

スポーツ競技者の尺骨神経伝導速度

— 剣道, バドミントン, ソフトテニス競技者と一般群との比較 —

八田有洋*・西平賀昭**・竹宮 隆**・下田政博**・李 蒼明***

Ulnar Nerve Conduction Velocity in Athletes

— comparison between kendo, badminton, soft tennis players and nonathletes —

Arihiro HATTA*, Yoshiaki NISHIHARA**, Takashi TAKEMIYA**,
Masahiro SHIMODA** and Lee CHANGMING***

We investigated some effects of training on motor nerve conduction velocity (MCV) and distribution of motor nerve conduction velocity (DMCV) by measuring MCV and DMCV of athletes and nonathletes. Using the collision method, MCV and DMCV were measured from the ulnar nerve in the forearm and the action potential measured from the abductor digiti minimi muscle in 20 athletes and 7 nonathletes. Our experiments obtained the following results; 1) MCV of dominant limbs in kendo and badminton players was faster than that in nonathletes. 2) DMCVpeak of dominant limbs in kendo and badminton players was faster than that in nonathletes. 3) DMCVpeak of dominant limbs was faster than that of nondominant limbs in kendo players. 4) A positive correlation was found between MCV and DMCVpeak.

We conclude that long-term training influences not only MCV but also DMCV.

Key words : collision method, ulnar nerve, MCV, DMCV

緒言

Erlanger and Gasser⁶⁾の研究報告以来, 神経の伝導速度に関する研究が数多く報告されている^{4,9,15,16,21,25)}。特に, ヒトにおいても非観血的, 経皮的に神経を刺激することによって最大神経伝導速度 (MCV) が測定可能となり, 発育発達に応じた MCV の推移や男女間の差, 利き側, 非利き側間の

差や測定部位の差などを報告している^{5,13,25)}。しかし, この従来の測定方法では MCV しか測定できず, 被験神経束を構成する個々の神経線維の伝導速度を測定することができないという限界があり, 現在, 多くの研究者らが改善の努力を試みている^{1,10,11,12,14,20,26,27)}。

近年, スポーツ科学の領域でも長期のトレーニング

* 筑波大学体育科学研究科 (〒305 つくば市天王台1-1-1)

* Doctor Program in Health and Sport Sciences, University of Tsukuba, 1-1-1, Tennodai, Tsukuba, Ibaraki, 305

** 筑波大学体育科学系 (〒305 つくば市天王台1-1-1)

** Institute of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba, 1-1-1, Tennodai, Tsukuba, Ibaraki, 305

*** 市立亜東工専 (台北県板橋市四川路2段58号)

*** Oriental Institute of Technology 58, szu-chuanrd, sec 2, Panchiao Taipei, HSIGN, Taiwan (R.O.C.)

グを積んだ競技者の MCV は、一般健康成人との間に差があるかどうか測定した報告がある^{13, 17, 23, 24)}。これらによると、差がないという報告と長期のトレーニングを積んだ者の MCV が速いとする報告などがあり、一致しない。また、パワートレーニング競技者がマラソンランナーよりも速い伝導速度を有し、利き側のほうが速いとする報告¹³⁾もあり、未だ不明確である。また、Takano et al.²⁸⁾ は、身長と MCV との関係を 690 例以上について調べ、身長と MCV は逆相関の関係にあることを報告している。さらに、Takano et al.²⁸⁾ は、熟練度の高いピアニストは一般健康成人よりも MCV が速いと報告し、その理由としては、トレーニング効果であるかもしれないと考察している。このように、MCV に及ぼす長期トレーニング効果があるかどうか、あるいはまた、先天的に神経線維の直径が大きい者を対象に測定したために一般健康成人よりも速い伝導速度値を示したのかも未だ不明確な現状である。

そこで、本研究では掌握動作を伴うスポーツ競技者の一例として剣道競技者とバドミントン競技者、ソフトテニス競技者を用い、特定の運動を行ったことのない一般群を対象として近年新しく開発された Collision 法^{26, 27)}を用い、MCV と伝導速度分布 (DMCV) を測定し、スポーツ競技者の MCV は一般健康成人よりも速いかどうか、また、利き側と非利き側間に差があるかどうか、長期にわたり行ってきたスポーツ種目間にも差があるかどうか、さらに DMCV においてもスポーツ競技者と一般健康成人との間には差があるかどうか検討したので報告する。

