平成２６年度厚生労働科学研究費補助金

障害者対策総合研究推進事業
（障害者政策総合研究事業）
（身体・知的等障害分野及び感覚器障害分野）

報　告　書

厚生労働省

実施機関：日本障害者リハビリテーション協会

目　　次

＊外国人研究者招へい事業

「ウィリアムズ･ジェイムズ･シルバ メディカルディレクター　招へい報告」

松葉佐 正（熊本大学医学部付属病院）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・5

＊若手研究者育成活用事業

「障がい者スポーツの競技特性に応じた神経筋機能の適応」

小林 裕央（東京大学大学院総合文化研究科）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・17

外国人研究者招へい事業

ウィリアムズ･ジェイムズ･シルバ メディカルディレクター招へい報告

松葉佐　正
熊本大学医学部付属病院重症心身障がい学寄附講座
(著ウィリアムズ･ジェイムズ･シルバ)

Ⅰ.報告書(翻訳版)

前文

私は日本障害者リハビリテーション協会から親切にも要請を受け、日本で障害児者をケアする施設を旅する機会を得た。ここで米国の中間施設の発展期における私の経験を発表することにより、そのような中間施設が日本における障害児者へのケアの効率化と質的向上に寄与するかどうかを考えてみたい。

背景

過去20年もの間､私は米国カルフォルニア州北部で､複雑な医療を必要とし、ハンディキャップを有する児 children with complex medical conditions and disabilities（CMCD）の長期的なトランジショナルケアプログラムに関わってきた。

米国において、これら CMCD 児の入院および在宅での総合的なサービスの発展は、日本のそれとは対照的に、国家レベルで調整されて来なかった。50 の州それぞれが、国ないし州政府の財政予算で CMCD 児へのサービスを発展させてきた。これらのプログラムは州によって異なり、外来と入院児までカバーするところもあれば、かなり制限された形でしか提供できない場合もある。一般的に、18 才から 21 才までの重度な運動知的障害を持つ人 persons with severe motor and intellectual disabilities（SMID）の小児から成人への移行も、そのような移行ケアの調整が行われることもほとんどない。

一般的に、大規模な人口を有するセンターにおいて、このような CMCD 児に特化したケアをする病院はいくつか存在する。これらの病院がその周辺の、このようなケアを有しない地域に対し、紹介ないしサポートするプログラムを発展させている。しかし、多くの場合、これらのサービスは主に大都市圏に集中する傾向にあり、重篤な CMCD 児もそこでより多くのケアの選択肢（オプション）を受けられるようになっている。

カルフォルニアでの経験

ここでカルフォルニア州小児中間施設の発展を概観すると同時に、今までの「既存」プログラムと対比するにより、私は問題点を以下のように分けて考えて

みる必要があると思う。すなわち、長期の療養をすることで有意に回復する複雑な状況にある児と、長期の療養にもかかわらず改善しない、ないし悪化する恒久的な障害を持つ児のケアを分けて考えることである。ただし、この議論は長期的な予後がはっきりしない児を無視したグループ分けであることも知っておくべきである。

カルフォルニア及び米国の他の州において、20 世紀中期までの間、SMID 児は在宅または限られた施設、ないし発達に問題がある人を収容する州立施設に隔離されていた。20 世紀中期になって、民衆が州立施設でのケアの質に関心を寄せるようになり、両親がリードする運動がケアの質向上に目覚め、やがてこれらの隔離施設を閉鎖させ、SMID 児や成人を自宅、ないし政府がサポートする小さなグループホームに移行した。これら SMID 児の医学的なケアは、開業医から発達領域において専門に訓練された小児科専門医まで様々である。私の知る限り、米国で SMID に特化した研修の機会はほとんどない。カルフォルニアでは、複雑な医療的ケアを必要とする児のケアは、それまで伝統的に小児病院に代表される急性病院でされていたが、時とともに改善されていった。20 世紀中期から爆発的に進歩した医学の知識により、それまで治療不可能とされていた児について、より多くの複雑な治療の選択肢を提供できるようになった。その「副産物」として、長期療養を必要とする病態や治療の後遺症を持つ児の中で、部分的にせよ、完治する児の数の割合はまだ少ないが、しかし確実に増加してきている。もう一つ議論を呼んだ課題は、児に利しない治療を提供しない、今までの父親的なアプローチから、コストに関わらず、命を支え、痛みや苦しみや他の状況全てを支える治療哲学によって増加してきた CMCD 児の存在である。

1980 年以降、小児専門施設、特に NICU や PICU において、長期にわたり集中治療を要する児が明確に増加してきている報告がいくつも出ている。この傾向は NICU と PICU が急性期の児を収容能力の限界を超える長期入院問題だけでなく、そこでの治療が高価であるがために、政府の財政赤字を引き起こし、さらに児の精神的、身体的な発育の面における劣悪な環境であることも常に関心の的であった。

カリフォルニア小児中間施設プログラムは 20 年前に始まり、上述の後者に焦点を当ててきた。その目的は CMCD 児を人員が充足し、より拘束が少なく、家族志向の環境下に置くような医療施設のモデルを開発することであった。このプログラムの発展にあたって、急性病院の集中治療環境下にあった CMCD 児がコスト面でより安価で、同等ないしよりよいケアを受けられることを証明するプロジェクトを立ち上げる必要があった。米国では医療コストが高いために、ほとんどの CMCD 児の家族は私的保険の支払に辟易し、また政府も財政赤字に喘いでいたことが背景にある。それゆえに、州政府財政課にコスト面の

改善を示す必要があり、それは 1995 年についに達成することができました。
現在カリフォルニア州（人口 3880 万、18 才未満人口 900 万）では、12 の施設（CMCD /SMID 児に 393 床、すなわち 23000 児に１床）を提供している。私が関係している施設の入院期間の中央値は１年である。

