



箱根駅伝選手における自律神経活動と 競技成績に関する実践的研究（第2報）

両角 速 (体育学部競技スポーツ学科) 西出仁明 (体育学部競技スポーツ学科)

八田有洋 (体育学部生涯スポーツ学科) 山下泰裕 (体育学部武道学科)

寺尾 保 (スポーツ医科学研究所)

A Practical Study on the Autonomic Nervous Activity and the Competitive Performance in the Hakone-Ekiden Athletes (Second Report)

Hayashi MOROZUMI, Noriaki NISHIDE, Arihiro HATTA, Yasuhiro YAMASHITA and Tamotsu TERAO



Abstract

The purpose of this study is to elucidate the relationship between the autonomic nervous activity and the race result during a conditioning period in Hakone-Ekiden athletes. Subjects were five long-distance runners. Sympathetic and parasympathetic activities were evaluated by the spectral analysis of heart rate variability. Low frequency power (LF, 0.04-0.15 Hz) and high frequency power (HF, 0.15-0.40 Hz) were obtained. HFnu ($HF/(LF+HF) \times 100$) was used as an indicator of parasympathetic activities. The following parameters were measured at rising for 14 days; Coefficient of Variation of R-R intervals (CVRR) and HF normalized unit (HFnu). The results are as follows:

- 1) The athletes who had a high CVRR showed a tendency for better race results than the athletes who had a low CVRR.
- 2) The athletes who had a high HFnu showed a tendency for better race results than the athletes who had a low HFnu.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 28, 51-57, 2016)

I. 緒言

関東学生陸上競技連盟に所属している各大学の長距離選手にとって、東京箱根往復大学駅伝競走（以下、箱根駅伝）は、最も主要な大会の1つである。箱根駅伝は、日本の長距離選手の登竜門ともなっている。箱根駅伝は、日々の完璧なトレーニング成果がなければ、出場への挑戦はできない。怪我・故障、体調不良などの徴候（症状）は、出場、或いはシード権獲得への挑戦権を当然失うこ

とになり、トレーニング成果はもとより、精細なコンディションづくりも勝敗に大きく影響してることになる。したがって、各選手が最高のパフォーマンスを発揮するためには、良好なコンディションで競技大会に臨むことが必要である。箱根駅伝に出場する東海大学長距離選手も競技大会前の調整期には、出場選手一人一人が種々の調整法でコンディションを整えながら競技大会に備えている。

スポーツ競技におけるコンディションを評価する方法は多様にあるが、自律神経活動の指標も重

表1 被験者の身体的特徴
Table 1 Physical characteristics of the subjects

| 被験者 | 年齢 (歳) | 身長 (cm) | 体重 (kg) | 体脂肪率 (%) |
|-----|--------|---------|---------|----------|
| A | 19 | 172.0 | 57.8 | 14.6 |
| B | 21 | 168.3 | 49.0 | 10.0 |
| C | 21 | 178.3 | 56.5 | 9.3 |
| D | 22 | 172.5 | 52.2 | 12.2 |
| E | 21 | 172.0 | 50.6 | 13.3 |

要な役割をもつと考えられる。自律神経系は、交感神経系と副交感神経系とからなり、多くの臓器では、両者の拮抗作用により機能が調節されている。また、両者の活動レベルが、体力や疲労感などの体調の変化、あるいは、睡眠状況等の生体リズムなどに関連して変化することも知られている。自律神経活動の間接的な評価としては、心拍変動解析が利用されている。心拍変動は、非侵襲的苦痛を与えずに評価が可能であり、アスリートのコンディション評価に適した指標であると考えられる¹⁾。先行研究では、長距離選手に対するコンディショニングという観点から自律神経活動のバランスと競技パフォーマンスとを関連させて検討することは有用であると示唆している²⁾。

そこで、本研究は、箱根駅伝前の調整期における起床時の自律神経活動（自律神経活動量、交感神経と副交感神経のバランス）と競技成績と照らし合わせ、それらの関連を明らかにすることで、自律神経活動が競技成績にどのような影響を及ぼすのかを検討した。