方法

被験者には健康な筑波大学生を用い、実験主旨を

説明したうえで実験参加の同意を得た。スポーツ競技者群として剣道競技者男性 6 名、バドミントン競技者男性 3 名、女性 3 名の計 6 名、ソフトテニス競技者男性 8 名を用い、一般群には特定の運動経験のない男性 7 名を用いた。被験者の身体特性を Table.1 に示す。被験者にはまず、利き側、非利き側の調査をアンケートにより行い、それぞれを決定した。

被験者は、測定に入る前に 30 分以上安静を保ち、シールドルーム内の環境温度に十分適応させた後、皮膚温測定用のサーミスタセンサーとアース電極を前腕に装着した。被験者にシールドルーム内で座位をとらせ、刺激電極と誘導電極の装着部位をアルコール綿で清拭し、誘導電極には脳波用の電極のりをつけ、約 2 cm 間隔において被験神経の支配筋筋腹に電極を、遠位部の腱に近いところに不電極を装着した。被験神経は尺骨神経とし、筋電図の誘導には小指外転筋を用いた。

DMCV の測定には、橋の方法に準じた Collision 法^{26, 27)}を用いた。皮膚温の安定を確認してから測定を開始し、刺激の持続時間は 0.3 msec、刺激強度は最大上刺激 (supramaximal stimulation, 90-100V)、刺激頻度は 1Hz で行った。刺激間隔はシグナルプロセッサによって自動的に計算し、パルスコントローラを介して 2 台の刺激装置を駆動させた。そして、M 波の増加量と刺激間隔を計算し、横軸に伝導速度、縦軸に各伝導速度に対応する相対神経線維数を取り、両者の関係を検討した。統計処理には各条件での異なる被験者群間のデータは、Fisher の多重比較試験を用い、MCV と身長 (HEIGHT)、MCV と DMCVpeak の関係は相関係数及び回帰分析により求めた。

Table 1. Physical characteristics, age, career and MCV of each subject group

The initial values are means, s. d. Significant differences between means *P < 0.05, **P < 0.01 (comparison with corresponding CONTROL MCV) and # P < 0.05 (comparison with corresponding CONTROL and S. TENNIS MCV).

Subject	Height(cm)	Weight(kg)	Age(yrs)	Career(yrs)	MCV of dom.(m/s)	MCV of non.(m/s)
CONTROL(n=7)	171.6 ± 4.24	64.7 ± 8.42	19.0 ± 0.82		53.8 ± 3.93	54.6 ± 4.32
KENDO(n=6)	174.2 ± 4.75	68.2 ± 5.57	20.5 ± 1.38	12.5 ± 2.43	66.5 ± 6.06 **	63.5 ± 7.24 #
BAD.(n=6)	170.8 ± 7.73	60.7 ± 8.41	20.2 ± 1.47	9.2 ± 1.94	63.6 ± 5.45 *	59.9 ± 6.78
S.TENNIS(n=8)	173.0 ± 5.38	64.9 ± 6.36	20.5 ± 1.41	8.8 ± 1.04	60.8 ± 9.41	54.0 ± 6.37

結果

1. MCV

Fig.1は、各被験者群の利き側尺骨神経のMCVを示している。MCVの値は剣道群は 66.5 ± 6.06 m/sec、一般群は 53.8 ± 3.93 m/secを示し、両群間のMCVの差は12.7 m/secであり、統計的にも有意であった($P < 0.01$)。また、バドミントン群は 63.6 ± 5.45 m/secを示し、一般群との差は9.8 m/secであり、統計的にも有意であった($P < 0.05$)。しかし、ソフトテニス群(60.8 ± 9.41 m/sec)と一般群との間に有意差は認められなかった。同様に、非利き側尺骨神経のMCVについても各被験者群間で比較してみると、剣道群は 63.5 ± 7.24 m/secであり、一般群(54.6 ± 4.32 m/sec)とソフトテニス群(54.0 ± 6.37 m/sec)よりも速い値を示し、統計的にも有意であった($P < 0.05$)。しかし、バドミントン群(59.9 ± 6.78 m/sec)とソフトテニス群(54.0 ± 6.37 m/sec)の両群は、一般群との間に有意差は認められなかった。

