

## 1. 実践研究

# 知的障害者の運動中の自律神経活動

田島 多恵子\*

抄録

自閉症者の心拍数は高いと報告されているが、運動を付加したときの自律神経活動についての報告は少ない。本研究は、自閉傾向のある知的障害者を対象として、運動による自律神経活動バランスへの影響の解明を目的とした。

対象者の知的障害者（16名）と健常者（9名）には心拍計を装着し、安静6分間、固定式自転車ペダリング運動8分間、回復7分間の測定を行った。知的障害者はこの実験を2回実施し、1回は運動終了直後に意識的深呼吸を5回行った。解析項目としてR-R間隔変動、ローレンツプロット（LP）、心拍減衰時定数（ $T_{30}$ ）を算出し、周波数解析では全帯域成分（TP）、高域成分（HF）、低域成分（LF）のパワー密度からLF/HFを交感神経活動、HFを副交感神経活動の指標として評価した。

知的障害者は2回目の実験の安静期において、1回目よりSDNN (Standard deviation of all R-R interval) とLPの長軸偏差が高値を示し ( $p < 0.05$ )、HFとTPが上昇傾向を示した。さらに回復期のLF/HFの上昇も抑制されていた。障害支援区分3以下の中軽度の障害者では、深呼吸実施により $T_{30}$ に低値が示された ( $p < 0.05$ )。健常者との比較においては、障害者にLPの長軸偏差とHFの低値、およびLF/HFと $T_{30}$ の高値が認められた ( $p < 0.05$ )。

知的障害者は、健常者と比べて交感神経活動の優位な状態を認めたが、2回目の実験では緊張が和らぎ、副交感神経活動の亢進につながったと考えられる。中軽度の障害者では、運動後の深呼吸実施による副交感神経再興奮の亢進が示唆された。

キーワード：自閉症者、固定式自転車ペダリング運動、意識的深呼吸、心拍変動解析、心拍減衰時定数、ローレンツプロット

---

\* 社会福祉法人にじの会

## 1. はじめに

厚生労働省の知的障害 (ID) の定義は、医学領域の精神遅滞 (MR) と同じものを指し、(1) 全般的な知的機能が同年齢の子どもと比べて明らかに遅滞し、(2) 適応機能の明らかな制限があり、(3) 18 歳未満に生じる、とされている。知的障害者の健康増進において健常者と同じように持久性運動を奨励されるが、現実には優先順位が高くない。運動には多様な潜在力が秘められているにもかかわらず、知的障害者の定義 (2) によって運動が拒絶される傾向にある。一方で、知的障害者がストレスなく運動できるような支援者側の技術も不可避である。これまで知的障害者の運動に関する研究は少なく、運動が拒絶されやすい知的障害者に、運動を付加したとき自律神経バランスへの影響を検討した研究は皆無であった。今後、さらに多くの研究成果が待ち望まれている。

健常者においては、日常行動の適当な運動が自律神経活動バランスの維持に寄与することから、健康を維持増進するために積極的な運動の実施が推奨されている。しかし、適応機能に明らかな制限のある知的障害者においては、持続性運動 (有酸素運動含む) が積極的に実施されていない。その理由は、知的能力面に限らず、適応機能の制限に関連する体力や身体機能面についても、様々な問題を抱えている場合が多いためである。知的障害児における身体機能および体力・運動能力は、健常児よりも劣っていることが指摘されている<sup>1)</sup>。調整能力を必要とする動作や平衡感覚を要する動作において、知的障害

児は顕著な不適応さが認められている<sup>1)</sup>。

自閉症者の自律神経活動への影響についていくつかの報告があり、自閉症者における安静時の心拍数 (HR) および血圧は副交感神経活動の低下で高くなっている<sup>2)</sup>。また、高機能広汎性発達障害者においても、安静時および睡眠時の HR の増加と副交感神経の低下がみられている<sup>3)</sup>。さらに視覚障害者においても HR が増加し、副交感神経活動の低下が報告されている<sup>4)</sup>。重症心身障害児では、睡眠時の副交感神経活動の低下と交感神経活動の亢進が認められている<sup>5)</sup>。

そこで本研究では、自閉症および自閉傾向のある知的障害者における、固定式自転車ペダリング運動時の自律神経活動バランスへの影響の解明を目的とした。

## 2. 方法

### 1) 対象

東京都の障害者施設に通う知的障害者を対象とし、実験に用いるペダリング運動課題が可能な被験者 16 名 (男性、平均年齢  $30.7 \pm 2.4$  歳) を選んだ。対照としては健常者 9 名 (男性、平均年齢  $31.8 \pm 2.7$  歳) を選んだ。知的障害者の障害支援区分は 2~6 (平均  $3.88 \pm 0.32$ ) の中軽度から最重度で、全員が自閉傾向であった。

知的障害者は、意思の表出ができない場合もあるため、心身の状態など安全面には特別な配慮を行って実施した。実験日には、心身の状態について被験者に確認をとるとともに、被験者を良く知る家族、または生活支援者、そして日中活動を共にする日中支援者に確認した後、良好