II. 実験方法

本研究は、すべての検査項目が簡便で、被験者の生体に負担の少ない非侵襲的な検査であった。

1. 対象者

実験対象は、東海大学陸上部中・長距離ブロックの箱根駅伝（本戦）の代表選手5名（年齢；

20.8±1.1歳、身長；172.6±3.6cm、体重；53.2±3.8kg、体脂肪率；11.9±2.2%）とした（表-1）。

本研究は、東海大学「人を対象とする研究」に関する倫理委員会の承認を得て実施した。なお、被験者には、実験の概要を十分に説明し実験参加の同意を得た。

2. 自律神経機能の測定方法

自律神経機能の測定は、調整期の14日間（レース前日まで）、起床時の自律神経活動（自律神経活動量、交感神経と副交感神経のバランスなど）の動態について評価した。自律神経活動の測定は、調整期の起床直後、座位にて安静5分間とした。なお、最初と最後の1分間ずつを削除した計3分間を解析した。

自律神経活動の評価は、心拍変動（R-R 間隔）データを解析した。時間領域解析（CVRR=R-R 間隔の標準偏差/R-R 間隔の平均値）により、脈拍間隔のばらつきを算出し、自律神経活動量（自律神経の大きさ）の指標とした。周波数解析によって求められる心拍変動の低周波帯域（LF：0.04～0.15Hz）は、交感神経活動と副交感神経活動の双方を反映し、高周波帯域（HF：0.15～0.40Hz）については、副交感神経活動を反映すること^{3,4)}が定義されている。そこで、HF normalized unit（以下、HFnu、 $HFnu = HF / (LF + HF) \times 100$ ）は、LF に対する HF の大きさを計算することで自律神経活動における副交感神経活動の指標とした⁵⁾。この指標から自律神経活動のバランスを推定した。

心拍変動の解析は、ハートレートモニター

RS800CXN（Polar社）を用いて心拍R-R間隔を記録し、データをPolar ProTrainer 5.3を用いて高速フーリエ解析を行った。

3. コンディションチェックシートによる評価

被験者Eについては、起床時座位で心拍変動の測定後、コンディションチェックシートを用い、睡眠状況（5：非常に良い～3：普通～1：非常に悪い）、食事（5：十分食欲あり～3：普通～1：全く食欲なし）、疲労感（5：全く疲労なし～3：普通～1：非常に疲労あり）、体調（5：最良～3：普通～1：最悪）等、5段階評価を行った。

Ⅲ. 結果

1. 調整期における起床時のCVRRおよびHFnuの変化

起床時のCVRRおよびHFnuの変化を個人ごとに図1、2、3、4および5に示した。被験者Aは、CVRRの変化が競技大会2週間前4.73～12.94%（平均値；7.34±3.06%）、1週間前3.36～9.47%（平均値；5.26±2.05%）をそれぞれ示した。HFnuの変化は、競技大会2週間前20.22～73.86%（平均値；40.91±20.86%）、1週間前36.44～57.72%（平均値；49.07±8.01%）であった。被験者Bは、CVRRの変化が競技大会2週間前3.91～7.88%（平均値；5.81±1.22%）、1週間前4.94～8.97%（平均値；6.40±1.45%）を示した。HFnuの変化は、競技大会2週間前38.10～80.17%（平均値；59.46±19.37%）、1週間前48.23～72.07%（平均値；59.25±9.31%）であった。被験者Cは、CVRRの変化が競技大会2週間前3.80～6.73%（平均値；8.06±3.23%）、1週間前3.04～10.41%（平均値；11.02±1.36%）をそれぞれ示した。HFnuの変化は、競技大会2週間前28.76～72.51%（平均値；44.54±14.45%）、1週間前31.32～62.86%（平均値；50.44±4.89%）であった。被験者Dは、CVRRの変化が競技大

会2週間前10.34～14.71%（平均値；12.21±1.59%）、1週間前9.12～17.04%（平均値；14.10±2.94%）をそれぞれ示した。HFnuについては、競技大会2週間前40.28～59.64%（平均値；48.81±7.90%）、1週間前45.07～73.87%（平均値；57.82±11.70%）をそれぞれ示した。被験者Eは、CVRRの変化が競技大会2週間前4.80～10.90%（平均値；6.74±2.40%）、1週間前5.11～11.50%（平均値；8.01±3.05%）をそれぞれ示した。HFnuの変化は、競技大会2週間前46.59～78.31%（平均値；62.54±11.83%）、1週間前54.03～74.74%（平均値；65.62±7.84%）をそれぞれ示した。