2. MCV vs HEIGHT

尺骨神経のMCVと身長との関係を調べてみると有意な関係は認められなかった。

3. DMCV peak

各被験者群の利き側尺骨神経のDMCVpeakについて検討してみると、剣道群は44 m/secの伝導速度の位置でピークを示し、相対神経線維数は13.88%

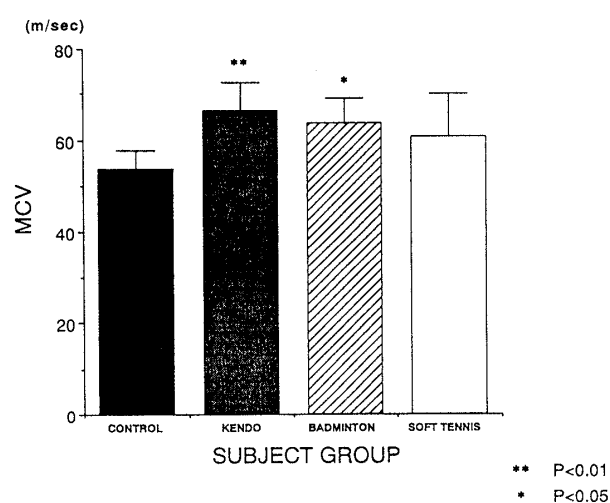


Fig. 1 MCV of dominant ulnar nerve in the Control and each Athletic group

であり、バドミントン群は42 m/secの伝導速度の位置でピークを示し、相対神経線維数は11.53%であり、一般群の34 m/secよりも有意に速い結果を示した($P < 0.05$, Fig.2,3)。しかし、ソフトテニス群は38 m/secの伝導速度の位置でピークを示し、相対神経線維数は12.13%であり、一般群との間に有意差は認められなかった。また、非利き側においては有意差は認められなかった。各被験者群間で利き側と非利き側のDMCVを比較してみると、剣道群は利き側が44 m/secの伝導速度の位置でピークを示し、相対神経線維数は13.88%であるのに対して非利き側が32 m/secの伝導速度の位置でピークを示し、相対神経線維数は15.87%であり、利き側が非利き側よりも有意に速い結果を示した($P < 0.05$, Fig.4)。その他の被験者群では利き側と非利き側の間で有意差は得られなかった。

次に、利き側尺骨神経のMCVとDMCVpeakとの関係を調べてみると、有意な正の相関関係が認められた($y = -1.563 + 0.611x$; $r = 0.602$, $P < 0.001$, Fig.6)。また、非利き側尺骨神経においても同様な関係がみられ、有意な正の相関関係が認められた($y = -1.551 + 0.627x$; $r = 0.422$, $P < 0.05$)。

考察

利き側尺骨神経のMCV(最大伝導速度)は、剣道群やバドミントン群のほうが一般群よりも有意に速い結果を示した。Lastovka¹⁷⁾は、5～8年間のスポーツトレーニングを行った18名と一般群18名を対象にした研究の結果、後脛骨神経では運動競技者群が一般群よりも有意に速くなるが、尺骨神経では有意差は認められず、MCVはトレーニングによって変化すると報告している。また、尺骨神経において有意差が認められなかった理由として、両群とも日常生活において、上肢を用いることに起因するものであると推察している。また、Kamen et al.¹³⁾は91名の運動競技者と一般群を対象に尺骨神経と後脛骨神経のMCVを測定した結果、ウェイトリフティングの選手群は他のスポーツ競技者群よりも両神経において有意に速い結果を示したと報告し、MCVは遺伝的要因とスポーツトレーニングなどの環境的要因によって影響を受けると結論づけた。本研究においても、利き側尺骨神経において、剣道群とバドミントン群のスポーツ競技者群が、一般群よりも有意に速い結果を示すということを確認するとともに、

