

原著 デッドリフトによるバーベル挙上時の自律神経活動 およびそれに対するカスタムメイドマウスガードの影響

蜂須 貢^{*1,2)} 大林 真幸^{1,2)} 船登 雅彦^{1,3)}
落合 裕隆^{1,4)} 芳賀 秀郷^{1,5)} 上間 裕二⁶⁾
三邊 武幸¹⁾ 向後 麻里²⁾

抄録：デッドリフトはパワーリフティング競技3種目の中で最も重い重量を扱うため、精神統一し試技の終了まで無呼吸で行うことが多く、自律神経活動への影響が大きいと考えられ、デッドリフト直後の自律神経活動は競技者のパフォーマンス発揮を知る上で重要である。一方、デッドリフトは試技の開始から終了まで一般的に歯を噛み締めバーベルを挙上するため、カスタムメイドマウスガード (CMG) の影響を観察するには適していると考えた。被検者は常時ウェイトトレーニングを行っている10名 (30.0±15.0歳) とし、心電図から自律神経活動解析ソフト「きりつ名人 ((株) クロスウエル)」を用い自律神経活動を解析した。測定項目は安静座位 (2分間) および立位時の心拍変動係数 (CVRR)、低頻度と高頻度心拍変動係数比 (ccvL/H) および立位継続 (1分間) 時の高頻度心拍変動係数 (ccvHF) である。重量変化による自律神経活動への影響は最大挙上重量の90%を基準とし、これに±5kgの重量を追加した。その後2mmあるいは4mm厚のCMGを口腔内に装着し基準重量である最大挙上重量の90%のデッドリフトに対する影響を検討した。CMGは各人の歯列に合わせてEthyl vinyl acetate sheetを加熱成形し、第一大臼歯部で厚み2mmおよび4mmとなるように製作した。統計解析は分散分析を行いその後Bonferroniの多重比較を行った。重量依存性の心拍数変化 (ΔHR) は90%-5kg時のデッドリフトと比較して、±0kg (90%時) で増加傾向、+5kgで有意な増加を認めた。CMG装着の影響はCMG装着なしに比べCMG4mm装着の場合ccvHFが増大する傾向を示した。ccvHFの値の低下はトレーニング負荷量やそれによる疲労感と関係することが報告されていることからCMG装着は疲労を軽減する傾向にあると思われる。

キーワード：自律神経活動、デッドリフト、カスタムメイドマウスガード、疲労

はじめに

デッドリフトはパワーリフティング競技3種目 (他にスクワットとベンチプレス) の中で最も重い重量を扱うため、精神統一し試技の終了まで無呼吸で行うことが多く、自律神経活動への影響が考えられる。競技者が自己の能力を最大限に発揮する際、不安や緊張などの精神的要素を含めどの様に自律神経活動に影響するか明らかにすることを目的とし

た。無呼吸でバーベルを挙上する間の自律神経活動測定は、筋電図により自律神経活動が測定不能になるので、デッドリフト直後、安静座位と起立時の自律神経活動を測定した。バーベル挙上時の自律神経活動についてはColletらにより報告¹⁾されている。即ち、ウェイトリフティングのスナッチ試技における挙上時の自律神経活動指標 (皮膚抵抗・温度・血流、心拍数、呼吸数) を測定し、交感神経活動と考えられる反応が上昇することを報告しているが、心

¹⁾ 昭和大学スポーツ運動科学研究所

²⁾ 昭和大学薬学部臨床薬学講座薬物治療学部門

³⁾ 昭和大学歯学部スペシャルニーズ口腔医学講座顎関節症治療学部門

⁴⁾ 昭和大学医学部衛生学公衆衛生学講座

⁵⁾ 昭和大学歯学部歯科矯正学講座

⁶⁾ 株式会社ジンズ

*責任著者

〔受付：2021年2月1日、受理：2021年4月19日〕

拍変動についての測定はない。一方、心拍変動から自律神経活動を検討したものは三宅と三好²⁾の対象者1名を10週に亘りトレーニング後の心拍変動指標(LnrMSSD)を測定し、主観的な負荷量(疲労感)との関係を報告したものやChenら³⁾のウエイトトレーニング後のウエイトリフティングパフォーマンスと副交感神経活動指標(high frequency HRV)が平行して変化するという報告がある。しかし、デッドリフトと自律神経活動に関する報告は見当たらない。

