

筋緊張亢進状態とT波との関連性について

木村貞治¹⁾, 藤原孝之¹⁾, 西村尚志¹⁾, 宮石 香¹⁾

山本千登勢¹⁾, 岩井明彦¹⁾, 金井敏男²⁾, 田辺 誠³⁾

荻原久佳⁴⁾, 杉田 勇⁵⁾

Relationship Between Hypertonicity and Tendon Reflex

The purpose of this study was to investigate the relationship between clinical classification and quantitative measurements using electromyography(EMG) during tendon tap. Fifteen hemiplegic patients and six patients with parkinsonism were studied. Eleven healthy subjects were measured as controls. The clinical classification as a qualitative evaluation was performed based on the response to stretch of biceps brachii using manual operation. A manner of hypertonicity was classified as spasticity, rigido-spasticity, lead pipe rigidity and cog-wheel rigidity. Otherwise, a grade of hypertonicity was classified by using Ashworth Scale. The measurement of tendon reflex was performed by manual tap utilizing a hand-held electronic reflex hammer. EMG signals from biceps brachii during tendon tap were analyzed using personal computer and signal processing software. Integrated EMG (I-EMG) and duration of T-wave induced by tendon tap were compared with qualitative and quantitative classification. I-EMG of T-wave in hypertonicity showed significant increase in contrast with normal controls ($p < 0.05$). Significant relationship between T-wave and qualitative and quantitative classification, however, was not revealed. It can be concluded that there were some kind of differences in neural circuits between clinical evaluation of hypertonicity and examination of T-wave.

Key Words :

Central Nervous System Disorders (中枢神経疾患), Hypertonicity (筋緊張亢進), Tendon reflex (腱反射), Electromyography (筋電図)

1) 信州大学医療技術短期大学部理学療法学科; Teiji Kimura, Takayuki Fujiwara, Naoshi Nishimura, Kaori Miyaishi, Chitose Yamamoto, Akihiko Iwai, Dept. of Physical Therapy, School of Allied Medical Sciences, Shinshu Univ.

2) リハビリテーションセンター鹿教湯病院; Toshio Kanai, Rehabilitation Center, Kakeyu Hospital

3) 武蔵野台病院; Makoto Tanabe, Musashinodai Hospital

4) 諏訪湖スパクリニック; Hisayoshi Ogihara, Suwako Spa Clinic

5) 諏訪中央病院; Isamu Sugita, Suwa Central Hospital

はじめに

脳血管障害片麻痺患者およびパーキンソン病患者の主な臨床所見の一つとして筋緊張の亢進がある。陽性徴候である筋緊張亢進は、陰性徴候である随意性の低下や姿勢反応の低下と重複して、日常生活活動能力の障害因子となっている。

理学療法の臨床場面では、験者が任意の伸張速度で他動的に被験者の肢を動かし、その時に感じられる抵抗の性質に基づいて筋緊張亢進状態の種類と程度を主観的に分類している。主観的分類は、一般的に質的分類と量的分類との組み合わせによって行なわれる。質的には、痙縮、固座縮、歯車様固縮、鉛管様固縮の4型に、量的には、軽度亢進、中等度亢進、重度亢進の3段階に分けられている。質的分類に関しては、痙縮や固座縮は脳血管障害片麻痺患者に、固縮はパーキンソン病においてそれぞれ広く認められる^{1)~3)}。

また、腱反射は、脊髄前角細胞の興奮性を評価する臨床的な方法で、ハンマーで腱部を叩打した時の肢の反応の大きさによって、反射の減弱、正常、亢進といった分類がなされる。そして、腱反射の定量的な計測方法として、反射における活動電位を表面筋電図学的に導出するT波(T-wave)の測定がある。筋緊張の評価は、この腱反射(tendon reflex)の亢進や低下、消失などの状態が参考にされる場合も多い。

日常の臨床場面において、脳血管障害片麻痺患者のうち筋緊張亢進を呈する症例では、腱反射の亢進が一般に認められ、逆にパーキンソン病では、腱反射は正常かむしろ低下を示す症例が多い。

