

エクササイズウォーキングの 動作・筋電図的研究

関西医科大学 岡本 勉

A Kinesiological and Electromyographic Study of Exercise Walking

by

Tsutomu Okamoto
Kansai Medical University

ABSTRACT

Recently Exercise Walking has been increasingly popular in our country as well as in the United States. And it is very likely to surpass jogging in popularity before long. We examined Exercise Walking electromyographically. Also we made an electromyographic attempt to find whether or not Exercise Walking can be substituted for jogging in terms of the moving patterns and the functional mechanism of the muscles :

1. In Exercise Walking, more load was exerted than in everyday walking, and similar levels of muscle activities were observed as in longer-stride fast walking, stair climbing, and jogging. During the push-off period of Exercise Walking, the Rectus femoris, knee joint extensor, acted strongly. The electromyographic (EMG) patterns were found similar to those of longer-stride fast walking and stair climbing. In Exercise Walking, however, the hamstrings did not act unlike in jogging.

2. We attempted to find a movement which shows similar EMG patterns to those of jogging, and we found the walking in ballet was the case. We applied some characteristics of ballet walking to eve-

ryday walking : walking with the backraised, with the feet landed on the imaginary center line and the toes pointed slightly to the outside, and with the feet kicked backward to shift the center of gravity forward quickly. As a result, during the push-off period, the hamstrings, hip joint extensor, acted and showed similar EMG patterns to those of jogging. During the stance phase, moreover, the Gluteus maximus acted for the stabilized pelvis and firmly tucked-in buttocks and contributed to a good posture. This new type of walking showed similar muscle activities to jogging and made a proper posture possible. We call this New Exercise Walking.

3. We believe that this New Exercise Walking is very useful for those who are fitness-conscious and also for those who are required aesthetic walking like professional fashion models.

4. We conclude that it is more effective to combine Exercise Walking with New Exercise Walking according to the purpose and place.

はじめに

近年、ジョギングに代わる運動としてエクササイズウォーキング (Exercise Walking) が米国で脚光を浴び、わが国でも多くの老若男女に取り入れられつつある。エクササイズウォーキングは、わざわざ服装・靴を替えなくても、いつでもどこでも容易に行える運動である。さらにジョギングに比べ、膝・足・腰の障害がおきにくい運動としても注目されてきている。また「EXERCISE WALKING」の著者である Yanker¹⁾ は、エクササイズウォーキングはジョギングと同程度の負荷運動であるだけでなく、姿勢矯正にも役立つと述べている。しかし、今までエクササイズウォーキングを筋の働きの面から詳細に検討したものは、ほとんどない。

そこで、今回エクササイズウォーキングについて下肢筋から筋電図記録し、日常の各種歩行・ジョギングと比較しながらエクササイズウォーキ

ングの特徴を筋の作用機序の面から明らかにせんとした。また、エクササイズウォーキングの他に筋の働きからみてジョギングに代わる歩行様式が存在するのかどうかを検索するため、各種の条件歩行についても筋電図的に検討を加えた。

1. 実験方法

成人男女 15 名について、エクササイズウォーキングと、比較のため日常の各種歩行 (速足歩行・階段上り歩行等)、ジョギングを行なわせた。また、エクササイズウォーキングの他に筋の働きからみてジョギングに代わる歩行様式があるかどうかを検索するため、幼・小児から成人・老人にいたる 50 余名について各種の条件歩行 (大股・小股・前傾・後傾・内股・外股歩行等) を行わせた。それぞれの歩行・走行中について下肢筋の筋電図、足・膝・股関節の角度変化曲線 (ゴニオグラム)、足底の離床・接床を区分するバソグラム、ビデオ映画によるフォームのフレームシグナルを

18 ch 多用途脳波計を用いて同時記録した。

2. 結果ならびに考察

図1は成人の日常歩行における代表的な下肢筋群の筋電図と動作記録（下肢の各関節の角度変化曲線，離床・接床を区別するバソグラム）を示している。足底スイッチを用いて記録したバソグラムから，筋電図上段の白い横棒は足が地面からはなれている離床期，黒い横棒は足が地面についている接床期を示している。

離床（Toe-off）寸前に股関節屈曲に働く大腿直筋，足関節背屈に働く前脛骨筋に強い放電がみられた。また，着地（Heel-contact）前後において接地の際の衝撃を吸収するため，腓腹筋を除く他の下肢筋に集中的な放電が見られた。その後接床期の後半，踵押し上げに働く腓腹筋に強い放電が見られた。着地直後から接床期の終わりまで，特に腓腹筋によって前方への推力が得られる踵押し上げ時（Heel-off）に，膝，股関節筋群にはほとんど放電のみられないのが成人の日常歩行の大きな特徴である^{2,3)}。

図2はエクササイズウォーキングの動作・筋電図を示している。フォームや動作記録からみたエクササイズウォーキングはジョギングのように肘屈曲をともなった大股速足歩行であるのが大きな特徴である。

筋電図をみると離床期寸前の股関節屈曲に働く大腿直筋，着地前後の膝・股関節筋群，接床期後半における踵押し上げ時の腓腹筋の放電はいずれも日常歩行に比べると顕著に増大する傾向を示した。踵押し上げ時，日常歩行ではみられない膝関節伸展に働く内側広筋・大腿直筋，股関節伸展に働く大殿筋に強い同時放電がみられ，ゴニオグラムから膝・股関節が共に伸展されていることがわかる。この間，二関節筋の大腿直筋には強い放電がみられるが，拮抗筋の大腿二頭筋と半膜様筋（ハムストリングス）の放電が減少・消失し，拮抗

筋抑制と考えられる筋放電がみられた。これら二関節筋の放電様相から膝・股関節が共に伸展される間，股関節伸展筋より膝関節伸展筋がより積極的に働いていることがわかる^{4,5)}。

日常歩行では踵押し上げ時の腓腹筋によって前方への推力を得ているが，エクササイズウォーキングでは腓腹筋と共に膝・股関節筋伸展筋，特に膝関節伸展筋が積極的に参画し，推力を得ている。

図3は小股速足歩行，図4は大股速足歩行の動作・筋電図を示している。これらを比較すると大股速足歩行の方が接床期の間，膝・股関節筋の放電が大となっている。特に，踵押し上げ時では膝関節伸展に働く内側広筋・大腿直筋の放電が顕著になり，エクササイズウォーキングの筋の放電様相と極めて類似していた。

成人女性の速足歩行を日常生活のなかで観察すると，大股歩行より小股歩行の方が多く傾向がみられるが，実験結果より大股速足歩行のほうが小股速足歩行より負荷が大きくなっていることがわかった。このことから同じ速足歩行でも小股歩行より大股歩行の方が膝関節伸展筋の強化運動として適していると思われる。