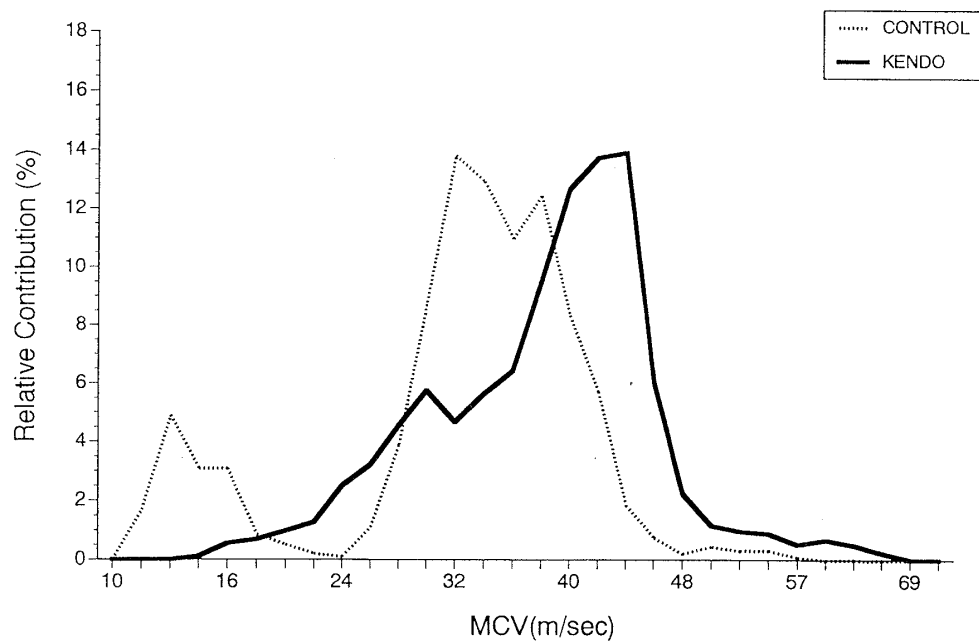


Fig. 2 DMCV of dominant ulnar nerve of the Control and Kendo groups

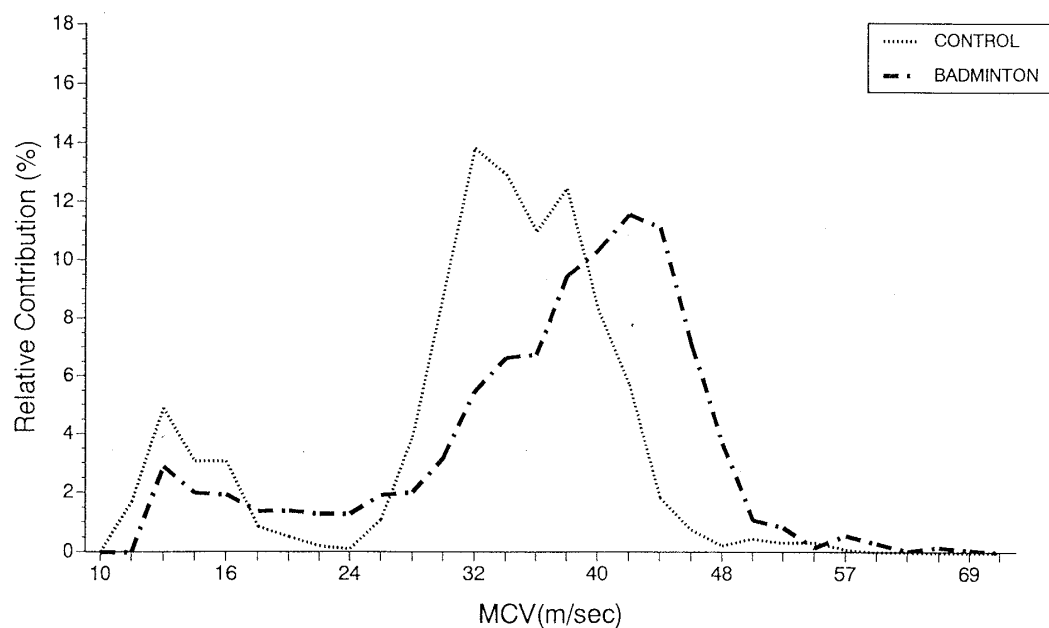


Fig. 3 DMCV of dominant ulnar nerve of the Control and Badminton groups

非利き側においても剣道群が一般群よりも有意に速い結果を示した。本研究の結果は、Lastovka¹⁷⁾の上肢の結果とは異なるが、本研究の対象としたスポーツ競技者群も長期のスポーツ競技者であるという点においては、Lastovka¹⁷⁾の研究と同様であり、長期のトレーニングがMCVの遅速に何らかの影響