しかし、臨床的評価法に基づく筋緊張亢進状態の主観的分類と腱反射の定量的指標であ

るT波の反射特性との関連性について検討した報告は少ない。

今回我々は、筋緊張評価における質的・量的な主観的分類がT波における潜時、反射持続時間、最大振幅、および筋放電積分値などの反射特性とどのような関連性を示すのかを検討し、若干の知見を得たので報告する。

対象

肘関節屈筋の筋緊張亢進を呈している脳血管障害21例(以下、CND群)を対象とした。

具体的な疾病分類では、片麻痺患者が15例、多発脳梗塞によるパーキンソニズムを呈するものが6例であった。性別は、男性10例、女性11例であった。年齢は、49~87歳で平均71.6歳であった。

片麻痺患者15例の診断名は、脳出血が7例、脳梗塞が8例であった。患側上肢の随意性は、ブルンストロームの回復段階(Brunnstrom's recovery stage)で、IIが7例、IIIが2例、IVが5例、Vが1例であった。

また、主としてパーキンソニズムを呈した多発脳梗塞患者のADLは、Yahrのステージ⁴⁾のIII度に相応するものが2例、IV度に相応するものが4例であった。

上腕二頭筋の腱反射は、正常が8例、軽度亢進が10例、著明な亢進が3例であった。

また、男性5例、女性6例の計11例の健常者を対照群(C群)とした。年齢は、19~22歳で、平均22.3歳であった。

全ての被験者において検査に先立ちインフォームドコンセントが得られた。

方法

筋緊張の主観的な評価は、検者の徒手を用いて被験者の肘関節を任意の速度で他動的に屈伸させた時の性質に基づいて質的・量的に

分類した。質的には、痙縮、固痙縮、歯車様固縮、鉛管様固縮の4型に分類した。また、量的分類は、筋痙性の段階付けとして用いられている Ashworth scale に基づき、0：正常な筋緊張、1：筋緊張のわずかな増加で、肢を動かすとひっかかりがある、2：筋緊張のはっきりした増加であるが、肢は簡単に動く、3：筋緊張の相当な増加、4：肢は伸展または屈曲位で固定される、という5段階に分類した。

T波の測定は、被験者に背もたれのある椅子で安静椅坐位をとらせ、肘関節を軽度屈曲位にし、上腕二頭筋腱部をハンマーで叩打することによって行った。T波の導出は、叩打時のパルスをアナログ信号として導出できる電気ハンマーを用いてできるだけ一定の刺激で10回叩打し、その時のトリガー信号と上腕二頭筋の表面筋電信号を導出することによって行なった。

表面筋電信号の計測に際し、まず20 Hz から1 KHzの周波数帯域で、皮膚と電極との

接触インピーダンスが可及的に2 K Ω 以下になるように皮膚に対する前処置を実施した。上腕二頭筋の筋腹中央に筋線維の走行と平行に直径13 mmの使い捨て電極を中心電極間距離3 cmで貼付し、テレメトリ式筋電計（日本電気三栄製、MULTI TELEMETER 511）を用いて表面筋電信号を導出した。電気ハンマーのトリガー信号と上腕二頭筋の表面筋電信号は、データレコーダ（TEAC製、RD-135T）に一旦保存した。

信号処理は、データレコーダより各信号を再生し、A/Dコンバータを介してサンプリングレート1 KHzでパーソナルコンピュータに取り込み、多用途生体情報解析プログラム（キッセイコムテック製、BIMUTAS-E ver2.1）を用いて実施した（図1）。

