61±0.91	3.71±1.23	3.75±1.13	1.0	2.830	0.007
		≥25 (n=14)	4.69±1.65	5.24±1.38	4.60±1.67	4.21±1.56	4.42±1.34	4.18±1.76	4.11±1.23	4.69±1.45	4.27±1.44	1.1	2.023	0.052
	lnHF (ms ²)	<25 (n=18)	4.13±0.60	4.57±1.02	4.50±1.28	4.16±1.31	3.99±1.70	4.23±1.62	3.94±1.50	3.96±1.34	3.90±1.15	0.7	1.198	0.318
		≥25 (n=14)	4.99±1.70	5.12±1.56	4.81±1.51	4.50±1.44	4.59±1.94	4.50±1.96	4.39±1.89	4.99±1.63	4.68±1.60	0.7	0.810	0.596
＊														
術式	HR (bpm)	TKA, UKA (n=11)	61.1±5.51	64.5±7.38	72.7±12.24	69.5±9.14	75.6±11.30	72.5±9.48	74.4±9.52	68.8±8.15	69.5±7.47	14.5	8.045	0
		THA (n=10)	67.8±9.76	66.7±8.92	72.9±9.34	76.5±9.66	79.5±15.67	82.1±11.86	82.9±13.84	78.9±12.68	79.2±12.95	16.2	11.928	0
		Spine (n=11)	69.4±7.90	65.7±6.54	73.4±11.62	79.0±9.67	81.1±10.21	79.5±14.16	81.9±12.83	78.7±8.43	77.6±9.17	16.2	9.657	0
	lnLF (ms ²)	TKA, UKA (n=11)	4.13±0.65	4.43±1.10	3.80±1.03	3.85±0.50	3.89±1.30	4.09±1.57	3.78±0.92	4.17±1.35	3.97±0.95	0.7	0.958	0.476
		THA (n=10)	4.24±1.03	5.25±1.32	4.54±1.48	3.88±0.75	3.66±0.80	3.56±1.30	4.00±1.05	3.85±1.59	3.67±1.64	1.7	2.629	0.015
		Spine (n=11)	4.90±1.70	5.14±1.41	4.66±1.55	4.22±1.89	4.46±1.53	4.11±1.69	3.72±1.31	4.36±1.34	4.26±1.26	1.4	2.437	0.074
麻酔終了時間	lnHF (ms ²)	TKA, UKA (n=11)	4.57±0.96	4.44±1.06	4.37±1.46	4.41±0.66	4.41±1.95	4.42±1.97	4.40±1.40	4.81±1.42	4.11±0.83	0.7	0.831	0.578
		THA (n=10)	4.14±0.93	5.23±1.42	5.07±1.41	4.14±1.25	3.96±0.99	3.96±1.43	4.21±1.84	4.00±1.58	3.79±1.59	1.4	1.675	0.195
		Spine (n=11)	4.79±1.76	5.05±1.55	4.51±1.29	4.37±1.95	4.37±2.29	4.63±1.88	3.81±1.85	4.38±1.64	4.78±1.59	1.2	0.958	0.448
	HR (bpm)	①10:30～13:30 (n=11)	↑	↑、↓		↑、§	↑	↑	↑	↑、§	↑、§	9	6.682	0.001
		②13:30～17:00 (n=13)	61.3±5.97	61.4±6.89	70.3±11.95	67.7±8.67	69.5±8.57	68.3±7.86	69.7±9.09	66.0±6.66	66.5±6.25		12.4	0
		③17:00～20:30 (n=8)	70.5±8.27	70.6±5.99	78.2±7.55	79.0±9.38	86.2±11.19	84.9±9.75	87.1±11.24	81.6±9.31	82.0±9.97	16.6		0
lnLF (ms ²)	10:30～13:30 (n=11)	66.5±8.32	63.3±5.87	68.3±11.37	78.3±8.15	79.4±10.68	79.6±13.38	81.1±9.16	78.1±8.66	76.6±8.05	17.8	42.139 [※]	0	
	13:30～17:00 (n=13)	4.35±0.87	4.55±1.00	4.12±1.40	4.02±0.86	4.21±1.34	4.10±1.53	4.06±1.14	4.11±1.29	4.00±0.96	0.6	0.762	0.637	
	17:00～20:30 (n=8)	4.64±1.17	5.04±1.41	4.45±1.32	4.01±1.25	4.10±1.39	3.93±1.53	3.66±1.06	4.12±1.49	3.77±1.37	1.4	2.545	0.015	
lnHF (ms ²)	10:30～13:30 (n=11)	4.12±1.74	5.08±1.51	4.41±1.60	3.91±1.60	3.62±0.98	3.69±1.61	3.79±1.09	4.21±1.57	4.29±1.60	1.5	9.029 [※]	0.340	
	13:30～17:00 (n=13)	4.62±1.06	4.59±1.12	4.54±1.51	4.42±1.00	4.85±1.75	4.83±1.96	4.81±1.50	4.81±1.44	4.16±1.00	0.7	0.521	0.837	
	17:00～20:30 (n=8)	4.61±1.23	4.87±1.33	4.73±1.27	4.23±1.07	3.99±1.93	4.17±1.53	3.75±1.77	4.13±1.62	3.98±1.41	1.1	1.182	0.319	
＊														
		4.13±1.65	5.04±1.58	4.62±1.52	4.29±2.16	3.85±1.66	3.97±1.88	3.84±1.63	4.32±1.60	4.78±1.82	1.2	9.562 [※]	0.297	

Data are mean±SD LF: Low Frequency, HF: High Frequency

統計量:反復測定分散分析(F値) ※:Feedman検定(χ^2 値)

＊:2標本t検定, BMI<25kg/m² vs ≥25kg/m², p<0.05

†:一元配置分散分析, 麻酔終了時間① vs ②, p<0.05、‡:一元配置分散分析, 麻酔終了時間② vs ③, p<0.05、§:一元配置分散分析, 麻酔終了時間① vs ③,p<0.05

表4 術後疼痛、睡眠満足度 (VAS) と心拍数、自律神経活動との関連 (n=32)

		術前		術当日	術後1日目		術後2日目		術後3日目		最大 変動値	統計量(F)	p	
		朝	夜	夜	朝	夜	朝	夜	朝	夜				
追加鎮痛薬 の有無	HR (bpm)	有 (n=22)	66.9±7.40	67.5±7.47	73.5±11.78	75.6±10.27	80.8±12.22	78.2±11.85	81.8±12.28	77.4±9.84	76.3±10.57	14.9	18.01	0
		無 (n=10)	65.1±10.55	61.5±5.78	72.0±8.87	73.5±10.02	74.2±11.88	77.1±13.91	74.8±11.75	70.9±11.64	73.1±10.95	15.6	9.561	0
	lnLF (ms ²)	有 (n=22)	4.51±1.25	5.10±1.22	4.56±1.36	4.11±1.28	3.96±1.31	4.01±1.53	3.85±1.08	3.97±1.23	3.85±1.19	1.3	5.426	0
		無 (n=10)	4.24±1.19	4.42±1.36	3.80±1.35	3.73±0.97	4.14±1.23	3.76±1.53	3.78±1.13	4.52±1.71	4.26±1.49	0.8	1.286	0.265
	lnHF (ms ²)	有 (n=22)	4.70±1.19	4.97±1.21	4.93±1.31	4.34±1.30	4.12±1.71	4.43±1.74	4.02±1.69	4.29±1.39	4.22±1.22	1.0	2.829	0.006
		無 (n=10)	4.10±1.36	4.50±1.47	3.99±1.36	4.24±1.53	4.54±2.06	4.17±1.85	4.39±1.70	4.66±1.88	4.27±1.80	0.7	0.495	0.856
△														
睡眠満足度 VAS	HR (bpm)	<60 (n=15)	68.2±8.72	65.6±7.94	77.3±11.44	77.3±12.36	82.9±14.17	80.6±15.49	83.4±15.16	78.3±11.71	77.6±12.33	17.8	14.495	0
		≥60 (n=17)	64.7±7.95	65.6±7.22	69.2±8.98	72.9±7.31	75.1±9.38	75.5±8.40	76.3±8.39	72.8±9.30	73.3±8.73	11.6	12.298	0
	lnLF (ms ²)	<60 (n=15)	4.63±0.90	5.11±1.21	4.22±1.13	3.76±1.05	4.27±1.36	3.97±1.59	3.63±1.05	4.42±1.15	4.23±1.14	1.5	3.691	0.001
		≥60 (n=17)	4.26±1.42	4.69±1.35	4.42±1.60	4.20±1.30	3.79±1.16	3.90±1.48	4.01±1.10	3.89±1.58	3.75±1.39	0.9	2.378	0.020
	lnHF (ms ²)	<60 (n=15)	4.45±0.85	4.76±1.14	4.52±1.24	4.13±1.37	4.34±2.07	4.48±1.94	3.80±1.62	4.49±1.53	4.44±1.28	1.0	0.753	0.645
		≥60 (n=17)	4.54±1.53	4.87±1.45	4.74±1.51	4.47±1.37	4.18±1.60	4.23±1.62	4.43±1.71	4.34±1.59	4.06±1.51	0.8	1.462	0.177