な心身状態と判断して実験を行った。また実験前には血圧，HR，酸素飽和度（SpO<sub>2</sub>）を測定して異常がないことを確認し，運動中はHRを監視して急な上昇がないよう運動強度を調整した。実験後も血圧，HR，SpO<sub>2</sub>を測定し，安全に回復していることを確認した。本研究の実施にあたり，被験者（知的障害者）の保護者には口頭と書面にて十分に研究の内容と危険性等について詳細に説明し，書面にて同意を得られた後，実験対象者とした。

## 2) 実験プロトコル

被験者は，様々な活動において経験不足な場合が多く，半数は日常で自転車に乗った経験がなかった。固定式自転車ペダリング運動についても，経験のある者はいなかった。さらに自閉症者は初めての場所や課題に対応することが苦手で，様々な過敏反応を生じ過度な緊張や興奮

を来す場合が多い。これらのことを配慮して実験の前に本番と同じ環境で2～3回の練習を反復した後，測定を実施した。

被験者の胸部第5肋間の左右鎖骨中線にベルト式電極を装着し，コードレス式心拍記録計（Polar，RS800CX，Polar，Finland）によりR波を連続記録した。実験プロトコルは，安静6分間後，固定式自転車（エアロバイクEZ101，コンビ社，東京）によるペダリング運動8分間，回復7分間に測定した。心拍計の装着前と脱着後に血圧とSpO<sub>2</sub>を測定した。知的障害者の被験者は，プロトコルIとプロトコルIIの間に1か月間を空けて実施し，1回目か2回目のどちらかは運動終了直後に意識的深呼吸を5回行った（図1）。被験者16名のうち8名は1回目に深呼吸を行い，残り8名は2回目に深呼吸を行った。深呼吸有りと無しの実験の順番はランダムとした。健常者の実験では深呼

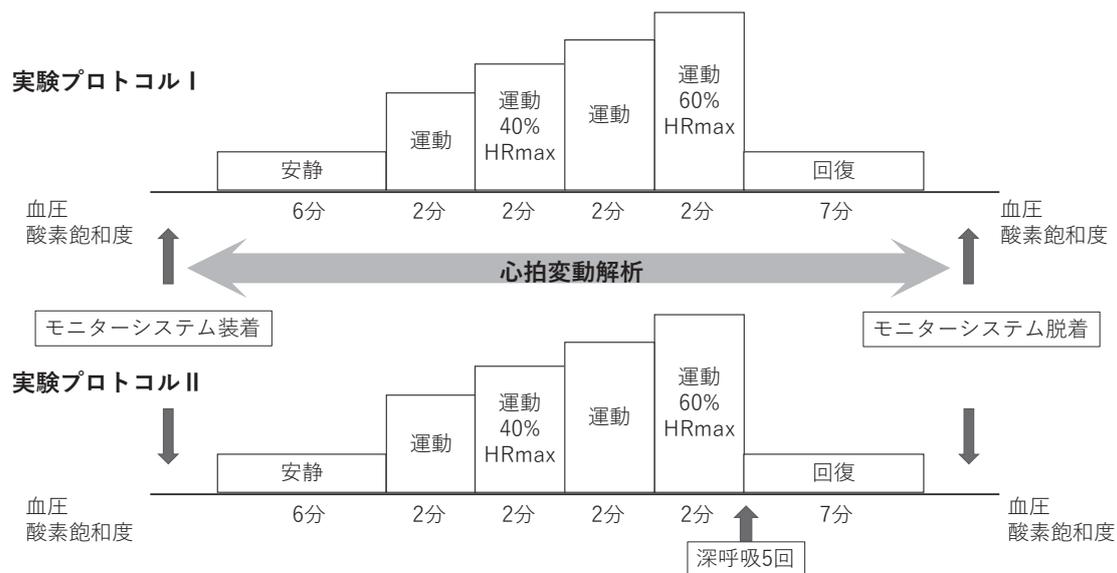


図1 実験プロトコル

吸実施は無しで 1 回のみ行った。運動負荷はカルボーネン法から算出した 4 段階のステップ負荷で行い、負荷は前半 4 分までに最大心拍数 (HRmax) の 40%、後半 8 分までに 60%HRmax となるよう設定した。

### 3) 解析法

それぞれの解析区間は図 2 の通りである。周波数領域解析の安静期、回復期は 5 分間のデータから平均値を算出した。運動 1 では 40%HRmax の 4 分間、運動 2 では 60%HRmax の 4 分間、運動終了直後 30 秒間の心拍減衰時定数 (T<sub>30</sub>) を算出した。RMSSD (The square root of the mean of the sum of the square of differences between adjacent R-R interval) は、運動終了直後から 1 分ごとに 6 分までの 6 区間を採取した。

#### (1) 心拍数変動解析

心拍記録計を使用して記録した全心電図 (ECG) の R 波信号をインターフェイス (Polar Protrainer5, Polar, Finland) を介して取込み、R-R 間隔 (R-R interval, RRI) の時系列変動について周波数領域解析 (Fast Fourier Transform, FFT) と時間領域解析の 2 つの HR 変動 (heart rate variability, HRV) 解析を行った。