筋緊張の主観的評価およびT波誘発のための腱叩打は、検者の違いによる個体間変動を防ぐために全て一人の検者で行なった。

解析項目は、①電気ハンマーのトリガーパルスから反射開始までの潜時を第7頸椎棘突

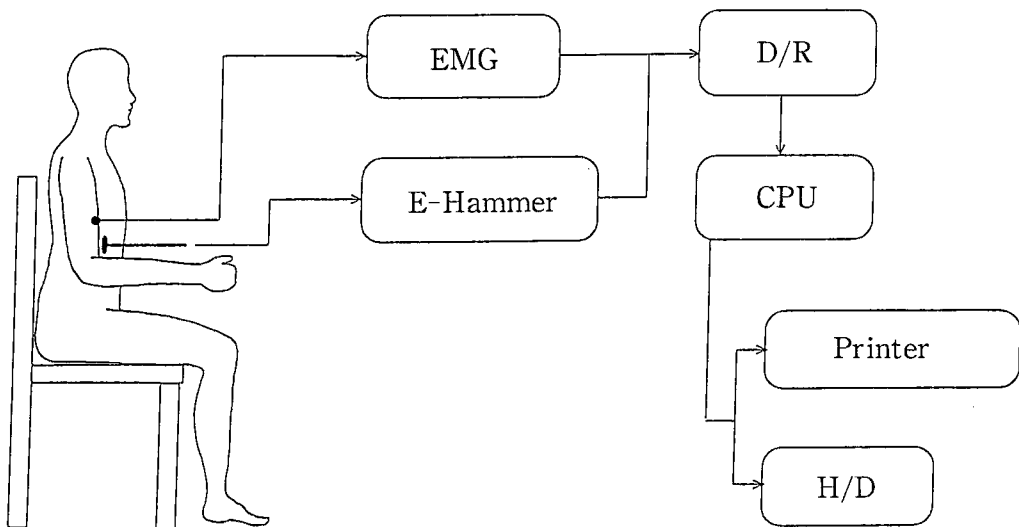


Fig. 1 Block Diagram of Examination

起から肘頭までの距離で正規化した反射潜時 (latency), ②反射持続時間 (duration), ③最大振幅値, ④反射波持続中の筋放電積分値 (I-EMG) の4項目とし, 筋緊張の質的・量的分類別に比較・検討した。

データの統計処理は, Smirnov の棄却検定を用いて飛びはなれ値の棄却検定を行った後, 正規性の確認をし, ①CND群とC群間の比較は, 二標本t検定を用いて, ②主観的分類の項目別の比較は一元配置分散分析法を用いて行なった。

結果

1. 筋緊張の主観的分類について

徒手による他動的伸張刺激を用いたCND群における筋緊張評価の結果を以下に示す。

①質的分類について

徒手による他動的伸張に対する抗力の質的な性質に基づく分類では, 痙縮が9例, 固痙縮が6例, 歯車様固縮が5例, 鉛管様固縮が1例であった (表1)。

Table 1. Classification of Hypertonicity

	1	2	3
Spasticity	5	3	1
Rigo-Spasticity	2	2	2
C-W Rigidity	1	3	1
L-P Rigidity	1	0	0

②量的分類について

他動的伸張に対する抗力の程度に基づいて筋緊張亢進の程度を0~4の5段階に分けたAshworthの分類では, グレード1が9例, グレード2が8例, グレード3が4例であった (表1)。