Data are mean±SD LF: Low Frequency, HF: High Frequency, LF/HF: Ratio of LF and HF

統計量: 反復測定分散分析 (F値)

○: 2標本t検定, 追加鎮痛薬有 vs 無, p<0.05

△: 2標本t検定, 睡眠満足度 (VAS) < 60点 vs ≥ 60点, p<0.05

表5 入院前の生活習慣と心拍数、自律神経活動との関連 (n=32)

		術前		術当日	術後1日目		術後2日目		術後3日目		最大変動値	統計量(χ^2)※	p	
		朝	夜	夜	朝	夜	朝	夜	朝	夜				
就寝時間	HR (bpm)	0時より前 (n=25)	63.0±6.0	62.0±7.0	72.0±7.0	71.0±7.5	73.0±8.0	74.0±6.5	76.0±7.5	72.0±8.0	72.0±7.0	14	77.034※	0
		0時以降 (n=7)	71.0±3.75	69.0±3.25	82.0±12.50	87.0±8.50	93.0±5.25	85.0±8.00	93.0±7.75	83.0±6.25	81.0±5.50	24	38.002※	0
	lnLF (ms ²)	0時より前 (n=25)	4.40±0.55	5.07±0.69	4.29±1.10	3.74±0.59	4.06±1.01	3.87±0.79	3.69±0.83	4.44±1.13	3.83±0.66	1.4	16.823	0.032
		0時以降 (n=7)	3.97±0.55	4.37±0.89	3.88±0.67	3.35±0.50	3.22±0.32	3.48±0.76	3.67±0.50	3.41±0.18	3.78±0.57	1.2	13.067	0.11
	lnHF (ms ²)	0時より前 (n=25)	4.54±0.79	5.14±0.79	5.00±1.20	4.58±0.98	4.50±0.86	4.76±1.09	4.64±1.37	4.16±1.25	4.20±0.86	1.0	17.461	0.026
		0時以降 (n=7)	3.80±0.22	4.33±1.05	3.86±1.08	4.19±0.83	2.58±0.86	3.00±0.55	3.16±0.26	3.92±0.12	3.79±0.48	1.8	12.622	0.126
食事時間 の不規則性	HR (bpm)	規則的 (n=26)	66.5±7.00	66.5±5.50	75.0±10.13	73.5±7.50	79.0±6.88	77.0±7.00	78.0±9.88	76.0±7.88	77.0±6.63	13	87.27※	0
		不規則 (n=6)	60.0±4.50	59.5±7.13	69.0±5.25	71.0±4.63	73.0±10.38	69.5±7.13	73.0±3.00	69.5±6.25	68.0±2.13	13.5	25.408※	0.001
	lnLF (ms ²)	規則的 (n=26)	4.23±0.58	5.04±0.73	4.15±1.07	3.73±0.53	3.76±0.78	3.76±0.86	3.63±0.96	3.83±0.99	3.59±0.62	1.5	29.767	0
		不規則 (n=6)	4.38±0.16	5.55±0.68	4.04±0.81	3.77±0.68	3.97±0.74	4.21±1.07	4.11±0.24	5.21±1.20	5.24±0.89	1.8	11.84	0.158
	lnHF (ms ²)	規則的 (n=26)	4.38±0.93	5.09±0.81	4.78±1.08	4.32±0.95	4.30±0.95	4.15±1.29	3.34±1.22	3.94±0.92	3.77±0.84	1.8	26.811	0.001
		不規則 (n=6)	4.22±0.51	5.22±1.25	4.84±1.12	4.47±0.67	4.81±1.08	4.44±1.45	4.97±0.92	4.49±1.28	4.80±0.80	1.0	3.467	0.902

Data are median±QD LF: Low Frequency, HF: High Frequency, LF/HF: Ratio of LF and HF ※統計量: Friedman検定 (χ²値)

□: Mann-Whitney U検定, 入院前の就寝時間0時より前 vs 0時以降, p<0.05

●: Mann-Whitney U検定, 入院前の食事時間規則的 vs 不規則, p<0.05 食事時間不規則: 欠食がある、または1時間以上ズレがある

3. 整形外科術後高齢患者のせん妄発症と心拍数、自律神経活動 および背景要因との関連

結 果

1) 術後せん妄発症と心拍数、自律神経活動との関連 (表 6)

術後せん妄を発症しなかった群 (n=29) では HR、lnLF、lnHF 全てにおいて有意な経時的変化が認められた ($\chi^2=105.680$, $p<0.001$ 、 $\chi^2=23.684$, $p=0.003$ 、 $\chi^2=18.193$, $p=0.020$) のに対し、術後せん妄を発症した群 (n=3) では HR、lnLF、lnHF 全てにおいて有意な経時的変化はなかった ($\chi^2=12.597$, $p=0.126$ 、 $\chi^2=8.800$, $p=0.359$ 、 $\chi^2=7.333$, $p=0.395$)。術後せん妄発症の有無による HR および lnLF、lnHF の有意な差は認められなかった。

2) 術後せん妄発症と術後疼痛の程度 (VAS)、睡眠満足度 (VAS) との関連 (表 7)

すべての測定時点において、術後せん妄発症の有無による疼痛 VAS・睡眠満足度 VAS の値に有意な差は認められなかった。

3) 術後せん妄発症と病床環境との関連 (表 8)

術後せん妄を発症した群はせん妄を発症しなかった群に比べて、術当日夜と術後 3 日目朝の気温が有意に高値であった ($U=8$, $p=0.014$ 、 $U=12.5$, $p=0.024$)。術後せん妄発症の有無による湿度、照度、音に差は認められなかった。

4) 術後せん妄発症と入院前の生活習慣 (就寝時間、食事時間の規則性) との関連 (表 9)

術後せん妄発症の有無と入院前の就寝時間 (就寝時間が 0 時以降か 0 時より前か) との間に有意な関連は認められなかった ($\chi^2=0.254$, $p=0.536$)。また、術後せん妄発症の有無と入院前の食事時間の規則性との間に有意な関連は認められなかった ($\chi^2=0.462$, $p=0.476$)。

考 察

先行研究において、せん妄の発症や重症化には睡眠や活動のリズムの変化が影響していることが示唆されており、せん妄の発症や重症化には自律神経活動の変調が関連していることが推察された。そこで、術後せん妄発症予防に効果的な看護支援方法を検討するための基礎データを得ることを目的に、整形外科術後高齢患者のせん妄発症と HR、自律神経活動および背景要因との関連について検討した。

まず、術後せん妄発症の有無により HR、自律神経活動に差があるかを検討したが、有意差は認められなかった。また、背景要因についても、術後疼痛の程度や睡眠満足度、および入院前の就寝時間、食事時間の規則性との関連も認められなかった。本研究では術後せん妄発症が 3 例のみであり、関連を検討するには不十分であり結論を出すには至らない。しかし