米国における CMCD と SMID 児ケアの選択肢について

在宅ケアは、最近のロビー活動で他の全ての選択肢を排除するほど一般的に受け入れられている。多くの家族にとって、それは最も適正な満足すべき選択である。ただし、在宅ケアを困難にしている以下のいくつか問題点が指摘されている。

〇レスパイトの選択が限られているために両親が疲弊している。
〇訪問看護サービスがその数、ナースのトレーニングやコスト面で制限されていること。
〇両親の雇用が阻害されている。
〇児の医学的重症度（複雑さ）と家族がケアできる範囲がミスマッチしている。
〇深刻な家族の心理的な問題
〇複雑な医療機器（人工呼吸器、中心静脈栄養、（胃）瘻など）を必要とすること
〇特殊な専門病棟や救急病院から遠いこと

●グループホーム　政府は SMID 者に対し、小規模グループホームをサポートしている。しかし、典型的な、かなり限られた医療的ケアや医療機器依存しかサポートできない
●医療的デイケア　多くは政府の財政的な支援で CMCD や SMID 児に提供され、親の就労や日中のレスパイトを主眼においているが、限られた施設、そして財政的な支援も安定しない
●リハビリテーション施設　児に対し、比較的限られたキャパと治療期間で、児の潜在的回復機能やリハプログラムへの参加能力を期待している。
●ホスピス施設　ほとんどの小児ホスピス施設やサービスは小児病院または在宅で提供されている。在宅ホスピスは最も効率的ではあるが、しかし、多くの家族は彼らが最も馴れ親しんでいる医療施設で人生の最期を迎えることを望む。

小児中間施設における予期せぬ結末や欠点について

●親は自宅での受け入れを彼らのライフスタイル、雇用や他の観点から、子どもの退院を受け入れない傾向にある。
●十分に改善する見込みのない児、あるいは進行性に悪化する SMID 児（特に

医療機器に依存している児）について、急性期病院がその代替の移転場所を持たないこと。

●長期に医療を必要とする児について当初はその予後について予測がつかず、しかし結果的に、その多くは SMID のような改善する見込みがない障害をもつようになること

●21 才の誕生日を迎えても転院する先がないこと

●自宅から遠方にあるため、家族の訪問、参加やトレーニングの機会が制限されること

日本へ訪問することで、施設や医師たちについての印象や考え

●日本は CMCD や SMID 児に対し包括的なケアを提供する点において、アメリカと下記の共通点がある。

〇多くの地域で CMCD や SMID 児に対し、家族が便利にアクセスし、ケアに参加するに十分なベッドが不足していること

〇在宅医療を支える訓練された小児科スタッフが地理的に不足していること

〇CMCD や SMID 児をケアするのに十分な地域開業医や意欲を持った地域の医師が限られていること

〇レスパイトサービスが限定的であること

〇CMCD や SMID 児を有する施設から、訪問看護師、医師や機器提供者に対する還元が少ないこと

〇政府の財政支援が増強することについて明確でないこと

●日本は SMID 児のケアを調整することついて、より強固な関与を示していること

〇幼児期から成人期まで一貫したケアの継続を提供していること

〇SMID 者へのケアを専門にしている方への謝意が存在すること

〇国が SMID 者に方向性や調整力を持っていること

〇松葉佐先生が講演された「ホームケアが必要な Persons with Profound Intellectual and Multiple Disabilities （PIMD）者への多重サポート」に示された、施設とケア提供者間の重要な関係性を認識していること

今後への展開に寄せて

●私がかつて思いを寄せていなかったが、しかし CMCD 児の在宅ケアのゴールに非常に関連することとしては、在宅医療提供者へのトレーニングがある。しばしば米国において、ある家族に、今後予想される児の気管切開、人工呼吸器を装着することやその他の問題を対処させるためには数週間もの時間が必要である。ある在宅を専門とする業者はそのような特別な職能を持つナース licensed vocational nurse (LVN)を訓練するのに平均約 1.5 年も必要である。曽根先生と

松葉佐先生の「PIMD 者に平時医療ケアを提供する人の実践―多国間比較」の調査では、国際間に多くの差があり、その国独自のライセンスをもった、異なった職種を有する人たちの実践があるとしている。CMCD/SMID 児へのサービスニーズの異常な増大を考えると、これらの人々の典型的なケアニーズに対処するための、複雑すぎず長すぎないナースの研修プログラムを考えるべきである。

●もう一つの問題は、以下に述べるいくつかの点、すなわち急性期患者のケア、移行/中間施設ケア、長期入院児のケア、在宅ケア、CMCD/SIMD 児をケアする多種な専門家のクリニックや医師のトレーニングなど、多岐にわたる問題について、いかにバランスよくサポートするかが課題である。これらシステムのそのいずれか一つのキャパに欠如が生じることは、容易に他の要素への加重や有効なケアの欠如を意味する。カルフォルニアにおける経験では、すぐに回復しそうにない児への長期的ケアの選択枝の欠如が、そのまま CMCD 児を在宅に帰す中間施設のオーバーフォローを意味していた。カリフォルニアにおいては、中間施設がバランスよく配置することができないことにより、同じ地域において ICU 滞在期間の長期化を余儀なくされている。

結論

●小児の中間施設プログラムは、コスト面で NICU や PICU への負担なしに移行期ケアを提供することができ、さらに CMCD 児に対し、急性期から在宅に移行するにあたって、より正しい発達の機会を提供している。

小児中間施設/移行期ケアプログラムは、このような複雑なケアをできる医師や訪問看護師のサポートも含めた、より包括的なシステムに含まれるべきである。

CMCD/SMID 児者の増加を考える時、小児科医および地域開業医の教育機会をもっとサポートすべきである。

SMID 児者を包括的にケアする日本のプログラムは、ケアシステムのモデルになりうる。

江原伯陽　訳

Ⅱ.報告書(翻訳)

Preface

I was kindly requested by the Japanese Society of Rehabilitation for Persons with Disabilities, to tour facilities in Japan providing care for persons with disabilities, present my experience in the development of pediatric subacute facility services in the United States and consider whether such services in Japan could improve the efficiency and quality of care for persons with disabilities.