##### ① 周波数領域解析

RRI の時系列変動データを FFT スペクトル分析する HRV 解析は、自律神経活動の評価に用いられている。その HRV は 0.15 ~ 0.40Hz が高域成分 (High frequency, HF) と呼ばれ、副交感神経活動の指標とされている。一方、0.04 ~ 0.15Hz が低域成分 (Low frequency, LF) と呼ばれ、副交感神経と交感神経の両活動の指標とされている。また LF/HF 比は交感神経活動を示す指標とされている<sup>6)</sup>。

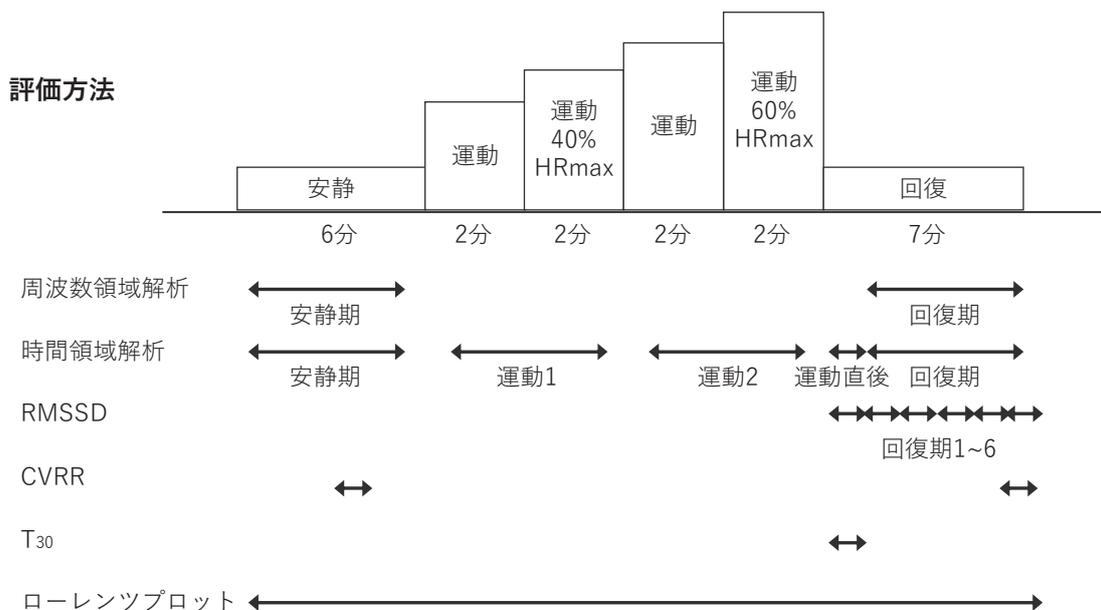


図 2 評価方法と解析区間

さらに 0.04Hz 以下の成分は Very low frequency (VLF) と呼び、VLF に LF と HF を合わせたすべての帯域成分を Total power (TP) と呼び、それぞれの帯域成分のパワー密度を抽出した。

## ② 時間領域解析

RRI の時系列変動データを時間領域から HRV 解析を行った。まず、SDNN はすべての RRI の標準偏差であり、副交感神経活動の指標とされている。RMSSD は、隣り合う RRI の差を 2 乗し、合計したものを平均し、平方根化したもので、RRI の差が大きいほど大きくなる。RMSSD の低下は、副交感神経活動の低下と解釈されている<sup>4)</sup>。CVRR (coefficient of variation in the R-R) は、RRI の変動係数であり、安静期と回復期の安定した 100 拍から算出した。CVRR は副交感神経活動の指標とされている<sup>7)</sup>。NN50 は連続した隣接する RRI の差が 50ms を超える心拍の割合を示し、迷走神経緊張の指標とされている。

## (2) ローレンツプロット (LP) 解析

ECG を用いた自律神経機能検査の一つに位置づけられている LP は、横軸を n 番目の RRI、縦軸を n+1 番目の RRI とし、グラフ上にプロットしたもので、すべての点を原点からの距離の標準偏差を算出し、その長軸と短軸からできる楕円の面積の値から評価する。LP の面積は、副交感神経活動の指標とされる HF との間に相関関係が認められている<sup>8)</sup>。プロットされた点の分布により RRI の変動を視覚的にとらえられる有用な方法であると報告されている<sup>8)</sup>。

## (3) HR の減衰率解析

自転車ペダリング運動の終了直後から 30 秒間の自然対数 LnHR 減衰率を算出し、HR の回復の速さを時定数  $T_{30}$  で評価した<sup>9) 10)</sup>。 $T_{30}$  は HRV の HF 成分と関連し、運動停止後の交感神経活動から副交感神経活動への切り替わりの速さの評価に用いられている<sup>10) 11) 12)</sup>。

