

博 士 論 文

車いすダンスが重度脳性麻痺者の呼吸循環器系に及ぼす影響

令和 元年 8月

広島大学大学院 総合科学研究科 総合科学専攻

寺田 恭子

目次

第1章 緒言	1
1. 先行研究	1
A. 脳性麻痺について	1
a. 定義	1
b. 脳性麻痺の発症因子	2
c. 脳性麻痺の分類	3
d. 評価	4
e. 脳性麻痺への介入	7
B. 脳性麻痺者の身体的特性	8
a. 脳性麻痺者の運動障がい	8
b. 脳性麻痺と合併症	9
c. 脳性麻痺と体力	10
c-1. 一般的な特徴	10
c-2. 脳性麻痺アスリートの特徴	12
C. 脳性麻痺者の身体活動と運動	13
a. 身体活動と運動の必要性	13
b. 運動処方の実際	15
b-1. 脳性麻痺者と運動処方の指針	15
b-2. 脳性麻痺児へのアプローチ	16
b-3. 成人脳性麻痺者へのアプローチ	17
2. 先行研究における問題点	18
3. 本研究の目的	19
第2章 電動車いす使用の脳性麻痺者における車いすダンス時の 心拍応答（実験1）－ケーススタディー	21

1. 目的	21
2. 方法	22
A. 被験者	24
B. 参加した競技会	24
C. 心拍数の測定	27
3. 結果	28
A. 競技の様相	28
B. 心拍数	28
4. 考察	31
5. 要約	35
第3章 脳性麻痺者の車いすダンス中における呼吸循環応答（実験2）	37
1. 目的	37
2. 方法	40
A. 被験者	40
B. 身体測定	41
C. 車いすダンス	41
D. 酸素摂取量の測定	43
E. 心拍数の測定	45
F. 統計	45
3. 結果	45
A. 身体的特性	45
B. 心拍数	47
C. 酸素摂取量	47
D. 酸素脈	47
E. メッツ	52
4. 考察	52

5. 要約	-----	55
第4章 脳性麻痺者の車いすダンスによるトレーニング効果（実験3）	-----	57
1. 目的	-----	57
2. 方法	-----	58
A. 被験者	-----	58
B. 身体計測	-----	59
C. 介入	-----	59
D. 分析	-----	59
E. 統計	-----	60
3. 結果	-----	60
A. トレーニング実施者	-----	60
B. 心拍数	-----	61
C. 酸素摂取量	-----	61
D. 酸素脈	-----	64
E. メッツ	-----	64
4. 考察	-----	67
5. 要約	-----	69
第5章 車いすダンス介入が脳性麻痺者の栄養状態に及ぼす影響（実験4）	--	71
1. 目的	-----	71
2. 方法	-----	72
A. 被験者	-----	72
B. 体重	-----	72
C. 血清アルブミンおよびヘモグロビン濃度	-----	72
D. 車いすダンス時のエネルギー消費量	-----	72
E. 栄養評価	-----	73

F. 統計	73
3. 結果	74
A. 消費エネルギー	74
B. 体重および BMI	74
C. ネスレ簡易栄養評価スクリーニング	77
D. 血清アルブミンおよびヘモグロビン濃度	77
4. 考察	77
5. 要約	80
6 章 討論	82
1. 脳性麻痺者と身体活動	82
2. 車いすダンスが GMFCS レベル III の体力に及ぼす影響	83
A. 競技中の運動強度	83
B. 競技会に至るまでの過程	83
a. 車いすダンス開始前	83
b. スタンダード種目出場まで	84
c. ラテンアメリカン種目出場まで	84
C. 車いすダンスの有用性	85
3. 車いすダンスが BISACP の体力に及ぼす影響	86
A. BISACP を取り巻く環境とその問題点	86
B. 一過性の車いすダンスの影響	87
C. 車いすダンスのトレーニング効果	88
D. 呼吸循環器系以外への影響	89
4. 本研究の意義	90
5. 本研究の限界	91
6. 今後の課題	91
A. 車いすダンスにみられた個人差	91

B. 若齢者に対する効果	92
第7章 総括	93
1. 電動車いす使用の脳性麻痺者における車いすダンス時の心拍応答 (実験 1)	93
2. 脳性麻痺者の車いすダンス中における呼吸循環応答 (実験 2)	93
3. 脳性麻痺者の車いすダンスによるトレーニング効果 (実験 3)	94
4. 車いすダンス介入が脳性麻痺者の栄養状態に及ぼす影響 (実験 4)	94
5. 結論	95

List of table

Table 3-1. Characteristics of subjects.

List of figures

Figure 2-1. The subject before beginning wheelchair dance (A) and at the wheelchair dance competition.

Figure 2-2. The subject manipulated the joystick with the right foot.

Figure 2-3. The subject who were participating the wheelchair dance competition in 2006.

Figure 2-4. The wheelchair dance competition in 2011.

Figure 2-5. Heat rate during wheelchair dance competition.

Figure 2-6. Measurement of cardiorespiratory function using a cycle ergometer in 2009.

Figure 3-1. Combi standard class of wheelchair dance competition.

Figure 3-2. Wheelchair dance of Waltz (A) and Jive (B) during intervention.

Figure 3-3. Measurements of metabolic responses.

Figure 3-4. Heat rate during rest and wheelchair dance.

Figure 3-5. Oxygen uptake during rest and wheelchair dance.

Figure 3-6. Oxygen pulse during rest and wheelchair dance.

Figure 3-7. Metabolic equivalents during rest and wheelchair dance.

Figure 3-8. Formulas for calculating percent changes in oxygen uptake (VO_2).

Figure 4-1. Heat rate during rest and wheelchair dance at baseline and at 3 and 6 months of wheelchair dance intervention.

Figure 4-2. Oxygen uptake during rest and wheelchair dance at baseline and at 3 and 6 months of wheelchair dance intervention.

Figure 4-3. Oxygen pulse during rest and wheelchair dance at baseline and at 3 and 6 months of wheelchair dance intervention.

Figure 4-4. Metabolic equivalents during rest and wheelchair dance at baseline and at 3 and 6 months of wheelchair dance intervention.

Figure 5-1. Estimated energy consumption during wheelchair dance for 15 min.

Figure 5-2. Effects of wheelchair dance for 6 months on body weight (A) and body mass index (B).

Figure 5-3. Effects of wheelchair dance for 6 months on serum albumin (A) and blood hemoglobin (B).

略語と記号

ACSM:	american college of sports medicine
BISACP:	bedridden individuals with severe athetospastic cerebral palsy. 重度アテトーゼ痙直型脳性麻痺で寝たきりの者
BMI:	body mass index
FITT:	frequency, intensity, time and type of exercise
GMFCS:	gross motor function classification system 粗大運動能力分類システム
GMs:	general movements
HR:	heart rate 心拍数
HRmax:	heart rate max 最大心拍数
HRR:	heart rate reserve 心拍数予備能
HRrest:	heart rate rest 安静時心拍数
ICF:	international classification of functioning, disability and health 2001 国際生活機能分類
MNF-S:	ネスレ簡易栄養評価スクリーニングによる得点
NEAT:	non-exercise activity thermogenesis 非運動性熱産生
O ₂ P:	O ₂ -pulse 酸素脈
QOL:	quality of life
VO ₂ :	oxygen uptake 酸素摂取量
VO ₂ max:	maximum oxygen uptake 最大酸素摂取量

本論文は以下に示す原著論文を中心とし、再分析結果を加えてまとめたものである。

Terada K, Satonaka A, Terada Y, Suzuki N. Cardiorespiratory responses during wheelchair dance in bedridden individuals with severe cerebral palsy. *Gazz Med Ital* 175: 241-247, 2016.

Terada K, Satonaka A, Terada Y, Suzuki N. Training effects of wheelchair dance on aerobic fitness in bedridden individuals with severe athetospastic cerebral palsy rated to GMFCS level V. *Eur J Phys Rehabil Med* 53:744-750, 2017.

Terada K, Satonaka A, Wada M, Terada Y, Suzuki N. Nutritional aspects of a year-long wheelchair dance intervention in bedridden individuals with severe athetospastic cerebral palsy rated to GMFCS level V. *Gazz Med Ita* 177: 360-366, 2018.

第 1 章 諸 言

1. 先行研究

A. 脳性麻痺について

a. 定義

脳性麻痺の定義と分類は、過去 25 年以上にわたるリハビリテーションへのアプローチと同様に変化してきた (Richards & Malouin, 2013, Rosenbaum et al., 2007). 1968 年、厚生省脳性麻痺研究班会議で定められた定義では、「脳性麻痺とは受胎から新生児期（生後 4 週間以内）までの間に生じた、脳の非進行性病変に基づく、永続的なしかし変化しうる運動および姿勢の異常である。その症状は満 2 歳までに出現する。進行性疾患や一過性運動障害または将来正常化するであろうと思われる運動発達遅延は除外する。」と記されている (五味ら, 1990). その後、Workshop in Bethesda において設定された定義では、さらに発達的な側面や、発達的な帰結に大きな影響を与える主要な合併症が追記された (Bax et al., 2005).

また、脳性麻痺リハビリテーションガイドライン第 2 版では「脳性麻痺の言葉の意味するところは、運動と姿勢の発達の異常の 1 つの集まりを説明するものであり、活動の制限を引き起こすが、それは発生・発達しつつある胎児または乳児の脳の中で起こった非進行性の障害に起因すると考えられている。さらに、脳性麻痺の運動障がいには、感覚、認知、コミュニケーション、認識、行動、あるい

は発作性疾患が付け加わる。」と述べられている。

なお、この定義の中に、「運動と姿勢の発達の異常の1つの集まり」という表現があるが、これは脳性麻痺とその病因、障がいの重さに関して、均一ではない状況を表しているという一般的な合意事項が存在するからである。

b. 脳性麻痺の発症因子

脳性麻痺の発症には、多数の因子が関与していると言われている(日本リハビリテーション医学会, 2014)。脳室周囲白質軟化症、核黄疽、新生児仮死による低酸素脳症後遺症 (van de Riet et al., 1999)、および先天性奇形がその代表である。その他には、早産 (36 週未満)(Vukojevic et al., 2009)、低出生体重 (2,500 g 未満)(Ozturk et al., 2007, Petridou et al., 1996)、子宮内感染症 (Wu & Colford, 2000)、帝王切開 (Jacobsson et al., 2002, Stelmach et al., 2005)、高・低血糖 (Walstab et al., 2004)、痙攣 (Suvanand et al., 1997)、脳出血、双生児、胎盤機能不全、無呼吸、慢性肺疾患、多胎、脳室内出血なども挙げられる。

なお、出生直後の新生児仮死は、医学の進歩により減少している(水口ら, 2011, 穂山ら, 2000, Bieck, 1987)。その結果、痙直型と呼ばれる脳性麻痺のうち重度の痙直型四肢麻痺は減少傾向にある(吉岡ら, 1999)。しかし一方では、医学の進歩によって、低体重出生(早

産)による脳性麻痺の症例数は増加している(吉岡ら, 1999). 低出生体重は、1000 g 未満で脳性麻痺の発生率が顕著となり、1000 g 以上と比較すると 5.1~8.7 倍となる(當山ら, 2000). 在胎 32 週以前、出生体重 500 g 以下の症例の 20%に閉塞性呼吸障がいが発症する(Korvenranta et al., 2009). また、麻痺のタイプは早期未熟児で痙直型が多く、体重が軽いほど両麻痺の発生率は増加する(鷺見ら, 1995).

c. 脳性麻痺の分類

一般に、脳性麻痺は出現する症状の特徴ごとに病型として分類される(北村, 2016). 代表的な病型には痙直型、アテトーゼ型および失調型があり、これらを特徴づける症状が混在したものを混合型と呼ぶ(水口ら, 2011, 穠山ら, 2000, Bieck, 1987). 弛緩型と呼ばれる病型もあるが、成長につれて他のいずれかの病型に分類されることが多い(水口ら, 2011, 穠山ら, 2000). 発生頻度では痙直型が最も多く、次いでアテトーゼ型、失調型の順となる(水口ら, 2011). また、麻痺発生部位別の分類としては、単麻痺、片麻痺、両麻痺、三肢麻痺、四肢麻痺、対麻痺がある.

痙直型は筋が過剰に緊張することに特徴があり、側脳室周囲の白質が障がいを受けること(脳室周囲白質軟化症)が主な原因である(吉岡ら, 1999). 筋緊張の亢進は、次の 2 つの要因によって生ずる.

1 つは、脳室周囲白質軟化症を発症している部位を通過する神経線維のうち、運動野から錐体路に向かう神経線維と、前運動野から錐体外路系に向かう神経線維の両方が障がいを受けることである。脳幹網様体の役割の 1 つは、脊髓前角細胞による伸張反射の強弱を調整することである。筋緊張を誘起する他の 1 つの要因は、脳幹網様体からの筋弛緩抑制が相対的に弱まることにある (藤原ら, 1973)。

アテトーゼ型の特徴は、運動への意識が高まるほど不随意運動が激しくなることであり、核黄疸により大脳基底核を中心とした錐体外路系が損傷することに主な原因がある。一般に、知的な障がいは伴わない。失調型の特徴は、体の平衡を保つ機能が低下し運動失調を生ずることであり、視覚・聴覚や固有覚からの信号を処理する小脳と連携する錐体外路系の異常が原因である (穂山ら, 2000)。

d. 評価

脳性麻痺児は発育とともに、種々の運動障がいが増加するが、最終的にどの段階の運動障がいに達するかは、個々人によって異なる。どのような段階になるかを予測することは、日常生活においてできることを増やせるという可能性を広げ、本人にとってのより良い状態を維持しながら Quality of life (QOL) の向上を目指したりハビリテーションの実践の基盤となる。

新生児の運動発達評価として、general movements (GMs) の信頼性

は高いと言われている (Einspieler et al., 1997, Einspieler et al., 2004, Mutlu et al., 2008). 予測的妥当性においては、脳性麻痺のような重度の神経学的異常を予測するのに有用であるとされ (Darsaklis et al., 2011)、fidgety movements' period における (GMs) 評価は、出生 12 ヶ月から 24 カ月の神経発達障害の予測ツールとして使用することができると言われている (Burger & Louw, 2009, Darsaklis et al., 2011).

診断は、乳幼児の発達チェックに適しているとされる月齢（この時期は key months、key age あるいは critical months と呼ばれる）、具体的には 4、7、10、18 および 36 ヶ月に行われ、運動発達、反射あるいは精神発達の面から評価される。なお、各原始反射の残存あるいは未出現や筋緊張亢進は、生後の時期によるものの脳性麻痺を疑う所見であるため、これらについても評価が必要だと言われている。

脳性麻痺における粗大運動能力の予後予測については、粗大運動能力分類システム (gross motor function classification system : GMFCS) を用いて、重症度ごとに層別化することが勧められている (Palisano et al., 1997). その理由は、脳性麻痺の運動機能障がい、ごく僅かな巧緻性の障がいを示す軽度のものから、四肢麻痺で姿勢保持も困難であり、自力による運動がほとんどできない重症のものまで多岐にわたっており、そのため階層化を行わなければ、有効な

予後予測ができないからである (Palisano et al., 2000).

GMFCS では、子どもの座位能力および移動能力を中心とした粗大運動能力をもとにして、6 歳以降の脳性麻痺児・者を対象に、重症度を 5 段階に分類している。具体的には、レベル I (制限なしに歩くことができる)、レベル II (歩行補助具なしに歩くことができる)、レベル III (歩行補助具を使って歩くことができる)、レベル IV (自力移動が制限される)、レベル V (電動車いすや環境制御装置を使っても自動移動が非常に制限される) である (日本リハビリテーション医学会, 2014).

GMFCS については、1997 年に Palisano et al. (1997) よって、また 2000 年に Wood & Rozenbaum (2000) によって、GMFCS の計量心理学的特性 (心を科学的に表現することを目指す。感覚の強さの測定、感覚の弁別力と検出力の測定等) が検討された。また、横断的なデータによる予測的妥当性は Palisano et al. (2000) によって、縦断的なデータによるものは Rosenbaum et al. (2002) よって検証された。GMFCS により、これまで恣意的に決められてきた軽度、中程度および重度の運動障がいの特徴が統一され、現在では国内の施設でも広く使用されている。

一方で、脳性麻痺の定義にあるように、脳性麻痺の意味することが「運動と姿勢の発達の異常の 1 つの集まり」であることから、評価については様々な提案がされている。特に、国際生活機能分類

(International Classification of Functioning, Disability and Health 2001: ICF) が導入されて以来、この分類をベースとした評価尺度がみられるようになった。それらの特徴としては、より社会的な状況に合わせて、評価者および対象者のニーズを把握できるような工夫がされていることである (日本リハビリテーション医学会, 2014)。

e. 脳性麻痺への介入

一般に、脳性麻痺による障がいは、幼少期に始まり完治することではなく一生継続する (Rosenbaum et al., 2007)。しかし小児期においては、早期からの適切な介入が必要であり、特に姿勢に関しては、その後の運動発達に影響を及ぼすという知見もある (Martin et al., 2015)。介入としては、リハビリテーション (治療としてのリハビリテーション)、一人ひとりの身体状態をアセスメントした上での様々な支援 (作業療法、運動療法、言語療法等)、他に手術や投薬なども実施される (北村, 2016)。歩行可能な場合は、その状態が継続するよう歩行訓練を行い、筋肉の拘縮が強い場合は、膝から足先までをギブス固定し、筋を伸ばす方法も実施されている。独歩が困難な場合は、日常生活を遂行できるよう固定器や矯正器具、車いす、ローリング・ウォーカー等を使用し、言葉に支障があれば、コミュニケーションエイドなどを活用する。脳性麻痺児・者に対する整形外科的な役割としては、(1) 運動機能の妨げとなる四肢脊柱の変形の矯

正をすること、および (2) 効果的なリハビリテーションを実施するために、自身が持っている能力を最大限に発揮できるようにサポートすることが挙げられる。

新生児では、脳性麻痺が疑われる場合、次のような予防的措置が行われることがある。その 1 つは低体温療法であり、これは体温をコントロールしながら低下させ、周産期低酸素虚血状態で生じる損傷を最小限に留めようとする方法である (田村ら, 2015)。また、硫酸マグネシウムの投与によって、未熟児出産中の酸素供給を安定させ、損傷が生じる確率を低減させる方法もある (安目, 2012)。

B. 脳性麻痺者の身体的特性

a. 脳性麻痺者の運動障がい

脳性麻痺の運動障がいには、脳の運動神経領域（大脳の運動野および運動前野）の損傷によって生じる一次障がいと、それがもとになって引き起こされる二次障がいがある。一次障がいには、痙縮や不随意的運動などがみられる筋緊張の異常、筋力低下、バランス能力の低下、運動コントロールの不全などがあり、通常 2 歳までに発現する (日本リハビリテーション医学会, 2014)。また、視覚障がい、聴覚障がいや認識障がい（知的障がいあるいは知覚運動障がい）が発症することもあり、これらも運動障がいを助長する。なお、約 25% の脳性麻痺者が痙攣発作（てんかん）を起こすが、これも運動機能

に影響を及ぼす1つの要因である。二次障がいとしては、筋の短縮や関節の拘縮、大腿骨および下腿骨の回旋変形あるいは外反偏平足のような足部分の変形などが挙げられる。一次障がいに伴う歩行障がいも二次障がいとみなす考え方もある。

b. 脳性麻痺と合併症

脳性麻痺児・者で最も発症率の高い合併症は、胃食道逆流症を発症する可能性のある嚥下障がいである。重症例では生命予後を左右する。治療法の1つは、逆流症を抑制する効果をもつ噴門形成術などを行うことである。この手術を受けた患者（対象者198名）を追跡調査した Martinez et al. (1992) の報告によると、71%の人で手術により治まった嘔吐や肺炎が再発し、そのうち22%に胃食道逆流症が再燃したことが認められている。

発症率の高い他の合併症としては、てんかん（35.4～41.8%）、難聴（4～13%）、重度難聴（2～12%）等が挙げられる（日本リハビリテーション医学会, 2014）。尿力学的検査によると、脳性麻痺児の33～85%に何らかの異常が認められ、膀胱機能亢進による膀胱容量低下あるいは排尿筋尿道括約筋協調不全などが主な病態として指摘されている（日本リハビリテーション医学会, 2014）。慢性疼痛は脳性麻痺者に共通の症状であり、60～80%の人が痛みを抱えている（日本リハビリテーション医学会, 2014）。また、成人の25%は疼痛や疲

労のレベルが経年的に強くなっていることを示す報告がある (Morgan & McGinley, 2014). 広汎性発達障がいを伴った脳性麻痺者では、42%にコミュニケーション障がいが発生するといわれている (日本リハビリテーション医学会, 2014)

さらに脳性麻痺若年者の死亡原因のうち、明らかになったものとしては肺炎が全体の6割を占め、てんかんによる死亡率の8.6%を大きく上回っている (Roddihough et al., 2001). 40歳までは呼吸器系の死亡が多く、40歳以降では悪性新生物や循環器での死亡が増加する (Hemming et al., 2006). このような呼吸機能障がいは、重度障がいになればなるほど生命予後に大きく関与する.