ながら、術後せん妄を発症しなかった群では HR および自律神経活動に有意な経時的変化が認められたのに対し、術後せん妄を発症した群では HR および自律神経活動に有意な経時的変化はなかった。術後せん妄を発症した際には自律神経活動の振幅に変調をきたすことが推察される。今後症例数を増やし、詳細な検討をすることが必要である。

表 6 術後せん妄発症と心拍数、自律神経活動との関連 (n=32)

		術前		術当日		術後1日目		術後2日目		術後3日目		最大 変動値	統計量(χ^2)	p
		朝	夜	夜	朝	夜	朝	夜	朝	夜	朝			
せん妄 発症	HR (bpm)	有 (n=3)	72.0±3.3	73.0±3.5	80.0±5.5	83.0±2.3	80.0±2.8	74.0±4.5	76.0±2.5	79.0±1.3	76.0±2.8	11	12.597	0.126
		無 (n=29)	63.0±6.0	66.0±5.5	72.0±9.5	71.0±7.5	77.0±9.0	76.0±7.5	77.0±10.0	73.0±8.5	72.0±7.5	14	105.680	0
	lnLF (ms ²)	有 (n=3)	5.40±0.75	5.59±0.41	5.88±0.84	3.34±1.43	2.83±1.23	3.48±1.39	3.89±0.87	3.41±1.05	4.24±1.42	3.1	8.800	0.359
		無 (n=29)	4.31±0.40	5.06±0.70	4.01±1.0	3.73±0.50	3.78±0.80	3.80±0.80	3.67±0.60	3.99±1.10	3.78±0.70	1.4	23.684	0.003
	lnHF (ms ²)	有 (n=3)	6.07±0.80	6.78±0.73	5.11±0.75	3.10±0.85	3.17±1.32	2.83±1.09	3.33±0.98	3.67±1.16	5.73±1.12	4.0	7.333	0.395
		無 (n=29)	4.27±0.80	4.85±0.90	4.57±1.10	4.36±0.90	4.35±1.20	4.29±1.30	4.04±1.20	3.96±0.80	4.14±0.70	0.9	18.193	0.020

Data are median±QD LF: Low Frequency, HF: High Frequency, LF/HF: Ratio of LF and HF 統計量: Friedman検定 (χ^2 値)

最大変動値: 最大値(中央値) - 最小値(中央値)。9ポイントの測定値における変動幅を示す。

表 7 術後せん妄発症と術後疼痛の程度(VAS)、睡眠満足度 (VAS)との関連 (n=32)

		術前		術当日		術後1日目		術後2日目		術後3日目		最大 変動値
		朝	夜	夜	朝	夜	朝	夜	朝	夜	朝	
疼痛の程度 (VAS)	せん妄有り (n=3)	0.0±0.0	0.0±12.5	30.0±21.3	25.0±12.5	30.0±6.3	10.0±15.0	17.5±3.8	20.0±2.5	10.0±10.0		30
	せん妄無し (n=29)	15.0±25.0	16.0±26.3	27.5±25.0	30.0±25.0	30.0±20.0	17.0±25.0	20.0±25.0	25.0±20.0	17.5±18.0		15
睡眠満足度 (VAS)	せん妄有り (n=3)	70.0±2.5			40.0±13.8		100.0±20.0		40.0±17.5			60
	せん妄無し (n=29)	70.5±15.6			45.0±24.4		65.0±22.5		65.0±20.0			25.5

Data are median±QD LF: Low Frequency, HF: High Frequency, LF/HF: Ratio of LF and HF

最大変動値: 最大値(中央値) - 最小値(中央値)。9ポイントの測定値における変動幅を示す。

表 8 術後せん妄発症と病床環境との関連 (n=32)

		術前		術当日		術後1日目		術後2日目		術後3日目		最大 変動値
		朝	夜	夜	朝	夜	朝	夜	朝	夜	朝	
病床環境	気温(℃)	せん妄有り (n=3)	26.5±0.3	27.0±0.3	27.0±0.3	27.0±0.3	27.0±0.3	27.0±0.5	26.0±0.3	27.0±0.3	26.0±0.0	1
		せん妄無し (n=29)	26.0±1.0	26.0±0.0	26.0±0.5	26.0±0.0	26.0±0.5	26.0±0.5	26.0±0.5	26.0±0.5	26.0±0.0	0
	湿度(%)	せん妄有り (n=3)	74.0±0.5	71.0±3.5	68.0±3.8	71.0±4.5	67.0±5.3	69.0±6.0	72.0±6.3	71.0±4.5	73.0±5.8	7
		せん妄無し (n=29)	62.5±11.5	62.0±12.5	60.0±12.0	62.0±11.0	62.0±12.0	62.0±11.5	58.0±14.1	58.0±12.0	54.0±11.5	8.5
	照度(k)	せん妄有り (n=3)	405.0±0.0	111.5±41.5	30.0±30.5	95.0±61.0	45.0±38.3	75.0±72.3	42.0±21.5	76.0±21.0	38.0±22.8	375
		せん妄無し (n=29)	181.0±153.3	38.0±6.0	40.0±18.5	213.0±133.0	36.0±13.0	167.0±140.5	39.0±9.0	149.0±88.5	39.0±8.5	177
	音(dB)	せん妄有り (n=3)	36.8±0.0	41.1±1.3	46.6±4.1	51.1±8.3	46.7±2.7	43.5±3.1	47.0±1.7	50.0±5.8	42.1±2.5	14.3
		せん妄無し (n=29)	44.7±2.9	41.9±3.0	45.1±3.1	51.9±5.5	46.2±5.1	46.0±5.4	45.0±4.3	47.7±7.4	43.0±2.3	10.0

Data are median±QD LF: Low Frequency, HF: High Frequency, LF/HF: Ratio of LF and HF

最大変動値: 最大値(中央値) - 最小値(中央値)。9ポイントの測定値における変動幅を示す。

▲: Mann-Whitney U検定, せん妄有り vs せん妄無し, p<0.05

表 9 術後せん妄発症と入院前の生活習慣(就寝時間、食事時間の規則性)との関連 (n=32)

	せん妄有り	せん妄無し	χ^2	p
就寝時間				
0時以降	1	6	0.254	0.536
0時より前	2	23		
食事時間の規則性				
不規則※	1	5	0.462	0.476
規則正しい	2	24		

χ^2 検定

※欠食がある、または1時間以上ズレがある

第Ⅲ章 総合考察

1. 整形外科術後高齢患者における心拍数と自律神経活動の経時的変化、および 関連要因の検討

術後せん妄発症予防に効果的な看護支援方法を検討するための基礎データを得るため、整形外科術後高齢患者を対象に HR と自律神経活動の経時的変化および関連する背景要因や術後せん妄との関連について検討した。

HR と自律神経活動の経時的変化は、手術侵襲により HR は術前に比べ術当日夜から術後 3 日目まで有意に高値になること、自律神経活動は、朝は術前から術後にかけての変化はないが夜は術前に比べ術後 1 日目から術後 3 日目まで有意に低値になることが明らかになった。これまで、看護介入の効果を検証することを目的とした自律神経活動を扱った研究²²⁾や術後患者の自律神経活動の変化を扱った研究^{13, 14, 23)}はなされているが、術前から術後 3 日目までの朝と夜に焦点を当てて術後高齢患者の自律神経活動の経時的変化については検討されておらず、本研究により、手術侵襲により朝ではなく夜の自律神経活動が低下することが明らかになり、夜の副交感神経活動が低下していることが示唆された。

自律神経活動に関連する患者の背景要因の検討では、性別・術式などの患者の身体的背景および術後疼痛、睡眠満足度と自律神経活動には関連は認められなかった。術後に明らかな変調が認められたのは、入院前の就寝時間が 0 時以降の群であった。特に術後 1 日目夜には HR が有意に高値であるとともに副交感神経活動の有意な低下が認められた。このことから、入院前の睡眠習慣は術後の自律神経活動と関連があることが示唆された。術後せん妄発症の有無による HR および自律神経活動に有意な差はなく、術後疼痛の程度や睡眠満足度、および入院前の就寝時間、食事時間の規則性との関連も認められなかった。しかし、術後せん妄を発症した際には自律神経活動の振幅に変調をきたす可能性があり、今後症例数を増やし、詳細な検討をすることが必要である。