一方、デッドリフト時における下顎位はさまざまであるが、一般的にはバーベル挙上開始から終了まで噛み締め動作を継続する場合が多い種目であるため⁴⁾、マウスガード装着の影響を観察するには適していると考えデッドリフト時のカスタムメイドマウスガード(CMG)の影響も検討した。マウスガードはパワーリフティングだけでなくラグビー、アメリカンフットボールやボクシングなど種々のコンタクトスポーツで外傷予防や噛み締めによる臼歯部の保護などを目的とし用いられている。マウスガードには熱湯で短時間温めて口腔内に入れ自分で圧接し歯形に成型する市販のマウスピースと歯科医師により調整されるCMGがある。CMGはデザインや厚みを自由に設定でき市販のマウスピースと比較し、違和感が少なく口腔外傷予防効果が高いとされている。即ち、この噛み締めに対する臼歯部への保護効果がどの様に自律神経活動へ影響するかも検討した。

研究方法

1. 被検者の選択

日常的にウエイトトレーニングを実施している健康男性10名(年齢の平均値±標準偏差:30.0±15.0歳)を対象とした。内訳は国体を目指してパワーリフティングを行っているパワーリフター4名(41.3±19.3歳)と本学の運動部に所属している学部学生6名(22.5±3.5歳)である。被験者はデータ収集時に外傷および障害がない者で、シーズンオフに研究に参加した。

2. 自律神経活動の測定

自律神経活動は左右鎖骨中間部と左脇腹に電極を貼付し、心電図を測定しメモリ心拍計LRR-03(アームエレクトロニクス(株),東京)を介し自律神経活動解析ソフト「きりつ名人」((株)クロスウエル,横浜)で解析した。測定項目は安静座位(2分間)における心拍変動係数(CVRR:Coefficient of variation of R-R intervals)、低頻度と高頻度心拍変動係数比(ccvL/H)および起立時の反射性 Δ CVRR、 Δ ccvL/H、更に立位継続(1分間)における高頻度心拍変動係数(ccvHF)を測定した(図1)⁵⁻⁷⁾。CVRRはR-R間隔値を[標準偏差/平均R-R間隔×100(%)]として計算された値であり、自律神経活動全体の指標とされている。ccvHF(Component coefficient of variance of high frequency)は高周波数成分の心拍変動係数で副交感神経活動の指標とされている。ccvL/H:低

A:自律神経活動の測定時の姿勢

B:きりつ名人スコアの評価

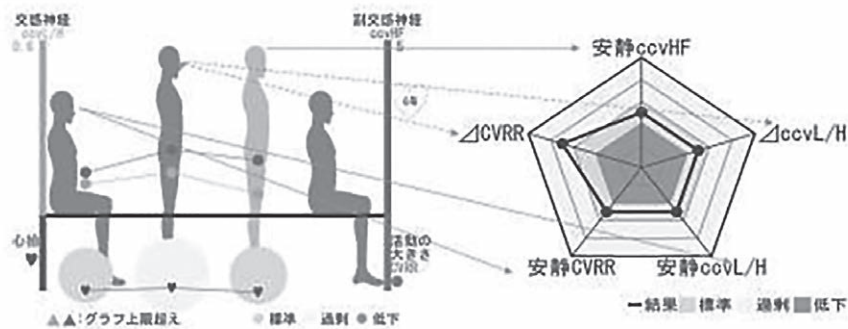


図1 自律神経活動の測定時の姿勢(A)とその項目の表示(きりつ名人スコア;B) デッドリフト直後2分間安静にして座り(安静座位:左端),安静CVRRおよび安静ccvL/Hを測定,後立ちあがり(立位:左から2番目) Δ CVRRおよび Δ ccvL/Hを測定する,更に1分間立位を継続(立位:左から3番目)し安静ccvHFを測定した。

周波成分の心拍変動係数を高周波成分の変動係数で除したもの (ccvLF/ccvHF) で、交感神経活動指標とされている。HF (High frequency) は 0.15 ~ 0.40 Hz (2.5 秒 ~ 6.6 秒) であり、副交感神経に影響される。LF (Low frequency) は 0.04 ~ 0.15 Hz (6.6 秒 ~ 25 秒) であり副交感神経と交感神経の両方に影響される⁵⁻⁷⁾。