IQとの関連では、IQ20以下の症例の半数が20歳まで生存し (Blair et al., 2001)、生存した脳性麻痺児の85%は50歳まで生きるが、40歳までは呼吸器系の死亡者が多く、40歳を超えると悪性新生物での死亡が増える (Hemming et al., 2006).

c. 脳性麻痺と体力

c-1. 一般的な特徴

行動体力を大きく左右する要素は、筋力、敏捷性、持久力、パワー、平衡性、柔軟性、協調性などである。健常者の体力を基準とすれば、ほとんどの脳性麻痺者は低体力者であることは事実である (Verschuren & Takken, 2010). しかしながら、これまでの調査では、

中程度レベルの障がい、例えば脳性麻痺でも歩行可能な者や車いす
で自走できる者（GMFCS レベル I～III、まれにレベル IV）が研究
対象の中心であった（Darrah et al., 1999, Dodd et al., 2002）。したが
って、多様な障がいを併せ持つ脳性麻痺児・者の体力の実態は不明
な点が多い。

脳性麻痺者の体力の全ての要素を向上させることに越したことは
ないが、それは現実的なことではない。では、脳性麻痺者にとって、
最も重要視されなければならない体力要素は何であろうか。

2001年に改定されたICFでは、障がい者自らが生活の営みを通し
て健康体力を向上させ、それによって社会参加を促すことの重要性
が示されている。そのためには、コミュニティで障がい者が主体的、
積極的に生きるための環境を整えなければならないとも述べられて
いる。これは、1980年の国際障害分類初版の障害者構造モデル（1980
年）にはない、障がいを多次元的に捉えようとする概念である（上
田, 2002）。

脳性麻痺者は、健常者以上に年齢と共に活動量が減少し、また
GMFCSのレベルが重度になるほどその低下は顕著となる（Kerr,
2010）。よって、健常者より比較的早期に寝たきり状態になる傾向に
ある。この理由は、脳性麻痺者では、(1) 加齢による身体機能の低
下が早期に起こること（Heller et al., 2002, Kohl et al., 2012, Turk et
al., 1997, Rimmer, 2001, Turk, 2009）、あるいは (2) 特別支援学校等

を卒業後、日常生活での活動量が減少し、種々の疾病（II型糖尿病あるいは循環器疾患など）を発症するリスクが高まることにある（Kohl et al., 2012）.

これらの現状を鑑みると、疾病発症の最たる要因は、長期に渡る運動不足によって、呼吸循環器系持久力が低下することであると言える（Rimmer, 2005）. 障がい者が日常生活を継続して地域コミュニティで日常生活を送るためには、呼吸循環器系持久力がとりわけ必要である. Rimmer (2005) は、加齢による機能低下を相殺するためにも、脳性麻痺者はより高いフィジカルフィットネスを実践するべきだと指摘している.

c-2. 脳性麻痺アスリートの特徴

アスリートにとって、競技レベルを向上させるためには、自分自身の現在の運動能力あるいは生理機能を客観的に把握することは重要であり、このことは健常者アスリートと障がい者アスリートで変わることはない. しかしながら、障がいの種類や程度は様々であり、障がい者の運動能力の評価に特別な配慮が必要なことは、多くの研究で指摘されている（Goosey-Tolfrey et al., 2006）.

脳性麻痺アスリートの呼吸循環器系の機能に関しては、Bhambhani et al. (1992) の研究が代表的なものとして挙げられる. 彼らは、エリートアスリート（国際大会出場経験者）を対象とした

研究から、(1) 歩行可能なクラスであっても、膝の屈曲が不十分な者では、車いすエルゴメーターを用いた場合より、自転車エルゴメーターを用いた場合の方が最大酸素摂取量 (maximum oxygen uptake: $VO_2\max$) は低く見積もられること、(2) 車いすで日常生活を送るアスリートよりも、歩行可能なアスリートの方が高い $VO_2\max$ を有していることを報告した。また、Bhambhani et al. (1992) と同様に呼吸循環器系機能について検討した Goosey-Tolfrey et al. (2006) の研究では、四肢麻痺のアスリートの中には、よくトレーニングされた健常者アスリートと同等の生理学的反応を示す者がいること、さらに疲労耐性について検討した Runciman et al. (2014) の研究では、自転車運動における脳性麻痺アスリートの疲労耐性は、健常者アスリートと大きく変わらないことが示されている (一般に、脳性麻痺者は健常者と比較して疲れやすいといわれている)(Morgan & McGinley, 2014)。これらの知見は、脳性麻痺エリートアスリートが、通常の脳性麻痺者とは異なる身体的特徴を持っていることを示唆する。しかしながら、脳性麻痺エリートアスリートに関する先行研究は極めて少なく、今後多くのエビデンスを蓄積する必要がある。

C. 脳性麻痺者の身体活動と運動

a. 身体活動と運動の必要性

ここでは、身体活動を「エネルギー消費量の増加を伴う、骨格筋の収縮による身体の動き」、運動を「計画的に構成された反復性の身体の動き」と定義する。運動は身体活動の一つであり、また1つ以上の体力要素を維持・向上させるために実施される営みである。

昨今、生活習慣病が大きな社会問題となっている。生活習慣病予防のための有力な手立てが、身体活動や運動を積極的に行うことであり (Riebe & Ehrman, 2017)、ヒトにとって運動は必要不可欠であるという考え方が、もはや世界的なムーブメントとなっている時代である。

American College of Sports Medicine (ACSM) のガイドラインでは、生活習慣病を予防するためには、有酸素運動を行い呼吸循環器系の機能を向上させることが必要であるとし、健常成人では、ほぼ毎日中程度以上の運動を30分以上行うよう奨励している (Riebe & Ehrman, 2017)。しかし、全米で行われた調査によると、実際にはこの基準を満たしている者の割合は、わずか5%であることが観察されている (Troiano et al., 2008)。だが、残り95%の成人全てが、生活習慣病に罹患しているわけではない。現在では、積極的な運動を行うに越したことはないが、強度や量の低い身体活動（例えば、VO₂maxの50%未満の強度で、継続時間が1回の活動につき20分未満の運動）でも、健康の維持にある程度寄与すると考えられている (Satonaka et al., 2014)。このことはコホート研究によっても示され

ており、例えば Williams (2001) は、百万人以上の人を対象に 1 年間経過観察を行い、身体活動・体力と冠動脈疾患・心血管疾患の発症比率との間に、負の相関関係が存在することを報告している。

生活習慣病が 1995 年までは成人病と呼ばれていたように、かつてはこの疾病は成人とりわけ中・高年以上の人に発症する疾病であった。しかし現代では、生活習慣病は子どもにもみられ、子どもの身体活動あるいは運動の実態を把握する必要性がでてきた。重要な問題であるにも関わらず、この点については明確にはなっておらず、健全な子どもはおおよそ 1 日に 30 分の有酸素運動を行っていることを示す報告もあれば、学年が進むにつれ身体活動は徐々に低下し、ACSM の基準に達していないことを示す報告もある (Gavarry et al. 1998, 2003)。

b. 運動処方の実際

b-1. 脳性麻痺者と運動処方の指針

脳性麻痺者が、日常生活を活動的に過ごし、かつ QOL を向上させるためには、上述のように、一定以上の呼吸循環器系の機能を確保することが必要である。そのためには、どのような運動を処方したらよいのであろうか。

従来 of ACSM の運動処方ガイドラインは、運動の頻度、強度、持続時間、種類の 4 項目から構成されている。2017 年に発表された新

たな ACSM ガイドライン (Riebe & Ehrman, 2017) では、これらに量、パターンおよび漸進が加えられた。また、低体力者では、従来効果が薄いとされてきた強度や持続時間以下の運動であっても、やり方によってはある程度の効果が得られると記載されている。Satonaka et al. (2014) の報告はその方法について言及しており、1 回ごとの運動は低強度で短時間であっても、そのような運動を 1 日に数多く実施することの重要性を示している。

ACSM ガイドラインには、脳性麻痺者に対する運動処方も示されており、車いすを自走できる者あるいは歩行可能な者は、原則的には指針に従って、運動を行うことが奨励されている (Garber et al., 2011, Haskell et al., 2007)。しかしながら、これは数少ない文献をベースとした提案である (Riebe & Ehrman, 2017)。先に述べたように、脳性麻痺といってもその症状は多岐におよぶ。また、脳性麻痺特有の症状よりも、合併症が運動遂行の妨げになっている場合もある (Damiano, 2006)。したがって、全ての脳性麻痺者に対して、ACSM のガイドラインが現実的な処方であるとは言えない。

b-2. 脳性麻痺児へのアプローチ

身体的に高いレベルで自立するためには、一定以上の呼吸循環器系の機能および筋力が必要であり、これらの機能の向上を図る包括的なトレーニングを行うことが望まれる。トレーニングが脳性麻痺

児に及ぼす影響については、自宅で実施可能なトレーニングを行わせたところ、10年後において、トレーニングを実施しなかった群と比較して、実施群で、VO₂maxおよび筋力が高かったこと (Jeng et al., 2013)、あるいは1回45分、週4回の有酸素トレーニングによって、VO₂maxが増加したことなどが報告されている (van den Berg-Emons et al., 1996)。また、Hombergen et al. (2012) は、脳性麻痺者が子どものうちからトレーニングを実施することによって、身体機能の固定化が抑制されることを観察している。しかしながら、研究対象となった脳性麻痺児は、歩行あるいは車いすを自走できる者 (GMFCS レベル II~III) に限られていた。重度の脳性麻痺児に対しては、それに特化した運動処方を作成する必要性が指摘されている (Faigenbaum et al., 2009)。

b-3. 成人脳性麻痺者へのアプローチ

トレーニングが成人脳性麻痺者の体力に及ぼす影響についての研究は極めて少ない。その中の1つである Pitetti et al. (1991) の研究では、8週間の有酸素トレーニングによって、呼吸循環器系の機能が向上したことが報告されている。この研究では、8週間のトレーニング終了後、被験者に自発的なトレーニングを行うよう推奨したが、実施者は7名中1人であったことも示されている。

このように、成人脳性麻痺者に対する運動の効果についての研究が進んでいないのは、幾つかの原因が考えられる。第一は、脳性麻痺者の体力やトレーニングに関する研究は、アスリートや子どもを対象としたものから始まったため、成人非アスリートへの取り組みが遅れたことである。第二は、脳性麻痺児とは異なり、成人脳性麻痺者では加齢に伴い (1) 体に痛みが出やすいこと、(2) 疲労耐性が低下することに起因して、トレーニングを継続的に実施することが容易ではないことである。第三は、脳性麻痺者を対象とした場合、最大運動を用いた VO_2max の測定は危険を伴うため、彼らの呼吸循環器系の機能の評価が難しいことである。近年、この問題に対して、最大下運動と心拍数 (Heart rate HR) を利用して VO_2max を推定する方法が提示されている (Satona et al., 2014)。

2. 先行研究における問題点

最新の ACSM ガイドラインでは、過去のガイドラインと比較すると、脳性麻痺者がトレーニングを行う際の特記事項に関する記述が増加した (Riebe & Ehrman, 2017)。これは、脳性麻痺者の体力やトレーニング方法に関する知見が蓄積されつつあることを示唆している。しかしながら、先行研究における対象者は、ほとんどが GMFCS レベル I~III (ごく僅かにレベル IV) であり、重度脳性麻痺者 (レベル V) を取り扱った研究は極めて少ない。

この理由は、レベル V 脳性麻痺者の呼吸循環器系機能を評価することが容易ではないことにある。一般に、健常者の呼吸循環器系機能は最大運動を負荷して測定されるが、前述のように脳性麻痺者にそのような運動を課すことは危険を伴う。最大下運動から評価する方法も提示されているが (Satonaka et al., 2011)、レベル V 脳性麻痺者では、この手法も適応できない場合が多い。

近年、医療技術の進歩によって、24 時間体制の医療行為を必要とする重症心身障がい者の存命率が高まった (内閣府, 2017)。過去と比べ、彼らの平均寿命は延びたとはいえ、寝たきりの最重度脳性麻痺者が、続発する合併症によって命が脅かされるような深刻な事態に陥ることは少なくない (Turk, 2009)。合併症が起こる主な原因は運動不足にあるが、それを解決する有効な介入方法は確立されていない。

脳性麻痺児・者のフィットネス研究の第一人者である Maltais et al. (2014) は、「究明されている部分が希薄なレベル V 脳性麻痺者の呼吸循環器系機能については、研究を推進すべきであり、脳性麻痺特有の複雑な生活習慣行動（ふるまい）や環境因子にも着目して、有用な運動処方を考えていかなければならない」と言及している。

3. 本研究の目的

本研究では、車いすダンスが脳性麻痺者の身体に及ぼす影響を明

らかにすることを目的とし、4つの研究課題を設定して実験を行った。具体的には、以下の通りである。

- (1) GMFCS レベル III の脳性麻痺者を対象に、電動車いすダンス競技中における運動強度を明らかにする。
- (2) GMFCS レベル V の重度脳性麻痺者を対象に、車いすダンスの運動強度を明らかにする。
- (3) GMFCS レベル V の重度脳性麻痺者を対象に、6ヵ月間に渡る車いすダンスによる介入を実施し、車いすダンスが呼吸循環器系機能に及ぼす影響を明らかにする。
- (4) GMFCS レベル V の重度脳性麻痺者を対象に、6ヵ月間に渡る車いすダンス介入が、エネルギー消費・摂取バランス並びに健康状態に及ぼす影響を明らかにする。

第 2 章 電動車いす使用の脳性麻痺者における

車いすダンス時の心拍応答（実験 1）

－ケーススタディー－

1. 目的

脳性麻痺とは受胎から新生児期（生後 4 週間以内）までの間に生じた、脳の非進行性病変に基づく、永続的なしかし変化しうる運動および姿勢の異常である（五味ら, 1990）。また、脳性麻痺は、脳のどの部位が障がいされるかで症状が異なり、(1) 両下肢に強い障がいがあり両上肢にも麻痺がみられるものとしては痙直型両麻痺が、(2) 不随意運動や筋緊張の異常が出現するものとしてはアテトーゼ型が、(3) 両下肢、両上肢、体幹にも運動障がいがあり寝たきりとなるものとしては痙直型四肢麻痺が、(4) 姿勢の制御が困難になるものとしては失調型が挙げられる。また、痙直型両麻痺とアテトーゼ型の両方の特徴がみられるものは混合型と呼ばれる（Kavcic & Vodusek, 2008）。

車いすダンスは 1960 年代からヨーロッパを中心として発展し、国内では 1990 年代から広がった。1998 年に第 1 回車いすダンス世界選手権が幕張メッセ（日本）で開催され、その後 2 年に 1 回、世界選手権が開催され、現在 40 ヶ国以上の国々で親しまれている（Terada, 1999）。

車いすダンス競技には、ボールルームダンスを基本としたスタンダード5種目（ワルツ、タンゴ、スロー、ウイナーワルツ、クイックステップ）およびラテンアメリカン5種目（サンバ、チャチャチャ、ルンバ、パソドブレ、ジャイブ）がある。また、障がいの状態によって、クラス1（上肢および下肢に障がいがあるクラス）とクラス2（下肢のみに障がいがあるクラス）に分けられている (Inal, 2014)。競技スタイルは、車いす使用者と立位で踊る者のペアダンス（コンビスタイル）と、車いす使用者同士のデュオスタイルなどがある。電動車いす使用ダンサーは、クラス1に属する。

この車いすダンス競技に、電動車いす使用の重度脳性麻痺女性が挑戦した。著者は、コーチ兼スタンディングパートナー（コンビスタイル）として練習をサポートし、その経過中に姿勢保持の改善をはじめ、客観的ではあるが心身の変化を確認した (Fig. 2-1)。このことは、車いすダンスの実施が身体機能の改善を誘起する運動負荷となることを示唆するが、これまで、車いすダンスが、重度脳性麻痺者や電動車いす使用者を含めた身体障がい者の身体に及ぼす影響についての研究はなされていない。そこで本実験では、電動車いすを使用するダンサーのHRを測定し、車いすダンス中の運動強度を明らかにすることを目的とした。

2. 方法



Figure 2-1. The subject before beginning wheelchair dance (A) and at the wheelchair dance competition (B). At the time of the competition, three years have passed since the subject began practicing the wheelchair dance.

A. 被験者

本実験は、愛知県心身障害者コロニー発達障害研究所倫理委員会で承認されたものである。被験者は45歳（身長153cm、体重48kg）の女性であった。GMFCSレベルIIIの重度脳性麻痺者（痙直型とアトローゼ型の混合型脳性麻痺）であり、両上肢および両下肢、言語、視覚に障がいを持っていた。被験者は2001年から電動車いすを使用して車いすダンスに参加した。被験者は当初、右手で電動車いすのジョイスティックを操作していた。しかし、全身に過緊張があるものの動かせる両上腕を可能な限り活用するため、著者のアドバイスによって、僅かに動かすことができる右足指でジョイスティックを操作する練習を2003年より開始した（Fig. 2-2）。足で操作する練習を継続的に行い、2005年から車いすダンス時には右足指でジョイスティックを操作して自由に移動することができ、足操作によって車いすダンスを行う事も可能となった（Fig. 2-3）。

B. 参加した競技会

被験者は、2009年10月に開催された全国障害者スポーツ大会オープン競技である車いすダンス日本海カップ（新潟県）のコンビスタイルクラス1に出場した。種目はラテンアメリカン総合5種目（サンバ、チャチャチャ、ルンバ、パソドブレおよびジャイブ）であった。この種目では、「ペアが両手をつなぐ」、「片手をつなぐ」および



Figure 2-2. The subject manipulated the joystick with the right foot. Photographs from the side (A) and the front (B).