を及ぼしていることを示唆する結果であると考え

る。Arbuthnott et al.²⁾やWaxman S.G.²⁹⁾は、軸索の直径はMCVと非常に密接な関係があり、軸索の直径に生じる形態的な変化がMCVを同時に変化させていると考察している。また、Gerchman et al.⁷⁾と

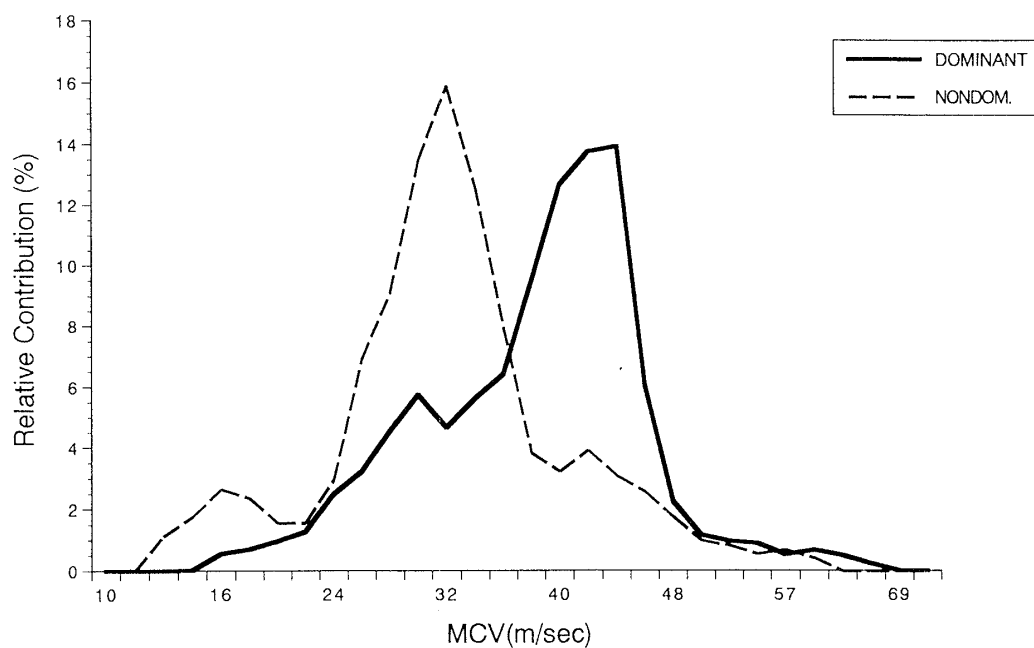


Fig. 4 DMCV of the dominant and nondominant ulnar nerve in the Kendo group

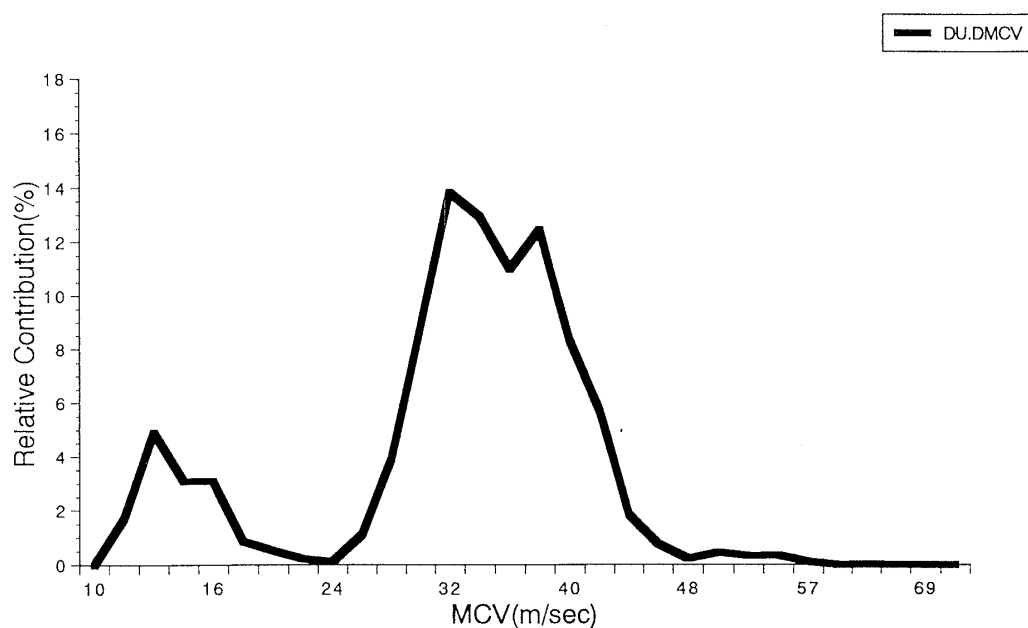


Fig. 5 DMCV of the dominant ulnar nerve in healthy adults

Gilliam et al.⁸⁾は、長期のトレーニングによって腹側の運動ニューロンに組織科学的な変化が観察され、長期トレーニングは運動ニューロンに動的な代謝活動を生じさせると報告している。さらにLewis et al.¹⁸⁾は、筋線維の特性がMCVに影響を及ぼし、長期のトレーニングを行っている間に生じる生化学