エクササイズウォーキングは肘を曲げてジョギング的なフォームで行われている場合が多い。この肘曲げ動作は上腕二頭筋・上腕三頭筋が参画し，上肢筋の強化に役立ち，また速く歩くための合理的な方法でもある。肘曲げをともなったエクササイズウォーキングはグラウンドなどで行うのは良いが，街なかにおいて普段の服装での肘曲げ動作は，人目を引き実施しにくい。一方，自然な肘伸ばし動作をともなった大股速足歩行は，日常生活において人ごみのなかでも容易に実施できるものと思われる。

図5は階段上り歩行の動作・筋電図である。接床期の膝・股関節筋伸展筋についてみると，階段上り歩行の放電様相はエクササイズウォーキン

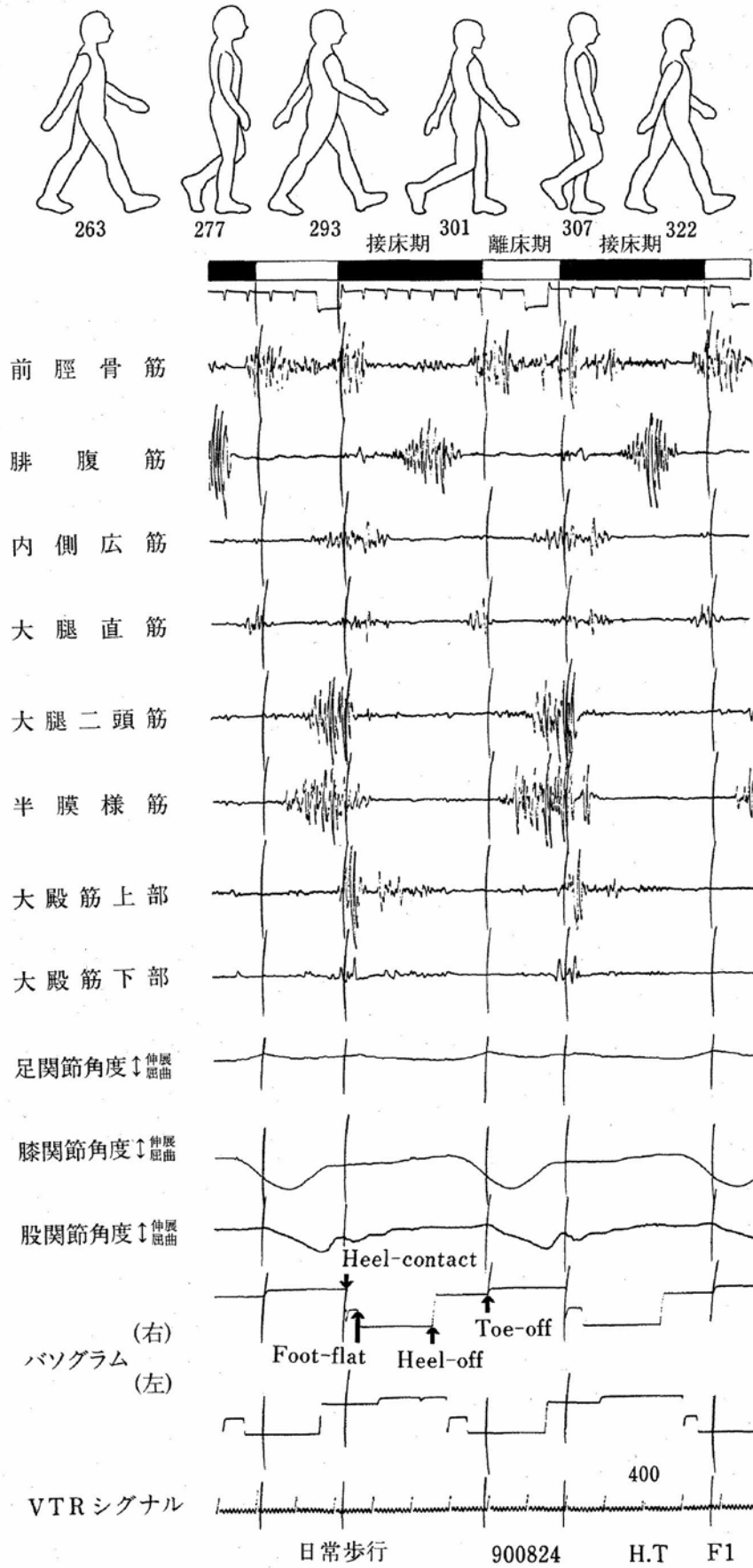


図1 日常歩行の筋電図

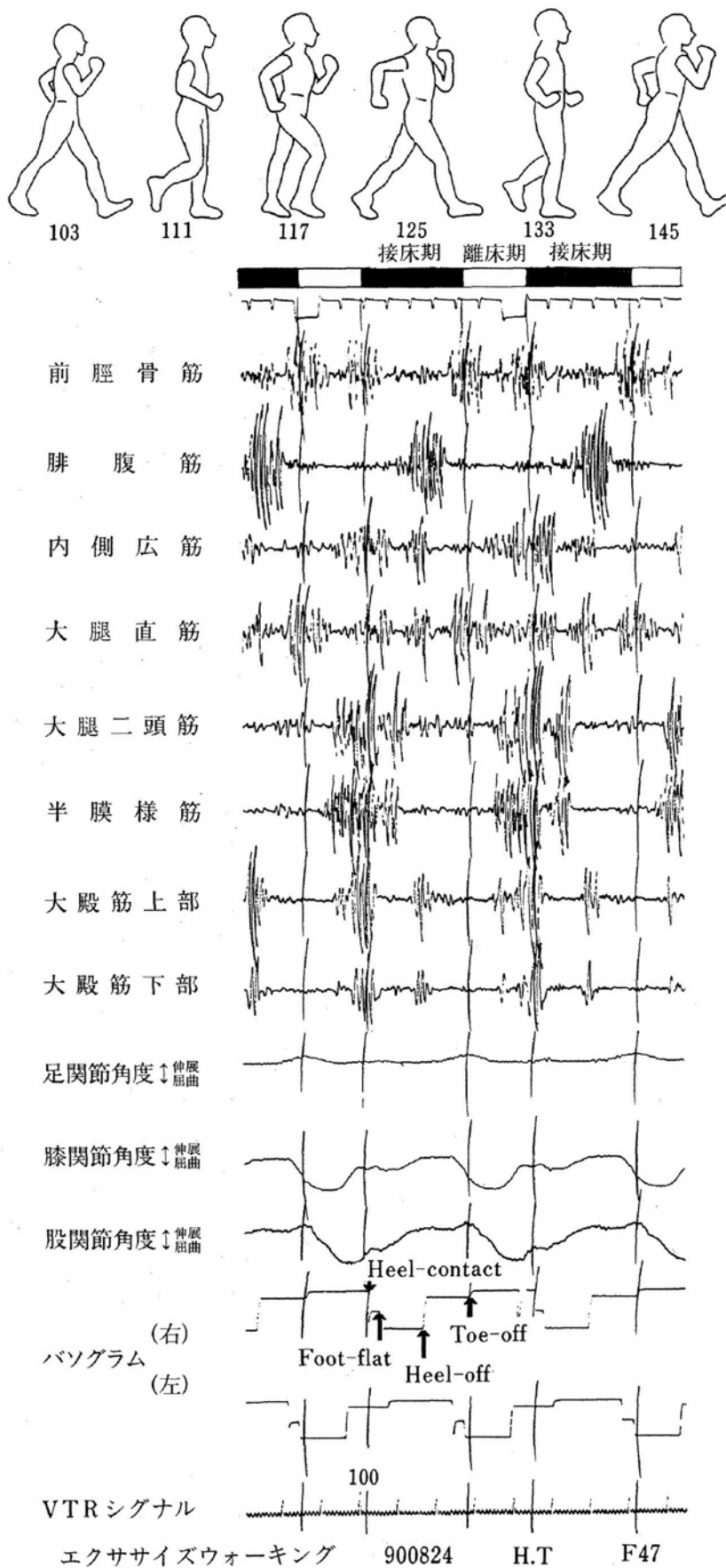


図2 エクササイズウォーキングの筋電図

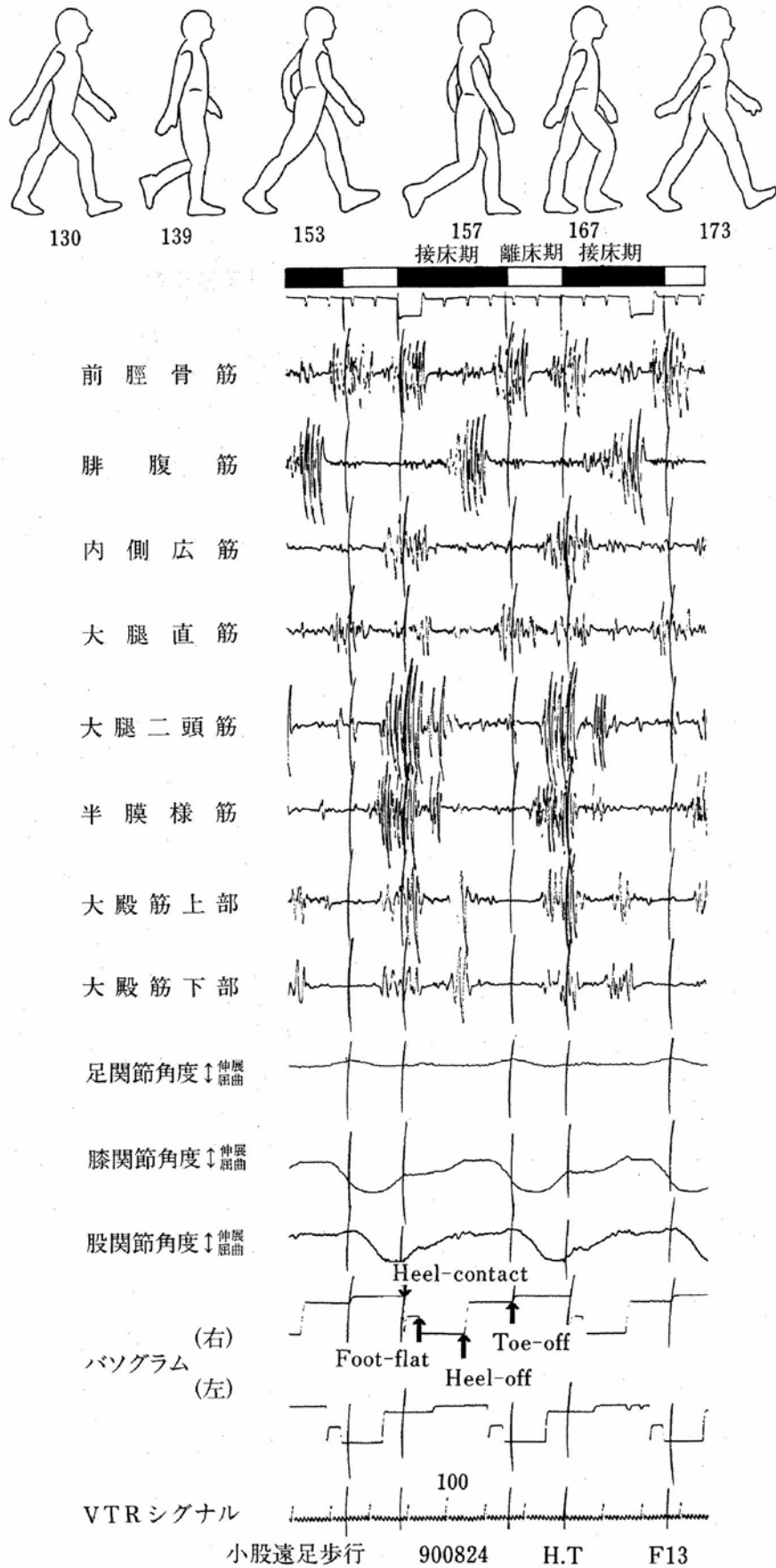


図3 小股速足歩行の筋電図