Figure 2-3. The subject who were participating the wheelchair dance competition in 2006.

「身体接触をせずに踊る」ことなどが可能である。被験者はジョイスティックを右足で操作するため、両上肢はフリーであった。

C. 心拍数の測定

HR は心拍数計 (model 810S, Polar Electro Japan) を用いて、R-R 間隔 (心電図の R 波と R 波の間隔) から測定した。被験者は 2 つの表面電極を内蔵した弾性ベルトを胸郭に装着した。トランスミッターからの R-R 間隔信号はリストウォッチ様のデバイスで受信した。デバイスはダンスの動きを妨げないように車いすの握りの部分に固定した。

なお、ダンス競技用ドレスの着用には時間がかかり身体にも影響を及ぼすため、心拍数計はドレスを着用する前 (競技開始約 1 時間前) に装着した。競技会終了後は HR が平常値に戻ったことを確認して心拍数計を脱着した。

下記の式に従い、最大心拍数 (heart rate max: HRmax) と安静時心拍数 (heart rate at rest: HRrest) から、40%、60%および 80%心拍数予備能における被験者の HR (HR reserve: HRR) を算出した。なお、HRmax は、 $207 - (0.7 \times \text{年齢})$ とした (Kenney et al., 2015)。40%HRR の場合の例では「 $40\%HRR = 0.4 \times (HR_{\max} - HR_{\text{rest}}) + HR_{\text{rest}}$ 」となる。

3. 結果

A. 競技の様相

各種目の音楽テンポは、サンバで 49 拍/分、チャチャチャで 30 拍/分、ルンバで 24 拍/分、パソドブレで 60 拍/分、ジャイブで 41 拍/分であった。また、1 種目につき競技時間は 1 分 30 秒であり、最後のジャイブのみ 1 分であった。当日は予選がなく準決勝から競技が始まり、5 種目連続で競技が実施された。また決勝は、準決勝終了後、約 30 分の休憩を挟んで行われた。準決勝および決勝ともに、競技が行われるフロアに上がってからは、競技終了まで場外に戻ることはなく、連続して規定の種目が行われた。種目間では、背番号や名前をコールするためにダンスを行わない時間帯が生じたが、その時間は平均で約 20 秒であった。Fig. 2-4 に、競技中の被験者を示した。

B. 心拍数

被験者の HR_{rest} は、別日に測定した 93.0 拍/分を用いた。また、算出された 40% HRR は 126 拍/分、60% HRR は 143 拍/分、80% HRR は 159 拍/分であった。

Fig. 2-5 に競技中の HR を示した。競技中の HR_{max} および平均 HR は、準決勝では 173.0 拍/分および 161.1 拍/分、決勝では 167.1 拍/分および 154.2 拍/分であった。また、競技時間全体に対して 40% HRR



Figure 2-4. The wheelchair dance competition at 2011. During this competition, the heart rate response of the subject was measured.

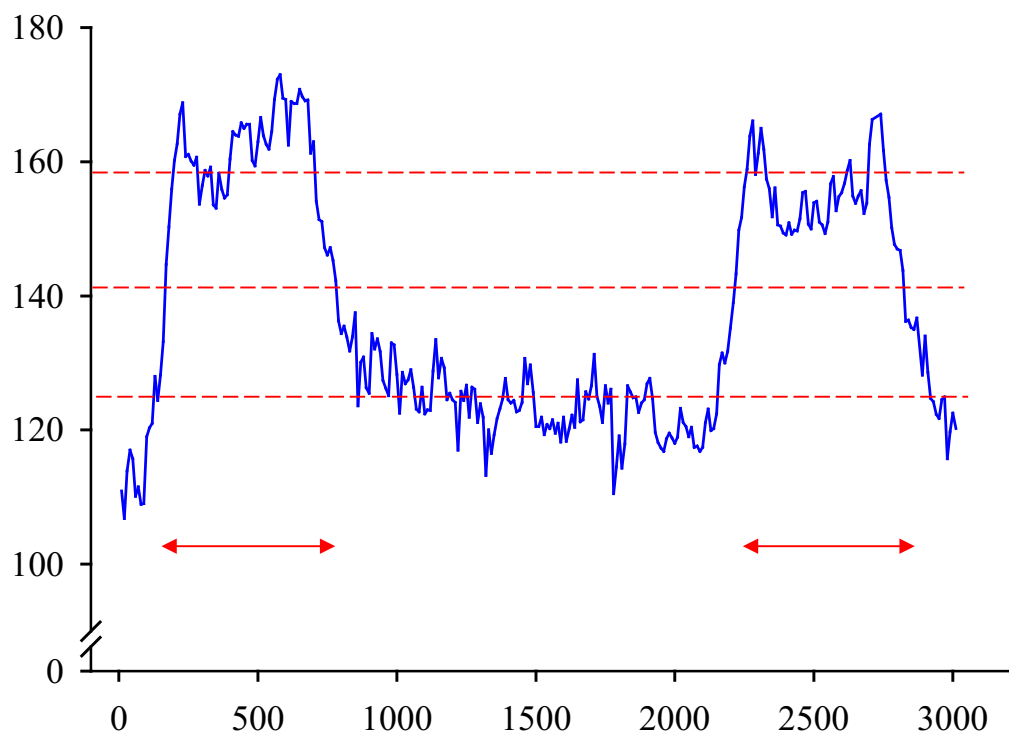


Figure 2-5. Heart rate during wheelchair dance competition.

以上が占めた時間の割合は、準決勝、決勝ともに 100%であった。60%HRR 以上では準決勝で 100%、決勝で 98.3%、また 80%HRR 以上では準決勝で 68.3%、決勝で 16.7%であった。さらに競技種目別にみると、他と比べてテンポが速い種目（サンバおよびジャイブ）で、HR が上昇する傾向がみられた。

4. 考察

本実験はケーススタディではあるが、電動車いすでの運動における運動強度を検討した最初の報告である。電動車いすは自走ではなくジョイスティックの操作を介して車いすを起動するため、被験者が強度の高い運動を行うのは困難であると予想していた。しかし、競技中に HRmax (176 拍/分) に近い値 (173.0 拍/分) が記録されるとともに、80%HRR 以上の時間帯が全体の約 70% (準決勝) であるなど、予想に反した結果が得られた。本研究では、成人健常者を対象に作成された式 ($207 - [0.7 \times \text{年齢}]$) に基づいて被験者の HRmax を推定し、車いす運動中の運動強度を算出した (Riebe & Ehrman, 2017)。車いすアスリートの HRmax を実測した (Rimmer et al., 2001) の報告では、彼らの HRmax は健常者より低いことが示されている。このことを考慮すると、本研究の被験者が行った運動は、算出された数値より高かった可能性がある。

このような強度の高い運動を行うことができた理由としては、主

に以下の3点が考えられる。1つ目は、2001年から車いすダンスの練習を継続しており、特に年に2回開催される競技会の3ヶ月前からは、団体練習以外に競技会に向けたペアでの練習を実施してきたこと、またその1回の練習時間は約3時間であることが挙げられる。2001年から約1年間は、ペア練習は30分程度で疲労を訴えていたが、その後徐々に長時間の練習がこなせるようになり今日に至っている。

2つ目は、自宅でも基本的な練習を2~3回/週実施したことである。著者が作成したエクササイズDVD（約15分）を見ながら、主に上半身の体幹と上腕のエクササイズ、さらに電動車いすのチェックムーブメント（左右に車いすを動かす）を行った。また自宅内では、下半身の強化のため自立歩行を実施した。

最後は、競技会への参加が契機となり、地域の様々な団体からデモンストレーションを依頼されたことで、日常生活の活動量が増加したことである。競技会出場以降においては、「競技会に加え、デモンストレーションに向けての練習を実施する」、「車いすダンスに必要な物品（衣装、関連必需品など）を購入するために、外出の機会が増加する」など、車いすダンスを始める前と比べ被験者の生活スタイルは大きく変化した。

また、被験者に対して、2003年に自転車エルゴメーターを用い体力測定を試みた。当時は体幹の不安定さや脚力の弱さが理由で測定

は不可能であった。しかし、2009年に同様の測定を試みた結果、サドル上での安定した姿勢で自転車を漕ぐことができ、体力を測定することができた (Fig. 2-6)。その結果、被験者の $VO_2\max$ は一般40代女性の平均閾値の範疇に入っていることが明らかとなった。

脳性麻痺であるか無いかに関らず、健康を維持・増進するためには一定以上の強度・量の運動を継続して行う必要がある。一般に、健常成人を対象とした運動強度としては、中強度 (40~60% HRR) と高強度 (60% HRR 以上で心拍数と呼吸数が大きく増加する) の組み合わせが推奨されている (Riebe & Ehrman, 2017)。脳性麻痺者を対象とした先行研究でも、運動強度は健常成人の推奨範囲を踏襲している (Slaman et al., 2014, Unnithan et al., 2007, Verschuren et al., 2007, Nsenga et al., 2013)。GMFCS レベル I および II であれば、このような強度の運動を行うことは可能であるが、移動を電動車いすに依存する GMFCS レベル III 以上の者では、そのような高い強度の運動はもちろん、安静時を上回って HR を上昇させ、かつ HR の高い状態を継続できるかどうかは明らかにされていない。また、脳性麻痺者は総じて低体力であるため、軽度の運動でも HR が上昇するという可能性はあるが、80% HRR 以上の HR を維持するという事は通常容易ではない。

脳性麻痺者の死因の多くは、運動不足に端を発するものであることを考慮すると、重度脳性麻痺者に対する運動の在り方を見直すこ



Figure 2-6. Measurement of cardio-respiratory function using a cycle ergometer in 2009. In 2003, it was impossible to measure a cardiorespiratory function of the subject, due to weakness of muscle strength.

とは極めて重要な事項である。本実験の結果から、GMFCS レベル III 以上の重度脳性麻痺者で、車いすの自走が不可能な者であっても、電動車いすを使用し、車いすダンスを行うことによって、呼吸循環器系に負荷を与える運動を実施できる可能性があることが示唆された。

5. 要約

本実験の目的は、脳性麻痺者を対象に、車いすダンス競技会中の HR を測定し、車いすダンスの運動強度を明らかにすることであった。被験者は、電動車いすを使用する GMFCS レベル III の女性（45 歳）であり、準決勝と決勝に出場した。競技中、HR を連続的に計測し、以下の結果得た。

- (1) 激しい動きを伴うダンス種目では、170 拍以上の HR を記録した。
- (2) 競技時間全体に対して 40%HRR 以上が占めた時間の割合は、準決勝、決勝ともに 100%であった。
- (3) 競技時間全体に対して 60%HRR 以上が占めた時間の割合は、準決勝で 100%、決勝で 98.3%であった。
- (4) 競技時間全体に対して 80%HRR 以上が占めた時間の割合は、準決勝で 68.3%、決勝で 16.7%であった。

本実験の結果から、GMFCS レベル III 以上の重度脳性麻痺者で、

車いすの自走が不可能な者であっても、電動車いすを使用し、車いすダンスを行うことによって、呼吸循環器系に負荷を与える運動を実施できる可能性があることが示唆された。

第3章 脳性麻痺者の車いすダンス中に

おける呼吸循環応答（実験2）

— 重度アテトーゼ痙直型脳性麻痺で寝たきりの人を対象に —

1. 目的

長期に渡る安静は呼吸循環器系持久力の低下を招き、II型糖尿病や循環器疾患を引き起こす要因となるが(Lee et al., 2012)、有酸素運動を実施し呼吸循環器系機能を向上させることによって、それらの疾病や生活習慣病の発症リスクが軽減されることが広く認知されている(Terada et al., 2016, Terada et al., 2017). 行うことのできる運動が限られる脳性麻痺者では、有酸素運動によって同様の効果が得られるか否かは必ずしも明確ではない. しかしながら、GMFCS レベル I (制限なく歩行できる)、レベル II (歩行補助具を用いなくてもなんとか歩行できる) およびレベル III (歩行補助具がなければ歩行できない) の成人脳性麻痺者では、スポーツなどの活動に参加することによって、呼吸循環器系の機能が向上することが示されており、少なくともこれらの人たちに対しては、有酸素運動は有用であると考えられる(Brehm et al., 2014, Maltais et al., 2010, Nieuwenhuijsen et al., 2011, Ryan et al., 2014, Satonaka et al., 2014).

GMFCS レベル IV (自力移動が制限される) あるいはレベル V (電動車いすや環境制御装置を使っても自動移動が非常に制限される)

に分類される重度アテトーゼ痙直型脳性麻痺者では、身体活動不足に起因する合併症を発症するリスクが高い。これらの合併症の中には死に直結するもの（心臓呼吸器疾患、腸閉塞など）が含まれており、寝たきり状態に置かれている者では、そのリスクは一層高まる (Turk, 2009)。したがって、何らかの運動介入を講じ、呼吸循環器系の向上を図ることは必要不可欠であるが、運動がこれらの人たちの身体機能に及ぼす影響に関する研究は極めて少ない (Nieuwenhuijsen et al., 2009, Strax et al., 2010)。

車いすダンスは、アダプテッドスポーツの1つとして実施されており、最も一般的なものは、車いすを使用するダンサーと立位で歩行可能なダンサーがペアで踊るコンビスタイルである (Fig. 3-1)。このスタイルでは、重度アテトーゼ痙直型脳性麻痺で寝たきりの人 (bedridden individuals with severe athetospastic cerebral pals: BISACP) も、立位者のアクティブアシストによって車いすダンスに参加できる。このことおよび「車いすダンスによって、予想されるより高い強度の運動実施が可能なこと (実験1)」からは、BISACP に対して、車いすダンスが呼吸循環器系機能の維持・向上を目的とした運動介入となることが考えられる。しかしながら、BISACP に関する車いすダンス時の呼吸循環応答についての報告はこれまでなされていない。

そこで本研究では、BISACP を対象に、コンビスタイルでの車い



Figure 3-1. Combi standard class of wheelchair dance competition.

すダンス中における酸素消費量 (VO₂)および HR を測定し、車いすダンスの運動強度を検討することを目的とした。なお、検討するダンスの種類は、スローなテンポのワルツ (スタンダード種目) とテンポの速いジャイブ (ラテン種目) とした。

2. 方法

A. 被験者

愛知県内にある、医療型障害児入所施設 (重症心身障害児者施設) に入所する重度アテトーゼ痙直型脳性麻痺 6 名 (女性 4 名、男性 2 名、50.7 ± 8.9 歳) を被験者とした。また全員 GMFCS レベル V であり、知的障がいとは認められなかった。

本実験の包含基準は、(1) 年齢が 20 歳以上であること、(2) 脳性麻痺の確定診断がなされ、GMFCS レベル V に相当し寝たきりの状態にあること、(3) 高度なコミュニケーション障がいがないこと、(4) スポーツやエクササイズ経験がないこと、(5) 運動に差し支えるような呼吸循環器系疾患 (喘息など) の既往がないこと、および (6) 過去 1 年間手術を受けていないことであった。

被験者に本実験の目的および方法を説明した後、被験者全員から同意書を得た。上肢の機能障がいによって、被験者自身が同意書に署名できない場合は、本人の立会いのもとに、家族が代わりに署名した。本実験は、愛知県心身障害者コロニー発達障害研究所倫理委

員会で承認されたものである。

B. 身体測定

身長は、頭頂と第7頸椎棘突起間の長さ、第7頸椎棘突起と腸骨稜間の長さおよび腸骨稜と長い方の下肢の足底間の長さの合計とした。このように身長を定義したのは、被験者の身体に解剖学的な変形が認められたためである。被験者は立位で体重計に乗れないため、体重は臥位で測定できる機器を用いて測定された (model、Iura Co.)。身体計測は空調がある研究所で、気温 22℃、湿度 40%で行った。被験者は軽装に着替え、また、測定前 24 時間以内のアルコール摂取および 3 時間以内のカフェインおよび食物摂取を行わなかった。

C. 車いすダンス

被験者は、インストラクターと手を取りあって 5 分間のダンスを行った。ダンスセッションは 2 回とし、1 回目をワルツ、2 回目をジャイブとした (Fig. 3-2)。ワルツはスタンダード種目の基礎であり、スローテンポで滑らかなムーブメントが特徴である。一方ジャイブは小刻みでリズムカルなダンスであり、ワルツと対照的である。本実験ではタイプの異なるこれら 2 種類のダンスを対象に実験を行った。

1 回目終了後、HR が回復したことを確認した後、2 回目を実施し



Figure 3-2. Wheelchair dance of Waltz (A) and Jive (B) during intervention.

た．Goosey-Tolfrey et al. (2011) は、メトロノームの一定テンポに合わせて車いすを駆動させると、車いす運動中の運動強度をほぼ同一に保つことができることを報告している．本研究ではこれを応用し、ダンス実施中、運動強度をでき得る限り同一に保つために、一定の音楽テンポ（ワルツ－28 拍/分、ジャイブ－41 拍/分）に合わせてダンスを実施した．

車いすダンス時に骨折事故が起こらないように、被験者の上肢の抵抗に抗した運動は避けるなどの注意を払った．ダンス中は、被験者の上肢は立位者のアシストにより、他動的に動くことがほとんどであった．しかしながら、自分自身で動かすように指示したところ、わずかではあったが能動的な運動もみられるようになった．

D. 酸素摂取量の測定

VO₂ は、呼気ガス分析装置（model AE310s、Minato Ikagaku Co.）を用い、breath by breath で測定した（Fig. 3-3）．ガスの校正は、標準ガス（酸素濃度 15.9%、二酸化炭素濃度 4.92 %）と大気による 2 点法で、また、流量分析システムの校正は、2.15 L のシリンジ（Minato Ikagaku Co.）を用いて行った．被験者にエアクッション・フェースマスクを装着し、空気漏れがないことを確認した後、実験を開始した．



Figure 3-3. Measurements of metabolic responses.

E. 心拍数の測定

HR は心拍数計 (model 810S、Polar Electro Japan) を用い R-R 間隔から測定した。被験者は、2 つの表面電極を内蔵した弾性ベルトを胸郭に装着した。トランスミッターからの R-R 間隔信号は、リストウォッチ様のデバイスで受信した。なお、デバイスはダンスの動きを妨げないように、車いすの握りの部分に固定した。安静時の VO_2 および HR は、1 回目のダンス開始 5 分前に測定した。本実験では運動時間を 5 分としたが、運動時の VO_2 および HR としては、比較的数値が安定する最後の 1 分間の値を用いた。また、 VO_2 と HR から酸素脈 (VO_2/HR) を、 VO_2 からメッツ (運動時 VO_2 /安静時 VO_2) を算出した。

F. 統計

データは、平均値 \pm 標準偏差 (SD) で示した。車いすダンスが HR、 VO_2 、酸素脈およびメッツに及ぼす影響は、repeated one-way ANOVA を用いて検討した。Post-hoc テストには、Bonferroni test を用いた。なお、危険率は 5%未満とした。

3. 結果

A. 身体的特性

被験者の身体的特性は、Table 3-1 に示す通りである。身長は 141.0

Table 3-1. Characteristics of subjects.