2. 看護支援への示唆

本研究により、手術侵襲により朝ではなく夜の自律神経活動が低下することが明らかになり、夜の副交感神経活動が低下するとの示唆が得られた。就寝前の自律神経活動について、健常成人では副交感神経活動は普段の消灯時間の 60 分前から亢進を始めると報告されている²⁹⁾。本研究において夜の心拍変動の測定は 20:00 から 21:00 の間に行なっており、就寝前の副交感神経活動が亢進する重要な時間帯であると考ええる。本研究では、対象者個別の詳細

細な消灯時間は把握できていないが、入院患者の消灯時間であるこの時間帯に副交感神経活動の亢進が妨げられると、入眠に困難をきたすことが推察される。これらのことから、本研究の対象である術後の患者では、消灯 1 時間前の副交感神経活動を亢進させる支援の必要性が明らかになった。具体的な方法として、気温や明るさなど病床環境の調整、できる限り静かな環境作り、温電法などのリラクゼーションなどさらに検討していく必要がある。

また、入院前の就寝時刻が 0 時以降の群では術後 1 日目の夜に副交感神経活動が低下することが明らかになり、入院前の睡眠習慣は術後の自律神経活動と関連があることが示唆された。したがって、術後に起こる副交感神経活動の変調は、入院前からの支援により改善できる可能性がある。このことから、外来通院時から患者の起床時刻や就寝時刻など睡眠習慣について聴取し、入院前から睡眠習慣を整えるよう指導を行うことが必要であると考えられる。

3. 本研究の限界と課題

せん妄は、発症要因の構造の複雑さから、臨床現場で高い効果を発揮するような予防効果のある看護支援方法が確立しておらず、侵襲が大きく多くの介入を必要とする術後患者のせん妄症状に難渋する現状がある。そのため、「いつ（支援のタイミング）、どのような看護支援を行うことがせん妄予防に効果的なのか」を明らかにする必要がある。

本研究では、せん妄の発症や重症化には自律神経活動の変調が関連していることが推察されるため、術後せん妄発症予防に効果的な看護支援方法を検討するための基礎データを得ることを目的に、整形外科術後高齢患者の HR と自律神経活動の経時的変化の実態を調査した。これにより、朝ではなく夜の自律神経活動が低下することを明らかにすることができた。なお、本研究は基礎データを取得するための前向き観察研究であり、患者の負担を考慮し間歇的測定方法を採用した。そのため、連続的な自律神経活動のデータが得られておらず、詳細な看護支援のタイミングを検討するには至っていない。今後は自律神経活動を連続的に測定し、睡眠中も含めた 24 時間の自律神経活動の経時的変化を明らかにすることによって、看護支援のタイミングを具体的に検討する必要がある。

今回、効果的な看護支援方法を検討するために、自律神経活動に関連する患者の背景要因について検討した。これにより、性別・術式などの患者の身体的背景および術後疼痛・睡眠満足度と自律神経活動には関連はないが、入院前の就寝時間が 0 時以降の患者は、術後 1 日目夜に副交感神経活動が低下することが明らかになった。この結果から、入院前の就寝時間が 0 時以降の患者は、術後 1 日目夜に副交感神経活動が低下することによって入眠に困難をきたし、術後の身体の回復に必要な睡眠が十分にとれていないことが推察される。そし

て、入院前の睡眠習慣は術後の自律神経活動と関連があることが示唆されたことから、入院前の睡眠習慣を整えることにより、術後の副交感神経活動の低下を抑えられる可能性がある。睡眠習慣は、一日の活動と休息のリズム（生活リズム）を形成する重要な要素のひとつであり、入院前に睡眠習慣を整えることは、患者自身が日々の生活のなかで具体的に組み込むことができる生活行為であり、看護が支援すべき内容である。今後は、対象者数を増やすとともに、患者の術前の生活リズムに影響を与える生活習慣（睡眠覚醒リズム、睡眠の質、食事時間や活動量等）について詳細に把握した上で、自律神経活動との関連分析を行い、患者の生活行為にアプローチできるような看護支援方法の検討を行うことが必要であると考えられる。

本研究ではせん妄発症例が 3 例と少なく、関連を分析するには不十分であった。また、術後という状況での臨床における前向き研究の限界として、せん妄を発症した患者は、安静を保つことが難しく、心拍変動の正確な測定が困難であったことが挙げられる。今後は患者の状況に影響を受けにくい心拍変動等の測定方法を検討した上で、対象者数を増やし、せん妄発症患者の自律神経活動とそれに関連する要因を検討することが必要である。そして、これらの研究を積み上げ、介入プロトコールを作成し、それらを用いた看護支援の有効性を検証することが必要である。

4. 結論

整形外科術後高齢患者は、手術侵襲により、HR は術前に比べて有意に高い値が術当日から術後 3 日目まで続くこと、自律神経活動のうち lnLF は、朝は術前と比べ変化がないのに対し、夜は術前に比べて術後 1 日目から術後 3 日目まで有意に低値であることが明らかになった。これらのことから、手術後の夜には副交感神経活動が低下していると考えられる。また、入院前の就寝時間が 0 時以降の患者は、0 時より前に就寝している患者に比べて術後 1 日目夜に副交感神経活動が低下することが明らかになり、入院前の睡眠習慣は術後の自律神経活動と関連があることが示唆された。これらの結果をふまえた看護支援の検討が必要である。

謝辞

本研究を行うにあたり、術前術後のご負担の大きい時期に快く調査にご協力くださった対象者の皆様に心より深く感謝申し上げます。

また、本研究を進めるにあたりご指導ご協力くださいました、神戸大学保健学科教授秋末敏宏先生、神戸大学大学院医学研究科外科系講座整形外科学分野准教授西田康太郎先生、同助教前野耕一郎先生、同助教角谷賢一朗先生、同助教松本知之先生、社会医療法人愛仁会高槻病院関節センター副センター長藤代高明先生、および神戸大学医学部附属病院5階北病棟、5階南病棟の看護師の皆様に深く感謝申し上げます。

また、調査を行うにあたり多大なご尽力を賜りました、神戸大学大学院保健学研究科講師福田敦子先生、同助教長尾式子先生、同保健学研究員多留ちえみ先生、元教育研究補佐員大牛晴代様、同博士課程後期課程谷渕文美様に深く感謝申し上げます。

そして、本研究において多くのご助言ご指導を頂きました、神戸大学大学院保健学研究科教授塩谷英之先生、元博士課程前期課程中田侑志様、同看護学領域看護実践開発学分野療養支援看護学の皆様に深く感謝申し上げます。

最後に、本研究の過程を通して、丁寧なご指導を賜りました神戸大学大学院保健学研究科教授宮脇郁子先生、同助教齊藤奈緒先生に、心から敬意を表し、厚く御礼申し上げます。

本研究は、山路ふみ子専門看護教育研究助成基金より助成を受けました。

文献リスト

1. Saisho, S., Suto, I., Eda, I., Suemitsu, K., Ohtsuka, A. Surgical care and outcomes after abdominal surgery in the elderly patients over 90 years old. *Journal of Japan Surgical Association*. 66(7): 1540-1547, 2005.
2. Fong, T.G., Tulebaev, S.R., Inouye, S.K. Delirium in the elderly adults: diagnosis, prevention and treatment. *Nature Reviews Neurology*. 5(4): 210-220, 2009.
3. 中川敦夫. 一般身体疾患に起因する精神症状とその対処. 大野裕編. チーム医療のための最新精神医学ハンドブック、弘文堂、pp.21-35, 2006.
4. Whitlock, E.L., Vannucci, A., Avidan, M.S. Postoperative delirium. *Minerva Anestesiologica*. 77(4): 448-456, 2011.
5. 菅原峰子. 高齢患者のせん妄への看護介入に関する文献検討. *老年看護*、16(1): 94-103, 2011.
6. Inouye, S.K., Bogardus, S.T. Jr., Charpentier, P.A., Leo-Summers, L., Acampora, D., Holford, T.R., and Cooney, L.M.Jr. A multicomponent intervention to prevent delirium in hospitalized older patients. *New England Journal of Medicine*. 340(9): 669-676, 1999.
7. Shigeta, H., Yasui, A., Nimura, Y., Machida, N., Kageyama, M., Miura, M., Menjo, M., Ikeda, K. Postoperative delirium and melatonin levels in elderly patients. *The American Journal of Surgery*. 182: 449-454, 2001.
8. Akselrod, S., Gordon, G., Ubel, F.A., Shannon, D.C., Berger, A.C., and Cohen, R.J. Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: a quantitative probe of beat- to-beat cardiovascular control. *Science*. 213(4504): 220-22, 1981.