Background

For the past 20 years, I have been associated with a program in Northern California, USA, that provides long term transitional care for infants and children with complex medical conditions and disabilities (CMCD).

The development of comprehensive inpatient or residential services for CMCD children in the United States, in distinct contrast to Japan, has not been coordinated on a national level. Each of the 50 states through a combination of funding from the national and state governments have established services for CMCD children. These programs vary from states that provide a wide variety of outpatient and inpatient options to others that offer limited options. In general, between the ages of 18 and 21, services for persons with severe motor and intellectual disabilities (SMID) transition from pediatric to adult providers often with little if any transitional care coordination.

Generally, in large population centers, one or more hospitals specializing in the care of children with complex medical conditions exists. These hospitals develop referral programs to serve surrounding areas without specialized services. Services for CMCD children tend to be concentrated in metropolitan areas where a critical mass of CMCD children can support a wider range of care options.

The California experience

To outline the development of the California pediatric subacute program and put it into perspective with preexisting “traditional” programs, I would suggest considering separately the issues of care for children with complex conditions who will likely improve significantly over a long period of time and the care of children with likely permanent disabilities (SMID) that are unlikely to improve significantly and/or likely to progressively deteriorate despite treatment over years. It is acknowledged that this artificial grouping ignores, for this discussion, children whose long term medical condition trajectory is uncertain.

In California and most other states in the US, up until the mid-20th century, SMID children were either taken care of at home with limited services or in state institutions for the

developmentally disabled. In the mid-20th century, the public became aware and concerned with the quality of care in many of the state institutions and a parent driven movement forced the closure with transition of SMID children and adults to either home with government supported services or into small group government funded residential homes. The medical care coordination for SMID children varies from family practitioners to developmental specialty trained pediatricians. To the best of my knowledge, there are few training opportunities currently in the US specifically for SMID pediatric care.

In California, the care of children with complex medical conditions likely to improve with time was traditionally provided in acute care hospitals most often specialty children's hospitals. The explosive growth in medical knowledge since the mid-20th century provided more complex treatment options for many children whose conditions were previously incurable. The "byproduct" though was a small but increasing percentage of children whose condition or treatment complications necessitated a prolonged period for partial or complete recovery. Another arguably subjective trend adding to the CMCD population has been the transition away from a paternalistic approach to not offer non-beneficial treatment to the current widespread philosophy to offer any and all life sustaining treatments irrespective of cost, pain/suffering and other considerations.

Several studies from 1980 onward clearly demonstrated that pediatric specialty services, specifically in NICUs and PICUs, had an increasing percentage of children that required a labor intensive level of professional care for a prolonged period of time. There were major concerns with this trend as it often created NICU and PICU capacity limitation issues for the admission of children with acute conditions, was expensive typically defaulting to government funding and was a suboptimal environment for a child's mental and physical development.

The California pediatric subacute program was developed 20 years ago to target primarily this latter group. The goal was to develop a medical facility model focused on transitional care with staffing sufficient to care for CMCD children in a less restrictive more family focused environment. The development of this program required a demonstration project to prove that CMCD children previously cared for in an acute hospital intensive care environment could receive equal or better care in a more cost effective setting. Because of the high cost of medical care in the US, the vast majority of CMCD children's families have exhausted any private insurance and defaulted to government funding. It was therefore necessary to demonstrate to the state government funding agencies a significant cost benefit which was eventually achieved in 1995.

Currently in California (population 38.8 million ~9 million <18 y/o), there are currently 12 facilities with a total bed capacity of 393 CMCD/SMID children (1 bed/~23,000 children). The median length of stay of the one facility I am associated with is one year.

Broad perspective on other US care options for CMCD and SMID children

- Home care is generally accepted as the most appropriate option with substantial recent lobbying to preclude all other options. For many families, it is the most appropriate and fulfilling option. There are though identified problems that can make home care challenging including:
    - Parent exhaustion with often limited respite options
    - Home nursing service limitations due to availability, training and cost
    - Interference with parent employment
    - Mismatch between child's medical complexity and family capability
    - Confounding family psychosocial issues
    - Complex technology dependent medical care requirements (ventilator, TPN, ostomies, etc.)
    - Distance from specialized specialty & emergency services
- Group homes – government supported small residential facilities providing care typically for SMID persons. Typically very limited medically complex / technology dependent care supported.
- Medical day care – often partially government funded provide day care for CMCD and SMID children allowing for parent employment and/or daytime respite. Limited availability and unstable funding.
- Rehabilitation facilities – relatively limited capacity and treatment duration for children predicted to have potential for recovery and ability to participate in rehab programs.
- Hospice facilities – Most hospice services for children are provided in either pediatric hospital or home. Home hospice would be the most efficient but often families prefer to receive end-of-life services in the medical facility they are most familiar with.

Unintended consequences and downsides of a pediatric subacute service

- Parent(s) decline to accept discharge of children with conditions manageable in a home setting due to lifestyle, employment or other issues
- Lack of placement alternatives for acute care hospitals for referral of children with disabilities (SMID) that are unlikely to improve significantly and/or likely to progressively deteriorate (especially those with technology dependence).