Sub	Sex	Age (years)	Hight (cm)	Weight (kg)	BMI (kg m ⁻²)
1	Female	64.6	147.0	31.2	14.4
2	Female	49.9	143.0	29.8	14.6
3	Female	55.0	122.2	22.2	14.9
4	Female	48.0	149.0	33.3	15.0
5	Male	49.0	145.0	25.7	12.2
6	Male	37.6	140.0	24.5	12.5
Mean		50.7	141.0	27.8	13.9
SD		8.9	9.7	4.3	1.2

Sub, subjects; BMI, body mass index.

± 9.7 cm、体重は 27.8 ± 4.3 kg、また body mass index (BMI) は 13.9 ± 1.2 kg/m² であり、いずれも一般成人の平均値と比べ顕著に低い値であった。

B. 心拍数

HR の平均 ± SD は、安静時で 81.2 ± 13.4 拍/分、ワルツ時で 91.0 ± 12.5 拍/分、ジャイブ時で 104.3 ± 17.9 拍/分であった (Fig.3-4; F = 8.96、P = 0.006)。Bonferroni test により、安静時とジャイブ時の間に有意な差異があることが認められた (P = 0.050)。

C. 酸素摂取量

VO₂ の平均 ± SD は、安静時で 195.2 ± 43.3 mL/分、ワルツ時で 226.1 ± 29.5 mL/分、ジャイブ時で 330.3 ± 149.8 mL/分であった (Fig. 3-5; F = 4.96、P = 0.032)。Bonferroni test により、安静時とジャイブ時の間に有意な差異があることが認められた (P = 0.040)。

D. 酸素脈

酸素脈 (O₂ Pulse: O₂P) の平均 ± SD は、安静時で 2.42 ± 0.51 mL/拍、ワルツ時で 2.54 ± 0.56 mL/拍、ジャイブ時で 3.14 ± 1.09 mL/拍であり (Fig. 3-6; F = 2.98、P = 0.097)、試行間に有意な差異は認められなかった。

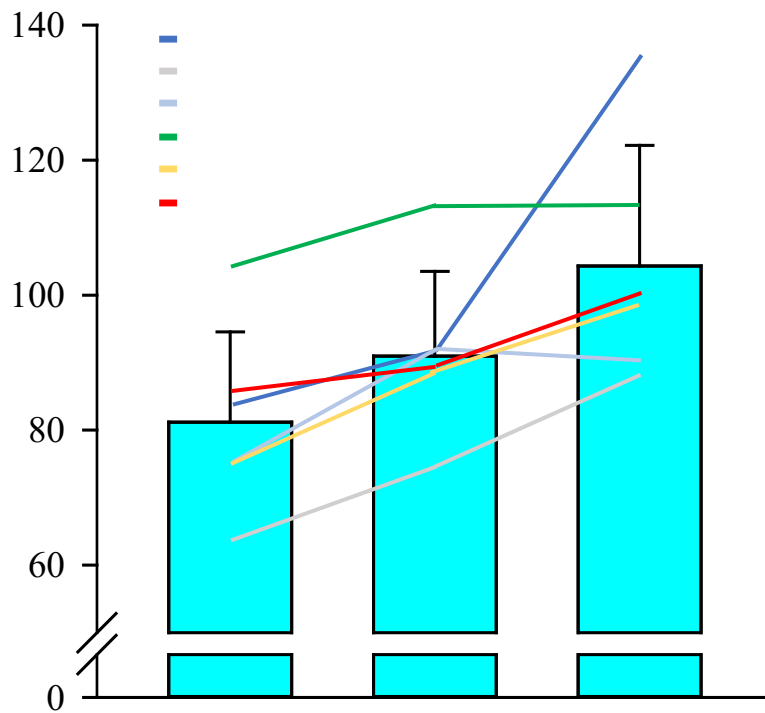


Figure 3-4. Heart rate during rest and wheelchair dance. Subject numbers correspond to those on Table 3-1. Values are means + SD (n = 6). Individual data are displayed as the lines. ^a*P*<0.05, versus rest. Sub, subject.

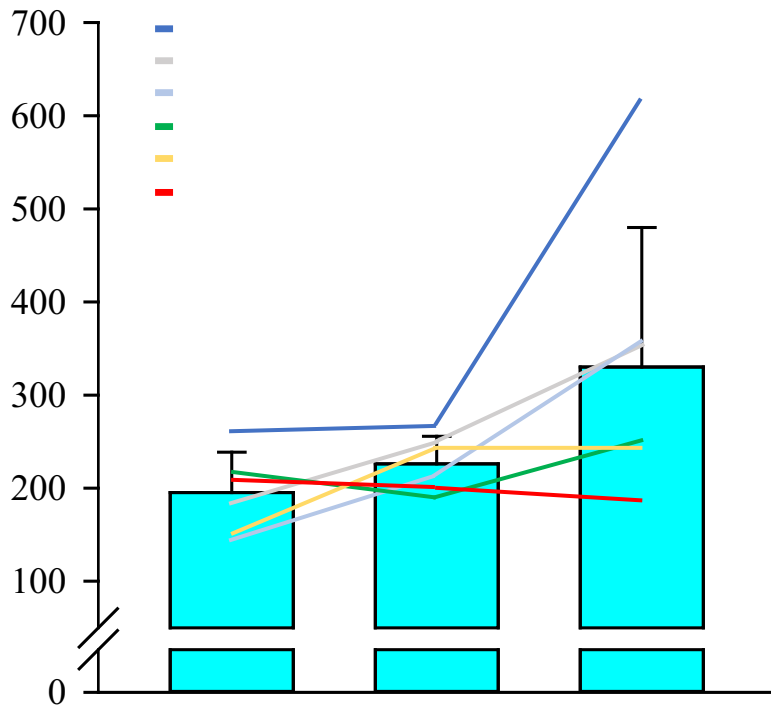


Figure 3-5. Oxygen uptake during rest and wheelchair dance. Subject numbers correspond to those on Table 3-1. Values are means + SD (n = 6). Individual data are displayed as the lines. ^a $P < 0.05$, versus rest. Sub, subject.

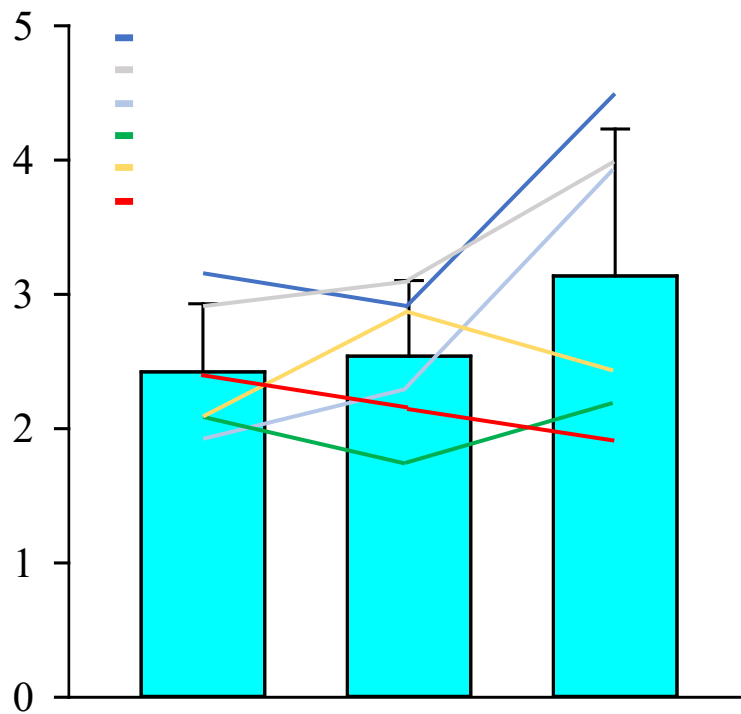


Figure 3-6. Oxygen pulse during rest and wheelchair dance. Subject numbers correspond to those on Table 3-1. Values are means + SD (n = 6). Individual data are displayed as the lines. Sub, subject.

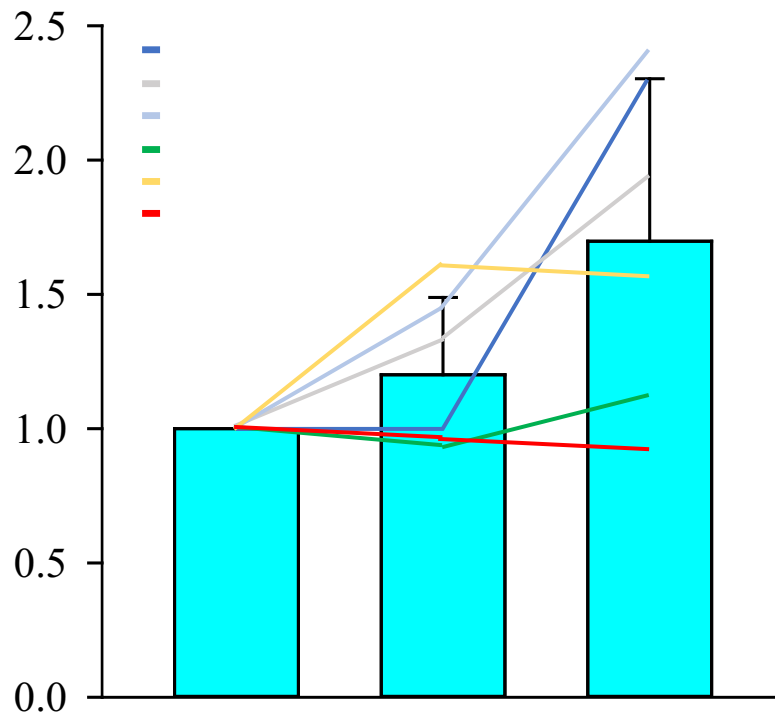


Figure 3-7. Metabolic equivalents during rest and wheelchair dance. Subject numbers correspond to those on Table 3-1. Values are means + SD (n = 6). Individual data are displayed as the lines. ^a*P*<0.05, versus rest. Sub, subject.

E. メッツ

メッツの平均 \pm SD は、ワルツ時で 1.20 ± 0.29 、ジャイブ時で 1.70 ± 0.61 であった (Fig. 3-7; $F=6.17$ 、 $P = 0.018$). Bonferroni test により、安静時とジャイブ時の間に有意な差異があることが認められた ($P = 0.020$).

4. 考察

本実験の目的は、GMFCS レベル V の BISACP を対象に、車いすダンスの運動強度を明らかにすることであった。測定の結果、BISACP であっても、運動によって呼吸循環器系の働きを亢進することが可能であることが認められた。このような知見を認めた報告は本研究が最初である。

本実験では、安静時と比べジャイブのダンス時で、HR、 VO_2 およびメッツの増加が確認された。ダンス時のメッツの平均値は 1.70 であり、これは健常者では立位時の運動強度に相当する。一般に、この程度の強度の運動では、呼吸循環器系の機能は改善されないと考えられているが、次に示す 2 つの理由から、BISACP に対しては機能の改善にプラスに作用している可能性はある。第一は、BISACP では、不随意運動や筋の痙縮が起こるため、安静時の VO_2 が若干高いことである (Johnson et al., 1996).

BISACP の VO_{2max} を実測することは、現段階では方法論的に不

可能であるが、先行研究の知見からある程度推測することはできる。GMFCS レベル I~III の脳性麻痺者の $VO_2\max$ は、健常者の 50~80% であることが報告されている (Rimmer et al., 2001)。これらの人と BISACP を比較すると、後者においては日常の身体活動量が低いこと、また、筋量が少ない (body mass index が小さい) ことから、BISACP の $VO_2\max$ は、GMFCS レベル I~III の脳性麻痺者より低いものと考えられる。従って、健常者からみると強度の低い運動であっても、BISACP では呼吸循環器系の機能が改善される可能性がある。第二の理由は、予備 VO_2 (reserve VO_2) に基づいて運動の強度 (Changes in VO_2) を評価すると (Fig. 3-8)、BISACP の $VO_2\max$ が低いため、相対的に運動強度が高くなることである。これらはあくまで推測であるが、強度の低い日常的な運動 (家事などがその例であり、このような運動は、"non-exercise activity thermogenesis (NEAT)" と呼ばれる) であっても (Levine 2004)、NEAT を量的に多く行うことによって、呼吸循環器系の機能を維持できることを示す近年の報告を考慮すると (Maltais et al., 2014, Satonaka et al., 2011, 2014)、BISACP にとって、車いすダンスは少なくとも NEAT となり得ることが示唆される。

しかしながら、ジャイブ時における VO_2 などの変動幅には大きな個人差が観察され、その運動強度は、最も大きく増加した被験者ではゆっくりした歩行に相当したが、最も小さかった者では安静時と

- (1) Reserve $\text{VO}_2 = \text{VO}_{2\text{max}} - \text{VO}_2 \text{ at rest}$
- (2) Incremental $\text{VO}_2 = \text{VO}_2 \text{ at exercise} - \text{VO}_2 \text{ at rest}$
- (3) Changes in VO_2 (%) = $\text{Incremental } \text{VO}_2 / \text{Reserve } \text{VO}_2 \times 100$

Figure 3-8. Formulas for calculating percent changes in oxygen uptake (VO_2).

変わらなかった。最高値を示した被験者は、「伏臥位から自力で寝返りができる」、「伏臥位の状態から、擦りばいで体位の変更ができる」、「車いす上で、首を激しく左右に振ることができる」、「車いす上で手足を自力である程度動かすことができる」などの特徴がみられた。一方、最低値を示した被験者の特徴は、「伏臥位では自力で動くことができない」、「車いす上では、左膝下を僅かに自力で動かすことができるが、それ以外は自力で動かすことができない」などであった。運動強度からみると、この被験者に対しては、車いすダンスは呼吸循環器系機能の維持・向上に有用な運動にはならない。しかしながら、その被験者は車いすダンス終了後に、口元の筋緊張が緩和されて、食事を楽に取ることができたことが観察され、車いすダンスには呼吸循環器系以外の組織に対しても効用のあることが示唆された。今後、このようなデータが蓄積されれば、個々人に対して、身体的特徴から車いすダンスの効果を予測できるようになるであろう。

本実験の結果から、GMFCS レベル V の BISACP では、車いすダンスは平均で立位に相当する運動になり得ること、しかし、ダンスによる代謝亢進の度合いには個人差が大きいことが明らかになった。

5. 要約

本実験の目的は、GMFCS レベル V の BISACP を対象に、車いすダ

ンスの運動強度を検討することであった。6人の被験者に5分間のワルツとジャイブ（コンビスタイルでの車いすダンス）を行わせ、以下の結果を得た。

- (1) HRの平均 \pm SDは、安静時で 81.2 ± 13.4 拍/分、ワルツ時で 91.0 ± 12.5 拍/分、ジャイブ時で 104.3 ± 17.9 拍/分であり、安静時とジャイブ時の間に有意な差異が認められた。
- (2) VO_2 の平均 \pm SDは、安静時で 195.2 ± 43.3 mL/分、ワルツ時で 226.1 ± 29.5 mL/分、ジャイブ時で 330.3 ± 149.8 mL/分であり、安静時とジャイブ時の間に有意な差異が認められた。
- (3) O_2P の平均 \pm SDは、安静時で 2.42 ± 0.51 mL/拍、ワルツ時で 2.54 ± 0.56 mL/拍、ジャイブ時で 3.14 ± 1.09 mL/拍であり、試行間に有意な差異は認められなかった。
- (4) メッツの平均 \pm SDは、ワルツ時で 1.20 ± 0.29 、ジャイブ時で 1.70 ± 0.61 であり、安静時とジャイブ時の間に有意な差異が認められた。

以上の結果から、GMFCS レベル V の BISACP では、車いすダンスは平均で立位に相当する運動になり得ること、しかし、ダンスによる代謝亢進の度合いには個人差が大きいことが明らかになった。

第 4 章 脳性麻痺者の車いすダンスによる

トレーニング効果（実験 3）

－ 重度アテトーゼ痙直型脳性麻痺で寝たきりの人を 対象に－

1. 目的

健康な生活を送るためには、呼吸循環器系の機能を良好に保つ必要がある (Fowler et al., 2007, Ryan et al., 2014, Thorpe, 2009, Turk, 2009). 呼吸循環器系機能は日常の身体活動量と正の相関にあり、このことは脳性麻痺者にとっても例外ではない (Ryan et al., 2014, Verschuren et al., 2007). 歩行可能な GMFCS レベル I、II および III の脳性麻痺者では、スポーツ活動などを行うことによって、呼吸循環器系機能が向上することが報告されているが (Fernandez & Pitetti, 1993, van den Berg-Emons et al., 1998, van der Slot et al., 2010)、自立して移動できないレベル IV あるいは V の脳性麻痺者を対象に、継続的な身体活動が呼吸循環器系機能に及ぼす影響についての研究はこれまでなされていない (Maltais et al., 2014).