9. Copel, L.C. Homeostasis, stress, and adaptation, pp.71-88. In Smeltzer, S.C. and Bare, B.G. (eds), Brunner and Suddarth's Textbook of Medical-Surgical Nursing (9th ed.). Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, USA, 2000.
10. 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、医学書院、pp. 71-109, 2001.
11. Hrushesky, W.J.M., Fader, D., Schmitt, O., and Gilbertsen, V. The respiratory sinus arrhythmia: a measure of cardiac age. *Science*. 224(4652): 1001-1004, 1984.
12. Shannon, D.C., Carley, D.W., Benson, H. Aging of modulation of heart rate. *American Journal of Physiology*. 253: H874-H87, 1987.
13. Zhang, J., Tu, W., Dai, J., Lv, Q., Yang, X. Dysfunction of pre- and post-operative cardiac autonomic nervous system in elderly patients with diabetes mellitus. *Archives of Gerontology and Geriatrics*. 53: 334-337, 2011.
14. Hansen, M.V., Rosenberg, J., Gögenur, I. 2013. Lack of circadian variation and reduction of heart rate variability in women with breast cancer undergoing lumpectomy: a descriptive study. *Breast Cancer Research & Treatment*. 140: 317-322, 2013.
15. Gower, L.E., Gatewood, M.O., Kang, C.S. Emergency Department Management of Delirium in the Elderly. *Western Journal of Emergency Medicine*. 13(2): 194-201, 2012.
16. Pomeranz, B., Macaulay, R.J., Caudill, M.A., Kutz, I., Adam, D., Gordon, D., and Benson, H. Assessment of autonomic function in humans by heart rate spectral analysis. *American Journal of Physiology*. 248: H151-H153, 1985.
17. Williamson, A., Hoggart, B. Pain: a review of three commonly used pain rating scales. *Journal of clinical nursing*. 14(7): 798-804, 2005.

18. Neelon, V.J., Champagne, M.T., Carlson, J.R., Funk, S.G. The NEECHAM confusion scale: Construction, validation, and clinical testing. *Nursing Research*. 45(6): 324-330, 1996.
19. 綿貫成明, 酒井郁子, 竹内登美子, 諏訪浩, 樽矢敏広, 一瀬邦弘, バージニア・ニーロン. 日本語版 NEECHAM 混乱・錯乱状態スケールの開発およびせん妄のアセスメント. *臨床看護研究の進歩*, 12, 46-63, 2001.
20. 松田好美, 竹内登美子, 寺内英真, 高橋由起子. 日本語版 NEECHAM 混乱・錯乱状態スケールの有用性. *岐阜大紀要*, 55: 32-42, 2008.
21. Meagher, D.J., Moran, M., Raju, B., Gibbons, D., Donnelly, S., Saunders, J., and Trzepacz, P.T. Phenomenology of delirium. Assessment of 100 adult cases using standardised measures. *British Journal of Psychiatry*. 190: 135-141, 2007.
22. Ono, H., Taguchi, T., Kido, Y., Fujino, Y., and Doki, Y. The usefulness of bright light therapy for patients after oesophagectomy. *Intensive and Critical Care Nursing*. 27: 158-166, 2011.
23. Ushiyama, T., Mizushige, K., Wakabayashi, H., Nakatsu, T., Ishimura, K., Tsuboi, Y. and Suzuki, Y. Analysis of heart rate variability as index of noncardiac surgical stress. *Heart and Vessels*. 23: 53-59, 2008.
24. 村瀬順子, 川崎達也, 平松利枝子, 杉原洋樹, 東山孝二. 心拍数の性差に対する自律神経活動の関与. *心電図*, 25(4): 259-264, 2005.
25. Murata, K., Landrigan, P.J., Araki, S. Effects of age, heart rate, gender, tobacco and alcohol ingestion on R-R interval variability in human ECG. *Journal of the autonomic nervous system*. 37(3): 199-206, 1992.

26. Bonnemeier, H., Richardt, G., Potratz, J., Wiegand, U.K., Brandes, A., Kluge, N., Katus, H.A.
Circadian profile of cardiac autonomic nervous modulation in healthy subjects: differing effects of aging and gender on heart rate variability. *Journal of cardiovascular electrophysiology*. 14(8): 791-799, 2003.
27. 井上卓. 肥満・メタボリックシンドロームの病態における交感神経の役割. *血圧*, 21(1): 35-39, 2014.
28. Chang, L.H., Ma, T.C., Tsay, S.L., Jong, G.P. Relationships between pain intensity and heart rate variability in patients after abdominal surgery: a pilot study. *Chinese medical journal*. 125(11): 1964-9, 2012.
29. Okamoto-Mizuno, K., Yamashiro, Y., Tanaka, H., Komada, Y., Mizuno, K., Tamaki, M., Kitado, M., Inoue, Y., Shirakawa, S. Heart rate variability and body temperature during the sleep onset period. *Sleep and Biological Rhythms*. 6: 42–49, 2008.

資料

Chieko Tan, Nao Saito, Ikuko Miyawaki. Changes in heart rate and autonomic nervous activity after orthopedic surgery in elderly Japanese patients. Kobe J. Med. Sci. 62(5), 2016. In Press.

Changes in Heart Rate and Autonomic Nervous Activity after Orthopedic Surgery in Elderly Japanese Patients

CHIEKO TAN¹, NAO SAITO², and IKUKO MIYAWAKI^{2*}

¹ *Department of Nursing Graduate School of Health Sciences Doctor's course, Kobe University, Hyogo, Japan*

² *Department of Nursing Graduate School of Health Sciences Kobe University, Hyogo, Japan*

**Corresponding author*

Key words: Autonomic nervous activity, Delirium, Elderly patients, Heart rate variability, Orthopedic surgery

Evidence regarding nursing support for delirium prevention is currently insufficient. An evaluation of changes in autonomic nervous activity over time after surgery would elucidate the features of autonomic nervous activity in patients with delirium. These results could provide a basis for effective nursing intervention and timing for preventing the onset of delirium. Here, we aimed to obtain basic data on effective nursing interventions for preventing the onset of postoperative delirium.

Heart rate variability was recorded during the morning and nighttime on the day before surgery until 3 days postoperatively in elderly patients who underwent orthopedic surgery to investigate the manner in which heart rate and autonomic nervous activity changed over time. Data were collected over 11 months from July 2013 to November 2014.

Surgical stress led to the maintenance of heart rate at a significantly higher value from the day of the surgery until postoperative day 3 compared to that before surgery. Moreover, the autonomic nervous activity remained unchanged during the morning, and it was significantly lower during the night from postoperative day 1 until postoperative day 3 than before the surgery.

These results suggest that there is a decrease in parasympathetic nervous activity during the nighttime postoperatively.

INTRODUCTION

Owing to the aging of the population and advances in medical technology, the number of elderly individuals undergoing highly invasive surgical procedures is increasing in Japan. (1) Postoperative delirium is a commonly observed complication after surgery in elderly patients. Fong et al. (2) indicated that postoperative delirium occurs in 15–53% of surgical patients aged >65 years, and in 70–87% of elderly patients admitted to an intensive care unit (ICU). Whitlock et al. (3) reported that delirium is associated with an increased duration of mechanical ventilation and ICU and hospital stay, as well as functional decline. Furthermore, delirium has been found to be related to an increase in the mortality rate and medical costs. Delirium can also be problematic in terms of nursing care, as the corresponding cognitive decline can lead to accidents such as falls and tumbles, or the removal of lines (i.e., intravenous lines, surgical drains, or urethral catheters). The postoperative environment and postoperative medication regimen are usually adjusted to prevent delirium and promote earlier withdrawal. However, current evidence regarding nursing support for delirium prevention is currently insufficient (4).