的な変化がMCVを変化させていると考察している。また、Edds³⁾はラットを用いた研究で末梢神経の軸索の直径が肥大することを確認しており、トレーニングは神経線維の直径を増加させていると考察している。さらに、Takano et al.²⁸⁾もトレーニングを受けたピアニストはそうでない者より速い伝導

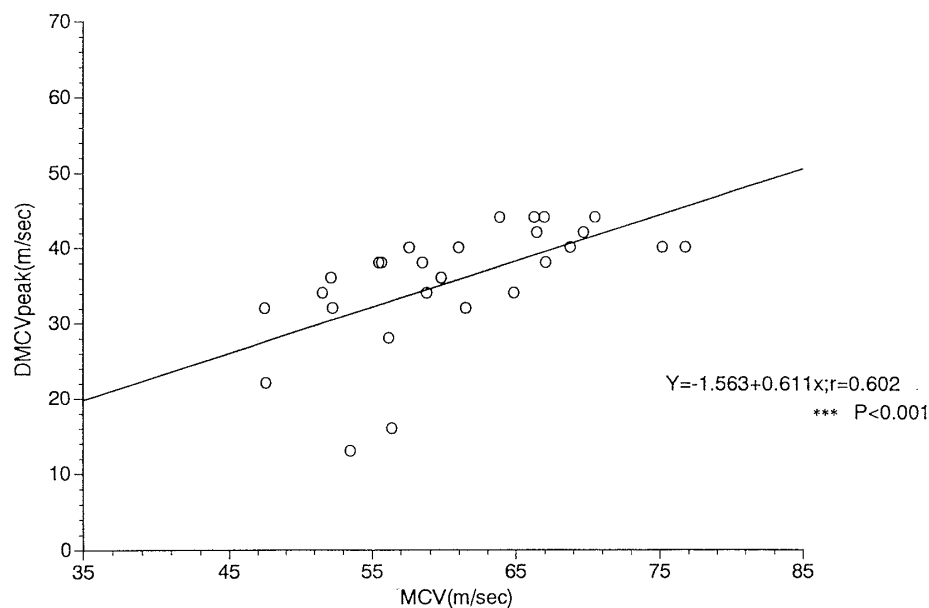


Fig. 6 Regression analysis of DMCVpeak and MCV of dominant ulnar nerve

速度が得られたことから、長期トレーニングの継続は神経線維の直径を増加させていると推測している。従って、本研究や他の研究成果をもとに推察すると、先天的な遺伝的要因以外にも長期の継続的なトレーニングのような後天的な環境要因も神経線維の直径の肥大に影響を及ぼす可能性があると考ええる。

最近開発された Collision 法^{10,11,12,20,21,26,27)}を用いて測定された DMCV (末梢神経の伝導速度分布) から末梢神経のトレーニング変化の可能性について検討した報告はほとんどない。本研究における利き側尺骨神経では、一般群と比較して剣道群とバドミントン群では相対神経線維数のピークは、有意に速い伝導速度の位置にあった。