実験 2 (第 3 章) において、レベル V の脳性麻痺者における車いすダンス中の呼吸循環器系機能の応答について検討したところ、平均で 1.7 メッツの運動実施が可能なが認められた。この運動強度は「立位」に相当する運動であり、通常 of 体力レベルの人に対して

は、呼吸循環器系の機能向上は期待できない。しかしながら、ACSMのガイドラインによると(Riebe & Ehrman, 2017)、体力レベルが低い人にとっては、この程度の運動であっても一定の効果があるとされている。このことから、重度脳性麻痺者が車いすダンスを継続して行うことにより、呼吸循環器系の機能が向上することが推察される。そこで本実験では、レベル V の BISACP に対する車いすダンスによる介入が、呼吸循環器系機能に及ぼす影響を検討することを目的とした。

一般に、呼吸循環器系機能は、最大運動時の VO_2 、すなわち VO_{2max} によって評価されるが (Fernandez & Pitetti, 1993, Palisano et al., 1997, Satonaka et al., 2012, Shinohara et al., 2002)、レベル V の脳性麻痺者が最大運動を実施することは不可能である。そこで、本実験では O_2P から呼吸循環器系の機能を評価した。

2. 方法

A. 被験者

愛知県心身障害者コロニー発達障害研究所内にある医療型障害児入所施設 (重症心身障害児者施設) に入所していた 22 名から、実験参加の同意を得た。書字機能の障がいや署名できない場合は、本人の立会いのもとに家族が代わりに署名した。本実験は pre-post study design とした。また、包含基準は実験 2 (第 3 章) と同様であった。

本実験は、愛知県心身障害者コロニー発達障害研究所の倫理委員会で承認されたものである。

B. 身体計測

実験 2 (第 3 章) と同様の方法で、被験者の身体測定を行った。

C. 介入

介入は、上記の施設において 2013 年 8 月から 2014 年 2 月の間に行われた。被験者は施設職員と 1 回 6～15 分、週 2 日以上、ダンスミュージックのテンポにあわせて車いすダンス (ワルツおよびジャイブ) を実施した。

被験者および職員は、介入の前にダンスインストラクター (著者) から、車いすダンスの実施方法について講習を受けた。ダンスインストラクター作成の教則 DVD も職員に配布された。介入期間中は、著者の共同研究者が、毎回、施設職員と被験者に対して車いすダンスの補助・指導を行った。

D. 分析

VO₂ および HR は、実験 2 (第 3 章) と同様の方法で測定した。測定は、2012 年 11 月 7 日 (ベースライン [介入前])、2013 年 11 月 17 日 (介入 3 ヶ月後) および 2014 年 2 月 2 日 (介入 6 ヶ月後) に、愛

知県コロニー発達障害研究所の実験室で実施した。実験室と被験者の入居施設とは短い廊下で繋がれており、被験者は研究所の研究員や施設職員の介助で研究室と施設を往復した。研究室には空調があり、常時、気温 22℃、湿度 40%に調整されていた。被験者は、測定前 24 時間以内にはアルコール摂取を、3 時間以内にはカフェインおよび食物摂取を行わなかった。

E. 統計

データは、平均値 ± 標準偏差 (SD) で示した。車いすダンスの介入期間が HR、VO₂ および O₂P に及ぼす影響は、repeated one-way ANOVA を用いて検討した。Post-hoc テストには、Bonferroni test を用いた。なお、危険率は 5%未満とした。

3. 結果

A. トレーニング実施者

実験参加に同意した 22 名のうち、14 名には、高度なコミュニケーション障がいがあったため、VO₂ および HR の測定ができなかった。また、1 名はめまいのため、さらに、他の 1 名は気分の変動より途中で参加ができなくなった。その結果、呼吸循環器系の測定ができたレベル V の脳性麻痺者は 6 名 (女性 4 名, 男性 2 名, 年齢 50.7 ± 8.9 歳) であり、彼らは実験 2 (第 3 章) の被験者と同一であった。

介入に対する参加頻度は、6人中最も高かった者で 3.1 ± 1.4 日/週、最も低かった者で 2.0 ± 1.5 日/週であった。

B. 心拍数

HR_{rest} は、ベースラインで 81.2 ± 13.4 拍/分、3ヵ月後で 74.5 ± 9.2 拍/分、6ヵ月後で 74.7 ± 7.9 拍/分であった (Fig. 4-1; $F = 1.39$ 、 $P = 0.293$)。ワルツ時では、ベースラインで 91.0 ± 12.5 拍/分、3ヵ月後で 81.2 ± 9.4 拍/分、6ヵ月後で 94.5 ± 5.5 拍/分であった ($F = 5.69$ 、 $P = 0.022$)。また、ジャイブ時では、ベースラインで 104.3 ± 17.9 拍/分、3ヵ月後で 103.7 ± 24.0 拍/分、6ヵ月後で 103.3 ± 10.0 拍/分であり ($F = 0.01$ 、 $P = 0.99$)、3項目 (ベースライン、3ヵ月後および6ヵ月後) 全てにおいて、介入による変化は認められなかった。

C. 酸素摂取量

安静時の VO_2 は、ベースラインで 195.3 ± 43.3 mL/分、3ヵ月後で 140.8 ± 42.6 mL/分、6ヵ月後で 150.2 ± 29.7 mL/分であった (Fig. 4-2; $F = 3.46$ 、 $P = 0.072$)。ワルツ時では、ベースラインで 229.4 ± 35.2 mL/分、3ヵ月後で 216.3 ± 60.7 mL/分、6ヵ月後で 279.6 ± 83.3 mL/分であった ($F = 2.43$ 、 $P = 0.138$)。また、ジャイブ時では、ベースラインで 340.3 ± 172.2 mL/分、3ヵ月後で 331.3 ± 102.0 mL/分、6ヵ月後

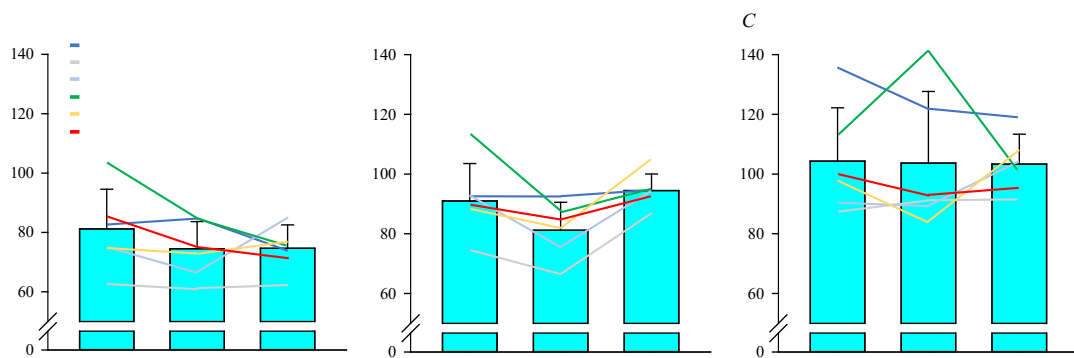


Figure 4-1. Heat rate during rest and wheelchair dance at baseline and at 3 and 6 months of wheelchair dance intervention. Subject numbers correspond to those on Table 3-1. Values are means + SD (n = 6). Individual data are displayed as the lines. ^a $P < 0.05$, versus 3 months. BL, baseline; Mo, month; Sub, subject.

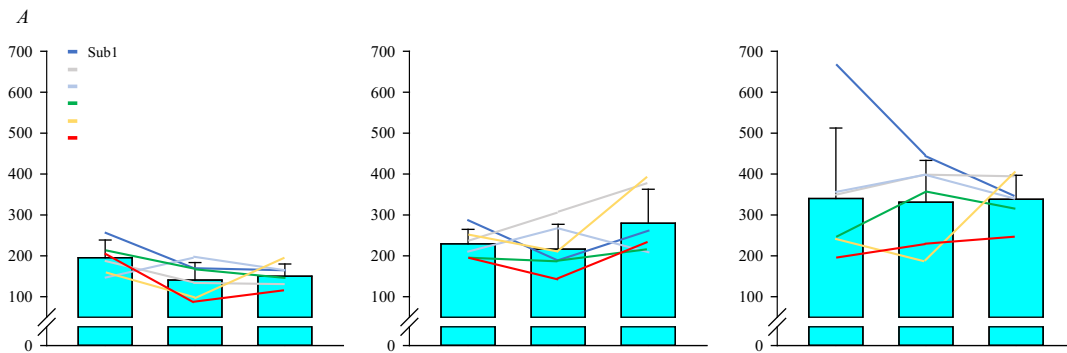


Figure 4-2. Oxygen uptake during rest and wheelchair dance at baseline and at 3 and 6 months of wheelchair dance intervention. Subject numbers correspond to those on Table 3-1. Values are means + SD (n = 6). Individual data are displayed as the lines. BL, baseline; Mo, month; Sub, subject.

で 338.4 ± 58.5 mL/分であり ($F = 0.02$ 、 $P = 0.985$)、3項目全てにおいて、介入による変化は認められなかった。

D. 酸素脈

安静時の O_2P は、ベースラインで 2.42 ± 0.51 mL/拍、3ヵ月後で 1.91 ± 0.60 mL/拍、6ヵ月後で 2.02 ± 0.33 mL/拍であった (Fig. 4-3; $F = 1.74$ 、 $P = 0.224$)。ワルツ時には、ベースラインで 2.58 ± 0.60 mL/拍、3ヵ月後で 2.77 ± 1.13 mL/拍、6ヵ月後で 2.78 ± 0.79 mL/拍であった ($F = 0.23$ 、 $P = 0.80$)。また、ジャイブ時には、ベースラインで 3.21 ± 1.21 mL/拍、3ヵ月後で 3.24 ± 0.99 mL/拍、6ヵ月後で 3.30 ± 0.63 mL/拍であり ($F = 0.03$ 、 $P = 0.974$)、3項目全てにおいて、介入による変化は認められなかった。

E. メッツ

ワルツ時のメッツは、ベースラインで 1.20 ± 0.29 、3ヵ月後で 1.61 ± 0.51 、6ヵ月後で 1.90 ± 0.59 であった ($F = 6.42$ 、 $P = 0.016$)。ジャイブ時には、ベースラインで 1.74 ± 0.65 、3ヵ月後で 2.37 ± 0.40 、6ヵ月後で 2.28 ± 0.39 であり (Fig. 4-4; $F = 3.65$ 、 $P = 0.065$)、ワルツ時において、ベースラインと6ヵ月後の間に有意な差異が認められた ($P = 0.015$)。

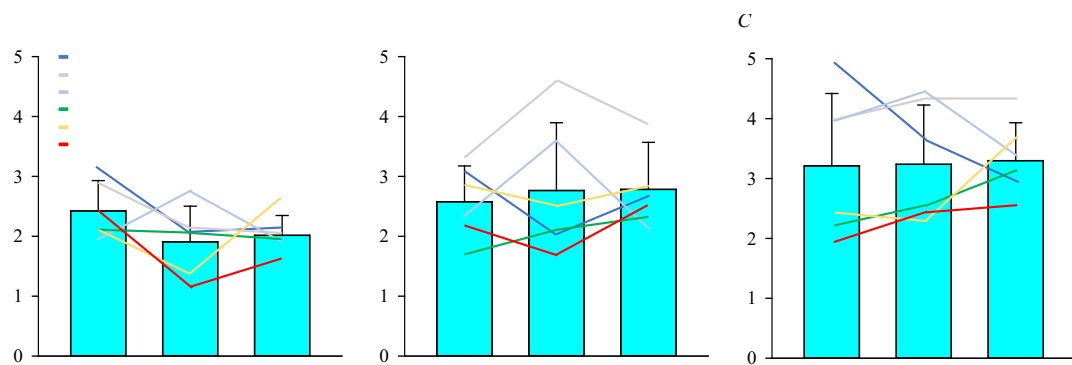


Figure 4-3. Oxygen pulse during rest and wheelchair dance at baseline and at 3 and 6 months of wheelchair dance intervention. Subject numbers correspond to those on Table 3-1. Values are means + SD (n = 6). Individual data are displayed as the lines. BL, baseline; Mo, month; Sub, subject.

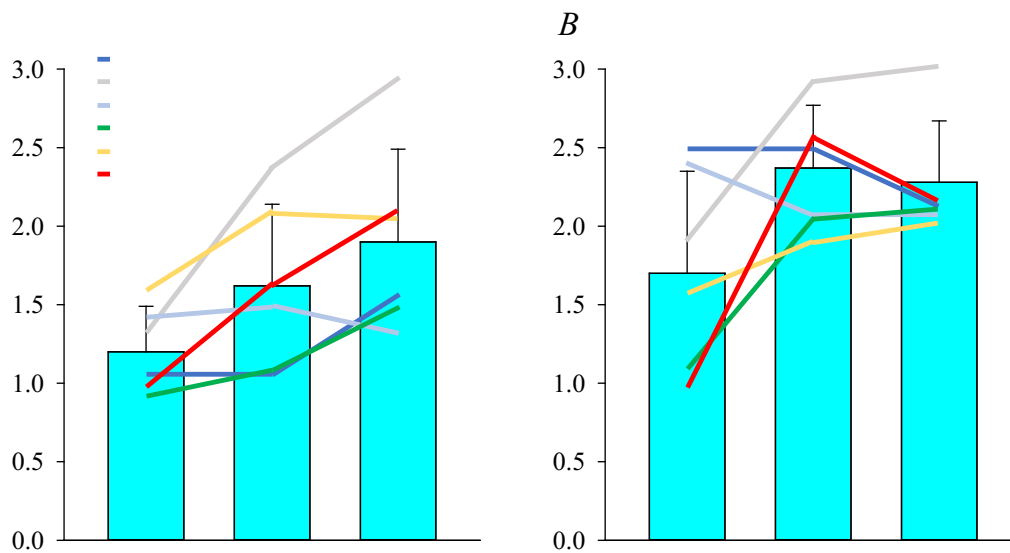


Figure 4-4. Metabolic equivalents during rest and wheelchair dance at baseline and at 3 and 6 months of wheelchair dance intervention. Subject numbers correspond to those on table 2-1. The bars and error bars represent the mean data and SD, respectively. Individual data are displayed as the lines. (n = 6). ^a $P < 0.05$, versus BL. BL, base line; Mo, month; Sub, subject.

4. 考察

一般に、2～3メッツの運動は、健常な人にとっては軽微な運動であり、この強度の運動を行っても、体力の向上は期待できないとされている。しかしながら、ACSMガイドラインでは (Riebe & Ehrman, 2017)、健康に何らかの問題を抱えている人たちに対しては、この程度の運動であっても、正の効果があると述べられているが、具体的にどのような効果が得られるのかは記されていない。実験2では、車いすダンスによって、1.7メッツの運動を実施することが可能なことが認められた。そこで本実験では、車いすダンスをトレーニングとして用いることによって、BISACPの呼吸循環器系の機能が向上すると仮定し、半年間に渡る車いすダンス介入を行った。

これまで、BISACPを対象に、呼吸循環器系機能に及ぼすトレーニング効果について検討した報告はなされていない。この理由の1つは、BISACPに対して、最大運動テストはもちろん最大下テストさえも実施することは困難であり (Noonan & Dean, 2000, Satonaka et al., 2012, Riebe & Ehrman, 2017)、呼吸循環器系の機能を評価できないことにある。本研究では、呼吸循環器系機能の向上は、主として一回拍出量の増加によって誘起されることに着目し (Åstrand et al., 2003)、一回拍出量を反映する O_2P を呼吸循環器系機能の指標とし (Forman et al., 2013, Rose et al., 1993)、車いすダンスのトレーニング効果を検討した。Fig. 4-3に示されるように、安静時、ワルツ時、

ジャイブ時の全てにおいて、トレーニングによる O_2P の変化はみられなかった。この理由としては、トレーニングの量が十分でなかったことがあげられる。ACSM の推奨基準では、呼吸循環器系機能を向上させるための運動時間と頻度は、健常者成人では、中等度の強度で 1 回 20 分以上、週 5 回以上とされている (Riebe & Ehrman, 2017)。しかし、これまで BISACP についてのデータは報告されていない。本実験の結果は、1 回数分 (6 分～15 分程度)、週 2~3 回程度の運動量では、呼吸循環器系機能の機能は向上しないことを示唆する。

本実験におけるメッツに関する結果は興味深い。運動時のメッツはベースラインと比べ、ワルツでは 6 か月後に増加することが、またジャイブでは 3 か月後に増加する傾向 ($P = 0.065$) にあることが観察され (Fig. 4-4)、これはトレーニングによって、それまでより高い強度の運動遂行が可能になったことを示す結果である。先に述べたように、呼吸循環器系の機能を向上させるためには、少なくとも 2 メッツ以上の強度の運動を行う必要がある。Fig. 4-4 に示される結果は、車いすダンスをトレーニングとして用いれば、数か月の期間を要するものの、GMFCS レベル V の BISACP であっても、その運動強度に到達できることを示す。さらにトレーニングを継続し、トレーニングの強度および量を増加させることができれば、呼吸循環器系の向上が招来される可能性がある。

これらの結果から、1 回数分、週 2~3 回の車いすダンストレーニング

ングを数カ月間行っても、呼吸循環器系の機能は向上しないが、機能の向上に必要とされる強度の運動を行えるようになることが示唆された。

5. 要約

本実験の目的は、GMFCS レベル V の BISACP を対象に、車いすダンストレーニングが呼吸循環器系の機能の向上を誘起するか否かを検討することであった。6名を被験者として、1回6分～15分、週2~3回の車いすダンス(ワルツおよびジャイブ)を6カ月間実施し、以下の結果を得た。

- (1) 実施したトレーニングの頻度は、最も多かった被験者で 3.1 ± 1.4 (平均 \pm SD) 日/週、最も少ないもので 2.0 ± 1.5 日/週であった。
- (2) HR、 VO_2 および O_2P に、トレーニングによる変化は認められなかった。
- (3) 運動時のメッツはベースラインと比べ、ワルツでは6か月後に有意に増加することが、またジャイブでは3か月後に増加する傾向 ($P = 0.065$) にあることが観察された。

以上の結果から、GMFCS レベル V の BISACP では、1回数分、週2~3回の車いすダンストレーニングを数カ月間行っても、呼吸循環器系の機能は向上しないが、機能の向上に必要とされる強度の運動

を行えるようになることが示唆された。

第 5 章 車いすダンス介入が脳性

麻痺者の栄養状態に及ぼす影響(実験 4)

1. 目的

ヒトは基本的には、消費カロリーにみあったエネルギーを食物から摂取する必要がある。消費カロリーは、安静時の代謝量と身体活動によって増加した代謝量（運動代謝量）の和であり、運動代謝量の変化に伴い消費カロリー量は増減する。トレーニングなどによって消費カロリーが増加した場合、当然のことながら、摂取カロリーを増加させる必要がある(Terada et al.,2018)。

実験 2（第 3 章）および実験 3（第 4 章）では、先に述べた医療型障害児者入所施設（重症心身障害児者施設）に入所している、重度アテトーゼ痙直型脳性麻痺 6 名を被験者とした。入所施設においては、食事の内容を栄養管理士が管理しており、被験者は 1 日に必要とされる栄養素およびカロリーを適切に摂取している。

実験 3 では、BISACP で GMFCS レベル V の脳性麻痺者に対して、車いすダンス介入を行ったが、介入によってカロリーバランスが変化し、被験者の栄養状態が変容する可能性がある。GMFCS レベル V の脳性麻痺者に長期的なトレーニング介入を行った研究は実験 3 が最初であり、そのため、トレーニングがこれらの脳性麻痺者の栄養状態に及ぼす影響については不明である。そこで、実験 3 では、車

いすダンス介入中の栄養状態を検討する実験も同時に行った。本研究ではこの実験を実験 4 とし、本章ではその結果を記載する。

2. 方法

A. 被験者

被験者は、BISACP で GMFCS レベル V の女性 4 名、男性 2 名であった（実験 2 および 3 での被験者と同一；平均年齢 50.7 ± 8.9 歳）。実験開始時における被験者の身体的特性を Table 3-1 に示す。本実験は、愛知県心身障害者コロニー発達障害研究所倫理委員会で承認されたものである。

B. 体重

実験 2（第 3 章）と同様の方法で、被験者の身長と体重を測定した。

C. 血清アルブミンおよびヘモグロビン濃度

被験者が入所している施設では、半年に 1 回健康診断が行われ、その際、血液検査も実施される。本実験では、この検査で測定された血清アルブミン値およびヘモグロビン値を用いた。