2. T波の再現性に関して

徒手によって上腕二頭筋腱部を電気ハン

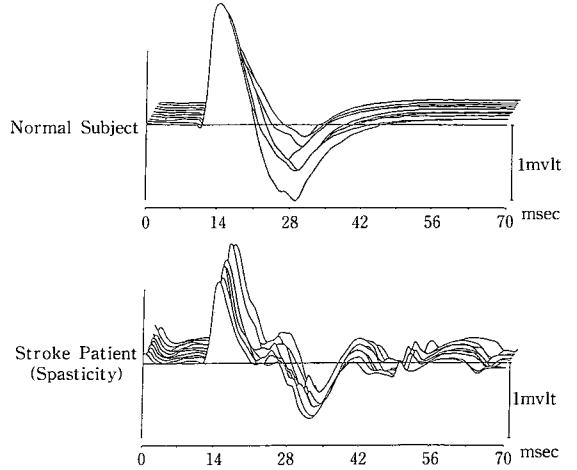


Fig. 2 Raw Data of T-Wave

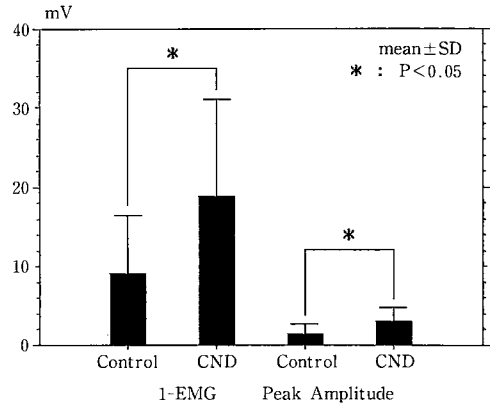


Fig. 3 Difference between CND and Control group

マーで10回叩打したときのT波の再現性はCND群, C群ともに比較的高かった (図2)。

3. 中枢神経疾患群と対照群との比較

T波のI-EMGは, C群が9.0±7.4 mVで, CND群が18.7±12.2 mVとCND群がC群よりも有意に大きかった (P<0.05) (図3)。最大振幅値では, C群が1.4±1.3 mVでCND群が3.0±1.6 mVと, CND群がC群よりも有意に大きな値を示した (P<0.05) (図3)。

T波の潜時, 持続時間に関しては, 両群間

Table 2 Qualitative Classification and Properties of T-wave

	S (n = 9)	RS (n = 6)	CW (n = 5)
Latency / Arm length	27.7 ± 3.6	28.5 ± 3.5	27.6 ± 0.9
I-EMG	21.5 ± 11.4	19.4 ± 19.1	18.1 ± 7.9
Peak Amplitude	3.3 ± 1.2	3.3 ± 2.4	2.3 ± 1.2
Duration	26.9 ± 8.0	28.0 ± 11.7	33.8 ± 4.7

Table 3 Quantitative Classification and Properties of T-wave

	1 (n = 9)	2 (n = 8)	3 (n = 4)
Latency / Arm length	28.2 ± 3.9	26.5 ± 2.3	29.0 ± 1.8
I-EMG	19.0 ± 10.5	24.2 ± 15.5	14.6 ± 10.2
Peak Amplitude	2.8 ± 1.6	3.73 ± 1.6	2.1 ± 1.2
Duration	30.9 ± 8.0	29.3 ± 6.8	35.0 ± 13.3