- For children whose long term medical condition trajectory is initially uncertain, a significant number may eventually be determined to have disabilities (SMID) unlikely to improve
- Lack of placement alternatives for children after their 21st birthday
- Distance from family home limits visitation, participation and training opportunities

Impressions and Perspectives from my visits to facilities and physicians in Japan

- Japan has most of the same problems in providing comprehensive care of CMCD and SMID children that have been identified in the US including:
    - Shortage of beds in many areas to provide reasonably convenient family access to participate in the care of their CMCD/SMID child
    - Geographical deficiencies in the availability of pediatric trained personnel to support home care
    - Limited number of community physicians with the knowledge and willingness to care for CMCD/SMID children
    - Limited respite services
    - Poor reimbursement for CMCD/SMID children services to home nurses, physicians and equipment providers
    - Ever evolving government funding uncertainty
- Japan demonstrates a stronger commitment to the coordinated care for those with SMID
    - Providing continuity of care from childhood through adulthood
    - Acknowledgement of the specialty of caring for SMID persons
    - National government direction and coordination of services for SMID
    - Recognition of the critical interrelationships between facilities and providers as demonstrated Dr. Matsubasa's presentation "Possible multi-layered support system of home-care patient with PIMD"

Thoughts for further consideration

- One issue I had not previously considered but very relevant to the goal of supported home care for CMCD children is consideration of the training of home health care providers. Not infrequently, preparation for a family to provide home ventilator care for their child in the US will take a few

weeks after which parents would be expected to manage tracheostomy, ventilator and all related problems. A professional home agency though would have to provide at minimum a licensed vocational nurse (LVN) whose training is typically 1.5 years. The research by Drs. Sone and Matsubasa “Delivery of Daily Health Care (medical care) for the Persons with Profound Intellectual and Multiple Disabilities (PIMD) – practice in various countries” demonstrated the wide variation internationally in the scope of practice of different persons holding certifications often unique to their country. Considering the disproportional increasing need for services for CMCD and PMID persons, there should be consideration of a program of training for support professionals less complex and lengthy as a nurse education program covering the typical care needs of these persons.

- Another issue is supporting a balanced system of resources including acute inpatient care, transitional/subacute care, long term residential care, supported home care, multispecialty complex care clinics and physicians trained in CMCD/SIMD care. The lack of capacity in anyone element of the system can easily overload another less appropriate and effective care option. In the California experience, the lack of long term care options for children not likely to recover tends to overload the subacute facilities specialized in transitioning CMCD children to home care. The lack of a balanced geographical distribution in California also tends to force more prolonged ICU stays in some areas.

Conclusions

- A pediatric subacute program can provide cost effective transitional care unburdening NICU/PICU’s and providing more developmentally appropriate support for CMCD children in their transition from acute care to home
- A pediatric subacute / transitional care program needs to be integrated into a comprehensive system including complex care physicians and home nursing/therapy support
- Considering the increase in CMCD/SMID persons, pediatric training programs and community physician education opportunities should receive more support
- Programs in Japan for the comprehensive care of SMID persons from infancy to adulthood can serve as a model for care systems

若手研究者育成活用事業

障がい者スポーツの競技特性に応じた神経筋機能の適応

小林　裕央
東京大学大学院総合文化研究科

本稿は、平成 26 年 1 月 19 日から平成 26 年 3 月にかけて、厚生労働科学研究費補助金（障害者対策総合研究事業（身体・知的等障害分野））「障害者のスポーツにおける障害と種目特性に関連した競技力向上等に関わる研究」（平成 24 年度～26 年度）に従事し、研究活動を行なった際の成果報告である。平成 26 年度は普段スポーツ活動に取り組んでいる肢体不自由者を対象に、長期的に取り組む競技の種類によって神経筋機能の適応にどのような特徴の違いがあるのかを、上肢の筋力、敏捷性を比較し、検証した。以下に、その成果について報告する。

1. はじめに

1948 年、ドイツ出身の神経学者であるルートヴィッヒ・グットマンがストーク・マンデビル競技大会を開催して以降、障害者スポーツは今日に至るまで目覚ましい発展を遂げた。例えば、1948 年の第 1 回ストーク・マンデビル競技大会は 16 名の脊髄損傷を持つ選手のみの参加だったが（Silver 2012）、第 1 回目のパラリンピックと位置付けられている第 9 回ストーク・マンデビル競技大会（1960 年）では 23 ヵ国 400 人が参加するまでに拡大し、さらに 2012 年のロンドン・パラリンピックでは実に 164 ヵ国から 4310 人の選手が参加するまでに拡大した。現在ではスペシャルオリンピックスやデフリンピックなどと合わせ、障害者スポーツは大規模な国際大会を開催するまでになった。その経緯の中で、当初は脊髄損傷者のリハビリテーションの一環としてスポーツに取り組むといった位置づけだったが、今日ではレクリエーションとして楽しまれるだけでなく、競技としても高いパフォーマンスレベルで競われるようになり、障害者スポーツは多くの人々に幅広い形で取り組まれるようになった。

障害者スポーツにおいても体力要素は競技パフォーマンスに大きく影響するが、障害者スポーツ選手の場合、個々によってその特徴が大きく異なる（Bhambhani 2002）。例えば、夏季競技における脊髄損傷者の有酸素性運動能力を比較した報告によると、ピーク酸素摂取量は車いすマラソン選手が他の競技選手と比べて高く、次に車椅子バスケットボールや車いすテニスといった間欠的な運動が特徴の競技で高い値を示した。一方、アーチェリーや射撃といったほとんど持久性能力を必要としない競技では、上肢運動中のピーク酸素摂取量はかなり低く（Veeger ら 1991）、競技によって障害者スポーツ選手の有酸素能は異なる適応があることが示された。また、冬季競技選手を対象に各種体力項目を比較した Bernardi ら（2012）の報告では、車いすカーリング、アルペンスキー、アイススレッジホッケーと比べてノルディックスキー選手のピーク酸素摂取量が大幅に高かったが、上肢筋力はアルペンスキーやアイススレッジホッケー選手の方が高かった。さらに、被験者数こそ少ないが、各競技内でメダリストなどのベストパフォーマーとそれ以外の選手間で比べたところ、アルペンスキー、ノルディックスキー、アイススレッジホッケーは、ベストパフォーマーのピーク酸素摂取量はそれ以外の選手よりも高い値を示したが、車いすカー