2. コンディションチェックシートによる評価

被験者Eの睡眠状況は、競技大会2週間前；4～5、1週間前；4～5（競技前日；5、睡眠時間7時間45分）、疲労感が競技大会2週間前；3～4、1週間前；3～5（競技前日；4）、食事が競技大会2週間前；5、1週間前；5（競技前日；5）、体調が競技大会2週間前；4～5、1週間前；5（競技前日；5）をそれぞれ示した。

3. 箱根駅伝の競技成績

箱根駅伝の競技成績は、被験者A：1区16位、被験者B：4区2位、被験者C：8区6位、被験者D：9区3位、被験者E：10区4位という結果であった。

Ⅳ. 考察

本研究では、箱根駅伝（本戦）の調整期における起床時の自律神経活動量、交感神経及び副交感神経のバランスと競技成績との関連を検討した。

CVRRの変化は、被験者Aが競技大会2週間前の平均値；7.34±3.06%、1週間前の平均値；5.26±2.05%、被験者Bが競技大会2週間前で平均値；5.81±1.22%、1週間前で平均値；6.40±1.45%、被験者Cが競技大会2週間前で平均値；8.06±3.23%、1週間前で平均値；11.02±1.36%、

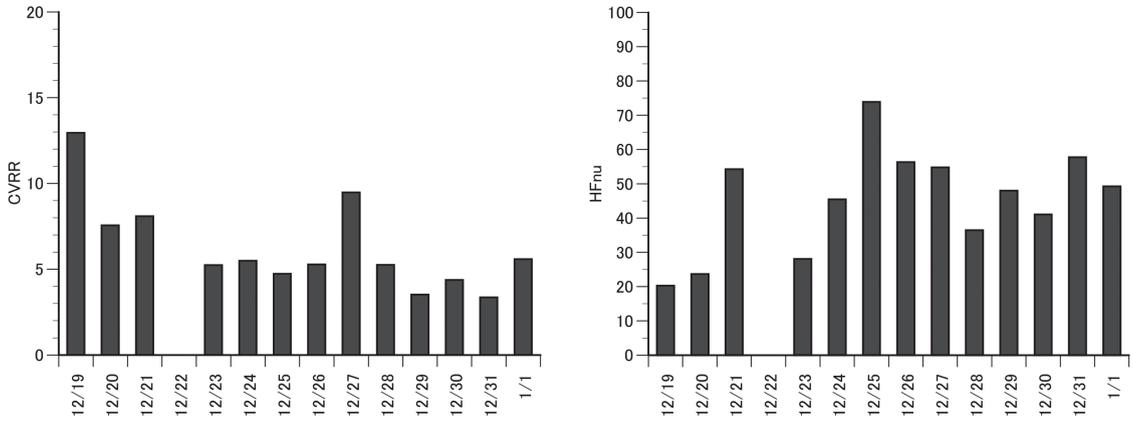


図1 調整期における CVRR および HFnu の変化 (被験者 A)
 Fig. 1 Changes in CVRR and HFnu during a conditioning period. (Subject A)

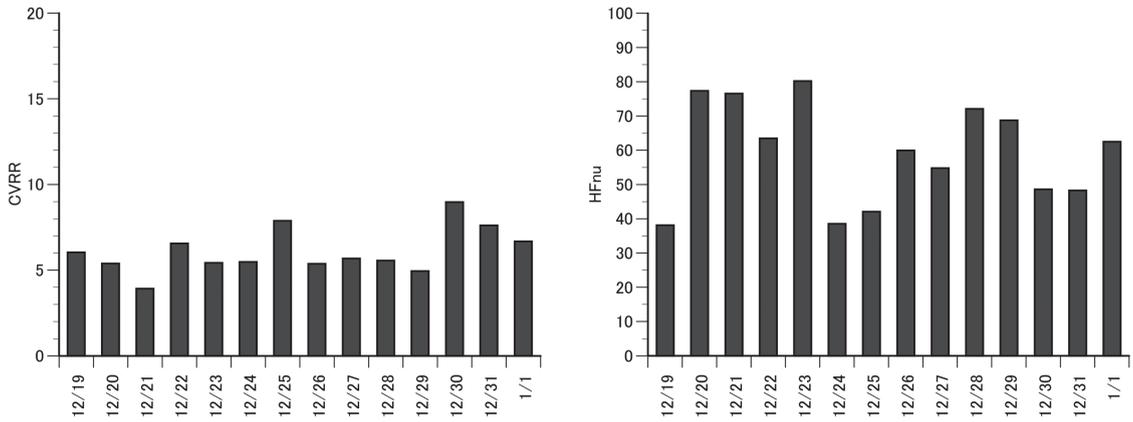


図2 調整期における CVRR および HFnu の変化 (被験者 B)
 Fig. 2 Changes in CVRR and HFnu during a conditioning period. (Subject B)