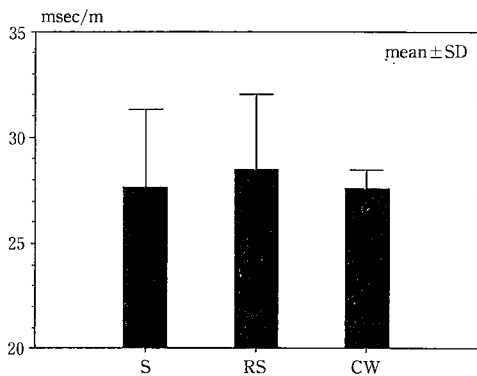


Fig. 4 Qualitative Classification and Latency

に有意な差は認められなかった。

4. 主観的評価とT波との関連性について

主観的分類のうち質的分類とT波との関連性は、鉛管様固縮を呈した1例を除いた痙縮9例、固痙縮6例、歯車様固縮5例を対象に解析した(表2・表3)。

① 潜時 (latency) に関して

電気ハンマーのトリガーパルスからT波の開始までの潜時は、筋緊張の質的・量的分類項目間において有意な差は認められなかった(図4)。

② 持続時間 (duration) に関して

T波の持続時間は、痙縮や固痙縮よりも、歯車様固縮が若干延長する傾向を示したが統計学的な有意差は認められなかった(図5)。

③ 最大振幅値に関して

T波の最大振幅値は、筋緊張の質的・量的分類項目の間では有意な差は認められなかった(図6)。

④ I-EMG に関して

T波のI-EMGは、筋緊張の質的・量的な分類項目間において有意な差は認められなかった(図7)。

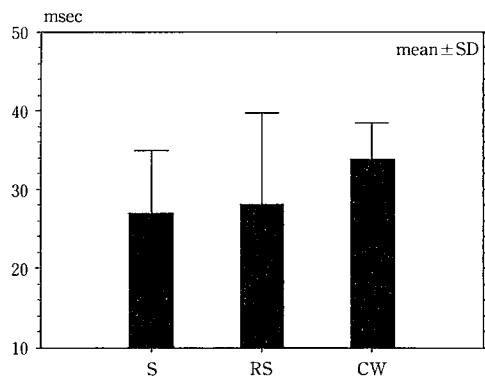


Fig. 5 Qualitative Classification and Duration

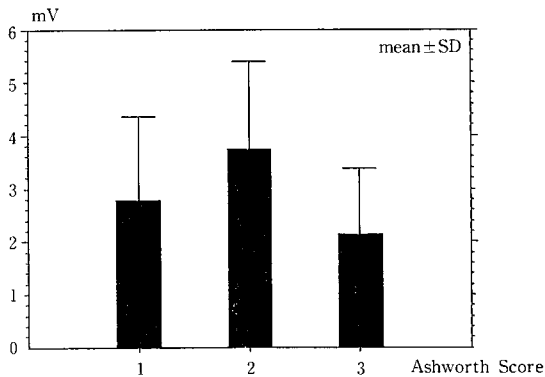


Fig. 6 Quantitative Classification and Peak Amplitude

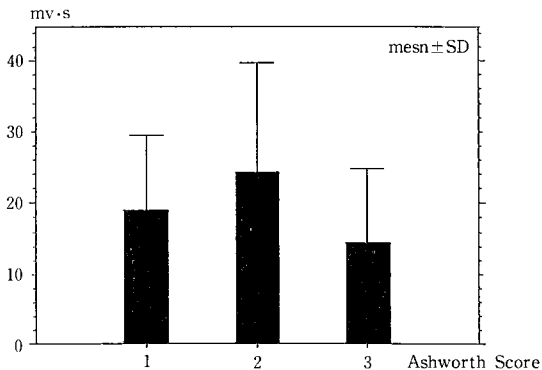


Fig. 7 Quantitative Classification and I-EMG

考 察

理学療法の臨床場面において一般的に行なわれている他動的伸張による筋緊張評価の主観的分類と、腱反射の定量的検査法であるT波の反射特性との関連性について検討した。

CND群はC群よりも、T波の筋放電積分値及び最大振幅値において有意に大きな値を示したが、筋緊張の量的・質的な分類とT波の反射特性との関連性は認められなかった。また、T波の再現性に関しては、両群ともに比較的再現性の高い反射活動が観測できた。

これらの結果のうち、CND群におけるT

波の電位がC群よりも有意に大きかったことに関しては、中枢神経疾患患者では、上位中枢における下行性インパルスの抑制系の機能が解放現象によって低下することによって、下行性インパルスが増大し、脊髓運動ニューロンの興奮性を増大させたり、抑制性介在ニューロン活動を阻害したりすることが原因と考えられた⁶⁾。すなわち、脳血管障害やパーキンソンニズムなどの器質的な病変によって、抑制から解放された下行性インパルスが α および γ 運動神経細胞の興奮性を増大させ、結果として、筋紡錘の伸張→Ia線維の求心性インパルスの発射→ α 運動神経細胞の興奮→遠心性インパルスの発射→錘外筋線維の収縮といった伸張反射の興奮性が増大したものと推察された。T波の反射電位に関してBurkeら⁵⁾も、T波の振幅は脊髓興奮性の指標となると報告している。

次に、痙縮、固痙縮、固縮といった筋緊張亢進状態の質的分類や、Ashworthの量的分類の項目別にみたT波の反射特性には有意な差異が認められなかったことについて考察する。これには、他動的伸張によって惹起される伸張反射と、T波において惹起される伸張反射との病態生理学的機構における差異が影響しているものと考えられた。Milanov⁶⁾は、痙性の発現は、 α および γ 運動ニューロン活動の増加、介在ニューロン活動の変化、シナプス前抑制、反回抑制、相反性抑制などの異なった分節の機構に関与すると述べている。これに対して、T波に関与する反射回路は、単シナプス反射を中心とした比較的限定された機構が関与していると考えられている。すなわち、他動的伸張によって誘発される伸張反射とT波において発動される伸張反射とでは、それに関与する運動単位の数 (recruitment)や、運動単位の性質、そして、反射に

関与する分節的機構などが異なっていることが、今回の結果に影響したものと考えられた。

これは、臨床場面において、他動的伸張による評価では“弛緩性”でも、腱反射では亢進が認められるという“一見弛緩性 (quasi-flaccid)”のような場合があることから推察される。そして、このような病態生理学的な差異は、脳血管障害片麻痺患者と多発脳梗塞によるパーキンソンニズム患者という、器質的に異なった病変の症例が対象として混在していたことによる影響も含んでいるものと思われた。