リングではベストパフォーマーの方が大幅に低い値を示した。このように、障害者スポーツ選手においても長期に渡って競技に取り組むことで、体力要素に競技特性が生じ、その能力は強く競技力に関連していることが示されている。一方、競技にあまり必要とされない体力要素については、競技力とは必ずしも関連しないようである。

競技特性と同様に、障害者スポーツ選手では、その障害特性もまた体力要素に大きな影響を及ぼす。例えば脊髄損傷者の場合、対麻痺者と比べて四肢麻痺者のピーク酸素摂取量は著しく低いことが報告されている（Bhambhani 2002）。これは主に自律神経障害の影響によるものだが、頸髄レベルで損傷があると胸髄の上位レベルに支配されている交感神経調節が傷害されているため、四肢麻痺者は交感神経活動の亢進による心拍の上昇が上手く行われず、かなりの運動強度で活動しても心拍数の上昇は 120 bpm 程度にとどまってしまう（田島 2005）。結果として、酸素需要と心拍数は相関関係にあるためピーク酸素摂取量も低くなる。これに関しては、運動によって脊髄損傷者とそん色ない程度までトレーナビリティが見られたという報告は見当たらないため、長期のスポーツ活動やトレーニングを行ったとしても障害による影響を上回るだけの効果を得ることは難しいと考えられる。

神経筋機能の働きは、競技力向上に必要な素早い反応や正確性の高い動作、そして協調性の高い動作を実現させる上で極めて重要な役割を担う。特に、下肢に障害がある肢体不自由者にとって、上肢運動に関連する神経筋機能の向上は欠かせない。その機能を評価する方法のひとつに反応時間課題がある。主な課題としては、単純反応時間、Go/Nogo 反応時間、選択反応時間があり、単純反応時間は認知運動スキルの測定に広く用いられる。単純反応時間は光や音刺激に対し、どれだけ早く反応出来るかを調べるものだが、それは刺激が提示されてから反応するまでの時間（Reaction time: RT）、反応してから運動課題を遂行するまでの時間（Motor time: MT）に区別され、その両者を合わせた時間が総反応時間（Total reaction time: TRT）として評価される。Go/Nogo 反応時間、選択反応時間は提示された刺激に対し反応するか抑制するか、あるいは提示された刺激を認識して選択的に反応する能力の評価法であり、主には、事象関連電位から随意的な抑制を行った際の脳波を調べる研究で多く用いられている（Fujiyama ら 2011）。また、球技など素早い意思決定が求められる競技などでは、それに関連する能力が発達していることが報告されている。例えば、スイングするかしないかの素早い判断が求められる野球選手では、Go/Nogo 反応時間がその競技スキルの違いによって異なることが報告されている（Kida ら 2005）。これらは障害者スポーツに取り組む人たちの個々の神経筋機能や競技特性を調べる上で重要な知見を提供できる可能性があるが、現時点でそのような研究は見当たらない。

反応時間課題では、指先でボタンを押す反応課題やその場で素早く跳躍する全身反応時間がる。前者のボタン押し反応時間はボタンを押す運動時間、すなわち MT がほとんど時間を要さないため、RT に関連する神経系の働きをより純粋に評価することができる。一方、刺激に反応して跳躍する全身反応時間は、指先の運動と比べて多関節の協調運動を必要とし、さらに下肢までの神経伝達の距離があるため、ボタン押し反応課題と比べて MT が長く、結果として TRT は長くなる。身長や肢長の影響もあるが、反応課題を比較することで、短距離走のスタート時の反応や、打球に対する素早い反応に関連する機能を評価することが出来る。本研究では下肢に障害がある脊髄損傷者なども対象にして幅広い競技間の比較を行うため、ボタン押し反応時間課題を用いて障害や競技特性を評価することとした。

研究目的

本年度は、肢体不自由の障害者スポーツ選手を対象に、ボタン押し反応課題を用いて上肢の神経筋機能が競技特性によって違いがあるのか、また、握力を合わせて測定し、筋力との関連はあるのかについて比較、検討することとした。

2. 方法

対象者

対象は、日常的にスポーツ活動を行っている肢体不自由者 92 名（男性 51 名、平均年齢：32 ± 9.0 歳、女性 41 名、平均年齢：31 ± 9.1 歳）とした。各被験者が取り組んでいる競技は、陸上競技、車いすテニス、車椅子バスケットボール、ウィルチェアラグビー、シッティングバレーボール、アルペンスキー、アイススレッジホッケー、クロスカントリースキー・バイアスロンで、平均競技年数は 9.1 ± 5.8 年（1-28 年）だった。また、被験者の障害については、頸髄損傷、ギランバレー症候群、シャルコー・マリー・トゥス病、脊髄損傷、脊髄腫瘍、二分脊椎、切断、関節機能障害、脳性まひ、その他上下肢の機能障害が含まれていた。

測定内容

測定は筋力評価として握力、またボタン押し反応時間を単純反応課題と Go/Nogo 反応課題を用いて評価した。各課題は右手で行ってもらい、右側に切断、欠損や著しい機能障害等により課題が遂行できない場合のみ、左手で行ってもらった。

測定方法

握力は握力計（竹井機器工業、グリップ-D、T.K.K.5401）を用いて 2 回ずつ計測し、最大の値を記録した。測定は座位選手の場合、車いすか椅子に座った状態で行い、立位選手は直立した状態で行った。対象者は自身の体側で握力計を握り、検者の合図に合わせて全力で握ってもらった。また、障害によって測定が出来ない場合は測定を除外した。

ボタン押し反応時間課題は専用に作成した反応時間装置を用いて行った。刺激は LED を用いた光刺激とし、単純反応課題と Go/Nogo 反応課題の 2 種類を行ってもらった。被験者には車いすか椅子に座った状態で装置に軽く手を置いてもらい、目の前に設置された LED が光ったら、右手（障害等により出来ない場合は左手）第 2 指で装置のボタンを出来る限り素早く反応して押してもらった。なお、第 2 指はボタンに触れた状態で準備してもらい、ボタンを押すまでの動作や指を動かす距離に個人差が出ないようにした。被験者には実施前に LED がしっかりと見えているかを確認してから実施し、ボタンを押す動作に関連する部位以外は極力リラックスしてもらい、より素早く反応出来るよう、目の前の LED に集中するよう指示した。