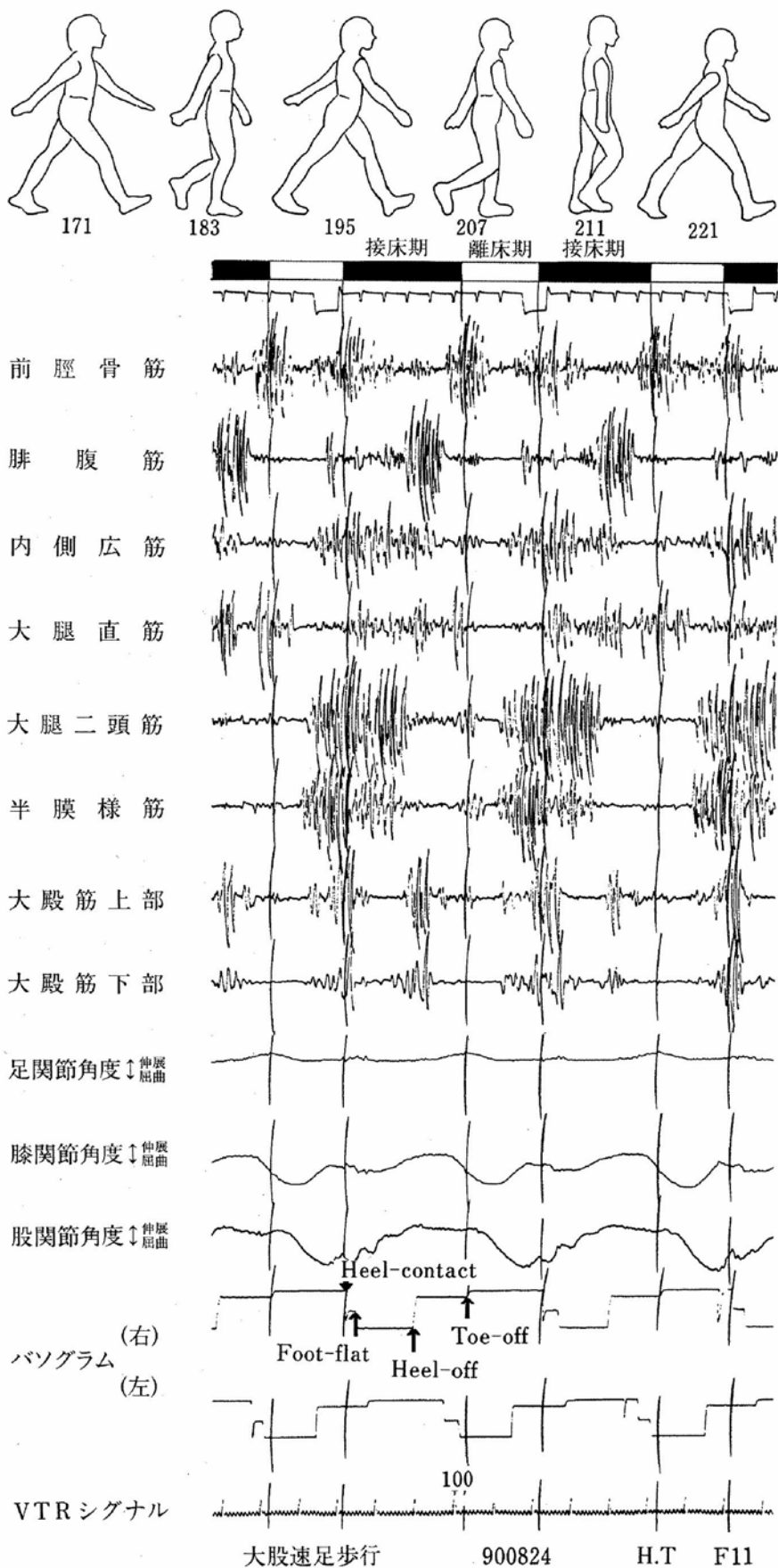


図4 大股速足歩行の筋電図

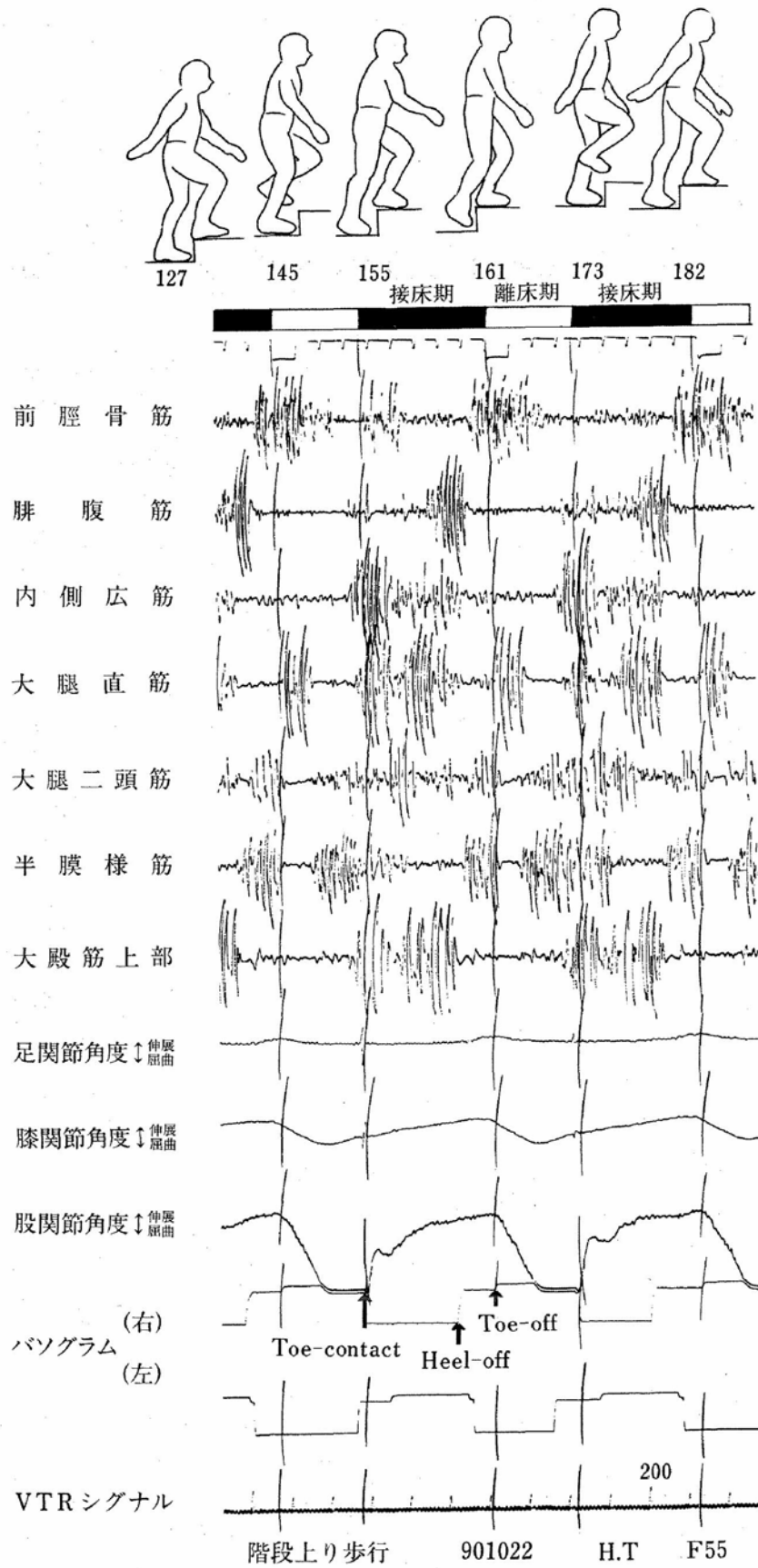


図5 階段上り歩行の筋電図

グ・大股速足歩行の放電様相とほぼ類似しているのがわかる。特に、踵押し上げ時の膝関節伸展筋の内側広筋・大腿直筋、股関節伸展筋の大殿筋の放電様相は極めて類似していた。したがって階段上り歩行はエクササイズウォーキング、大股速足歩行の代用となる筋運動であることがわかった。