次に、徒手による腱叩打によって誘発されたT波の再現性に関してであるが、これは両群ともに比較的高い再現性を示した。T波の再現性に関して、McLeodら⁷⁾、Milner-Brownら⁸⁾は、機械的刺激や電気的刺激の強度によってT波やH波の振幅が変動すると報告している。さらに、Delwaideら⁹⁾は、肢位によっても反射電位が変動すると述べている。しかし、本実験の結果では、徒手的な刺激を用いても比較的再現性のある波形が観測できた。このことは、1名の検者で全ての実験を行うとともに、ハンマーでの刺激に際して検者の母指を介在させるなど、刺激方法を統一したことによって、変動が軽減されたものと考えられた。同様の結果として、Stamら¹⁰⁾も、ハンマーを用いた徒手的な刺激によるT波の誘発は、機械的な刺激と同程度の再現性があると報告している。また、Schottら¹¹⁾も、T波誘発のためには、腱とハンマーの間に母指を介在させた方が安定した反応が惹起できると報告している。

以上より、脳血管障害片麻痺患者やパーキンソンニズム患者における筋緊張亢進の評価においては、断片的な検査だけで筋緊張をとらえるのではなく、他動的伸張による主観的分

類や、T波の反射の特性などの神経生理学的指標を系統的に観測し、それらの結果に基づいて総合的な評価を行っていくことが重要であると示唆された。

おわりに

本研究では、中枢神経疾患群における伸張反射活動は正常対照群よりも有意に増大していたが、その程度は、臨床場面で行われている筋緊張亢進状態の質的・量的主観的分類と関連性を示さなかった。

このような結果の背景には、中枢神経疾患群における下行性インパルスの増大や、主観的分類に関与する伸張反射系の分節的機構とT波に関与する反射機構との相連などの要因が挙げられる。

しかし、今回の実験では、症例数が少ないこと、徒手的な腱叩打と機械的な腱叩打との比較を実施していないこと、そして、両群におけるT波の左右差の比較を行っていないことなどの反省点も挙げられるため、今後はこれらの点に関しても考慮した上で、筋緊張亢進状態の定量的な評価法について検討していきたい。

文献

- 1)木村貞治，藤原孝之：筋緊張解析システムの試作。信州大学医療技術短期大学部紀要，14(2)：115-122，1988。
- 2)木村貞治，他：臨床での筋緊張評価における伸張反射性筋放電特性の解析。理学療法進歩と展望，5：12-15，1989。
- 3)木村貞治，他：中枢神経疾患における筋緊張異常の解析。厚生年金病院年報，16：447-472，1990。
- 4)Hoehn, M. M., Yarh, M.D.: Parkinsonism; onset, progression and mortality. *Neurol*, 17: 427-442, 1967.

5)Burke, D., et al. : Dependence of the achilles tendon reflex on the excitability of spinal reflex pathways. *Ann Neurol*, 10: 551-556, 1981b.

6)Milanov, I. : Examination of the segmental pathophysiological mechanisms of spasticity. *Electromyogr. clin. Neurophysiol.*, 34: 73-79, 1994.

7)McLeod, J.G., et al. : H reflex studies in patients with Parkinson's disease. *J Neurol Neurosurg Psychiat*, 35: 77-80, 1972.

8)Milner-Brown, S. H., et al. : The effects of motor cortical stimulation on the excitability of spinal motoneurons in man. *J Canad des Sci ences Neurologiques*, 2: 245-253, 1975.

9)Delwaide, P. J., et al. : Effects of postural

changes of the upper limb on reflex transmission in the lower limb. Cervicolumbar reflex interactions in man. *J Neurol Neurosurg Psychiat*, 40: 616-621, 1977.

10)Stam, J. and Tan, K. M. : Tendon reflex variability and method of stimulation. *Electroenceph Clin Neurophysiol*, 67: 463-467, 1987.

11)Schott, K. and Koenig, E. : T-wave response in cervical root lesions. *Acta Neurol Scand*, 84: 273-276, 1991.

受付日 : 1994年9月30日

受理日 : 1994年11月22日