単純反応課題は、準備合図（黄色 LED）が光った後、青色 LED が点灯してから素早く反応してボタンを押すまでの時間を計測した。光刺激（青色 LED）は準備合図が光ってから 0.5-2.0 秒後に提示され、被験者がタイミングを合わせたりしないよう、その時間はランダムとした。一方、Go/Nogo 反応課題は Go 刺激（青色 LED）と Nogo 刺激（赤色 LED）がランダムで提示され、Go 刺激に対してのみ素早く反応してボタンを押し、Nogo 刺激が提示された場合はボタンを押さない選択反応課題とした。単純反応課題は全部で 5 回行い、最も早い記録と最も遅い記録を抜かした 3 回分の平均値を記録とした。Go/Nogo 反応課題は Go 刺激が 5 試行分記録されるまで行い、単純反応課題と同様、中間の 3 回分の平均値

を記録とした。

データ解析

握力、単純反応時間、Go/Nogo 反応時間それぞれの関係性を調べるために、ピアソンの相関係数を用いた。また、上肢に麻痺症状のある頸髄損傷者やギランバレー症候群、シャルコー・マリー・トゥス病については胸椎レベル以下の脊髄損傷やその他障害の選手と比べて上肢機能が著しく低下しているため、それらの選手が含まれる車いすテニスについてはグループを分けて比較を行った。

結果

各群の握力、単純反応時間、Go/Nogo 反応時間の男女別のデータを表 1 にまとめた。握力は左右ともに女性（右：31.2 ± 5.5 kg、左：29.8 ± 5.0 kg）よりも男性（右：44.6 ± 13.1 kg、左：39.5 ± 14.4 kg）の方が高かった。また競技別の比較では、男性対象者の中ではアルペンスキー（AS）が 54.1 ± 6.0 kg と最も高く、続いて陸上競技（TR）が 51.2 ± 10.7 kg だった。一方、上肢に麻痺症状がある頸髄損傷者やギランバレー症候群が含まれる車いすテニス（WTc）やウィルチェアラグビー（WR）では、握力が他の群と比べて著しく低かった。また、女性対象者における競技間比較では、陸上競技（TR、27.5 ± 0.9 kg）とクロスカントリースキー（CS、35.0 ± 2.8 kg）の間で 7.5 kg の違いはあったが、全体的に大きな差はなかった。

表 1. 各群の握力、単純反応時間、Go/Nogo 反応時間

Sports	*n*	Grip strength (kg)	Simple reaction time (ms)	Go/Nogo reaction time (ms)
Men				
WT	5	49.5 ± 8.2 (60.0)	185.1 ± 10.5 (173.7)	247.5 ± 16.7 (223.0)
WTc	3	17.0 ± 5.7 (21.0)	206.1 ± 16.7 (187.0)	297.1 ± 68.9 (247.0)
WR	18	26.7 ± 12.4 (41.6)	205.9 ± 18.8 (169.0)	—
TR	3	51.2 ± 10.7 (59.0)	192.6 ± 4.6 (187.3)	228.9 ± 16.7 (211.7)
AS	5	54.1 ± 6.0 (62.5)	194.3 ± 22.5 (170.7)	252.8 ± 51.4 (193.7)
CS	1	42.0	285.7	329.3
ISH	17	46.2 ± 9.4 (61.0)	197.6 ± 23.3 (165.7)	280.5 ± 45.8 (239.7)
Women				
WT	3	30.8 ± 5.3 (45.4)	198.9 ± 31.0 (177.0)	281.8 ± 47.1 (233.3)
WB	23	32.6 ± 5.7 (45.4)	199.0 ± 23.0 (156.3)	260.3 ± 38.4 (182.7)
SB	8	27.6 ± 4.7 (34.0)	215.9 ± 25.7 (192.7)	288.2 ± 46.9 (226.7)
TR	3	27.5 ± 0.9	230.6 ± 53.9 (175.3)	371.2 ± 228.9 (199.0)
AS	1	34.0	184.3	259.0
CS	2	35.0 ± 2.8 (37.0)	204.3 ± 37.2 (178.0)	284.5 ± 42.7 (254.3)

値は平均値±標準偏差（カッコ内は各群の最高値）。WT：車いすテニス、WTc：車いすテニス（頸髄損傷、ギランバレー症候群の選手を含む）、WR：ウィルチェアラグビー、TR：陸上トラック競技、AS：アルペンスキー、CS：クロスカントリースキー、WB：車椅子バスケットボール、SB：シッティングバレーボール。*n* = 対象者数。

ボタン押し単純反応時間は男性選手が 200.7 ± 23.4 ms、女性選手が 204.7 ± 27.2 ms と男性選手の方がやや早かったが、握力と比べるとその差は小さかった。また男性選手にお

ける競技別の比較では、クロスカントリースキー（CS）の選手が 285.7 ms と大幅に遅かったが、車いすテニス（WTc）が 206.1 ± 16.7 ms、ウィルチェアラグビー選手（WR）が 205.9 ± 18.8 ms と他の競技と比べてやや遅かった。また、その他の選手を含む車いすテニス（WT）は 185.1 ± 10.5 ms と最も早く、続いて陸上競技（TR）、アルペンスキー（AS）、アイススレッジホッケー（ISH）の順だった。

また女子選手では、アルペンスキー選手（AS）が 184.3 ms と最も早く、車いすテニス（WT）、車椅子バスケットボール（WB）がそれに続いた。それ以外は平均で 200 ms を超え、クロスカントリースキー（CS）、シッティングバレーボール（SB）、陸上競技（TR）の順だった。