日常生活のなかで、駅、百貨店、マンションなどの長い階段を多くみかけるが、エスカレータ・エレベータの普及により、階段を使用する人々が減少する傾向がある。しかし、階段上りをよい体力づくりの機会であると考えらるなら、この長い階段も有効に利用できるのではなかろうか。

図6はジョギングの動作・筋電図である。着地前後をみると、二関節筋である大腿直筋の放電が増大するとき、ハムストリングスの放電が減少・消失した。これはエクササイズウォーキング・大股速足歩行・階段上りにおける膝・股関節筋の放電様相と一致した。この二関節筋の拮抗筋抑制と考えられる放電様相は、エクササイズウォーキングに比し、速足歩行・ジョギングになるとその傾向が明確になってきた^{6,7)}。すなわち、歩行・走行の着地において膝・股関節が共に伸展されている時であり、二関節筋の放電様相から股関節伸展筋より膝関節伸展筋がより積極的に働いていることがわかる。また、踵押し上げ時において腓腹筋に強い放電がみられるとき、ハムストリングスに強い放電が出現し、拮抗筋の大腿直筋の放電が減少・消失する傾向を示した。これは着地時とは逆の放電様相であり、膝関節伸展筋より股関節伸展筋がより積極的に働いていることがわかる。すなわち、踵押し上げ時においてエクササイズウォーキングでは膝関節伸展筋の大腿直筋が、ジョギングでは股関節伸展筋のハムストリングスがより積極的に働く筋放電を示した。

歩行の速度をいくら速めても、ジョギングのようにハムストリングスが働かないことから、踵押し上げ時にみられるハムストリングスの放電様相
デサントスポーツ科学 Vol.12

はジョギング特有のものと思われる。

はたして、ジョギングのように踵押し上げ時にハムストリングスが参画する歩行様式があるかどうかを検索した。その結果、1歳前後の独立歩行開始期から3歳頃までの乳幼児歩行^{8~12)}、老人歩行¹³⁾、ダンスや新体操などに用いられる美的歩行(ダンス歩行)¹⁴⁾において踵押し上げ時にハムストリングスの放電がみられた。条件歩行の筋電図的解析結果から、乳幼児歩行や老人歩行でみられるハムストリングスの放電様相は体前傾姿勢に起因していることがわかった。しかし、ジョギングのように踵押し上げ時にハムストリングスが働いていても、体前傾姿勢であるためこの条件を日常歩行にとり入れるのは姿勢の面から不自然であると考えられる。そこで、ダンス歩行を詳細に検討してみた。

図7はダンス経験者のダンス歩行の動作・筋電図である。ダンス歩行は日常歩行と比べると少しスロースピードにもかかわらず接床期の間、特に膝・股関節群に強い放電が見られた。着地前後から足底全面着地の間、大腿直筋と大殿筋に強い持続放電がみられた。また、踵押し上げ時に、ハムストリングスに強い放電がみられる間、拮抗筋の大腿直筋の放電が減少・消失し、ジョギングの放電様相と類似した。

ダンス歩行を動作・筋電図的に解析した結果、主な特徴として、上体の引き上げ、足先を幾分外向きでつま先から接地し、一直線上に踵を置く(一直線上足先外向き)、重心を速く前方へ移すための後方へり蹴り(後方への蹴り)があげられる。ダンス歩行で用いられるつま先着地は、日常歩行ではほとんど使われないので除外し、その他の特徴(上体の引き上げ、一直線上の足先外向き、後方への蹴り)をダンス経験者の日常歩行にとり入れて検討してみた。