## (4) 二重積 (DP) と平均血圧の分析

血圧は、実験前後の測定により平均心拍数と収縮期血圧の積 (double product, DP) を求め、心筋の酸素消費量の指標として用いた<sup>9)</sup>。さらに脈圧 (収縮期血圧 - 拡張期血圧) に 1/3 を乗じて平均血圧を求め、総末梢血管抵抗の指標として用いた。

## 4) 統計処理

統計学的分析は、各項目の解析区間における変化について一元配置分散分析を行い、2 群間の比較は paired t test を用いた。有意水準はいずれも 5%未満とした。

## 3. 結果

### 1) 意識的深呼吸の実施

意識的深呼吸の有り無しにおける LP および  $T_{30}$  の変化について、被験者一例の結果を図 3 と図 4 に示した。深呼吸の実施によって LP の面積は拡大したことを示している。 $T_{30}$  は回帰式による勾配が低値を示し、急峻な心拍減衰を示している。

運動終了後 1 分 30 秒間 (運動終了直後) において、SDNN と LP の長軸偏差 (SD2) の平均値は、深呼吸実施時に有意

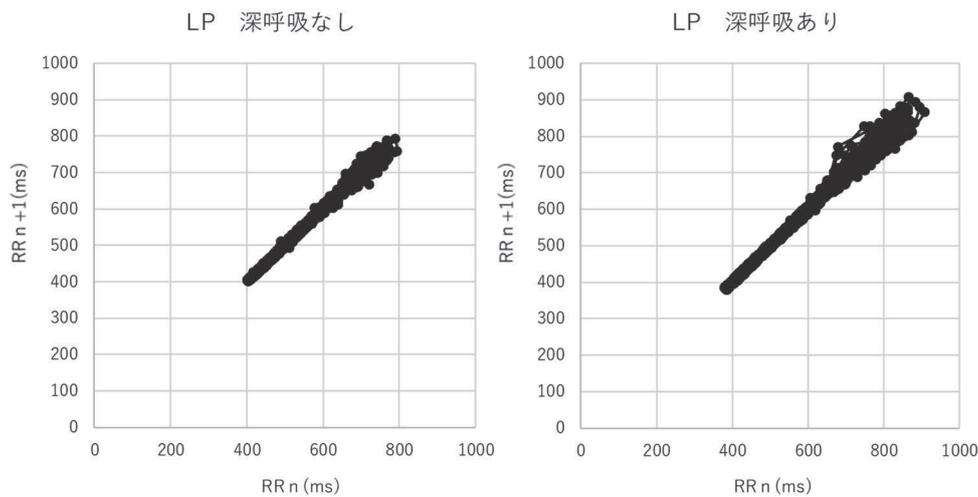


図3 深呼吸実施なしと実施ありのローレンツプロット (LP) 同一被験者による例

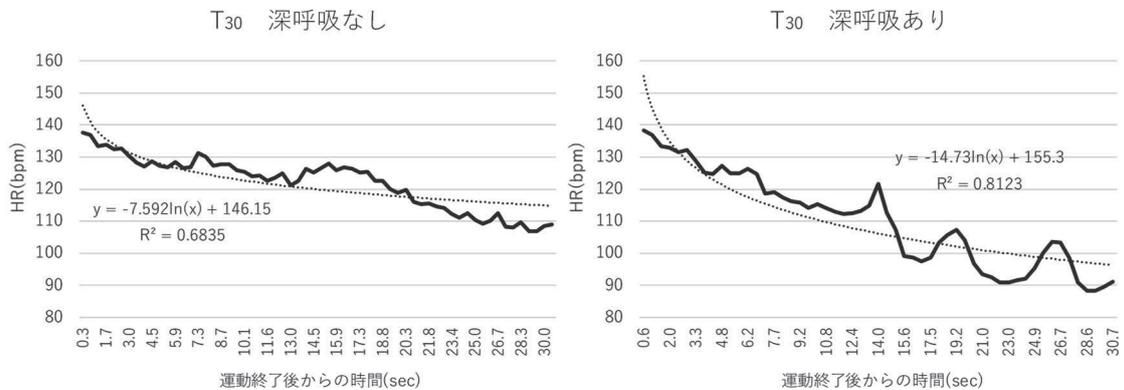


図4 深呼吸実施なしと実施ありの心拍減衰時定数 ( $T_{30}$ ) 同一被験者による例

に低値であった ( $p < 0.05$ ) (表 1) (図 5). 運動終了後の深呼吸時の平均 HRmax は, 減少する傾向にあった (図 6). また安静期から回復期までの全帯域による LP の面積は, 深呼吸実施無しの場合が 7380 であったものが, 深呼吸実施で 7705 に増加した. 深呼吸実施により RRI の標準偏差と面積が拡大する傾向を示した (表 1).