また、剣道群においては、利き側の DMCVpeak が非利き側よりも有意に速い値を示した。これは、剣道の両手を用いる競技特性が関与していると考えられる。利き側は竹刀を打ち込む瞬発的な運動を中心に行うのに対して、非利き側は竹刀を支持し、微妙なコントロールを行う静的な運動が中心となる。このそれぞれの異なった運動特性が DMCVpeak に反映されていることが考えられる。しかし、残念ながら現在、Collision 法を用いて測定された DMCV でトレーニングの影響を調べた研究報告がないので他の報告と比較することが困難であるが、本研究結果から推察すると、長期の継続的なスポーツトレ

ニングは MCV ばかりではなく、相対神経線維数の最も多い神経伝導速度である DMCV のピークにも変化を生じさせているように思われる。

一般健康成人の DMCV は 2 峰性を示し、運動神経線維には 2 群あることが分かっている。Finstein⁴⁾によれば、ヒトの運動神経線維は直径により 3 群に分離できることがあり、このうち γ 線維を除いた直径 7.5μ 以上の α 神経線維は 2 峰性分布を示すという。本研究の DMCV においても 2 峰性分布を確認することができた (Fig.5)。そして、橘^{26,27)}は正常人の DMCV の 2 峰性成分のうち、伝導速度の速いものは Type II 筋線維を、伝導速度の遅いものは Type I 筋線維を支配する運動神経線維を示していることが強く考えられると報告しているが、本研究においては筋線維タイプとの対応関係での検討は今回の場合は行っていない。さらに、本実験において MCV と身長との関係を調べると、両パラメーター間には何の関係も認めることができなかった。しかしながら、Takano et al.²⁸⁾や Michael et al.¹⁹⁾は、身長と MCV 間には逆相関があることを認めている。特に、Takano et al.²⁸⁾は 690 例を測定し、身長の低い人は速い伝導速度を有していることを統計的に確認している。何故、身長の低い人は速い伝導速度を有しているのでしょうか。Takano et al.²⁸⁾は次のような仮説を考えている。身長の高い人は長い神経を持っている。その神経は長いランビエーの

絞輪を持ち、小さな電気抵抗を示すであろう。そのために絞輪部で膜電位を引き起こすのに多くの時間を費やすために伝導速度は相対的に遅い。他方、低い人は同じパフォーマンスを得るために速い動作を必要とする。そのために速い伝導速度を獲得する必要があると。いずれもまだ証明されたものではないが、この仮説にはMCVは後天的なトレーニングの影響で変わる可能性を含んでいる点で注目に値する。