Circadian rhythm disorders (sleep disorders) are one of the main symptoms of delirium (5). Inouye et al. (6) adopted a six-item preventive intervention, including interventions for sleep deprivation and immobility, and they observed that the incidence of delirium was significantly lower in the intervention group than in the usual-care group. Moreover, Shigeta et al. (7) reported abnormal melatonin secretion in patients with delirium postoperatively. These studies indicated that changes in the life rhythm affect the onset and severity of delirium. Ono et al. (8) used bright light therapy and autonomic nervous activity as one of the indicators to verify its usefulness in patients after esophagectomy; they found that bright light therapy adjusted the sleep-wakefulness cycle, and they suggested that this therapy could also prevent delirium. On the basis of these findings, we hypothesized that the modulation of autonomic nervous activity is associated with delirium onset and severity.

The measurement of heart rate variability (HRV) is useful for assessing the function of the autonomic nervous system and the staging of clinical diseases (9). Akselrod et al. (10) reported that HRV can be used to noninvasively assess the autonomic nervous system, and power spectrum analysis of HRV offers a quantitative evaluation of the functioning of the sympathetic and parasympathetic nervous systems, which are involved in short-term cardiovascular control. When an individual experiences surgical stress, the sympathetic nerves are stimulated to

maintain the body's homeostatic balance. Due to such stimulation, the heart rate (HR) increases and peripheral vasoconstriction occurs, which consequently increases the blood pressure (11). Furthermore, aging has been found to be associated with a decrease in cardiac vagal activity (12) as well as a reduction in the amplitude of HRV (13,14). Therefore, we think that elderly individuals would be more likely to experience an imbalance in autonomic nervous activity because of surgical stress and to develop dysautonomia symptoms such as irritability and insomnia. Several studies have described the conditions underlying postoperative autonomic neuropathy. Zang *et al.* (15) reported that nighttime autonomic nervous activity on postoperative day 1 and day 2 in elderly patients was significantly lower than that preoperatively. Hansen *et al.* (16) also described a decrease in nighttime parasympathetic nervous activity after breast cancer surgery. However, these studies only investigated the condition during the nighttime, and to our knowledge, no study has conducted a continuous observation during the daytime as well.

An evaluation of changes in autonomic nervous activity over time after surgery can help elucidate the features of autonomic nervous activity in patients with delirium. The results could also provide a basis for effective nursing intervention and timing of the intervention to prevent delirium onset. Here, we aimed to clarify changes in the HR and autonomic nervous activity over time in elderly patients who have undergone orthopedic surgery.

MATERIALS AND METHODS

Participants

We enrolled 49 subjects hospitalized in the orthopedic ward of hospital A; they were aged ≥ 65 years and were scheduled to undergo total knee arthroplasty, unicompartmental knee arthroplasty, total hip arthroplasty, or spinal surgery.

Patients taking β -blockers, patients with a cerebrovascular disease (in cases of autonomic neuropathy), and patients diagnosed as having diabetes were excluded from the present study, as these conditions would affect their autonomic nervous activity. Additionally, patients who found it difficult to follow instructions (e.g., those with dementia) were also excluded. Informed consent was obtained from all patients before study participation.

Setting

Data were collected over 11 months from July 2013 to November 2014. As postoperative delirium peaked between 1 and 3 days postoperatively, as reported by Whitlock *et al.* (3), we performed the survey 1 day before, on the day of, and 3 days postoperatively.

Data collection

Electrocardiography (ECG) recordings (FX-8222, CardiMax, Fukuda Denshi, Japan) were obtained for 200 heartbeats by using a lead II channel system. The average HR and R-R intervals were calculated from the ECG findings. Spectral analysis of HRV was performed by using the fast Fourier transform system (LabVIEW, National Instruments, Tokyo, Japan). The spectral bands used were 0.15–0.40 Hz (high-frequency component; HF) and 0.04–0.15 Hz (low-frequency component; LF). Considering the burden the measurements would place on the patients, we used an intermittent measurement method.

The investigators (nurses) visited patients twice per day at 10:00 and 20:00. Measurements were performed in the patient's room while the patients were placed in the decubitus position, after approximately 15 minutes of bed rest. Subjects abstained from consuming beverages containing caffeine for at least 3 hours before the measurements were taken, and the measurements were performed at an interval of at least 2 hours after a meal was consumed. To ensure that the assessment distinguished cardiac vagal activity from sympathetic nervous activity, the respiratory rate was simultaneously confirmed to be at least 9/min (or a frequency of at least 0.15 Hz, which is the limiting transmittable frequency for sympathetic nerves). During the measurement, the air temperature and humidity were similar to those in the in-hospital environment; the sound and lighting conditions during each measurement were recorded.

As LF and HF data are not normally distributed, data were converted into the natural logarithm (ln) before analysis. Pomeranz *et al.* (17) found that the LF component represents the activity of the sympathetic and parasympathetic nervous system, whereas the HF component represents the activity of the parasympathetic nervous system alone. The maximum variation was determined by subtracting the minimum value (mean value) from the maximum value (mean value), which also indicates the fluctuation range.

Patients' background

Delirium was defined using the Japanese version of the NEECHAM confusion scale (18). Nurses performed assessments for delirium during routine nursing care. In addition, sleep satisfaction and perceived pain were

HEART RATE VARIABILITY AFTER ORTHOPEDIC SURGERY

assessed by using the Visual Analog Scale by the investigators (nurses). Sleep satisfaction was measured at 10:00. Delirium and perceived pain were measured at 10:00 and 20:00.

Information on patients' age, sex, anamnesis, diagnoses, and surgical procedures were collected from their medical records.

Data analysis

Repeated-measures analysis of variance (ANOVA; F-value) was used to investigate the manner in which HR and autonomic nervous activity changed over time postoperatively. The Mauchly sphericity test was also conducted to verify the equality of variance for the ANOVA; if a significant result was found, the Greenhouse-Geisser correction was applied. In addition, the Tukey test was used for post hoc analysis. IBM SPSS, version 21 for Windows (IBM Corp., Armonk, NY, USA) was used to perform statistical analysis, and the level of significance was set at 5%.

Ethical considerations

The present study was approved by the ethics committee of the Kobe University Graduate School of Health Sciences (approval number: 227). The protocol followed the guidelines of the Declaration of Helsinki. Permission was obtained from attending physicians regarding patients' suitability for study participation. After providing the subjects with verbal and written explanations of the study objectives and research methods, written consent was obtained. The survey was conducted in coordination with the nurses to avoid interfering with rehabilitation, examination, and other aspects of patient therapy.

RESULTS

Patients' demographic and clinical characteristics

Table I presents data on patients' demographic and clinical characteristics. Forty-nine patients provided informed consent and were permitted by their primary physician to participate in this study. Of 49 patients, we excluded 4 with diabetes and 13 with missing values. Thus, 32 patients were included in the final analysis. Patients' mean age was 74.4 ± 5.7 years (9 men and 23 women), and their average body mass index was 24.8 ± 3.0 kg/m². Of all the subjects, 3 had delirium. All patients were treated with routine pain medication.