3. カスタムメイドマウスガード (CMG) の製作
CMG の作成は既に報告されている船登らの方法に従った⁸⁾。即ち、被験者の上下顎歯列を既成トレーにてアルジネート印象材 Aroma Fine DF[®] (株式会社ジーシー, 東京) で印象採得し、硬石膏 New Plastone[®] (株式会社ジーシー, 東京) を注入して作業用模型を製作した。CMG はカラーマウスガード用 Ethyl vinyl acetate sheet (エルコデント社, ドイツ) を用いエルコフォーム 3D motion 吸引型成型器 (バキュームタイプ, エルコデント社, ドイツ) で成型し、第一大臼歯部で厚み 2 mm および 4 mm となるように製作した。作業用模型上で調整し研磨後、口腔内で全歯列が均等に接触するように再調整し仕上げ研磨した。

4. バーベル挙上重量およびその設定

バーベルの挙上重量は本人の最大挙上重量で繰り返し自律神経活動を評価することは難しく安全性の問題もあるため、本人の最大挙上重量 (平均 1730 kg, 120-255 kg) の 90% (平均 1533 ± 314 kg, 110-213 kg) を基準とし、CMG なし、2 mm, 4 mm の装着をくじ引きでランダムに決め行った。また、挙上重量の違いによる自律神経活動の変化を観察する目的で 90% 最大挙上重量を基準とし、本基準重量より 5 kg 軽い重量および 5 kg 重い 3 重量のデッドリフトの試技を CMG 装着前に行った。これらの試技にあたり被験者はストレッチとバーベル挙上のウォームアップを行った。

5. 統計解析

統計解析にはエクセル統計 ((株) 社会情報サービス, 東京) を用い、3 群の比較には反復測定分散分析を行い、Bonferroni の多重比較検定を用いた。p < 0.05 を有意差あり、0.05 ≤ P < 0.1 を有意傾向 (marginal significant) とした。

なお、本研究は、昭和大学歯学部における人を対象とする研究等に関する倫理委員会の承認 (承認番号: 2016-009 号) の下、被験者の同意を得て行った。

20 歳以下の被験者の場合は保護者の承諾も得た。

実験結果

1. 90% 挙上重量を基準とし 5 kg 軽い重量および 5 kg 重い重量の 3 重量のデッドリフト時の自律神経活動

デッドリフト開始前と終了直後の最大心拍数の差を心拍数変化値 (ΔHR) として算出し、90% 最大挙上重量を基準とし、本基準重量より 5 kg 軽い重量 (-5 kg) および 5 kg 重い重量 (+5 kg) の ΔHR を比較したところ、ΔHR は重量増加に従い増加し、90% 最大挙上重量 -5 kg に対し ±0 kg および +5 kg でそれぞれ増加傾向 (p=0.0702) および有意 (p=0.0390) な増加であった (図 2)。しかし、以下の 5 つのパラメータ、安静座位時 CVRR, ccvL/H および起立時の ΔCVRR, ΔccvL/H, 立位継続時の ccvHF に対し重量増加による影響は認められなかった。

2. 90% 基準挙上重量のデッドリフト時の自律神経活動に対する CMG 装着の影響

90% 基準挙上重量のデッドリフトによる心拍数の変化値 (ΔHR) およびきりつ名人スコアに対し CMG 装着は有意な影響は示さなかった。自律神経活動である安静座位時 CVRR, ccvL/H および起立時の ΔCVRR, ΔccvL/H に対しても CMG 装着は有意な影響を示さなかった。立位継続時の ccvHF の値は CMG 2 mm, 4 mm と増大する傾向を示した (p=0.0716) (図 3)。

考察

1. 90% 挙上重量を基準とし 5 kg 軽い重量および 5 kg 重い重量の 3 重量のデッドリフト時の自律神経活動

本人の 90% 挙上重量を基準とし、±5 kg の 3 重量のデッドリフトでは重量に従い ΔHR が上昇し、90% 挙上重量の -5 kg に比べ 90% 挙上重量の +5 kg では有意な ΔHR の上昇となった。デッドリフトは試技開始から 10 数秒以内に終了するので、その間無呼吸運動となり、その間消費された筋中のクレアチンリン酸の減少および嫌氣的解糖系により産生された乳酸がその後の好氣的反応により産生される CO₂ およびこれらによる体内の pH 変化がケモレセプターを介して交感神経を活性化させた結果心拍数を