Go/Nogo 反応時間は男性選手が 269.9 ± 46.7 ms、女性選手が 277.0 ± 70.4 ms とこちらもやや男性選手の方が早かったものの、男女間で大きな差はなかった。男性選手における競技別の比較では、陸上競技（TR）が 228.9 ± 16.7 ms と最も早く、続いて車いすテニス（WT）が 247.5 ± 16.7 ms、アルペンスキー（AS）が 252.8 ± 51.4 ms と続いた。また、女子選手ではアルペンスキー（AS）が 259.0 ms と最も早く、車椅子バスケットボール（WB）が 260.3 ± 38.4 ms だった。そして、陸上競技の選手が 371.2 ± 228.9 ms と 1 名大幅に遅かった影響もあって他の群よりも平均で大きく差があったが、それ以外は 280ms 台だった。

Go/Nogo 反応時間は単純反応時間に比べより長い時間を要するが、これは提示された光に応じて反応し、ボタンを押すか押さないかの判断に費やされる時間としてみなすことが出来る。男性選手の中では、車いすテニス選手では、WTc が 91.0 ± 58.1 ms に対し WT が 62.3 ± 24.7 ms と短かった。陸上競技（TR）が 36.3 ± 12.5 ms と最も短く、続いてアルペンスキー（AS）が 58.5 ± 55.3 ms、アイススレッジホッケー（ISH）が 82.9 ± 47.4 ms だった。また、女子選手では、車椅子バスケットボール（WB）が 61.3 ± 33.9 ms と最も短く、シッティングバレーボール（SB、72.3 ± 37.6 ms）、アルペンスキー（AS、74.7 ms）、クロスカントリースキー（CS、80.2 ± 5.4 ms）、車いすテニス（WT、82.9 ± 23.2 ms）、そして陸上競技（TR、140.7 ± 180.1 ms）だった。

身長、体重、握力、単純反応時間、Go/Nogo 反応時間の各項目間の関係性を調べるために、ピアソンの積率相関係数を用いてどこに関連があるのかを評価した。反応時間は身長や上肢長に影響を受けるため、個々の反応時間は単に身長の高さによるものなのかを検討したが、身長と両反応時間の間には有意な関係性はなかった。握力は身長（$r^2 = 0.06$、$p = 0.04$）、体重（$r^2 = 0.17$、$p < 0.01$）、単純反応時間（$r^2 = 0.07$、$p = 0.018$）と有意な関係性はあったが、極めて弱い相関だった。単純反応時間と Go/Nogo 反応時間については中程度の相関が見られた（$r^2 = 0.32$、$p < 0.01$）。

考察

本研究は、普段スポーツ活動に取り組む肢体不自由者を対象に、上肢機能における競技特性をしらべるために握力および 2 種類の反応時間課題を行った。ヒトの神経筋機能は長期にわたる身体活動のタイプによって異なる適応を示すが（Enoka 1997）、身体に障害がある場合、その適応は各種障害が持つ特性の影響も受ける。本研究では、全身持久性、走力、跳躍力といった主に下肢機能を重点的に強化する必要のある立位競技者と、車いす操作や駆動力、ボールや用具を扱う上肢の機能が重要な車いす（座位）競技者の上肢機能の幅広い競技特性を調べた。その結果、握力では立位、座位といった違いや競技特性による違いというよりは、むしろ個々の選手の筋力レベルに依存する結果だった。例えば、男子

では座位競技のアルペンスキー（AS）が最も高かったが、女子ではクロスカントリースキー（CS）が最も高く、続いて男子では陸上競技（TR)、車いすテニス（WT)、女子ではアルペンスキー（AS)、車椅子バスケットボール（WB）の順だったが、握力がある競技の特性を反映するという傾向はなかった。一方、頸髄損傷者やギランバレー症候群が含まれる車いすテニス（WTc）やウィルチェアラグビー（WR）は他の競技と比べ握力が大幅に低く、その障害特性が表れていた。

単純反応時間は男子では車いすテニス（WT)、陸上競技（TR)、アルペンスキー（AS）が早く、アイススレッジホッケー（ISH）も 197.6 ms と早い値を示した。一方、女子でもアルペンスキー（AS)、車いすテニス（WT)、車椅子バスケットボール（WB）がそれぞれ 200 ms 以下と早い値を示した。単純反応時間は認知運動スキルを評価する指標のひとつだが、単純反応時間は運動スキルの違いや競技特性を反映しないことがこれまでの研究で報告されている（Kida ら 2005、Mero ら 1989、Nielsen ら 1985）。例えば、Mero ら（1989）の報告によると、少年のテニス選手と同等の運動量の対照群との間では単純反応時間に差は見られなかった。さらに、Kida ら（2005）の報告では、単純反応時間は野球選手、テニス選手、非運動群の間で違いはなく、また各スポーツでのスキルレベルによる違いもなかった。本研究では、車いすテニス（WT)、アルペンスキー（AS)、アイススレッジホッケー（ISH)、および車椅子バスケットボール（WB）といった球技や高速で滑走する中で状況に応じて素早い反応や判断が求められる競技で反応時間が早かったため、先行研究とは異なり、普段行っている競技の特性が表れた傾向が見られた。一方で、陸上競技（TR）は、男子は 192.6 ms と早かったが、女子は女子の中でも最も遅い 230.6 ms だった。今回は主に短距離や跳躍種目を行っている選手が対象となったため、特に短距離でのスタート反応などには素早い反応が求められるが、男子と女子ではその傾向が大きく異なったことから、陸上競技で求められるような反応の能力はボタン押し反応課題では十分に評価できないこと、また、握力と同様に基本的な体力項目のため、競技特性というよりは、個々の選手の体力レベルの高さに依存していることが考えられる。また、男子においてはクロスカントリースキー（CS）の 1 名が大幅に遅かったが、上肢に障害のある車いすテニス（WTc）やウィルチェアラグビー（WR）は他の競技よりもやや遅かったのは、握力と同様、障害特性が基本的な体力項目に対し影響を及ぼしたものと考えられる。