Changes in HR and autonomic nervous activity over time in elderly patients after orthopedic surgery

Table II indicates changes in the HR and autonomic nervous activity over time in elderly patients who had undergone orthopedic surgery. The HR increased from the night before the surgery (65.6 ± 7.4 beats/min) to the night on the day of surgery (73.0 ± 10.8 beats/min); the HR continued to gradually increase thereafter, and it peaked on the night of postoperative day 2 (79.6 ± 12.4 beats/min) and then gradually decreased. The change in HR from before the surgery to 3 days postoperatively was significant ($F = 25.592$, $p < 0.001$), and the HR was significantly higher from the night of the day of surgery until the night of postoperative day 3 than before the surgery ($p < 0.001$). The lnLF increased and peaked from the morning before the surgery (4.4 ± 1.2 ms²) to the night before the surgery (4.9 ± 1.3 ms²), after which it remained constant at a lower value than that before the surgery. The change in lnLF from before the surgery to 3 days after the surgery was significant ($F = 4.151$, $p < 0.001$), and the lnLF values were significantly lower from the morning of postoperative day 1 until the night of postoperative day 3 than on the night before the surgery ($p = 0.001$ – 0.028). The lnHF also increased and peaked from the morning before the surgery (4.5 ± 1.3 ms²) to the night before the surgery (4.9 ± 1.4 ms²), and then it remained constant at a lower value than that before the surgery; however, the difference in the lnHF values during this period was not significant ($F = 1.401$, $p = 0.197$).

Table I. Patients' demographic and clinical characteristics

Total (n = 32)		
Age (years)	Mean	74.4
	SD	5.7
Sex (male/female)		9/23
Body mass index (kg/m ²)	Mean	24.8
	SD	3
Body temperature (°C)	Mean	36.3
	SD	0.6
bSBP (mmHg)	Mean	117.7
	SD	13.5
bDBP (mmHg)	Mean	62.6
	SD	6.8
Hb (g/dL)	Mean	12.4
	SD	1.3
WBC (×10 ² /μL)	Mean	54.5
	SD	11.4
CRP (mg/dL)	Mean	0.129
	SD	0.142
Surgical procedure		
TKA and UKA		11
THA		10
Spinal surgery		11
Duration of anesthesia (min)	Mean	224.2
	SD	82.8
Drainage volume (mL)	Mean	314.4
	SD	285.3
Delirium		
Yes		3
No		29

Notes:TKA=total knee arthroplasty,
 UKA=unicompartmental knee arthroplasty,
 THA=total hip arthroplasty,
 bSBP=brachial systolic blood pressure,
 bDBP=brachial diastolic blood pressure,
 Hb=hemoglobin, WBC=white blood cell,
 CRP=C-reactive protein

Table II. Changes in heart rate and autonomic nervous activity from before surgery to postoperative day 3 in elderly patients who had undergone orthopedic surgery

	Preoperative day		Surgery day	POD1		POD2		POD3		Max variation	F value	p value
	Morning	Night		Morning	Night	Morning	Night	Morning	Night			
HR (bpm)	66.3 ± 8.4	65.6 ± 7.4	73.0 ± 10.8	74.9 ± 10.1	78.7 ± 12.3	77.9 ± 12.3	79.6 ± 12.4	75.4 ± 10.7	75.3 ± 10.6	14	25.592	0
lnLF (ms ²)	4.4 ± 1.2	4.9 ± 1.3	4.3 ± 1.4	4.0 ± 1.2	4.0 ± 1.3	3.9 ± 1.5	3.8 ± 1.1	4.1 ± 1.4	4.0 ± 1.3	1.1	4.151	0
lnHF (ms ²)	4.5 ± 1.3	4.8 ± 1.4	4.6 ± 1.4	4.3 ± 1.4	4.3 ± 1.8	4.3 ± 1.8	4.1 ± 1.7	4.4 ± 1.5	4.2 ± 1.4	0.7	1.401	0.197

Data are presented as a mean ± standard deviation. HR, heart rate; lnLF, natural log of low frequency values; lnHF, natural log of high frequency values; POD, postoperative day; Max variation: maximum value (mean) – minimum value (mean).

Changes in the HR and autonomic nervous activity during the morning and nighttime

Figure 1 indicates changes in the HR during the morning and nighttime. The HR was significantly higher after the surgery than before the surgery during the morning and nighttime ($p < 0.001$). The lnLF values in the morning were not significantly different before surgery and after surgery. However, the lnLF values during the nighttime were significantly lower on postoperative day 1 ($p = 0.003$), postoperative day 2 ($p < 0.001$), and postoperative day 3 ($p = 0.002$) than before the surgery (Figure 2). The lnHF values during the morning and nighttime did not significantly change before the surgery and after the surgery.

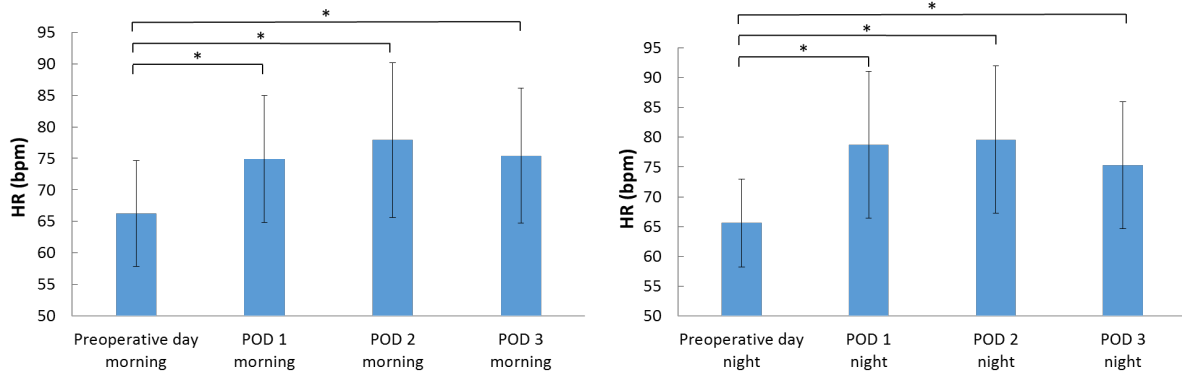


Figure 1. Changes in the HR during the morning and nighttime.

Data are presented as a mean $\pm$ standard deviation. POD: postoperative day; HR: heart rate.

* $p < 0.01$ according to the Tukey post hoc test.

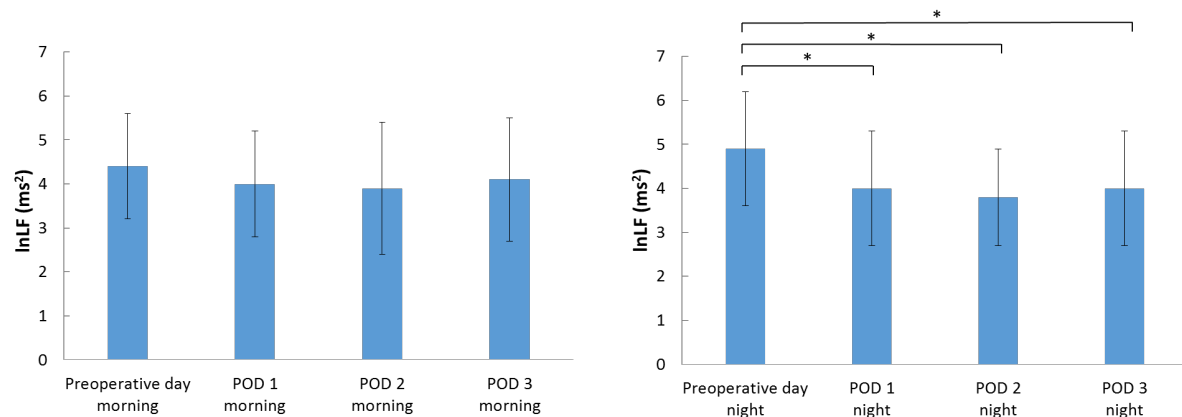


Figure 2. Changes in the lnLF values during the morning and nighttime.

Data are presented as a mean $\pm$ standard deviation. POD: postoperative day; lnLF, natural log of low frequency.

* $p < 0.01$ according to the Tukey post hoc test.

DISCUSSION

Our results indicated the following 2 points regarding changes in the HR and autonomic nervous activity in these patients. (1) The HR was significantly higher from the night of the day of surgery until postoperative day 3 than before surgery. (2) Autonomic nervous activity in the morning remained unchanged from the period before surgery compared to the period after surgery. However, the autonomic nervous activity during the nighttime was significantly lower from postoperative day 1 to postoperative day 3 than before the surgery.