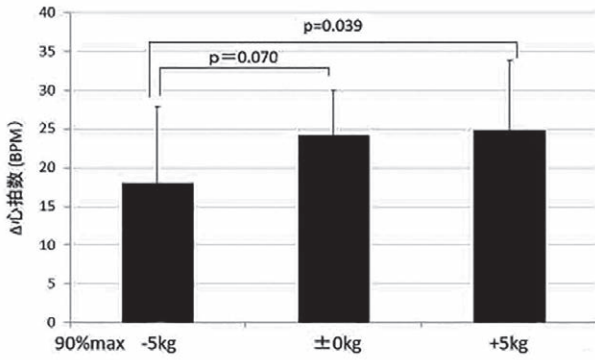


図 2 デッドリフトにおける3重量 (90% max - 5 kg, ±0 kg, +5 kg) 挙上時のΔ心拍数 (ΔHR) n = 10, 対応のある分散分析を行った.

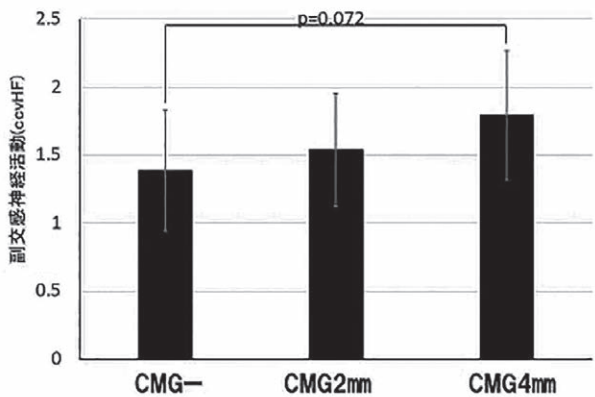


図 3 カスタムメイドマウスガード (CMG) 装着の副交感神経活動 (ccvHF) に対する影響 n = 10, 対応のある分散分析を行った.

増加したと考えられ、その増加量は重量に依存したもののと思われる。しかし、竹中ら⁹⁾は動物実験において高CO₂環境下では交感神経と副交感神経の両者が同時に活性化され、心拍数は低下することを見出している。これは交感神経活性化の結果血圧が上昇し頸動脈圧受容器反射を介し、反射的に副交感神経が活性化され、交感神経と副交感神経の活性化が相殺し結果的に心拍数を低下したとしている。また、富田ら¹⁰⁾はノルディックウォーキングにおける心拍数-血中乳酸濃度の関係を研究し、血中乳酸蓄積開始点 (OBLA: 4 mmol/l) より若干低い値から心拍数が上昇し始めOBLAより直線的な心拍数上昇を示すことを報告している。この様な事から、われわれのデッドリフト挙上重量の違いにより有意

に心拍数が増加したことは、デッドリフトが無酸素運動であり重量により産生された乳酸の濃度が異なることを示唆していると考えられる。

一方、交感神経活動指標と考えられる安静座位時ccvL/Hや起立時ΔccvL/Hには有意な影響がみられなかった。日本心電学会ガイドラインではccvL/Hは一個体で比較すると交感神経活動と並行した変化を示すが、個体間での比較は注意を要すると述べている⁷⁾。また、上原ら¹¹⁾および田上と上原¹²⁾は運動中には乳酸などがケモレセプターを刺激し交感神経を活性化することと、これに反し圧受容体を介して交感神経活動を抑制することが拮抗していることから、交感神経活動の指標としては必ずしもccvL/Hが適当ではないことを指摘した。これを解決すべく血中乳酸値と心拍変動の周波数解析の関係について検討し、「心拍数/ccvLF」が運動中の交感神経活動に良く適合することを提唱している。それ故、上原らが提唱する「心拍数/ccvLF」を交感神経活動として本研究にも採用するとデータも変わる可能性が考えられるが、残念ながらクロスウエルの「きりつ名人」にはこの様な解析プログラムは組み込まれていない。