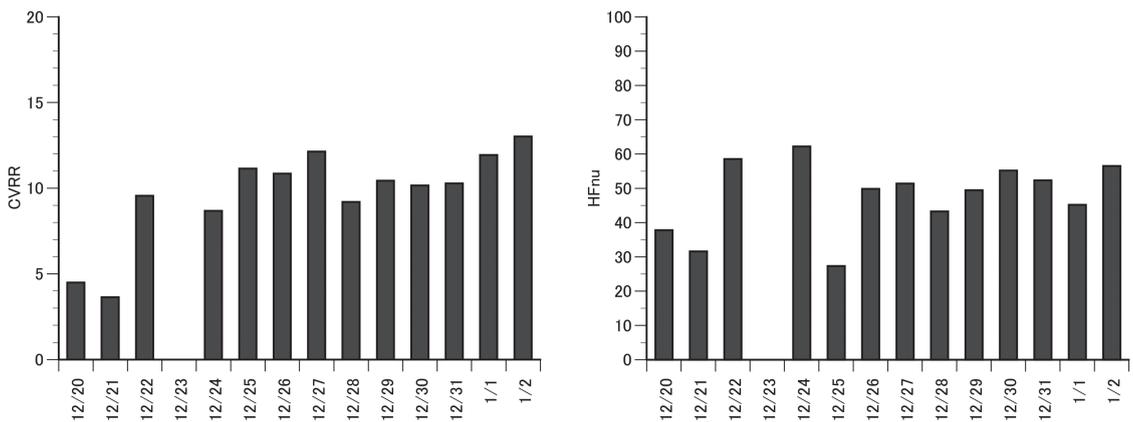


図3 調整期における CVRR および HFnu の変化 (被験者 C)
 Fig. 3 Changes in CVRR and HFnu during a conditioning period. (Subject C)

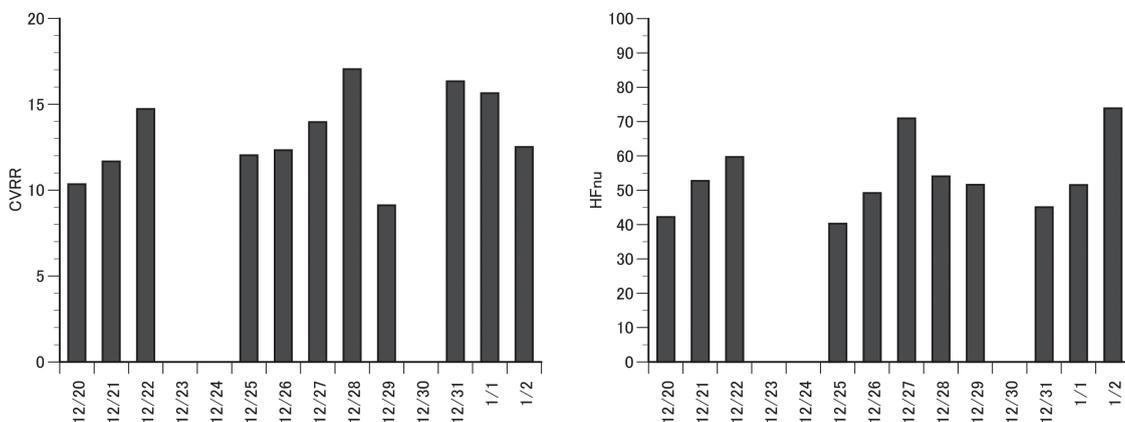


図4 調整期におけるCVRRおよびHFnuの変化（被験者D）
Fig. 4 Changes in CVRR and HFnu during a conditioning period. (Subject D)