文 献

- 1) Arasaki Keisuke, Iijima Masakazu, and Nakanishi Takao (1991): normal maximal and minimal motor nerve conduction velocities in adults determined by a collision method. *Muscle & Nerve*. 14: 647-653.
- 2) Arbuthnott Elinor R., I. A. Boyd and K. U. Kalu (1980): Ultrastructural dimensions of myelinated peripheral nerve fibers in the cat and their relation to conduction velocity. *J. Physiol*. 308 :125-157.
- 3) Edds Mac V. (1950): Hypertrophy of nerve fibers to functionally overloaded muscles. *Archives of Neurology*. 259-312.
- 4) Finstein B., Lindegard, B., Nyman, E. and Wholfart, G. (1955): Morphologic studies of motor units in normal human muscle. *Acta. Anat*. 23: 127-142.
- 5) Frank J. E. Falco, William J. Hennessey, BS, Randall L. Braddom, and Gary Goldberg (1992): Standardized nerve conduction studies in the upper limb of the healthy elderly. *Am. J. Phys. Med. Rehabil*. 71(5): 263-271.
- 6) Gasser H. S. and Erlanger J. (1927): The role played by the sizes of the constituent fibers of the nerve trunk in determining the form of its action potential wave. *Amer. J. Physiol*. 80: 527-545.
- 7) Gerchman Leroy B., Edgerton V. Reggie, and Rexford E. Carrow (1975): Effects of physical training on the histochemistry and morphology of ventral motor neurons. *Experimental Neurology*. 49: 790-801.
- 8) Gilliam T. B., Roy R. R., Taylor J.F. Heusner W.W. and Van Huss W. D. (1977): Ventral motor neuron alterations in rat spinal cord after chronic exercise. *Experientia*. 33: 665-667.
- 9) Hopf (1963): Electromyographic study on so-called mononeuritis. *Archives of Neurology*. 307-312.
- 10) 飯島昌一, 荒崎圭介(1991): 新しいCollision法を用いた神経伝導速度. *臨床脳波*. 33(2): 79-83.
- 11) Ingram D. A., Davis G.R. and Swash M. (1987): The double collision technique; a new method for measurement of the motor nerve refractory period distribution in man. *Electroenceph. clin. Neurophysiol*. 66: 225-234.
- 12) Ingram D. A., Davis G. R. and Swash M. (1987): Motor nerve conduction velocity distributions in man: results of a new computer-based collision technique. *Electroenceph. clin. Neurophysiol*. 66: 235-243.
- 13) Kamen G., Taylor P., and Beehler P. J. (1984): Ulnar and posterior tibial nerve conduction velocity in athletes. *Int. J. Sports Med*. 5: 26-30.
- 14) Kenneth L. Cummins, Donald H. Perkel and Leslie J. Dorfman (1979): Nerve fiber conduction velocity distributions. I. estimation based on the single-fiber and compound action potentials. *Electroenceph. clin. Neurophysiol*. 46: 634-646.
- 15) Kimura Jun (1984): Principles and pitfalls of nerve conduction studies. *Annals of Neurology*. 16: 415-429.
- 16) Kuno M., Miyata Y., and Munoz-Martinez E. J. (1974): Differential reaction of fast and slow α -motoneurons to axotomy. *J. Physiol*. 240: 725-739.
- 17) Lastovka M. (1969): The conduction velocity of the peripheral motor nerve fibers and physical training. *Activ Nerv. Sup*. 11: 308.
- 18) Lewis D. M., Bagust J. Sandra N. Webb, Westerman R. A., Finol H. J. (1977): Axon conduction velocity modified by reinnervation of mammalian muscle. *Nature*. 270: 745-746.
- 19) Michael H. Rivner, Thomas R. Swift, Barbara O. Crout, and Karen P. Rhodes (1990): Toward more relational nerve conduction interpretations: the effect of height. *Muscle & Nerve*. 13: 232-239.
- 20) 中西孝雄 (1987): Collision法による末梢神経伝導速度測定法. *臨床脳波*. 29(11): 705-709.
- 21) Nakanishi T., Tamaki M., Mizusawa H., Kinoshita T. (1986): An experimental study for analyzing nerve conduction velocity. *Electroenceph. clin. Neurophysiol*. 63: 484-487.
- 22) Nakanishi Takao, Tamaki Mitsuyuki, and Arasaki Keisuke (1989): Maximal and minimal motor nerve conduction velocities in amyotrophic lateral sclerosis. *Neurology*. 39: 580-583.
- 23) 朴 峻賢, 藤田紀盛 (1991): スポーツトレーニングが末梢運動神経伝導速度分布に及ぼす影響. *Japanese J. Sports Sciences*. 10(2): 155-161.
- 24) Reid P. Elam and Berke I. Barth (1986): The relationship between tibial nerve conduction velocity and selected strength and power variables in col-

- lege football lineman. J. Sports Med. 26: 398-405.
- 25) Reinhard Dengler, Richard B. Stein, DPHIL, and Christine K. Thomas (1988): Axonal conduction velocity and force of single human motor units. Muscle & Nerve. 11: 136-145.
- 26) 橘 滋国 (1987): 運動神経伝導速度分布の測定. 脳神経. 39(9): 807-815.
- 27) 橘 滋国 (1987): 運動神経伝導速度分布 (DCV) の測定. 臨床脳波. 29(11): 710-720.
- 28) Takano Kohsi, Kirchner Friedrich, Steinicke Frank, Langer Axel, Yasui Hiromichi, and Naito Junya (1991): Relation between height and the maximum conduction velocity of the ulnar motor nerve in human subjects. Japanese J. Physiol. 41: 385-396.
- 29) Waxman S. G. (1980): Determinants of conduction velocity in myelinated nerve fibers. Muscle & Nerve. 3: 141-150.

(平成7年4月17日受付)
(平成7年8月7日受理)