D. 車いすダンス時のエネルギー消費量

車いすダンス時の VO_2 は、実験 3 において測定された。この値を

用いて、1回のダンス中に消費されたエネルギー量の絶対値と摂取エネルギーに対する消費エネルギーの割合を、以下の仮定に基づいて算出した。

(1) 1回の車いすダンスの実施時間は15分間であり、そのうち半分はワルツが、残り半分はジャイブが行われた。

(2) 1Lの酸素摂取により、4.83 kcalのエネルギーが産生される。

E. 栄養評価

ネスレ簡易栄養評価スクリーニング (mini nutritional assessment short form: MNA-SF) を用い、栄養評価を行った。このテストは、「A. 食事量の減少の程度 (0~2点)」、「B. 体重の減少の程度 (0~3点)」、「C. 自力歩行能力 (0~2点)」、「D. 精神的ストレスの有無 (0~2点)」、「E. 神経・精神的問題の有無 (0~2点)」、「F. BMI (0~3点)」の6項目から、栄養状態を評価する方法であり、12~14点が「良好」、8~11点は「低栄養の恐れあり」、0~7点は「栄養失調」と判定される (14点満点)。

F. 統計

データは、平均値 ± 標準偏差 (SD) で示した。車いすダンスの介入期間がエネルギー消費量、体重および BMI に及ぼす影響については repeated one-way ANOVA を用いて、また、MNA-SF による評価値、

血清アルブミン濃度およびヘモグロビン濃度に及ぼす影響については対応のある *t*-test を用いて検討した。なお、危険率は 5%未満とした。

3. 結果

A. 消費エネルギー

15 分間の車いすダンス中における推定消費エネルギーは、ベースラインで 21.1 ± 6.5 kcal、3 カ月後で 21.8 ± 4.2 kcal、6 カ月後で 22.8 ± 4.1 kcal であった (Fig. 5-1A; $F = 0.298$ 、 $P = 0.748$)。また、摂取エネルギーに対する 1 回の車いすダンスにおける消費エネルギーの割合 (エネルギー消費率) は、ベースラインで $1.52 \pm 0.48\%$ 、3 カ月後で $1.59 \pm 0.45\%$ 、6 カ月後で $1.66 \pm 0.4\%$ であり (Fig. 5-1B; $F = 0.350$ 、 $P = 0.713$)、両パラメーターに介入による変化は認められなかった。

B. 体重および BMI

介入期間中の体重は、ベースラインで 27.8 ± 4.3 kg、3 カ月後で 27.3 ± 4.3 kg、6 カ月後で 27.3 ± 3.8 kg であった (Fig. 5-2A; $F = 1.149$ 、 $P = 0.356$)。また、BMI は、ベースラインで 14.2 ± 1.5 kg/m²、3 カ月後で 13.8 ± 1.3 kg/m²、6 カ月後で 13.9 ± 1.1 kg/m² であり (Fig. 5-2B; $F = 1.268$ 、 $P = 0.323$)、両パラメーターに介入による変化は認

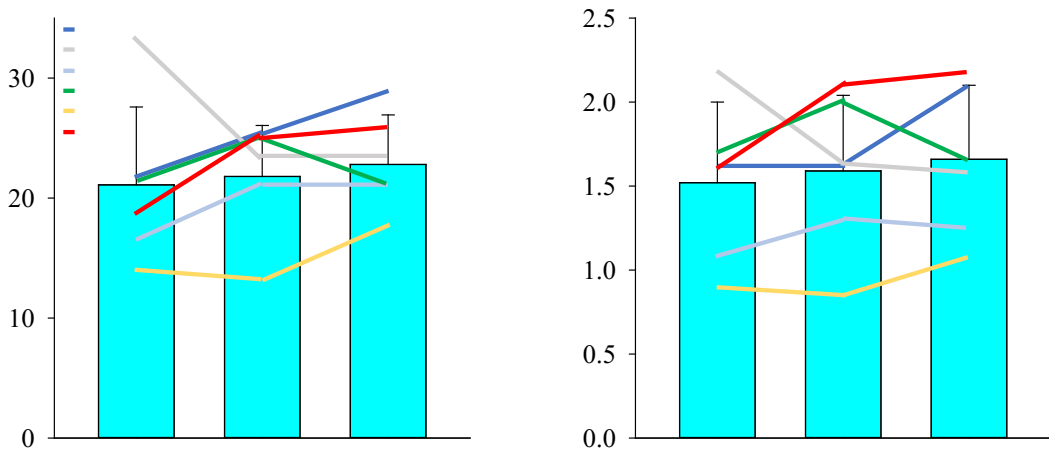


Figure 5-1. Estimated energy consumption during wheelchair dance for 15 min. *A*: absolute values of energy consumption. The energy consumed during wheelchair dance was estimated, assuming that the subjects perform waltz for 7.5 min and jive for 7.5 min and that 4.83 kcal is obtained per liter of oxygen consumption. *B*: ratio of energy consumption during wheelchair dance for 15 min to calorie intake. Subject numbers correspond to those on Table 3-1. Values are means + SD (n = 6). Individual data are displayed as the lines. BL, baseline; mo, month.

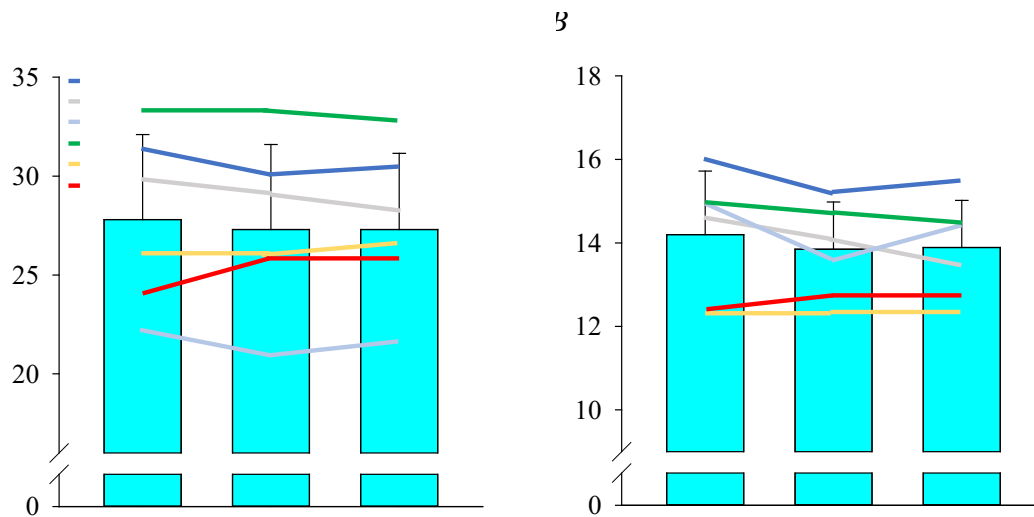


Figure 5-2. Effects of wheelchair dance for 6 months on body weight (A) and body mass index (B). Subject numbers correspond to those on Table 3-1. Values are means + SD (n = 6). Individual data are displayed as the lines. BL, baseline; mo, month.

められなかった。

C. ネスレ簡易栄養評価スクリーニング

MNA-SFによる評価値は、1名（被験者番号1）が8点、残りの5名が9点であり、ベースラインと6カ月後で全員に変化は観察されなかった。

D. 血清アルブミンおよびヘモグロビン濃度

介入期間中の血清アルブミン濃度は、ベースラインで 4.1 ± 0.3 mg/dL、6カ月後で 3.5 ± 0.4 mg/dL であった (Fig. 5-3A; $t = 1.581$ 、 $P = 0.175$)。また、ヘモグロビン濃度は、ベースラインで 11.8 ± 1.5 mg/dL、6カ月後で 12.3 ± 1.3 mg/dL であり (Fig. 5-3B; $t = -1.752$ 、 $P = 0.140$)、両パラメーターに介入による変化は認められなかった。

4. 考察

本実験の結果から、1日の摂取エネルギーに対する1回の車いすダンスによる消費エネルギーの割合（エネルギー消費率）は、2%以下であることが明らかとなった。健常男性が30分間のウォーキングを行った場合のエネルギー消費率は約5%であり、車いすダンスでの消費エネルギーは軽微であるといえる。しかしながら、これはあくまで健常者を対象とした判定である。GMFCSレベルVの脳性麻

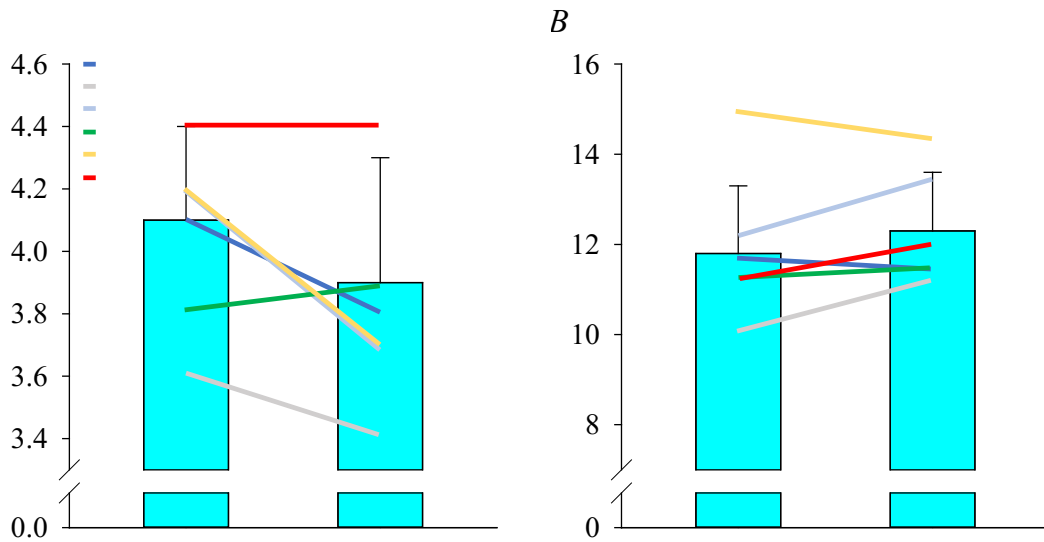


Figure 5-3. Effects of wheelchair dance for 6 months on serum albumin (A) and blood hemoglobin (B). Subject numbers correspond to those on Table 3-1. Values are means + SD (n = 6). Individual data are displayed as the lines. BL, baseline; mo, month.

痺者における身体の消耗の度合いは分かっておらず、長期に渡る車いすダンス介入により栄養状態が変化する可能性は否定できない (Wakabayashi & Sashika, 2014).

近年、高齢者人口の増加によって、入院患者の高齢化が進行しつつある。若年者と比べ高齢者では栄養状態が変化しやすいため、医療機関では、高齢入院患者の栄養状態を頻繁にスクリーニングする必要がある(平山ら, 2011)。MNA-SFはその目的で作成された栄養状態評価法であり、簡便に実施できることに特徴がある(Lamy et al., 1999, Rubenstein et al., 2001, Vellas et al., 1999, Guigoz et al., 1996)。本実験では、車いすダンスが脳性麻痺者の栄養状態に及ぼす影響を検討するために、この評価法を採用した。本実験の被験者は全員が「低栄養の恐れあり」に類別されたが、これは「自力歩行ができないこと(項目C)」、および「四肢の骨格筋が発達しておらず、BMIが低値であること(項目F)」に起因して、項目CとFで得点が加算されなかったためである。GMFCSレベルVの脳性麻痺者では、項目C(2点満点)とF(3点満点)は、ほぼ必然的に0点となることを考慮すると、彼らにMNA-SFを用いる場合、満点を9点とすべきであると考えられる。したがって、本実験における被験者の栄養状態に問題はないと言えよう。

血清アルブミンおよびヘモグロビン濃度は、栄養状態の診断に用いられるパラメーターである。血清アルブミン濃度では4.0~5.0 g/dL

が正常値であり、3.0 g/dLを下回ると「軽度栄養障害」と、ヘモグロビン濃度では13.5~17.6 g/dL(男性)および11.3~15.2 g/dL(女性)が正常値であり、7.0~9.0 g/dLで「中度栄養障害」と診断される(焼津市立総合病院による資料)。本実験では、正常値を若干下回る被験者が認められたが、栄養障害と判定される者はおらず、これはMNA-SFの結果を裏付けるものである。

MNA-SF、血清アルブミン、ヘモグロビン濃度の3項目全てにおいて、ベースラインと6か月後で差異は観察されず、本実験で用いた車いすダンス介入は、GMFCSレベルVの脳性麻痺者の栄養状態に、大きな問題となるような影響を及ぼさないことが示唆される。しかしながら、被験者の中には、時より「体がだるい」あるいは「今日は気が向かない」などの理由により、トレーニングを行わない者もいた。これが軽微で一過性の栄養問題に起因している可能性は否定できず、今後、「1回あたりの車いすダンスの時間を延長する」あるいは「より長期に渡って介入を継続する」場合には、栄養学的によりきめ細やかな注意を払う必要があると思われる。

5. 要約

本研究の目的は、GMFCSレベルVのBISACPを対象に、車いすダンストレーニングが被験者の栄養状態に及ぼす影響を検討することであった。6名を被験者として、1回6分~15分、週2~3回の車い

すダンス（ワルツおよびジャイブ）を 6 カ月間実施し、以下の結果を得た。

- (1) 15 分間の車いすダンスにおける推定消費エネルギーおよび摂取エネルギーに対する 1 回の車いすダンスにおける消費エネルギーの割合に、ベースラインと 6 カ月後で変化は認められなかった。
- (2) 体重および BMI に、ベースラインと 6 カ月後で変化は認められなかった。
- (3) MNA-SF による評価値は、1 名が 8 点、残りの 5 名が 9 点であり、ベースラインと 6 カ月後で全員に変化は観察されなかった。
- (4) 血清アルブミンおよびヘモグロビン濃度に、ベースラインと 6 カ月後で変化はみられなかった。

以上の結果から、1 回 15 分以内、週約 3 回の車いすダンス介入は、GMFCS レベル V の脳性麻痺者の栄養状態に、大きな問題となるような影響を及ぼさないことが示唆された。

第 6 章 討 論

1. 脳性麻痺者と身体活動

脳性麻痺者の抱える大きな問題の 1 つは、日常生活での身体活動量が極めて少ないことである (鈴木ら, 2018). 長期に渡る運動不足によって呼吸循環器系の持久力が低下し、このことは、「活動量の低下を一層助長する」といった負のスパイラルを誘起する. 身体活動量が低下した状態が継続すると、運動不足に起因した重篤な疾病を発症する確率が高まることは周知の事実であり (Kohl et al., 2012)、多くの脳性麻痺者は疾病発症の危機に曝されているといえよう. 実際、脳性麻痺者における II 型糖尿病、高血圧および心臓疾患の発症率は、健常者の約 1.5 倍であることが認められている (Mark et al., 2015). これらのことを考慮し Rimmer (2005) は、脳性麻痺者に対しては、健常者以上に日常生活での身体活動量に気を配るべきだと指摘している.

しかしながら、脳性麻痺者を含めた障がい者は、健常者と比較して定期的に運動する人の割合が低い. また、呼吸循環器系持久力の低下を防ぐ効果を有する運動に参加できる脳性麻痺者は、自立歩行が可能な GMFCS レベル I および II に属する者に限定される (Pitetti et al., 1991). 自立歩行のできないレベル III 以上の脳性麻痺者を対象とした、呼吸循環器系持久力に有効で継続可能な運動のあり方に

についてはこれまで示されていない (Riebe & Ehrman, 2017). そこで本研究では、パートナーさえいればレベル III 以上の脳性麻痺者でも継続参加できる車いすダンスに着目した.

2. 車いすダンスが GMFCS レベル III の体力に及ぼす影響

A. 競技中の運動強度

健常者が社交ダンスラテンアメリカン種目 (競技スタイル) を行った場合の運動強度は、約 9 メッツ (Massidda M, et al., 2011)、ジャイブのようなアップテンポの種目では 11 メッツ以上であることが報告されている (Ainsworth BE., 2011). 実験 1 では、GMFCS レベル III の重度脳性麻痺者が、車いすダンス競技会コンピスタイル・クラス 1・ラテンアメリカン 5 種目総合に出場した際の HR を測定した. その結果、HRmax および平均 HR は、準決勝では 173.0 拍/分および 161.1 拍/分、決勝では 167.1 拍/分および 154.2 拍/分であることが観察された. また、準決勝では HRR が 80% 以上であった時間が競技中の 68.3% を占めた. 80% HRR はマラソン走行中の運動強度に相当し (Kenney et al., 2015)、GMFCS レベル III の脳性麻痺者が、このような高い強度の運動を遂行できたことは驚きに値する.