図8はダンス経験者に上体の引き上げのみを意識して歩かせたときの動作・筋電図である。ジョ

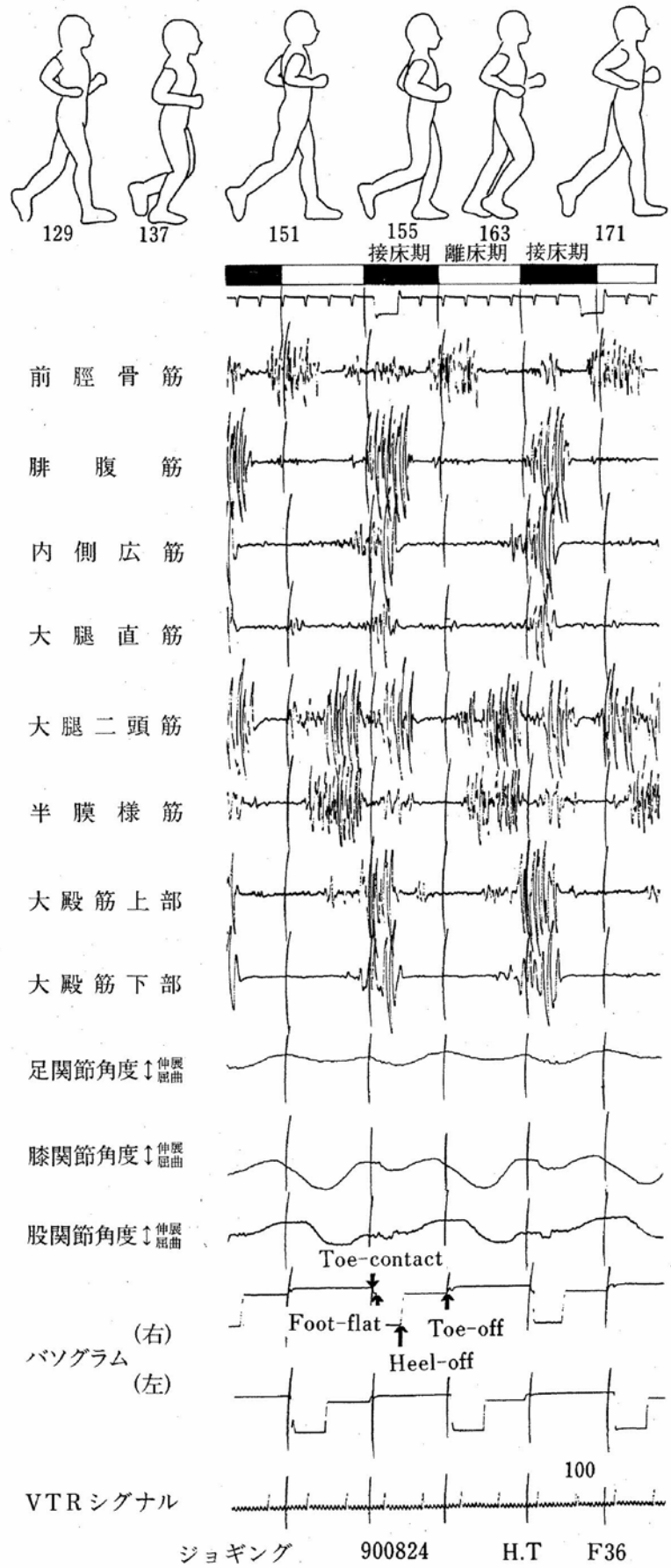


図6 ジョギングの筋電図

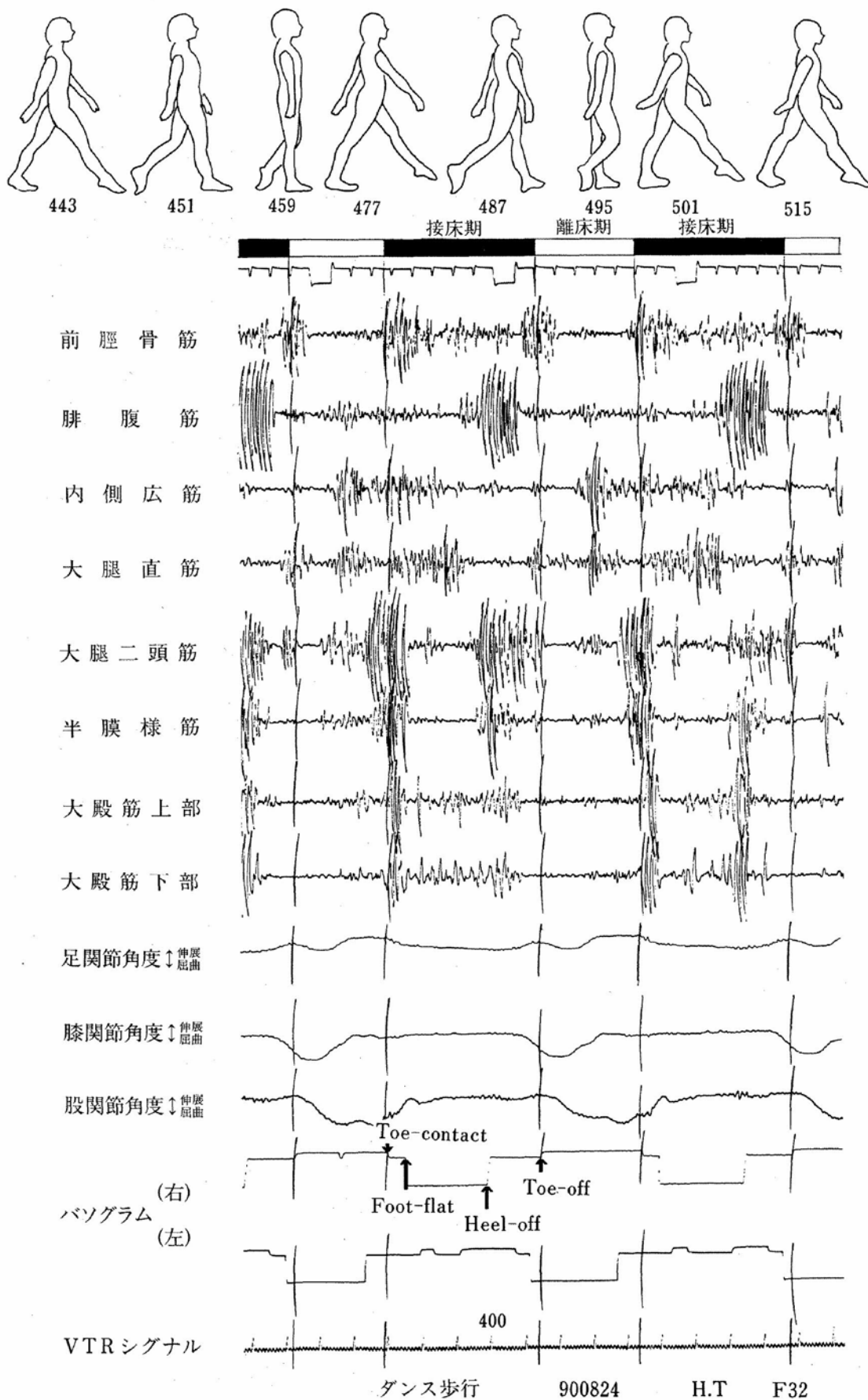


図7 ダンス歩行（ダンス経験者）の筋電図

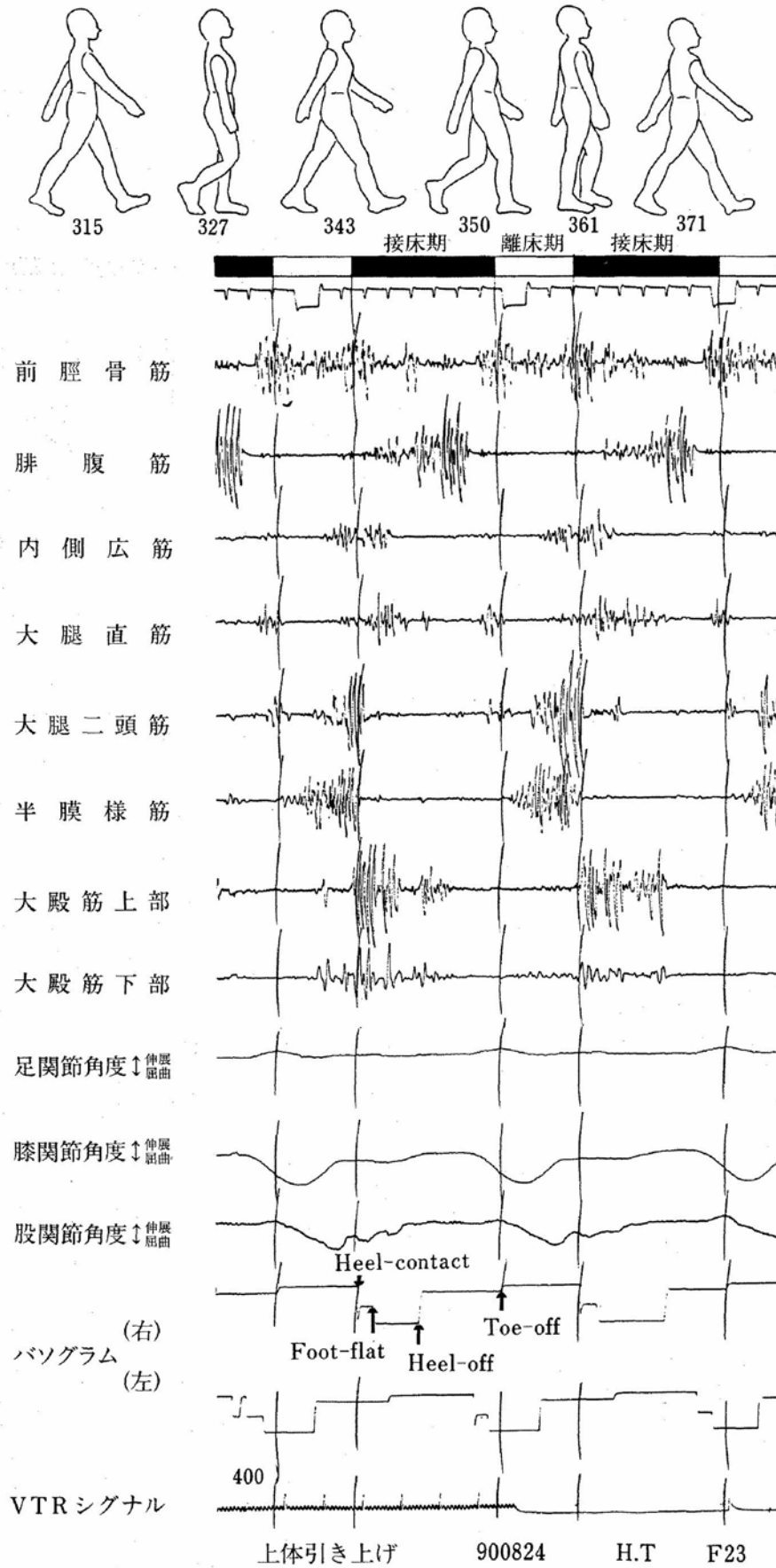


図8 上体引き上げ歩行（ダンス経験者）の筋電図

ギングにみられた踵押し上げ時のハムストリングスの放電様相はみられなかった。しかし、着地直後から足底全面着地の間、大腿直筋と大殿筋に強い持続放電がみられた。これらは骨盤固定ならびに殿部の引き上げに働いているものと考えられる。要するに、上体の引き上げが下肢筋にも影響することがわかった。

図9は同一被験者に足先を幾分外向きで踵を一直線上に着地すること（一直線上足先外向き）を意識して歩かせたときの動作・筋電図である。踵押し上げ時に、上体の引き上げ歩行では見られなかった股関節伸展筋のハムストリングスに放電がみられ、ジョギングと類似した筋の放電様相を示した。これは足先外向きを意識させた結果、股関節の回外がなされ、その状態で股関節が伸展されたため、ハムストリングスが参画したものと考えられる。足底全面着地の間、上体の引き上げ歩行と同様大腿直筋、大殿筋に持続放電がみられた。これは体重支持の間、膝を強く伸展しているため大腿直筋が働き、股関節の回外のため大殿筋が参画しているものと思われる。

図10は同一被験者に上体の引き上げと一直線上足先外向きを意識して歩かせたときの動作・筋電図である。その結果、踵押し上げ時、ハムストリングスの放電が出現した。さらに、後方への蹴りを意識させるとハムストリングスの放電が増大する傾向がみられ、ジョギングの放電様相に極めて類似した。