## 2) 自転車ペダリング運動の慣れ

被験者の 1 回目と 2 回目の実験における, HRV 解析から検討した自律神経活動バランスの変化を比較した. 表 1 に示したように, 安静期において, RRI の標準

偏差である SDNN は 2 回目が 1 回目よりも有意に上昇した ( $p < 0.05$ ). 安静期の SD2 も 2 回目の方が有意な上昇が認められた ( $p < 0.05$ ). LF/HF は運動により上昇し回復期に低下することが健常者の研究によって知られているが, 今回の結果からも安静期から回復期の変化率に有意な上昇が認められた. LF/HF の変化率において, 1 回目は 191% に上昇したが, 2 回目は 149% の上昇に抑えられ, 有意な差はないが低下がみられた (表 1). そして図 7 に示したように被験者の LF/HF 値の変化を見ると, 1 回目に高値だった被験者ほど 2 回目に低下の傾向を示した.

表 1 深呼吸実施なしと実施ありの比較, 1 回目と 2 回目の実験の比較, 障害者と健常者の比較

Values are means ± SD. \* : p<0.05

			障害者		障害者		健常者
			深呼吸なし	深呼吸あり	1回目	2回目	深呼吸なし
			n=16	n=16	n=16	n=16	n=9
LP	SD1 (短軸)	ms	12.1±0.9	12.5±0.7	0.9±0.4	12.9±0.6	13.7±1.8
	SD2 (長軸)	ms	188.9±8.7	192.5±8.8	191.4±10.2	190±7	223.1±15.5
	面積	ms <sup>2</sup>	7380.3±800.3	7705.3±769.3	7310.1±926.8	7775.5±608	10121.1±1923.5
安静期から回復期への変化率	CVRR	%	56±6.2	63.8±9.5	62.1±7.9	60.2±5.7	77.1±12.4
	平均血圧	mmHg	99.6±2.9	102.3±2.8	101.1±3.3	100.7±2.3	99.8±2.8
	HR	bpm	114±2.3	111.2±2.5	116.3±2.3	108.9±2.2	109.3±5.3
	HF	ms <sup>2</sup>	22.1±4.5	20.4±6.5	21.5±13.8	19.4±19.1	43.6±13
	LF/HF	%	163.7±23.3	177.3±22.8	191.1±27	149.9±16.8	151.4±42.2
安静期の5分間	SDNN	ms	52.5±4.2	56.1±4.2	50.8±4.5	57.8±14.8	53.3±5
	SD2	ms	70.5±5.8	75.4±5.9	68±6.2	77.9±20.7	71±6.6
運動終了後の1分30秒間	SDNN	ms	52.2±4.3	43.3±2.9	46.7±3.9	48.8±14.5	72.4±14.1
	SD2	ms	72.8±6	60.1±4	64.9±5.4	67.9±20.3	100.6±19.4
運動後30秒間	T <sub>30</sub>	ln(x)	-7.25±0.5	-7.25±0.76	-7.06±0.55	-7.42±0.69	-8.18±0.55

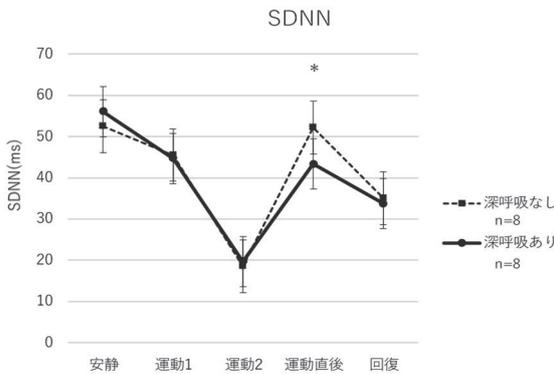


図 5 障害者における深呼吸実施なしと実施ありの SDNN の変化 \* : p<0.05

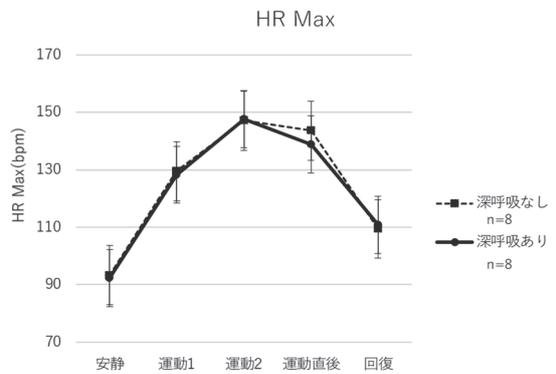


図 6 障害者における深呼吸実施なしと実施ありの HR Max の変化

また HF と TP は運動により低下し回復期に上昇することが知られているが, 今回の結果からも安静期から回復期の変化に有意な低下が認められた (p<0.001) (表 2). 1 回目と 2 回目の HF と TP の安静

期の値には有意差はみられないが 1 回目より 2 回目は増加傾向を示した (表 2). さらに LP の面積は, 14 名中 11 名の被験者が 1 回目に比べて 2 回目に拡大が認められた (図 8) .