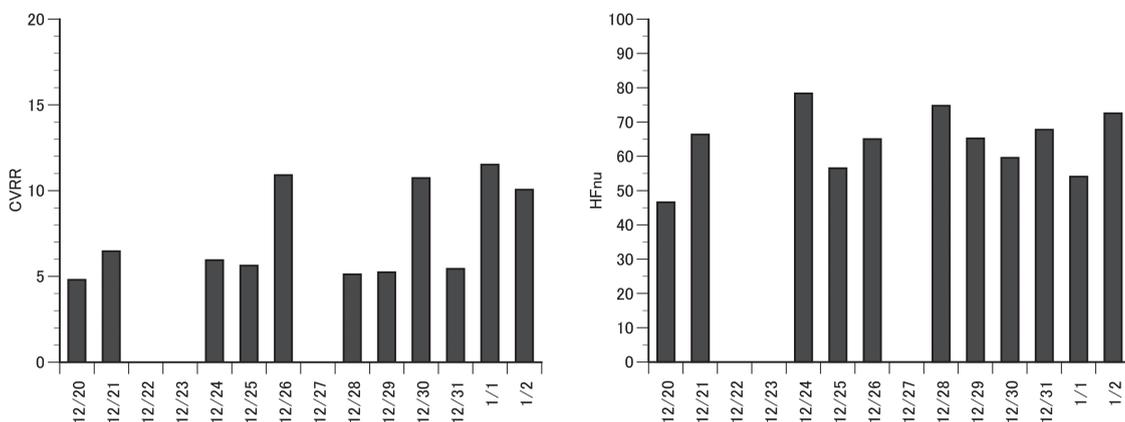


図5 調整期におけるCVRRおよびHFnuの変化（被験者E）
Fig. 5 Changes in CVRR and HFnu during a conditioning period. (Subject E)

被験者Dが競技大会2週間前で平均値； $12.21 \pm 1.59\%$ 、1週間前で平均値； $14.10 \pm 2.94\%$ 、被験者Eが競技大会2週間前で平均値； $6.74 \pm 2.40\%$ 、1週間前で平均値； $8.01 \pm 3.05\%$ をそれぞれ示した。5名の代表選手における比較では、競技成績が良かった被験者B、C、DおよびEが際立って高い値を示した。被験者Aは、最も低い値を示した。さらに、CVRRの値は、2週間前に比較して、1週間前に極端に低くなった選手は1名であり、4名は1週間前の方が高い値を維持していた。一般的に、安静時のCVRRの変化は、年齢と逆相関を示すことが報告されている。この指標の年齢ごとの基準値を設定すると、一般人における20歳前後では、約5.5%（下限；約3%前後）前後

の値である（クロスウエル社の心拍変動解析）。したがって、本研究では、基準値より極端に低い値を示した選手はみられなかった。これまでに長距離選手を対象にして、定期的に起床時の自律神経活動の測定を行ってきた。その結果、CVRRの値は、元来、高い値の選手やトレーニングによって上昇した選手、千差万別であった。今後、CVRRの変動については、詳細に検討することを考えている。

次に、HFnuの変化は、被験者Aが競技大会2週間前で平均値； $40.91 \pm 20.86\%$ 、1週間前で平均値； $49.07 \pm 8.01\%$ 、被験者Bが競技大会2週間前で平均値； $59.46 \pm 19.37\%$ 、1週間前で平均値； $59.25 \pm 9.31\%$ 、被験者Cが競技大会2週間

前で平均値；44.54 ± 14.45 %、1週間前で平均値；50.44 ± 4.89 %、被験者 D が競技大会 2 週間前で平均値；48.81 ± 7.90 %、1週間前で平均値；57.82 ± 11.70 %、被験者 E が競技大会 2 週間前で平均値；62.54 ± 11.83 %、1週間前で平均値；65.62 ± 7.84 % をそれぞれ示した。その結果、調整期の起床時、個人差はあるが HFnu 値の高い状態を維持できた選手（被験者 B、D および E）は競技成績が良く、HFnu 値の低い状態が続いた選手は競技成績が低くなる傾向を示した。すなわち、先行研究でも長距離選手に対するコンディショニングという観点から自律神経活動のバランスと競技パフォーマンスとを関連させて検討することは有用であると報告している¹⁾。そこで、自律神経活動のバランスから考えると、調整期は、競技大会に備えてエネルギー源、とくに筋および肝グリコーゲンをできるだけ多く蓄積する時期（グリコーゲンローディング）でもあり、グリコーゲンの合成を促進するためには副交感神経が優位に働くことである⁶⁾。しかし、調整期の安静時に交感神経優位の状態が続いた場合、消化器系の働きが抑制され、消化・吸収が円滑にいかなくなるとともに、体内のグリコーゲン分解が亢進され、グリコーゲンの消耗を早めることにもなると考えられる。このような状態で競技大会に出場してもグリコーゲンの枯渇などからレース後半の失速に繋がることも考えられる。これらのことから、箱根駅伝の本戦前の調整期は、HFnu の数値を高くして、副交感神経活動を優位の状態に維持することが競技パフォーマンスの向上にも繋がると示唆された。