以上、ダンス歩行の主な特徴である上体の引き上げと一直線上足先外向きの条件を、ダンス経験者の日常歩行にとり入れた結果、ジョギングの放電様相に類似し、また上体の引き上げが下肢筋の活動に影響することがわかった。はたして、一般人（ダンス未経験者）でも同様の結果が得られるかどうかを検討してみた。

図11は一般人の日常歩行、図12は上体の引き上げ歩行、図13は一直線上の足先外向き歩行、

図14は上体の引き上げと一直線上の足先外向きに加え、後方への蹴りを意識して歩かせたときの動作・筋電図である。上体の引き上げを日常歩行にとり入れた結果、ダンス経験者のものと同傾向の放電様相を示した。すなわち、踵押し上げ時に、ジョギングにみられるハムストリングスの放電はみられなかった。足底全面着地の間、大腿直筋、大殿筋の持続放電がみられたが大殿筋の放電はダンス経験者に比べて弱かった。このことは、ダンス経験者に比し一般人は殿部の引き上げが十分になされていないものと思われる。しかし、上体の引き上げは下肢筋に影響を及ぼしていることが明らかになった。

次に一直線上足先外向きを意識して歩かせた結果、ダンス経験者の放電様相と同様の傾向がみられた。すなわち、踵押し上げ時股関節伸展筋のハムストリングスに集中した放電がみられジョギングの放電様相と類似した。さらに上体の引き上げと一直線上足先外向きに加え、後方への蹴りを意識して歩かせた結果、踵押し上げ時における股関節伸展筋のハムストリングスの放電様相は、ジョギングと極めて類似した。

歩行速度を上げなくても、日常歩行に上体の引き上げ・一直線上足先外向き・後方への蹴りを取り入れた歩行様式は、エクササイズウォーキングではみられないジョギングと同様の筋活動を示すことがわかった。われわれは、この歩行様式をニューエクササイズウォーキング（New Exercise Walking）と呼ぶことにする。

このニューエクササイズウォーキングは、一般人のフィットネス運動にとどまらず、姿勢矯正や美的歩行が要求される人々（ファッションモデル等）の歩行訓練にも役立つものと思われる。