2. CMG 装着の影響

90%挙上重量のデッドリフト時にCMGを装着した場合、立位継続時のccvHF値はCMGを装着しない場合と比べ高い傾向 (p=0.0716) を示した。このccvHFの値は副交感神経機能と関係しており、疲労度が高い程この値は低下すると報告されている^{13,14)}。また、Chenら³⁾はウエイトトレーニング後のウエイトリフティングパフォーマンスがhigh frequency HRV (副交感神経活動指標) が平行することを見出し、high frequency HRVがウエイトリフターの疲労回復状態を反映する可能性があること述べている。この様な事からCMG 4 mmの装着はCMG装着無しの場合と比べ疲労が少ない傾向があると考えられる。一方、われわれはCMG装着の効果としてバーベル挙上時の加速度を有意に上昇することを報告⁸⁾している。このバーベル挙上加速度の上昇に対する考察としてCMG装着時の開・閉口筋の協調活動による下顎の固定効果が考えられ、CMGを噛みしめることにより、Hoffman反射 (H-反射) の亢進が考えられるとしている。即ち、CMG装着によりしっかりと噛み締めることが出来、咬筋からの求

心性入力による H-反射の亢進により、ヒラメ筋や前脛骨筋の促通効果¹⁵⁾をもたらすことや四肢の固定に寄与¹⁶⁾することからバーベルへの力の伝達が効率良くなされていると考察した。同様に CMG 4 mm の装着が高い ccvHF を維持する傾向を示したことはバーベルへの力の伝達の効率が良く、フィジカルエネルギーを若干節約したと考えられる。

研究制限

本研究の限界は被験者数が少ないこと、被験者のパワーリフティングに対する経験年数が異なることなどである。学生 6 名と国体を目指しているまたは出場経験のある 4 名に分けて、重量依存性の自律神経活動パラメータへの影響を検討したが有意差が認められるものはなかった。更にそれぞれ均一な被験者を増やし検討することは今後の課題である。

結 論

本人の最大挙上重量 90% に ±5 kg 重量を変えることで挙上後の心拍数への影響が有意に変わることが示された。また、CMG の装着はデッドリフトにおけるフィジカルエネルギーの節約に好影響を与える可能性が示唆された。

謝辞 本研究の参加者の貢献に感謝します。また、Abstract の英文校正をして頂いたエディタージ (*www.editage.com*) に謝意を表します。

研究資金

本研究は昭和大学スポーツ運動科学研究研究所研究助成金 (2016 年度) の助成により行った。

利益相反

本研究に関し開示すべき利益相反はない。

文 献

- 1) Collet C, Guillot A, Bolliet O, *et al.* Autonomic-nervous-system activity during the preparation phase for the snatch in Olympic weight lifting. *Int J Sport Physiol Perform.* 2006;1:375-387.
- 2) 三好英次, 三宅敏博. ウエイトリフティングのトレーニング負荷のモニタリングと定量化 女子選手のケーススタディ. スポーツパフォーマンス研究. 2021;13:15-29.
- 3) Chen JL, Yeh DP, Lee JP, *et al.* Parasympa-

- thetic nervous activity mirrors recovery status in weightlifting performance after training. *J Strength Cond Res.* 2011;25:1546-1552.
- 4) Sugihara D, Kawara M, Suzuki H, *et al.* Mandibular jaw movement and masticatory muscle activity during dynamic trunk exercise. *Dent J (Basel).* 2020;8:132. (accessed 2020 Oct 22) <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7761542/pdf/dentistry-08-00132.pdf>
- 5) Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Euro Heart J.* 1996;17:354-381.
- 6) 藤井智恵子, 阿部 敦. 自律神経反応評価のための心拍連動連続解析. 細胞. 2015;47:336-339.
- 7) 日本心電学会ガイドライン. 心拍変動解析. 携帯心電図に関する日本心電学会ステートメント. 心電図. 2006;26:911-915.
- 8) 船登雅彦, 芳賀秀郷, 蜂須 貢, ほか. デッドリフトにおけるパフォーマンスに対するカスタムメイドマウスガード装着の効果. スポーツ歯. 2021;24:57-66.
- 9) 竹中敏文, 林田嘉朗, 日下部辰三. 高二酸化炭素暴露ラットにおける循環応答. 国士館大体育研報. 2004;23:111-112.
- 10) 富田エミ, 辻川比呂斗, 家崎貴文, ほか. 上肢筋力増強によるノルディックウォーキング中の心拍数—血中乳酸濃度関係の生理的適応について—運動処方への安全な運用を目的として. 適応医. 2015;19:35-45.
- 11) 上原吉就, 松田拓朗, 田上友季也. 生体情報測定装置, 生体情報測定方法および生体情報測定プログラム. 特許 WO2020213689. 2020 年 10 月 22 日.
- 12) 田上友季也, 上原吉就. 心拍の揺らぎに含まれる自律神経成分を活用した新たな運動強度判定法の試み. *Bio Industry.* 2021;38:82-86.
- 13) 倉垣弘彦, 山口浩二, 笹部哲也, ほか. 慢性疲労症候群患者の自律神経機能評価. 自律神経機能異常を伴い慢性的な疲労を訴える患者に対する客観的な疲労診断法の確立と慢性疲労診断指針の作成. 平成 23 年度 総括・分担研究報告書. 2012. pp25-28.
- 14) 山口浩二, 笹部哲也, 田島世貴, ほか. 疲労の生理学的計測 加速度脈波. 医のあゆみ. 2009; 228:646-653.
- 15) Miyahara T, Hagiya N, Ohyama T, *et al.* Modulation of human soleus H reflex in association with voluntary clenching of the teeth. *J Neurophysiol.* 1996;76:2033-2041.
- 16) Boroojerdi B, Battaglia F, Muellbacher W, *et al.* Voluntary teeth clenching facilitates human motor system excitability. *Clin Neurophysiol.* 2000;111:988-993.