With regard to the aforementioned first point, patients usually experience an increase in HR postoperatively, as this ensures better perfusion of vital organs such as the brain, heart, and skeletal muscles (11). Hence, the increase in HR postoperatively in the present study is reasonable, and it may represent a biological response to surgical stress. However, further examination is needed to elucidate the relationship between postoperative pain or the side effects of medication and HR.

The significantly lower postoperative lnLF values suggest that after surgery, patients experienced a functional decline in autonomic nervous activity. Zhang et al. (15) measured autonomic nervous activity on the day before

the surgery, postoperative day 1, and postoperative day 2 from 11:00 pm to 7:00 am on the following day to clarify differences in autonomic nervous activity among elderly patients after surgery according to the presence of diabetes. The authors found that the lnLF values on postoperative day 1 were significantly lower than before the surgery, regardless of the presence of diabetes. Thus, our study was consistent with their result and extended to that autonomic nervous activity declines until postoperative day 3 than before surgery. As aforementioned, Pomeranz *et al.* (17) reported that the LF component reflects sympathetic and parasympathetic modulation, whereas the HF component only represents parasympathetic modulation. In the present study, the significant decrease in lnLF values during the nighttime after the surgery could be attributed to a decrease in parasympathetic nervous activity, based on the following two points. First, the HR was significantly higher postoperatively in the present study. Second, nighttime parasympathetic nervous activity is significantly reduced postoperatively compared to preoperatively (15,16). However, in the current study, no significant decrease in parasympathetic nervous activity was observed. We think that the main effect of respiration on parasympathetic nervous activity may contribute to this finding (12), in other words parasympathetic nervous activity is often influenced by respiration, therefore, using controlled breathing might be more suitable for evaluation of parasympathetic nervous activity. However, it is impractical to regulate the respiration of patients postoperatively, as the difficulty of precisely measuring parasympathetic nervous activity remains a main limitation of the present study.

In our study, the autonomic nervous activity decreased during the night time, whereas there was no change in the morning. The mechanism of this result remains unclear, however a possible explanation is as follows. In the morning, sympathetic nervous activity dominates, resulting in the decrease of parasympathetic nervous activity. This dominance of sympathetic nervous activity might contribute to the no change in autonomic nervous activity in the morning. Further investigation is needed.

The present study also has five limitations. First, we only included subjects who underwent orthopedic surgery with minimal impact on autonomic nervous activity. Hence, only a limited number of subjects could be enrolled in the present study. Second, we did not consider the differences of surgical invasiveness about patients' surgical procedures; TKA, UKA, THA, and spinal surgery. Third, although anemia from surgery affects postoperative heart rate, we have no data regarding blood transfusion. Fourth, considering the burden on the patients, we used an intermittent measurement method; however, as a result, we were unable to obtain continuous data. Fifth, we did not consider the effect of medications taken during the perioperative period.

In future studies, we recommend the continuous measurement of autonomic nervous activity to clarify the changes in this parameter, along with evaluating these changes based on patients' sleep satisfaction and perceived pain, and the presence or absence of delirium or its severity.

Conclusions

Our findings indicate that surgical stress leads to the maintenance of the HR at a significantly higher value than that before surgery, from the day of the surgery until postoperative day 3. We also found that the autonomic nervous activity remained unchanged in the morning compared to before surgery, but it was significantly lower during the nighttime than before surgery, from postoperative day 1 until postoperative day 3. These results suggest that there is a decrease in parasympathetic nervous activity during the nighttime postoperatively.

ACKNOWLEDGEMENTS

We are deeply grateful to the subjects and their families, nurses and staff, and all persons who greatly contributed to this study. This work was supported by a grants-in-aid of the “YAMAJI FUMIKO NURSING RESEARCH FUND”. None of the authors has any conflicts of interest or any financial ties to disclose.

REFERENCES

1. Saisho, S., Suto, I., Eda, I., Suemitsu, K., Ohtsuka, A. 2005. Surgical care and outcomes after abdominal surgery in the elderly patients over 90 years old. *Journal of Japan Surgical Association* **66**:1540-1547.
2. Fong, T.G., Tulebaev, S.R., and Inouye, S.K. 2009. Delirium in the elderly adults: diagnosis, prevention and treatment. *Nature Reviews Neurology* **5**:210-220.
3. Whitlock, E.L., Vannucci, A., Avidan, M.S. 2011. Postoperative delirium. *Minerva Anestesiologica* **77**:448-456.
4. Sugawara, M. 2011. A review of nursing intervention for delirium in elderly patients. *Japan Academy of Gerontological Nursing* **16**:94-103.
5. Meagher, D.J., Moran, M., Raju, B., Gibbons, D., Donnelly, S., Saunders, J., and Trzepacz, P.T. 2007. Phenomenology of delirium. Assessment of 100 adult cases using standardised measures. *British Journal of Psychiatry* **190**:135-141.
6. Inouye, S.K., Bogardus, S.T. Jr., Charpentier, P.A., Leo-Summers, L., Acampora, D., Holford, T.R., and

- Cooney, L.M.Jr.** 1999. A multicomponent intervention to prevent delirium in hospitalized older patients. *New England Journal of Medicine* **340**:669-676.
7. **Shigeta, H., Yasui, A., Nimura, Y., Machida, N., Kageyama, M., Miura, M., Menjo, M., Ikeda, K.** 2001. Postoperative delirium and melatonin levels in elderly patients. *The American Journal of Surgery* **182**:449-454.
8. **Ono, H., Taguchi, T., Kido, Y., Fujino, Y., and Doki, Y.** 2011. The usefulness of bright light therapy for patients after oesophagectomy. *Intensive and Critical Care Nursing* **27**:158-166.
9. **Ushiyama, T., Mizushige, K., Wakabayashi, H., Nakatsu, T., Ishimura, K., Tsuboi, Y. and Suzuki, Y.** 2008. Analysis of heart rate variability as index of noncardiac surgical stress. *Heart and Vessels* **23**:53-59.
10. **Akselrod, S., Gordon, G., Ubel, F.A., Shannon, D.C., Berger, A.C., and Cohen, R.J.** 1981. Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: a quantitative probe of beat- to-beat cardiovascular control. *Science* **213** (4504): 220-22.
11. **Copel, L.C.** 2000. Homeostasis, stress, and adaptation, p.71-88. In Smeltzer, S.C. and Bare, B.G. (eds), *Brunner and Suddarth's Textbook of Medical-Surgical Nursing* (9th ed.). Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, USA.
12. **Hayano, J.** 2001. The autonomic function analysis by heart rate variability, p.71-109. In Inoue, H. (ed.). *Autonomic Function and Cardiovascular Disease*. Igaku-Shoin P, Tokyo, Japan.
13. **Hrubesky, W.J.M., Fader, D., Schmitt, O., and Gilbertsen, V.** 1984. The respiratory sinus arrhythmia: a measure of cardiac age. *Science* **224**:1001-1004.
14. **Shannon, D.C., Carley, D.W., and Benson, H.** 1987. Aging of modulation of heart rate. *American Journal of Physiology* **253**:H874-H877.
15. **Zhang, J., Tu, W., Dai, J., Lv, Q., Yang, X.** 2011. Dysfunction of pre- and post-operative cardiac autonomic nervous system in elderly patients with diabetes mellitus. *Archives of Gerontology and Geriatrics* **53**:334-337.
16. **Hansen, M.V., Rosenberg, J., and Gögenur, I.** 2013. Lack of circadian variation and reduction of heart rate variability in women with breast cancer undergoing lumpectomy: a descriptive study. *Breast Cancer Research & Treatment* **140**:317-322.
17. **Pomeranz, B., Macaulay, R.J., Caudill, M.A., Kutz, I., Adam, D., Gordon, D., and Benson, H.** 1985. Assessment of autonomic function in humans by heart rate spectral analysis. *American Journal of Physiology* **248**:H151-H153.
18. **Watanuki, S., Sakai, I., Takeuchi, T., Suwa, H., Taruya, T., Ichinose, K.** 2001. Development and pilot testing of the Japanese version of the NEECHAM Confusion Scale: a tool to assess delirium/ acute confusion. *Advances in Nursing art and Science* **12**:46-63.