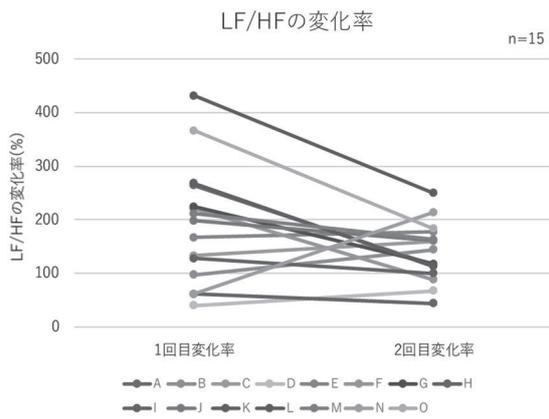


図7 障害者における1回目と2回目のLF/HF変化率の変化

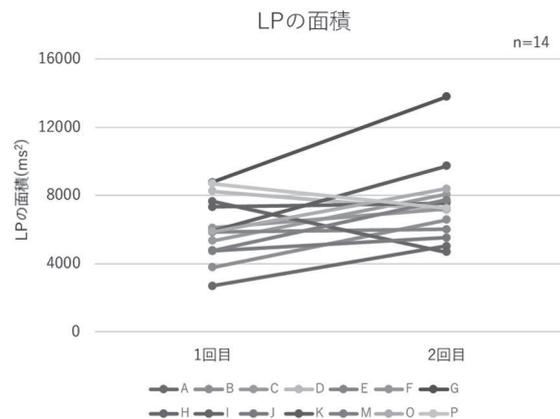


図8 障害者における1回目と2回目のLPの面積の変化

表2 障害者における1回目と2回目の周波数解析値の比較 平均値±SD. \*\*: p<0.001

		1回目 (n=16)		2回目 (n=16)	
		安静	回復	安静	回復
TP	ms <sup>2</sup>	3693.9 ± 748	979.6 ± 209	4783.6 ± 1120	966.5 ± 174
HF	ms <sup>2</sup>	372.5 ± 53.5	71.2 ± 14.4	445.5 ± 58.4	68.8 ± 12.1
LF/HF	%	288.2 ± 46	433.5 ± 60.6	340.9 ± 43.7	502.5 ± 80.4

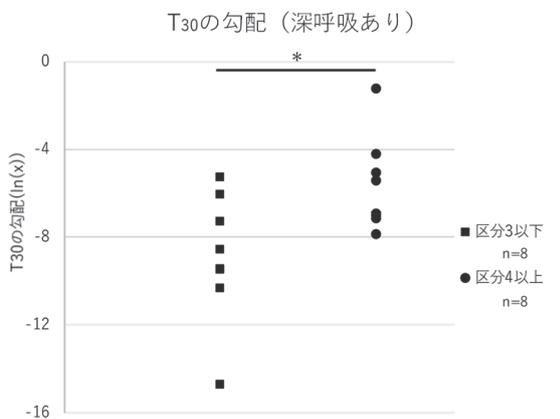
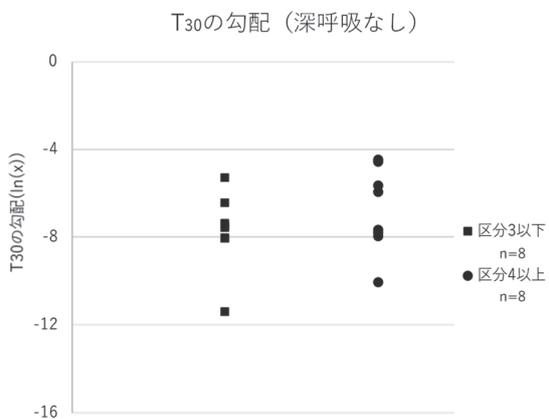


図9 障害支援区分別による深呼吸実施なしと実施ありのT<sub>30</sub>の勾配 \* : p<0.05

### 3) 知的障害支援区分間の比較

運動終了後の心拍数の回復状態を示すT<sub>30</sub>の勾配を、支援区分別さらに深呼吸の実施別に全被験者について示した(図9)。その結果、深呼吸を実施することにより、

T<sub>30</sub>の平均値は区分3以下が-8.9、区分4以上が-5.6を示し、区分3以下の知的障害支援区分に分類される中軽度の被験者が有意に低値を示した(p<0.05)。

#### 4) 知的障害者と健常者の比較

HF は運動により低下し回復期に回復することが知られているが、今回の結果も安静期から回復期の変化率は有意な低下が認められた。HF の変化率において、知的障害者は健常者に比べ有意に低値だった ( $p < 0.05$ ) (表 1)。一方、LF/HF の変化率は、知的障害者は健常者に比べ有意に高値だった ( $p < 0.05$ ) (表 1)。NN50 は運動により安静期よりも有意に低下し、回復期徐々に上昇したものの、安静期との間に有意差が認められた。NN50 の回復期の値は、知的障害者が健常者に比べ有意に低値だった ( $p < 0.05$ ) (図 10)。