B. 競技会に至るまでの過程

a. 車いすダンス開始前

先天性脳性麻痺である被験者の身体的特徴は、(1) 全身に強い筋緊張があること、(2) 言語および視覚に障がいがあること、(3) 頸椎はボルトで固定されており (18 歳時にあった交通事故が原因)、首を左右に振ることができないこと、および (4) 立つことはできるが、支えがあっても数歩しか歩けないことであった。車いすダンスを始める前 (2000 年) の自立移動は、右手でジョイスティックを操作し、施設内を電動車いすで動くことだけであった。

b. スタンダード種目出場まで

車いすダンス開始時 (2001 年) は、動きが緩やかなワルツを中心とした内容で、1 カ月に 2 回程度の練習を行った。当初は 40 分 (休憩も含む) もすると疲労のため、それ以上練習を継続することはできなかった。しかしながら、2002 年初頭に 2003 年に開催される車いすダンス競技会出場を目標にしてからは、徐々に練習時間を延長し、2003 年の競技会出場前には、連続して約 2 時間の練習を行うことが可能となった。2003 年の車いすダンス競技会では、コンビスタイル・クラス 1・スタンダード 2 種目総合 (ワルツ・タンゴ) に出場した。

c. ラテンアメリカン種目出場まで

ラテンアメリカン種目は、スタンダード 2 種目総合と比べ、動き

が激しい競技である。被験者は、スタンダード 2 種目総合出場後、「ラテンアメリカン種目にも挑戦したい」という意欲を持つようになった。そこで著者は、右手で操作していたジョイスティックを右足操作に切り替えることを提案し、被験者はこれを実施するようになった。その目的は、右手をダンスパフォーマンスに用いることであつた。2006 年には、右足操作で行う方法で車いすダンス競技会コンピスタイル・クラス 1・ラテンアメリカン 2 種目総合に出場することができた。

以後、この操作方法でラテンアメリカン 5 種目総合に出場することを目指し、日常生活にもダンスに必要とされるエクササイズを取り入れた。具体的には、著者が上半身と車いすダンスの基本操作を取り入れたエクササイズ用 DVD (約 15 分間) を作成し、それを視聴しながら自宅で 2~3 回/週の練習を行うというものであつた。また、日常生活では、屋内ではなるべく歩行するように促した。さらに、競技会出場経験を重ねるにつれ、ダンスに必要な衣装、化粧品および車いすの装飾品等を購入するための外出の回数、あるいは地域のイベント等で車いすダンスのデモンストレーションを披露する機会が増加した。

C. 車いすダンスの有用性

数年にわたってトレーニングが継続できたこと、さらにそれに伴

い日常生活における運動量が増加したことが、被験者が競技中高い強度の運動を行うことが可能になった原因であることは明白である。さらに特記すべきことは、2003年では、被験者は座位姿勢を維持できなかつたため、自転車エルゴメーターを使用した VO_2max の測定ができなかつたが、2009年にはそれが可能となった。その値は同年代女性の標準体力の範囲内であった。

これまで、本実験の被験者レベルの成人重度脳性麻痺者に、筋力トレーニングやウォーキングによる介入を行った例はあるものの (Taylor et al., 2004, Ryan et al., 2016)、呼吸循環器系の機能向上をもたらす運動についての報告はなされていない。実験1の結果は、車いすダンスが、重度の脳性麻痺者にとって有用な運動となり得ることを示唆する結果である。

3. 車いすダンスが BISACP の体力に及ぼす影響

A. BISACP を取り巻く環境とその問題点

BISACP は GMFCS レベル V に相当し、身体の動きが極度に制限されるため、自立した移動ができず、介助によってのみ移動する最重度脳性麻痺者である (電動車いすの使用もできない)。多くの BISACP は障害者入所施設で暮らし (内閣府, 2017)、日常生活のほとんどの時間を寝たきりで過ごす (森ら, 2007)。このような BISACP は、運動やスポーツ活動の埒外におかれている存在だといえよう

(藤井, 2011). 実験 2~4 の被験者 6 名も例外ではなく、車いすダンスの実践に参加するまでは、運動やスポーツとは無縁の生活を送っていた。

BISACP に関与する多くの医療従事者は、BISACP が運動の遂行が可能であるという認識に乏しく、BISACP と身体活動を結び付けるイメージを持っていない。このことは、脳性麻痺者とスポーツに関して数多くの研究を行っている *Maltais et al. (2014)* でさえ、「GMFCS レベル V への運動介入による研究を実践していくことが今後の課題である」と指摘していることに象徴される。本研究を実施するに当たり、まず医療従事者の意識を変える必要があった。そのために、(1) 施設職員向けに、BISACP への運動介入は、身体にポジティブな変化をもたらす可能性があることの説明、(2) 施設職員向けの BISACP のための車いすダンスの紹介と講習会の実施、(3) 施設入所者向けの講習会およびデモンストレーション、(4) 講習会を受けた脳性麻痺者を対象に、車いすダンスに対する興味関心の意識調査などを行い、介入実施が実現した。

B. 一過性の車いすダンスの影響

上述のように、BISACP は電動車いすの使用もできない。そのため、車いすダンスの実践では、車いすの回転や移動はスタンディングパートナーのアクティブアシストによって行われた。5 分間のダ

ンスを実施したところ、安静時と比べ HR、VO₂ およびメッツは、ワルツ時では変化はみられないが、ジャイブ時では増加することが観察された (実験 2)。ジャイブ時における被験者 6 人のメッツの平均値は 1.70、また、そのうち 2 名では 2.0 を超えていた。1.70 は立位時の運動強度に、2.0 はゆっくりした歩行時の運動強度に相当する (和田ら, 2018)。一般に健常者では、この強度の運動を行っても、呼吸循環器系の機能は改善されないとされている (和田ら, 2018)。しかしながら、BISACP では頻繁に不随意運動や筋の痙縮が起こるため安静時の VO₂ が高いこと (Johnson et al., 1996)、また、BISACP の VO₂max は GMFCS レベル I~III の脳性麻痺者より低いと考えられることなどを考慮すると、BISACP にとっては、呼吸循環器系の機能の向上をもたらす運動である可能性がある。

C. 車いすダンスのトレーニング効果

実験 3 では、半年にわたる車いすダンスの継続が呼吸循環器系に及ぼす影響を検討した。その結果、ダンス実施時の HR、VO₂ および O₂P には変化がみられなかったが、メッツは、ワルツでは 6 か月後に増加すること (ベースラインとの比較)、ジャイブでは 3 カ月後に増加する傾向にあることが観察された。これは、半年にわたる車いすダンスの介入により、それまでより高い強度でダンスを行うことができるようになったことを示唆する結果である。車いすダンスの

実施時間や実施頻度を増加させるなどの措置を講じ、トレーニングをさらに継続すれば、呼吸循環器系の機能の改善が誘起される可能性がある。

トレーニング期間中の栄養状態についても並行して検討したが、問題はみられなかった。これは、本実験における車いすダンスに必要なエネルギーが、1日に必要なエネルギーの2%程度であり、ダンスによって多くのエネルギーが消費されなかったためであると考えられる。今後、ダンスの実施時間や実施頻度を増やす際には、BISACPの健康を損なわないよう、本研究で行ったように、栄養学的な面からも注意を払う必要がある。

D. 呼吸循環器系以外への影響

車いすダンスの継続的介入によって、呼吸循環器系以外の心身におよぼす影響が、主観的ではあるが確認された。被験者6では、車いすダンス介入後に口元の筋緊張が緩み、食事の際、食物を口に入れるのが容易になったことが観察された。そのことが理由で、被験者6自身から、食事の前に車いすダンスをやりたいという強い希望が出された。また、被験者5からは、車いすダンスで両腕を動かしたことにより、肩の痛み（肩こり）が軽減したとの報告があった。それまで被験者5は、全身のあらゆるところに痛みを感じ、市販の薬液を塗っていたが、肩の痛みの消滅により薬を塗る回数が減った

と話してくれた。さらに、人前で車いすダンスを踊ることに楽しみをみだし、施設内のイベントにおいて、被験者全員が車いすダンスを積極的に披露するようになった。インストラクターが不在となった現在でも、車いすダンスは施設職員のリードで日常ルーティンに組み込まれている。

4. 本研究の意義

「運動は薬」という言葉に象徴されるように、適度な身体活動を行うことによって、様々な疾病が予防されたり、疾病からの回復が促進されたりする。しかしながら、このような効用を得られる人は、身体を一定以上動かすことのできる者に限定され、BISACP には無縁なものであった。BISACP は、座位姿勢をとるにも介助が必要であり、寝たきり状態でほとんどの時間を過ごすことになる。そのため、起立耐性向上のための介入の必要性は指摘されてきたが（赤滝ら,1991）、積極的な運動介入について検討されることはなかった（鈴木ら,2016）。

本研究における最も重要な点は、「BISACP がトレーニング効果を期待できる身体を有している」可能性を示したことである。このことは、彼らの健康の維持・増進を図る手段として、医療的なアプローチだけではなく、身体活動も有用であることを示唆する。また、身体活動が重度身体障がい者に及ぼす影響についてのエビデンスを

さらに蓄積し、社会に発信することによって、重度身体障がい者に関わる医療従事者、介助者および当事者の家族の意識に変革をもたらすことも期待される。

4. 本研究の限界

実験 2~4 における被験者数は 6 名であり、データを統計学的に分析するにはその数が少ないと言わざるを得ない。そのため、Type 2 エラーが発生していた可能性があり、統計的分析の結果をそのまま受け入れられない部分がある。BISACP を被験者として用いる場合、(1) 被験者が入所している施設が、実験への全面的なバックアップ体制を維持・継続すること、(2) 本実験に協力してくれる被験者をその施設内から募らなければならないこと、(3) 被験者が、実験の目的によって規定される一定の基準をクリアしていることなどの条件が整う必要がある。これらの条件を全て満たすことは極めて困難であり、そのことが十分な数の被験者数を募ることができなかった原因である。

5. 今後の課題

A. 車いすダンスにみられた個人差

実験 2 および 3 で示されたように、車いすダンス時の代謝反応には大きな個人差がみられた。その原因としては、同じ GMFCS レベ

ル V であっても、「寝返りが可能な者」、「上肢または下肢を自力で動かせる者」、「首を左右に振れる者」、「それらのいくつかを同時に行える者」、逆に「自発的な動作が殆どできない者」など、動き難さの度合いが多様であることが考えられる。車いすダンスは健常者のアシストが必要であるが、アシストする側が多様な脳性麻痺者に対して、どのような補助を行ったらよいかを明確にする必要がある。

B. 若齢者に対する効果

一般に多くの体力要素において、高齢者と比べ若齢者の方が高いトレーナビリティを有しており、同じトレーニングを行っても、若齢者でトレーニングの効果が得られやすいと考えられている。このことは、健常者だけではなく脳性麻痺者にも当てはまり、Hombergen et al. (2012) が指摘するように、脳性麻痺者が早期から運動を経験することによって、彼らの身体機能の固定化を防ぎ、トレーニングによる適応を起こしやすい体が構築される。本研究では、被験者の年齢が 50 歳前後と高齢であったが、今後は青年期の BISACP を対象に同様の運動介入を行い、彼らのトレーナビリティを明らかにする必要がある。

第 7 章 総 括

本研究では、車いすダンスが脳性麻痺者の身体に及ぼす影響を明らかにすることを目的とし、4つの研究課題を設定して実験を行い、以下の結果を得た。

1. 電動車いす使用の脳性麻痺者における車いすダンス時の心拍応答 (実験 1) – ケーススタディー –

答 (実験 1) – ケーススタディー –

本実験の目的は、電動車いすを使用する GMFCS レベル III の被験者 (1 名) の車いすダンス競技中における HR を測定し、その運動強度を明らかにすることであった。競技はクラス 1・ラテンアメリカン 5 種目総合であり、1 種目約 1 分 30 秒、5 種目連続で競技を行うものであった。競技中の HRmax および平均 HR は、準決勝では 173.0 拍/分および 161.1 拍/分、決勝では 167.1 拍/分および 154.2 拍/分であった。また、競技時間全体に対して 80%HRR 以上が占める時間は、準決勝では 68.3%、決勝で 16.7% であった。さらに競技種目別にみると、テンポが速い種目 (サンバおよびジャイブ) で、HR が上昇する傾向がみられた。

2. 脳性麻痺者の車いすダンス中における呼吸循環応答 (実験 2)

– 重度アテトーゼ痙直型脳性麻痺で寝たきりの人を対象に –

本実験の目的は、GMFCS レベル V の BISACP 6 名を対象に、コンビスタイルでの車いすダンス中における HR および VO_2 を測定し、車いすダンスの運動強度を検討することであった。検討するダンスの種類は、テンポの緩やかなワルツ（スタンダード種目）とテンポの速いジャイブ（ラテン種目）とした。安静時と比べジャイブ時において、HR、 VO_2 およびメッツが上昇することが認められた。

3. 脳性麻痺者の車いすダンスによるトレーニング効果（実験 3）

— 重度アテトーゼ痙直型脳性麻痺で寝たきりの人を対象に —

本実験の目的は、実験 2 と同様の被験者に対する車いすダンスによる長期介入が、呼吸循環器系機能に及ぼす効果について検討することであった。介入は、1 回 6 分～15 分の車いすダンス（ワルツおよびジャイブ）であり、これを週 2~4 回、6 ヶ月間実施した。トレーニングの頻度は、最も多かった被験者で 3.1 ± 1.4 (平均 \pm SD) 日/週、最も少ない者で 2.0 ± 1.5 日/週であった。HR、 VO_2 および O_2P に、トレーニングによる変化は認められなかった。しかしながら、メッツについては、介入前と比較してワルツでは 6 か月後に増加することが、ジャイブでは 3 ヶ月後に増加する傾向にあることが観察された。

4. 車いすダンス介入が脳性麻痺者の栄養状態に及ぼす影響（実験

4)

本実験の目的は、実験 3 における車いすダンス介入中における被験者の栄養状態に及ぼす影響を検討することであった。6 ヶ月の介入の間に、体重、BMI、MNA-SF による評価値、血清アルブミンおよびヘモグロビン濃度に変化は認められなかった。

5. 結論

本研究から得られた結論は以下に示す通りである。

- (1) GMFCS レベル III 以上の重度脳性麻痺者で、車いすの自走が不可能な者であっても、電動車いすを使用し、車いすダンスを行うことによって、呼吸循環器系に負荷を与える運動を実施できる可能性があることが示唆された。
- (2) GMFCS レベル V (最重度脳性麻痺者) の BISACP では、車いすダンスは平均で立位に相当する運動になり得ること、しかし、ダンスによる代謝亢進の度合いには個人差が大きいことが明らかになった。
- (3) GMFCS レベル V の BISACP では、1 回数分、週 2~4 回の車いすダンストレーニングを数ヶ月行っても、呼吸循環器系の機能は向上しないが、機能の向上に必要とされる強度の運動を行えるようになることが示唆された。
- (4) 1 回 15 分以内、週約 3 回の車いすダンス介入は、GMFCS レベ

ル V の BISACP の栄養状態に、問題となるような影響を及ぼさないことが示唆された。

GMFCS レベル V の BISACP に対して、運動介入を行いそのトレーニング効果について検討した研究は、本研究が最初である。車いすダンスを継続することによって、呼吸循環器系の機能向上を誘起する強度の運動を行えるようになることが認められた。この結果から、BISACP の QOL 向上に対して、治療的アプローチのみならず、健常者の補助を受けながら、自らが主体的に適切な運動を行うことが有効であると考えられる。車いすダンスは、そのような運動の手段になり得ると思われる。

謝 辞

本稿を終えるにあたり、親切丁寧なご指導とご教示を頂きました広島大学大学院 総合科学研究科 和田 正信 教授に、心より深く感謝申し上げます。また、論文作成において、御閲覧ならびに御助言頂きました船瀬 広三 教授、坂田 桐子 教授、そして渡邊 大輝 助教に心より感謝申し上げます。さらに、私が本テーマで研究を行うにあたり、長きにわたって私を支え、協力して下さった常葉大学 保健医療学部 鈴木 伸治 教授、名古屋大学 医学系研究科（保健）里中 綾子 特任准教授には、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

勤務先である 桜花学園大学 保育学部 国際教養こども学科の同僚の皆様にはご迷惑をおかけしたこともありましたが、心よく応援して下さいありがとうございました。また、私の博士論文完成を第一に考え、献身的に私を支えてくれた夫（桜花学園大学 保育学部 寺田泰人 教授）には感謝の気持ちでいっぱいです。

最後に、私がここに至るまでには、さらに多くの方々の支えがあったからにほかなりません。私を支えて下さった広島文化学園大学 山崎昌廣 教授をはじめ、多くの皆様に、今一度心より御礼申し上げます。

参考文献

- Ainsworth BE, Haskell WL, Herrmann SD, Meckes N, Bassett DR Jr, Tudor-Locke C, Greer JL, Vezina J, Whitt-Glover MC, & Leon AS (2011). Compendium of physical activities: a second update of codes and MET Values. *Med Sci Sports Exerc* **43**, 1575-1581.
- 赤滝久美, 三田勝巳 (1991). 重症心身障害児 (者) の下半身陰圧負荷 (LBNP) に対する循環調節. *リハ医学* **28**, 115-120.
- 穂山富太郎, 津山直一監修 (2000). 脳性麻痺のリハビリテーション. 標準リハビリテーション医学第2版, 医学書院, 東京.
- Bax M, Goldstein M, Rosenbaum P, Leviton A, Paneth N, Dan B, Jacobsson B, & Damiano D (2005). Proposed definition and classification of cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* **47**, 571-576.
- Bhambhani YN, Holland LJ, & Steadward RD (1992). Maximal aerobic power in cerebral palsied wheelchair athletes: validity and reliability. *Arch Phys Med Rehabil* **73**, 246-252.
- Blair E, Watson L, Badawi N, & Stanley FJ (2001). Life expectancy among people with cerebral palsy in Western Australia. *Dev Med Child Neurol* **43**, 508-515.
- Bieck EE (1987). Orthopedic management in cerebral palsy. Mac Keith Press, London.
- Brehm MA, Balemans AC, Becher JG, & Dallmeijer AJ (2014). Reliability of a progressive maximal cycle ergometer test to assess peak oxygen uptake in children with mild to moderate cerebral palsy. *Phys Ther* **94**, 121-128.
- Burger M & Louw QA (2009). The predictive validity of general movements --a systematic review. *Eur J Paediatr Neurol* **13**, 408-420.
- Damiano D (2006). Activity, activity, activity: rethinking our physical therapy approach to cerebral palsy. *Phys Ther* **86**, 1534-1540.
- Darrah J, Wessel J, Nearingburg P, & O'Connor M (1999). Evaluation of community fitness program for adolescents with cerebral palsy. *Ped Phys Ther* **11**, 18-23.

- Darsaklis V, Snider LM, Majnemer A, & Mazer B (2011). Predictive validity of prechtl's method on the qualitative assessment of general movements: a systematic review of the evidence. *Dev Med Child Neurol* **53**, 896-906.
- Dodd KJ, Taylor NF, & Damiano DL (2002). A systematic review of the effectiveness of strength-training programs for people with cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil* **83**, 1157-1164.
- Einspieler C, Prechtl HFR, Cioni G, & Bos AF (1997). The qualitative assessment of general movements in preterm, term and young infants-review of the methodology. *Early Hum Dev* **50**, 47-60.
- Einspieler C, Prechtl HFR, Bos AF, Ferrari F, & Cioni G (2004). Prechtl's method on the qualitative assessment of general movements in preterm, term and young infants. *Clinics in developmental medicine* 167. Mac Keith Press, London.
- Faigenbaum AD, Kraemer WJ, Blimkie CJR, Jeffreys L, Micheli L J, Nitka M, & Rowland T W (2009). Youth resistance training: Updated position statement paper from the National Strength and Conditioning Association. *J Strength Cond Res* **23**,560-579.
- Fernandez JE & Pitetti KH (1993). Training of ambulatory individuals with cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil* **74**, 468-472.
- Forman DE, Fleg JL, Aging In , Ehrman JK, Gordon PM, Visich PS, & Keteyian SJ (2013). Clinical exercise physiology. Third edition. Champaign, IL. *Human Kinetics*
- Fowler EG, Kolobe TH, Damiano DL, Thorpe DE, Morgan DW, Brunstrom JE, Coster WJ, Henderson RC, Pitetti KH, Rimmer JH, Rose J, & Stevenson RD (2007). Promotion of physical fitness and prevention of secondary conditions for children with cerebral palsy: section on pediatrics research summit proceedings. *Phys Ther* **87**, 1495-1510.
- 藤井勝紀, 花井正征, 庄司節子, 寺田恭子 (2011). 創造とスポーツ科学. 杏林書院, 東京.
- 藤原 知 (1973). 運動解剖学. 第1版. 医学書院, 東京.

- Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, & Lee I-M (2011). Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc* **43**, 1334-1359.
- Gavarry O, Bernard T, Giacomoni M, Seymat M, Euzet JP, & Falgairette G (1998). Continuous heart rate monitoring over 1 week in teenagers aged 11-16 years. *Eur J Appl Physiol* **77**, 125-132.
- Gavarry O, Giacomoni M, Bernard T, Seymat M, & Falgairette G (2003). Habitual physical activity in children and adolescents during school and free days. *Med Sci Sports Exerc* **35**, 525-531.
- 五味重春, 岩谷 力, 岩倉博光, 土肥信之 (1990). 臨床リハビリテーション 小児リハビリテーション I —脳性麻痺. 医歯薬出版, 東京.
- Goosey-Tolfrey V, Castle P, & Webborn N (2006). Aerobic capacity and peak power output of elite quadriplegic games players. *Br J Sports Med* **40**, 684-687.
- Goosey-Tolfrey VL, West M, Lenton JP, & Tolfrey K (2011). Influence of varied tempo music on wheelchair mechanical efficiency following 3-week practice. *Int J Sports Med* **32**, 126-131.
- Guigoz Y G, Vellas B, & Garry PJ (1996). Assessing the nutritional status of the elderly: The Mini Nutritional Assessment as part of the geriatric evaluation. *Nutr Rev* **54**, 59-65.
- Haskell WL, Lee IM, Pate RR, Powell KE, Blair SN, Franklin BA, Macera CA, Heath GW, Thompson PD, & Bauman A (2007). Physical activity and public health updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Med Sci Sports Exerc* **39**, 1423-1434.
- Heller T, Ying GS, Rimmer JH, & Marks BA (2002). Determinants of exercise in adults with cerebral palsy. *Public Health Nurs* **19**, 223-231.
- Hemming K, Hutton JL, & Pharoah PO (2006). Long-term survival for a cohort of adults with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* **48**, 90-95.
- 平山優子, 大津智香子, 小松有紀子, 芳野緑, 石井敬基, 間崎武郎, 村井一郎 (2011). 高齢入院

患者栄養評価における mini Nutritional Assessment-Short Form の有用性. 日大医誌 **70**, 203-207.

Hombergen SP, Huisstede BM, & Streur MF (2012). Impact of cerebral palsy on health-related physical fitness in adults: systematic review. *Arch Phys Med Rehabil* **93**, 871-881.

Inal S (2014). Competitive dance for individuals with intellectual disabilities. *Palaestra* **28**, 32-35.

Jacobsson B, Hagberg G, Hagberg B, Ladfors L, Niklasson A, & Hagberg H (2002). Cerebral palsy in preterm infants: a population-based case-control study of antenatal and intrapartum risk factors. *Acta Paediatr* **91**, 946-951.

Jeng SC1, Yeh KK, Liu WY, Huang WP, Chuang YF, Wong AM, & Lin YH (2013). A physical fitness follow-up in children with cerebral palsy receiving 12-week individualized exercise training. *Res Dev Disabil* **34**, 4017-4024.

Johnson RK, Goran MI, Ferrara MS, & Poehlman ET (1996). Athetosis increases resting metabolic rate in adults with cerebral palsy. *J Am Diet Assoc* **96**, 145-148.

Kavcic A & Vodusek DB (2008). The definition of cerebral palsy, April 2006. *Dev Med Child Neurol* **50**, 240.

Kenney WL, Wilmore JH, & Costill DL (2015). Physiology of sport and exercise Six Edition. Human Kinetics. Champaign, IL.

Kerr C, McDowell BC, Parkes J, Stevenson M, Cosgrove AP (2010). Age-related changes in energy efficiency of gait, activity, and participation in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* **51**, 61-67.

北村晋一 (2016). 脳性麻痺の運動障害と支援. 群青社 26-56.

Kohl HW 3rd, Craig CL, Lambert EV, Inoue S, Alkandari JR, Leetongin G, & Kahlmeier S (2012). The pandemic of physical inactivity: global action for public health. *Lancet* **380**, 294-305.

Korvenranta E, Lehtonen L, Peltola M, Hakkinen U, Andersson S, Gissler M, Hallman M, Leipala J, Rautava L, Tammela O, & Linna M (2009). Morbidities and hospital resource use during the

first 3 years of life among very preterm infants. *Pediatrics* **124**, 128-134.

Lamy M, Mojon P, Kalykakis G, Legrand R, & Butz-Jorgensen E (1999). Oral status and nutrition in the institutionalized elderly. *J Den* **27**, 443-448.

Lee IM, Shiroma EJ, Lobelo F, Puska P, Blair SN, & Katzmarzyk PT (2012). Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: an analysis of burden of disease and life expectancy. *Lancet* **380**, 219-229.

Levine JA.(2004). Nonexercise activity thermogenesis (NEAT): environment and biology. *Am J Physiol Endocrinol Metab* **286**, e675-685.

Maltais DB, Dumas F, Boucher N, & Richards CL (2010). Factors related to physical activity in adults with cerebral palsy may differ for walkers and nonwalkers. *Am J Phys Med Rehabil* **89**, 584-597.

Maltais DB, Wiart L, Fowler E, Verschuren O, & Damiano DL (2014). Health-related physical fitness for children with cerebral palsy. *J Child Neurol* **29**, 1091-1100.

Mark D P, Jennifer M R, & Edward A H (2015). Chronic Conditions in Adults with Cerebral Palsy. *JAMA* **314**, 2303-2305.

Martin S (2015). 脳性麻痺児の運動スキルガイドブック. 監訳, 山川友康 上杉雅之. 医歯薬出版株式会社. 東京.

Martinez DA, Ginn-Pease ME, & Caniano DA (1992). Recognition of recurrent gastroesophageal reflux following antireflux surgery in the neurologically disabled child: high index of suspicion and definitive evaluation. *J Pediatr Surg* **27**, 983-988.

水口 雅, 尾上尚志 他34名監修 (2011). 脳性麻痺. 病気が見える7脳・神経 第1版, メディックメディア, 東京.

Morgan P & McGinley J (2014). Gait function and decline in adults with cerebral palsy: a systematic review. *Disabil Rehabil* **36**, 1-9.

森 潤, 松井史裕, 枝川卓二, 富山英紀, 岩田譲司, 河良明, 大内孝雄 (2007). 40歳以上の重症

- 心身障害児(者)における生活習慣病の検討. 日本重症心身障害学会誌 **32**, 309-312.
- Mssidda M, Cugusi L, Ibba M, Tradori I, & Calo CM (2011). Energy expenditure during competitive Ratin American dancing-simulation. *Med Probl Perform Art* **26**, 206-210.
- Mutlu A, Einspieler C, Marschik PB, & Livanelioglu A (2008). Intra-individual consistency in the quality of neonatal general movements. *Neonatology* **93**, 213-216.
- 内閣府 (2017). 障害者白書.
- Nieuwenhuijsen C, van der Slot WM, Beelen A, Arendzen JH, Roebroek ME, Stam HJ, & van den Berg-Emons RJ (2009). Inactive lifestyle in adults with bilateral spastic cerebral palsy. *J Rehabil Med* **41**, 375-381.
- Nieuwenhuijsen C, van der Slot WM, Dallmeijer AJ, Janssens PJ, Stam HJ, Roebroek ME, & van den Berg-Emons HJ (2011). Physical fitness, everyday physical activity, and fatigue in ambulatory adults with bilateral spastic cerebral palsy. *Scand J Med Sci Sports* **21**, 535-542.
- 日本リハビリテーション学会 (2014). 脳性麻痺の合併症と治療. 脳性麻痺リハビリテーションガイドライン第2版. 金原出版株式会社, 東京.
- Noonan V & Dean E (2000). Submaximal exercise testing: clinical application and interpretation. *Phys Ther* **80**, 782-807.
- Nsenga AL, Shephard RJ, & Ahmaidi S (2013). Aerobic training in children with cerebral palsy. *Int J Sports Med* **34**, 533-537.
- Ozturk A, Demirci F, Yavuz T, Yildiz S, Degirmenci Y, Dosoglu M, & Avsar Y (2007). Antenatal and delivery risk factors and prevalence of cerebral palsy in Duzce (Turkey). *Brain Dev* **29**, 39-42.
- Palisano R, Rosenbaum P, Walter S, Russell D, Wood E, & Galuppi B (1997). Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* **39**, 214-223.
- Palisano RJ, Hanna SE, Rosenbaum PL, Russell DJ, Walter SD, Wood EP, Raina PS, & Galuppi BE (2000). Validation of a model of gross motor function for children with cerebral palsy. *Phys*

Ther **80**, 974-985.

Per Olof Ostrand, Kaare Rodahl, Hans Dahl, Sigmund B. (2003). Textbook of work physiology, fourth edition. *Human Kinetics*. City IL:

Petridou E, Koussouri M, Toupadaki N, Papavassiliou A, Youroukos S, Katsarou E, & Trichopoulos D (1996). Risk factors for cerebral palsy: a case-control study in Greece. *Scand J Soc Med* **24**, 14-26.

Pitetti K, Pernandez J, & Lanciault M (1991). Feasibility of an exercise program for adults with cerebral palsy: a pilot study. *Adapt Phys Activ Q* **8**, 333-341.

Richards CL & Malouin F (2013). Cerebral palsy: definition, assessment and rehabilitation. *Handb Clin Neurol* **111**, 183-195.

Riebe D & Ehrman JK (2017). American college of sports medicine's guidelines for exercise testing and prescription, tenth edition. Philadelphia.

Rimmer JH (2005). Exercise and physical activity in persons aging with a physical disability. *Phys Med Rehabil Clin N Am* **16**, 41-56.

Rimmer JH (2001). Physical fitness levels of persons with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* **43**, 208-212.

Roddihough DS, Baikie G, & Walstab JE (2001). Cerebral palsy in Victoria, Austraria: Mortality and causes of death. *JPaediatr Child Hralth* **37**, 183-186.

Rose J, Haskell WL, & Gamble JG (1993). A comparison of oxygen pulse and respiratory exchange ratio in cerebral palsied and nondisabled children. *Arch Phys Med Rehabil* **74**, 702-705.

Rosenbaum P, Paneth N, Leviton A, Goldstein M, Damiano D, Dan B, & Jacobsson B (2007). A report: the definition and classification of cerebral palsy April 2006. *Dev Med Child Neurol Suppl* **109**, 8-14.

Rosenbaum PL, Walter SD, Hanna SE, Palisano RJ, Russell DJ, Raina P, Wood E, Bartlett DJ, & Galuppi BE (2002). Prognosis for gross motor function in cerebral palsy: creation of motor

- development curves. *JAMA* **288**, 1357-1363.
- Rubenstein LZ, Harker JO, Salva A, Guigoz Y, & Vellas B (2001). Screening for undernutrition in geriatric practice: developing the short-form mini-nutritional assessment (MNA-SF). *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* **56**, M366-M372.
- Runciman P, Derman W, Ferreira S, Albertus-Kajee Y, & Tucker R (2014). A descriptive comparison of sprint cycling performance and neuromuscular characteristics in able-bodied athletes and Paralympic athletes with cerebral palsy. *Am J Phys Med Rehabil* **94**, 28-37
- Ryan JM, Crowley VE, Hensey O, Broderick JM, McGahey A, & Gormley J (2014). Habitual physical activity and cardiometabolic risk factors in adults with cerebral palsy. *Res Dev Disabil* **35**, 1995-2002.
- Ryan JM, Theis N, Kilbride C, Baltzopoulos V, Waugh C, Shortland A, Lavelle G, Noorkoiv M, Levin W, & Korff T (2016). Strength Training for Adolescents with cerebral palsy (STAR): study protocol of a randomised controlled trial to determine the feasibility, acceptability and efficacy of resistance training for adolescents with cerebral palsy. *BMJ Open*, **4**, 1-13
- Satonaka A, Suzuki N, & Kawamura M (2011). The relationship between aerobic fitness and daily physical activities in nonathletic adults atheto-spastic cerebral palsy. *Gazz Med Ital* **170**, 103-112.
- Satonaka A, Suzuki N, & Kawamura M (2012). Validity of submaximal exercise testing in adults with athetospastic cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil* **93**, 485-489.
- Satonaka A, Suzuki N, & Kawamura M (2014). Aerobic fitness and skewness of frequency distribution of continuously measured heart rate in adults with brain injury. *Eur J Phys Rehabil Med* **50**, 535-541.
- Shinohara TA, Suzuki N, Oba M, Kawasumi M, Kimizuka M, & Mita K (2002). Effect of exercise at the AT point for children with cerebral palsy. *Bull Hosp Jt Dis* **61**, 63-67.
- Slaman J, Roebroek M, van der Slot W, Twisk J, Wensink A, Stam H, van den Berg-Emons R, &

- Group LMR (2014). Can a lifestyle intervention improve physical fitness in adolescents and young adults with spastic cerebral palsy? A randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil* **95**, 1646-1655.
- Stelmach T, Pisarev H, & Talvik T (2005). Ante- and perinatal factors for cerebral palsy: case-control study in Estonia. *J Child Neurol* **20**, 654-660.
- Strax TE, Luciano L, Dunn AM, & Quevedo JP (2010). Aging and developmental disability. *Phys Med Rehabil Clin N Am* **21**, 419-427.
- 鷺見聡, 金山学, 石川要, 石川道子 (1995). 精神遅滞と脳性麻痺の出生体重別発生率-名古屋市, 1986-88年出生児-. *日本小児科学会雑誌* **95**, 94-98.
- Suvanand S, Kapoor SK, Reddaiah VP, Singh U, & Sundaram KR (1997). Risk factors for cerebral palsy. *Indian J Pediatr* **64**, 677-685.
- 鈴木伸治, 里中綾子, 寺田恭子 (2016). 運動生理学のエビデンスに基づく脳性麻痺リハビリテーション論. *常葉大学保健医療学部紀要* **7**, 1-15
- 鈴木伸治, 里中綾子, 寺田恭子 (2018). 重度脳性麻痺者のエアロビックフィットネス : 組織的介入から家族を単位とした社会的介入へ. *常葉大学保健医療学部紀要* **9**, 1-8
- Suzuki T, Woo M, Nishida N, & Araki A (1995). When do brain abnormalities in cerebral palsy occur? An MRI study. *Dev Med Child Neurol* **37**, 285-292.
- 田村正徳, 岩田欧介, 岩田幸子, 武内俊樹, 鍋谷まこと (2015). 新生児低体温療法実践マニュアル. 東京医学社, 東京.
- Taylor N, Dodd K, & Larkin H (2004). Adults with cerebral palsy benefit from participating in a strength training programme at a community gymnasium. *Disabil Rehabil* **26**, 1128-1134
- Terada K, Satonaka A, Terada Y, & Suzuki N (2016). Cardiorespiratory responses during wheelchair dance in bedridden individuals with severe cerebral palsy. *Gazz Med Ital* **175**, 241-247.
- Terada K, Satonaka A, Terada Y, & Suzuki N (2017). Training effects of wheelchair dance on aerobic fitness in bedridden individuals with severe athetospastic cerebral palsy rated to GMFCS level

V. *Eur J Phys Rehabil Med* **53**, 744-750.

Terada K, Satonaka A, Terada Y, & Suzuki N (2018). Nutritional aspects of a year-long wheelchair dance intervention in bedridden individuals with severe athetospastic cerebral palsy rated to GMFCS level V. *Gazz Med Ital* **177**, 360-366.

Terada K (1999). Wheelchair dancing: its effect on the improvement of QOL. In: Adapted physical activity, edited by H. Nakata. Shonan Shuppansha, Fujisawa, Japan, pp 153-155.

Thorpe D (2009). The role of fitness in health and disease: status of adults with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* **51 Suppl 4**, 52-58.

當山真弓, 落合靖男, 當山潤 (2000). 沖縄における双子の脳性麻痺児について. *脳と発達* **32**, 35-38.

Troiano RP, Berrigan D, Dodd KW, Masse LC, Tilert T, & McDowell M (2008). Physical activity in the United States measured by accelerometer. *Med Sci Sports Exerc* **40**, 181-188.

Turk MA, Geremski CA, Rosenbaum PF, & Weber RJ (1997). The health status of women with cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil* **78**, S10-S17.

Turk MA (2009). Health, mortality, and wellness issues in adults with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* **51 Suppl 4**, 24-29.

上田敏(2002). 新しい障害概念と21世紀のリハビリテーション医学-ICIDHからICFへ-. *リハビリテーション医学* **39**, 123-127.

Unnithan VB, Katsimanis G, Evangelinou C, Kosmas C, Kandralli I, & Kellis E (2007). Effect of strength and aerobic training in children with cerebral palsy. *Med Sci Sports Exerc* **39**, 1902-1909.

van de Riet JE, Vandenbussche FP, Le Cessie S, & Keirse MJ (1999). Newborn assessment and long-term adverse outcome: a systematic review. *Am J Obstet Gynecol* **180**, 1024-1029.

van den Berg-Emons RJ, van Baak MA, de Barbanson DC, & Saris WHM (1996). Reliability of tests to determine peak aerobic power, anaerobic power and isokinetic muscle strength in children

- with spastic cerebral palsy. *Develop Med Child Neurol* **38**, 1117-1125.
- van den Berg-Emons RJ, van Baak MA, Speth L, & Saris WH (1998). Physical training of school children with apastic cerebral palsy: effects on daily activity, fat mas and fitness. *Int J Rehabil Res* **21**, 179-194.
- van der Slot WM, Nieuwenhuijsen C, van den Berg-Emons RJ, Wensink-Boonstra AE, Stam HJ, & Roebroek ME (2010). Participation and health-related quality of life in adults with spastic bilateral cerebral palsy and the role of self-efficacy. *J Rehabil Med* **42**, 528-535.
- Vellas B, Guigoz Y, Garry PJ, Nourhashemi F, Bennahum D, Lauque S, & Albarede JL (1999). The Mini Nutritional Assessment (MNA) and its use in grading the nutritional state of elderly patients. *Nutrition* **15**, 116-122.
- Verschuren O, Ketelaar M, Gorter JW, Helders PJ, Uiterwaal CS, & Takken T (2007). Exercise training program in children and adolescents with cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Arch Pediatr Adolesc Med* **161**, 1075-1081.
- Verschuren O & Takken T (2010). Aerobic capacity in children and adolescents with cerebral palsy. *Res Devel Disabil* **31**, 1352-1357.
- Vukojevic M, Soldo I, & Granic D (2009). Risk factors associated with cerebral palsy in newborns. *Coll Antrop* **33 Suppl 2**, 199-201.
- 和田正信, 長谷川 博, 松永 智, 奥本 正 (2018). ステップアップ運動生理学. 杏林書院, 東京.
- Wakabayashi H & Sashika H (2014). Malnutrition is associated with poor rehabilitation outcome in elderly inpatients with hospital-associated deconditioning a prospective cohort study. *J Rehabil Med* **46**, 277-282.
- Walstab JE, Bell RJ, Reddiough DS, Brennecke SP, Bessell CK, & Beischer NA (2004). Factors identified during the neonatal period associated with risk of cerebral palsy. *Aust N Z J Obstet Gynaecol* **44**, 342-346.

Williams PT (2001). Physical fitness and activity as separate heart disease risk factors: a meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc* **33**, 754-761.

Wood E & Rosenbaum P (2000). The gross motor function classification system for cerebral palsy: a study of reliability and stability over time. *Dev Med Child Neurol* **42**, 292-296.

Wu YW & Colford JM, Jr (2000). Chorioamnionitis as a risk factor for cerebral palsy: A meta-analysis. *JAMA* **284**, 1417-1424.

焼津市立総合病院. 低栄養患者の診断基準. <https://www.hospital.yaizu.shizuoka.jp/>

安目一郎 (2012). 硫酸マグネシウムを使用する立場に立って：硫酸マグネシウム短期単剤療法の効果. *日産婦誌* **64**, 21-25.

吉岡博 (1999). 周産期における脳障害. *日本医事新報*, 3921,105.