とくに、三大学生駅伝（出雲、全日本、箱根）初出場の被験者 E は、コンディションシートを用いた睡眠状況、食事、疲労感、体調の評価からも良好なコンディションで箱根駅伝の本戦に臨むことができたと考えられる。

最後に、箱根駅伝の競技成績に対する評価は、1 区（21.3km）の被験者 A が持ちタイム（10000m；28分46秒59、ハーフマラソン；1時間02分54秒）からみると、区間16位の成績は本来の力が十分に発揮できなかった走りであった。4 区

（18.5km）の被験者 B は、持ちタイム（10000m；28分52秒64、ハーフマラソン；1時間04分28秒）からみると、区間 2 位とすべて期待に添えており、区間賞とは25秒の差であった。8 区（21.4km）の被験者 C は、持ちタイム（10000m；29分34秒08、ハーフマラソン；1時間03分13秒）からみると、区間 6 位という堂々の走りで順位を 3 つ上げ、予想以上の大健闘であった。9 区（23.1km）の被験者 D は、持ちタイム（10000m；28分44秒41、ハーフマラソン；1時間02分51秒）からみると、区間 3 位の力走で、期待通りの成績であり、区間賞とは14秒しか違わなかった（順位を 2 つ上げる）。10 区（23.0km）の被験者 E は、持ちタイム（10000m；30分06秒61、ハーフマラソン；1時間04分09秒）からみると、区間 4 位と予想以上の大健闘であった。

以上、本研究結果から考えると、箱根駅伝の本戦前の調整期には、HFnu の数値が高く（副交感神経活動優位）維持できることに加えて、CVRR の数値も高い（自律神経活動量が大きい）ことが競技パフォーマンス、さらには競技成績の向上にも繋がると示唆された。

V. まとめ

本研究では、箱根駅伝前の調整期の自律神経活動を測定し、競技成績の結果と比較することで、それらの関連を明らかにし、自律神経活動が競技成績にどのような影響を及ぼすのかを検討した。

その成績を示すと次の通りである。

- 1) CVRR の値が高い選手ほど競技成績はよい傾向がみられた。
- 2) HFnu の値が高い選手ほど競技成績はよい傾向がみられた。
- 3) HFnu の値が高い選手は、睡眠状況、食事、疲労感、体調等の評価（5段階評価）は 5 が多くみられた（1例）

以上、本研究結果から考えると、箱根駅伝の本戦前の調整期には、HFnu の数値が高く（副交感

神経活動優位）維持できることに加えて、CVRRの数值も高い（自律神経活動量が大きい）ことが競技パフォーマンス、さらには競技成績の向上にも繋がると示唆された。

参考文献

- 1) 清水和弘：免疫系指標と自律神経系指標によるコンディション評価, 臨床スポーツ医学, 28(8): 855-859, 2011.
- 2) 両角速, 山下泰裕, 寺尾保：箱根駅伝選手における自律神経活動と競技成績に関する実践的研究, 東海大学スポーツ医科学雑誌, 26: 53-58, 2014.
- 3) 早野順一郎：臨床医のための循環器自律神経機能検査法, 51-61, メディカルレビュー社, 1997.
- 4) 日本自律神経学会：自律神経機能検査, 第4版, 文光堂, 2007.
- 5) 飯塚太郎：心拍数・心拍変動, II. コンディショニングの評価とその活用—具体的な評価法とその応用—, 臨床スポーツ医学, 28: 166-171, 2011.
- 6) 中野昭一, 佐伯武頼, 足立穰一, 寺尾保, 小林圭子：図説からだの仕組みと働き, 医歯薬出版株式会社, 2001.