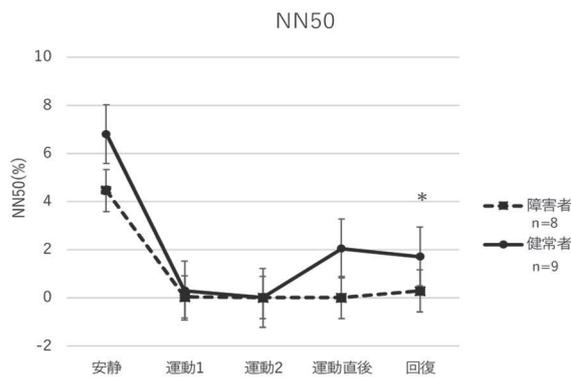


図 10 NN50 の障害者と健常者の比較  
\* :  $p < 0.05$

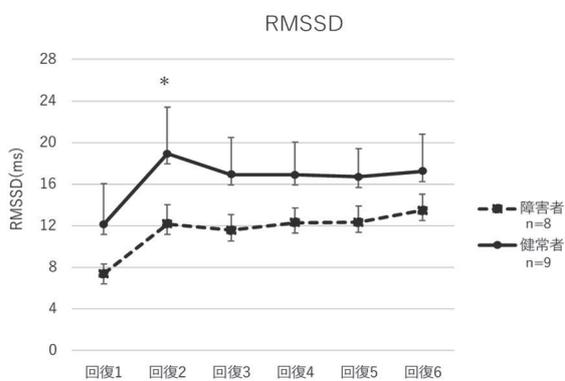


図 11 SMSSD の障害者と健常者の比較  
\* :  $p < 0.05$

LP の全帯域においても、SD2 は知的障害者が健常者に比べて有意に低値が認められた ( $p < 0.05$ ) (表 1)。さらに運動終了直後から 1 分ごとに 6 分までの 6 ポイント採取した RMSSD は知的障害者、健常者ともに回復 2 で上昇し、その後は緩やかな回復を示した。その 6 ポイント全てにおいて知的障害者が健常者よりも低い傾向がみられ、回復 2 では有意差が認められた ( $p < 0.05$ ) (図 11)。T<sub>30</sub> は知的障害者が健常者よりも有意に高い値を示し、障害者の回復の勾配は緩やかであることが認められた ( $p < 0.05$ ) (表 1)。

#### 4. 考察

自閉症者の HR は高い傾向にあることが知られており、それは副交感神経活動に影響していることが報告されている<sup>2) 3)</sup>。本研究において、自閉傾向の知的障害者と健常者の比較では、知的障害者の HR、平均血圧、DP が高い傾向にあった。さらに CVRR、SDNN、RMSSD は低く、周波数領域解析の TP、HF は低値で、LF/HF が高値を示し、先行研究と同様の結果であった<sup>2) 3)</sup>。

知的障害者は、知的機能と適応行動に制約があることから、言語・コミュニケーション、認知、行動面などさまざまな心理的機能や行動に制約的特徴がみられる<sup>13)</sup>。またそれぞれの特徴に個人差が大きく表れ、感覚系、運動系の遅れや偏りが認められる<sup>13)</sup>。本研究においては環境設定、検者や支援方法の統一などに配慮し、知的障害者には実験開始前に練習を 2~3 回行った。固定式自転車ペダリング運動の

経験がない者や継続して漕ぐことが難しい者もみられたので、実験中は検者が隣で別の固定式自転車でペダリング運動を行い、模倣しながら一緒にペダリング運動を続けられるように工夫した。その結果、多くの経験不足のある知的障害者でも、練習の回数を重ねることで環境や検者の指示、固定式自転車ペダリング運動や実験内容に慣れたと思われる。

本研究の結果から、2回目に安静期のSDNNは有意に高くなり、HF、TP、CVRRも高値傾向を示したことは、慣れにより緊張感が和らいだと考えられる。さらにLPの面積は拡大し、NN50は増大傾向が示された。回復期のLF/HFは上昇が抑えられ、 $T_{30}$ の減少傾向が認められたことから、ストレスが減少した2回目には安静期の副交感神経活動が優位になり、運動終了後の迷走神経活動の切り替えスピードは改善したと考えられる<sup>10) 12) 14)</sup>。HRや血圧においても、2回目になると全体の平均値が1回目よりも低下し、それらの値は健常者に近づいた。

先行研究によると、意識的腹式呼吸は経時的に呼吸および循環応答を緩徐に調節し、副交感神経活動を亢進状態に導き、30分後までその状態を持続させる<sup>15)</sup>。さらに運動終了直後の一過性随意的無呼吸の実施により、顕著な心拍減衰がみられ、迷走神経の再興奮によることが報告されている<sup>14)</sup>。今回の研究においても、すべての知的障害者に実施した運動終了直後の意識的深呼吸はRRI変動の標準偏差とHRmaxの減少を引き起こした。しかし回復期のHRV解析において変化はみられず、健常者による先行研究の報告にある