Potential effects of wearing custom-made mouthguards on post-deadlift autonomic activity

Mitsugu Hachisu^{*1,2)}, Masayuki Ohbayashi^{1,2)}, Masahiko Funato^{1,3)},
Hirotaka Ochiai^{1,4)}, Shugo Haga^{1,5)}, Yuji Uema⁶⁾,
Takeyuki Sambe¹⁾ and Mari Kogo²⁾

Abstract — Deadlifting strongly influences autonomic response, as this intensive strength-training activity taxes the body through a progression of lifting heavy weights across three separate attempts. We sought to study this autonomic response after deadlifting, and the potential effect of wearing a mouthguard during deadlifting. Ten healthy male volunteers aged 30.0 ± 15.0 years were recruited. The deadlifting weight for each study subject was selected based on 90% of the individual's maximum weight (90%max; 153.3 ± 31.4 kg). The electrocardiographic R-R interval variabilities (CVRRs) were analyzed using the Kiritsu Meijin (Crosswell Co., Yokohama, Japan) autonomic nerve activity analysis software by measuring electrocardiogram activity. We measured the subjects' CVRRs while sitting for 2 min, immediately upon standing, and after standing for 1 min immediately after deadlifting. We monitored the five autonomic parameters at three different weights of $90\%max \pm 5$ kg and then the effect of wearing custom-made mouthguards (CMGs) at 2 mm and 4 mm thickness with 90%max weight. Individualized CMGs were fabricated by a thermoforming device using an ethyl vinyl acetate sheet. Statistical analysis was performed using analysis of variance, and multiple comparisons of the Bonferroni correction were employed. Changes in heart rate (ΔHR) by deadlifting with $90\%max \pm 5$ kg increased alongside the increasing weight, and we found that ΔHR with $90\%max + 5$ kg was significantly increased ($p=0.039$) compared to that with $90\%max - 5$ kg. Wearing a 4 mm CMG resulted in marginally significantly higher ($p=0.072$) ccvHF values than without CMG. The ccvHF value is an index of parasympathetic activity, and a higher value is considered to be related to physical resilience; therefore, wearing a 4 mm CMG may reduce fatigue in individuals in deadlifting and similarly intensive exercise.

Key words: autonomic nerve activity, deadlift, custom-made mouthguard, fatigue

[Received February 1, 2021 : Accepted April 19, 2021]

¹⁾Showa University Research Institute for Sport and Exercise Sciences

²⁾Department of clinical Pharmacy, Division of Pharmacotherapeutics, Showa University School of Pharmacy

³⁾Department of Special Needs Dentistry, Division of Temporomandibular Disorders and Orofacial Pain Showa University School of Dentistry

⁴⁾Department of Hygiene, Public Health and Preventive Medicine, Showa University, School of Medicine

⁵⁾Department of Orthodontics, Showa University School of Dentistry

⁶⁾JINS Incorporated Company

* To whom corresponding should be addressed