Go/Nogo 反応時間は提示された光刺激の色に応じてボタンを押すか、その動作を抑制するかの意思決定を必要とするため、単純反応時間よりも課題遂行時間は長くなるが、これまでの報告では、競技特性による差が見られたことが報告されている（Kida ら 2005）。本研究では、男子では陸上競技（TR)、車いすテニス（WT)、アルペンスキー（AS)、女子では車椅子バスケットボール（WB)、アルペンスキー（AS)、車いすテニス（WT）の順で早く、単純反応時間とほぼ同様の傾向だった。Kida ら（2005）の報告では、野球選手テニス選手、非競技者を対象にボタン押し反応時間を比較した結果、単純反応時間では競技間、スキルの差による違いはなかったが、Go/Nogo 反応時間ではテニス選手、非競技者に比べ、野球選手は有意に早く、またスキルの差による違いが見られた。Mero ら（1989）は少年テニス選手と同年代の非運動群を比較したところ、選択反応時間のみテニス選手の方が有意に早かった。本研究の対象者は、野球の打撃動作のような準備状況にある動作に抑制をかけて止めるという局面がほとんどないため、Go/Nogo 反応時間では競技特性が反映されなかったものと考えられる。男子の陸上競技選手（TR）については、握力も高いこ

とから個々の体力レベルが高いこと、女子の車椅子バスケットボール（WB）が早かったのは、単純反応時間に関連する能力が Go/Nogo 反応時間の数値にも影響を与えているものと考えられ、両者の関係性は $r^2 = 0.61$（$p < 0.001$）と高かった。このことから、今回の対象者については、単純反応時間の方がその競技特性を反映したものと考えられ、より競技特性を捉えるためには、選択反応時間やその他上肢機能を評価する指標を用いる必要がありそうである。

また、単純反応時間と Go/Nogo 反応時間の間には中程度の相関はあったが、握力との関係性は有意な関係性がないか、有意であっても極めて低い関係性だった。このことは、反応時間と握力では、長期にわたるスポーツ活動による適応はそれぞれ別であることを示唆するものである。一方で、今回は競技によっては 1 名しか測定データが得られなかったこともあり、より詳細な競技特性などを評価することが出来なかった。今後は、さらに対象者数を増やし、これら上肢機能がどのような競技特性を有するのか、そして、異なる評価を用いてさらに詳細に障害者スポーツに取り組む人たちの競技別の体力特性を明らかにしていきたい。

成果のまとめ

本年度の成果として、障害者スポーツの各種競技の上肢神経筋機能（握力、単純反応時間）を比較し、握力は男性選手においては、陸上競技や握力といった高い筋力を必要とする競技で高く、頸髄損傷など障害の影響が大きい競技においては低い値を示すことが明らかとなった。また、競技間の筋力差は大きかった。一方、女性選手の比較では、男性選手と比べると競技間における差が小さく、男性選手の方が競技特性がより反映されることが示唆された。また、単純反応時間は握力と比べると男女間の差は小さかったが、車いすテニス、車椅子バスケットボール、アルペンスキー、アイススレッジホッケー、陸上競技といった球技や素早いスタート反応が必要な競技の選手で早い傾向が見られた。国内においては、まだまだ障害者スポーツを対象とした体力要素に関する研究報告が少なく、まだその特徴は十分には明らかとなっていない。本研究は障害者スポーツ選手の握力、単純反応時間を調べて上肢機能を横断的に比較、検討した点では非常に価値があるものの、競技力に関連する体力要素はこれら以外にも様々な要素があるため、引き続き検証を進めて行く必要がある。今後は基本的な体力要素の比較、検証とともに、より競技に特化した体力要素も調べることで、障害者スポーツ選手の体力を総合的に検討していく。

引用文献

1. Bernardi M, Carucci S, Faiola F, Egidi F, Marini C, Castellano V, Farina M (2012) Physical fitness evaluation of Paralympic winter sports sitting athletes. *Clin J Sports Med* 22:26-30.
2. Bhambhani Y (2002) Physiology of wheelchair racing in athletes with spinal cord injury. *Sports Med* 32:23-51.
3. Enoka RM (1997) Neural adaptations with chronic physical activity. *J Biomech* 30:447-455.
4. Fujiyama H, Tandonnet C, Summers JJ (2011) Age-related differences in

corticospinal excitability during a Go/Nogo task. *Psychophysiol* 48:1448-1455.

5. Kida N, Oda S, Matsuura M (2005) Intensive baseball practice improves the Go/Nogo reaction time, but not the simple reaction time. *Cogn Brain Res* 22:257-264.
6. Mero A, Laakola L, Komi PV (1989) Neuromuscular, metabolic and hormonal profiles of young tennis players and untrained boys. *J Sports Sci* 7:95-100.
7. Nielsen D, Mcgown C (1985) Information processing as a predictor of offensive ability in baseball. Percept Mot Skills 60:775-781.
8. Silver JR (2012) Ludwig Guttmann (1899-1980), Stoke Mandeville Hospital and the Paralympic Games. *J Med Biogr*. 20:101-105.
9. 田島文博（2005）自律神経障害. *NPO 法人日本せきずい基金 脊損ヘルスケア：基礎編 第 4 章.* pp. 43-56.
10. Veeger H, Hadj Yahmed M, van der Woude LH, Charpentier P (1991) Peak oxygen uptake and maximal power output of Olympic wheelchair dependent athletes. *Med Sci Sports Exerc* 23:1201-9.

平成２６年度　障害者対策総合研究推進事業
障害者政策総合研究事業
（身体・知的等障害分野及び感覚器障害分野）

平成２７年３月　発行

発　行　　公益財団法人　日本障害者リハビリテーション協会
〒162-0052　東京都新宿区戸山１丁目 22 番１号
（戸山サンライズ内）
電　話　　(03) 5273-0601
ＦＡＸ　　(03) 5273-1523