副交感神経活動の亢進は確認できなかった。

そこで知的障害支援区分2と3の中度・軽度(区分3以下)と障害支援区分4, 5, 6の重度・最重度(区分4以上)別に解析した結果、深呼吸有りの $T_{30}$ において、区分3以下の知的障害者は有意に低値となり、回復スピードが速いことが認められた。一方、支援区分別の深呼吸無しの $T_{30}$ には差がみられなかった。さらに支援区分別にせず、深呼吸有りと深呼吸無しの比較でも差は認められなかった。この区分3以下の知的障害者による結果は、先行研究による健常者と同様であり<sup>14)</sup>、本研究の結果からは、中軽度の知的障害者は深呼吸実施による副交感神経活動再興奮の促進的亢進を生じさせることが示唆された。今回、実験前の練習において深呼吸も色々な方法で行ったが、難しい被験者も存在していた。特に重度・最重度の知的障害者には普段行わない動作であり、正確な実施には難しい課題であったように思われる。

本研究の結果から、知的障害者の自律神経活動バランスに関しては、健常者に比べて交感神経活動の亢進傾向が緊張状態を生み出していると考えられる。しかし環境を整え、知的障害者が運動に慣れることで、緊張感を低下させることができた。また知的障害支援区分が軽度な知的障害者ほど健常者に近い値となり、知的障害の程度と自律神経活動バランスの間に関係性があると示唆される。

今後の課題として、重度・最重度の知的障害者の詳細なデータを得るためには、環境設定や支援体制の検討、さらに支援

技術の獲得も不可欠かと思われる。そして今後の研究によって、知的障害者の自律神経活動バランスの改善に寄与する安心して参加できる運動プログラムの提案が期待される。

## 5. まとめ

本研究では、自閉傾向の知的障害者の固定式自転車ペダリング運動による自律神経活動バランスへの影響を検討した。

- 1) 知的障害者は2回目の実験において、安静期のSDNNとLPの長軸偏差が高値を示した。さらに安静期のHF、TPが上昇傾向を示し、回復期のLF/HFの上昇が抑えられた。
- 2) 障害支援区分別にみると、支援区分3以下の中軽度の障害者は、意識的深呼吸実施により深呼吸実施無しの場合と比べてT<sub>30</sub>に低値が認められた。
- 3) 知的障害者と健常者の比較において、知的障害者はLPの長軸偏差とHFの変化率の低値が示され、LF/HFの変化率とT<sub>30</sub>の高値が認められた。

## 引用文献

- 1) 早川公康, 小林寛道 (2014) 知的障害児の発育期における運動能力について. 人間生活文化研究 Int J Hum Cult Stud No.24:78-95
- 2) Ming Xue, Julu Peter O O, Brimacombe Michael, Connor Susan, Daniels Mary L (2005) Reduced cardiac parasympathetic activity in children with autism. Brain & development 27:509-516
- 3) 岩佐幸恵, 橋本俊顕, 津田芳見, 森健治 (2010) 高機能広汎性発達障害における前頭葉機能検査中の自律神経活動の変化. 自律神経 47:132-137
- 4) 松下昌之介 (2014) 心拍変動解析を用いた視覚障害と理学療法臨床実習のストレス評価. 筑波技術大学テクノレポート Vol.21(2):56-60
- 5) 松井学洋, 中井靖, 高田哲 (2017) 重症心身障害児の睡眠時自律神経活動の特徴. 脳と発達 49:206-266
- 6) 後藤幸生 (2015) 自律神経とバイオ・バランス反応情報学. 真興交易(株)医学出版部 東京
- 7) 森谷敏夫 (2015) 自律神経機能と運動. 女性心身医学 J Jp Soc Psychosom Obstet Gynecol Vol.19 No.3:271-277
- 8) 豊福史, 山口和彦, 萩原啓 (2007) 心電図 RR 間隔のローレンツプロットによる副交感神経活動の簡易推定法の開発. 人間工学 Vol.43, No4:185-192
- 9) 西村一樹, 高本健彦, 吉岡哲, 野瀬由佳, 小野寺昇, 高本登 (2011) 午前と午後で比較した漸増漸減運動に対する心拍および血圧応答特性. 日本運動生理学会雑誌 第 18 巻第 2 号: 65-75
- 10) Imai k, Sato H, Hori M, Kusuoka H, Ozaki H, Yokoyama H, Takeda H, Inoue M, Kamada T (1994) Vagally mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in patients with chronic

heart failure. J Am Coll Cardiol  
24(6):1529-35

- 11) Donal S O' leary (1993) Autonomic mechanisms of muscle metabo-reflex control of heart rate. J. Appl. Physiol 74(4): 1748-1754
- 12) 山縣孝司, 宮本法子, 室増男, 只野ちがや, 与那正栄, 関博之 (1999) 運動競技選手における動的運動終了直後の副交感神経への切り換え特性. 呼吸と循環 47(6):627-633
- 13) 太田信夫, 柿澤敏文 (2017) 障害者心理学. (株)北大路書房 京都
- 14) 田島多恵子, 只野ちがや, 下瀬良太, 与那正栄, 内藤祐子, 関博之, 室増男 (2008) 運動終了後の眼球圧迫および無呼吸による心拍減衰応答. 体力科学 57:217-224
- 15) 坂本佳壽美 (2001) 腹式呼吸が自律神経機能に与える影響. 体力科学 50:105-118

本研究は, 「平成 30 年度健康・体力づくり事業財団健康運動指導研究助成事業」の助成金を受けて実施しています.