要するに、目的・場所に応じてエクササイズウォーキングならびにニューエクササイズウォーキングを実施することは、フィットネス運動として効果的であると考えられる。

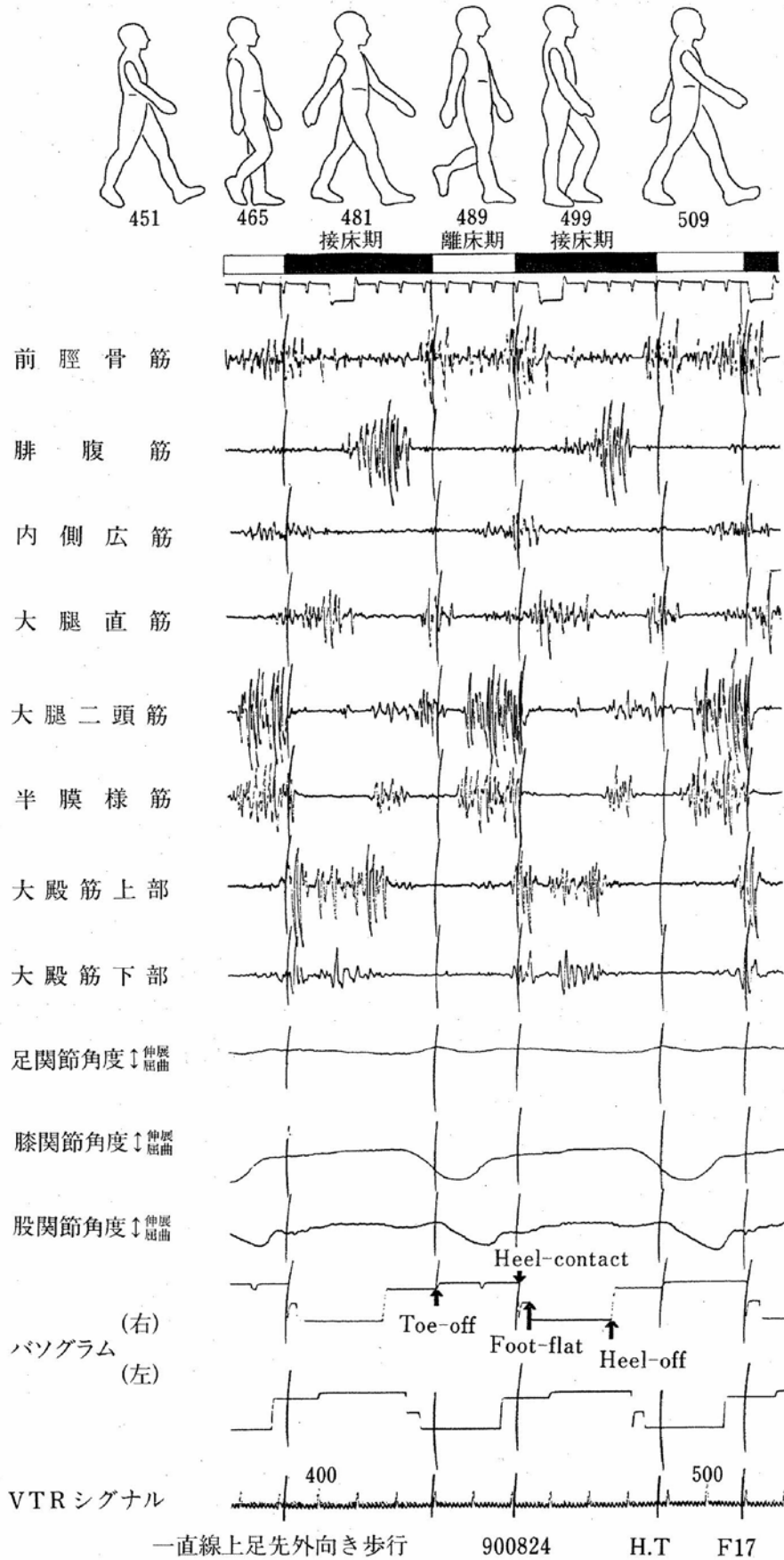


図9 一直線上足先外向き歩行（ダンス経験者）の筋電図

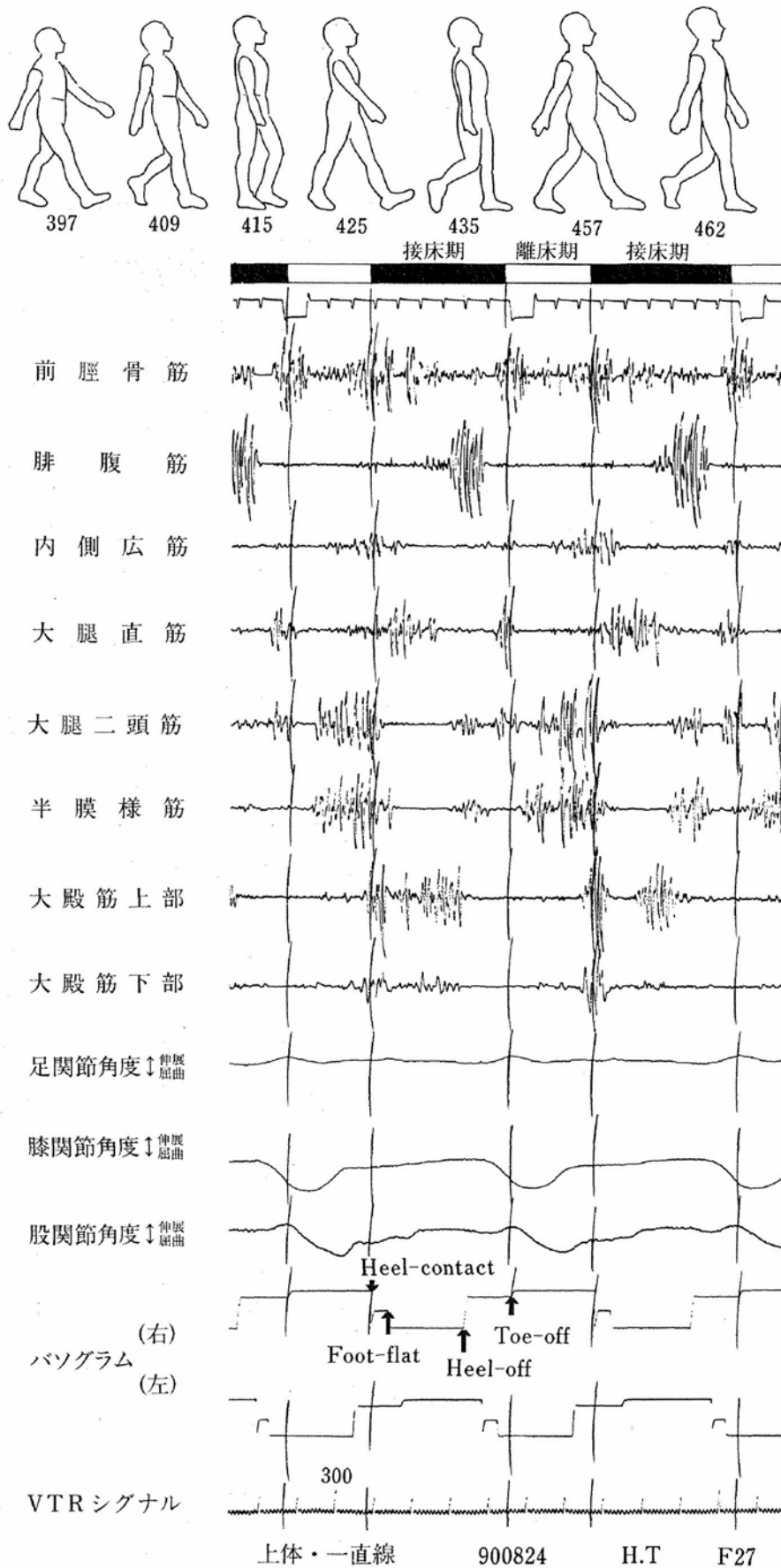


図10 上体引き上げ・一直線上足先外向き歩行（ダンス経験者）の筋電図

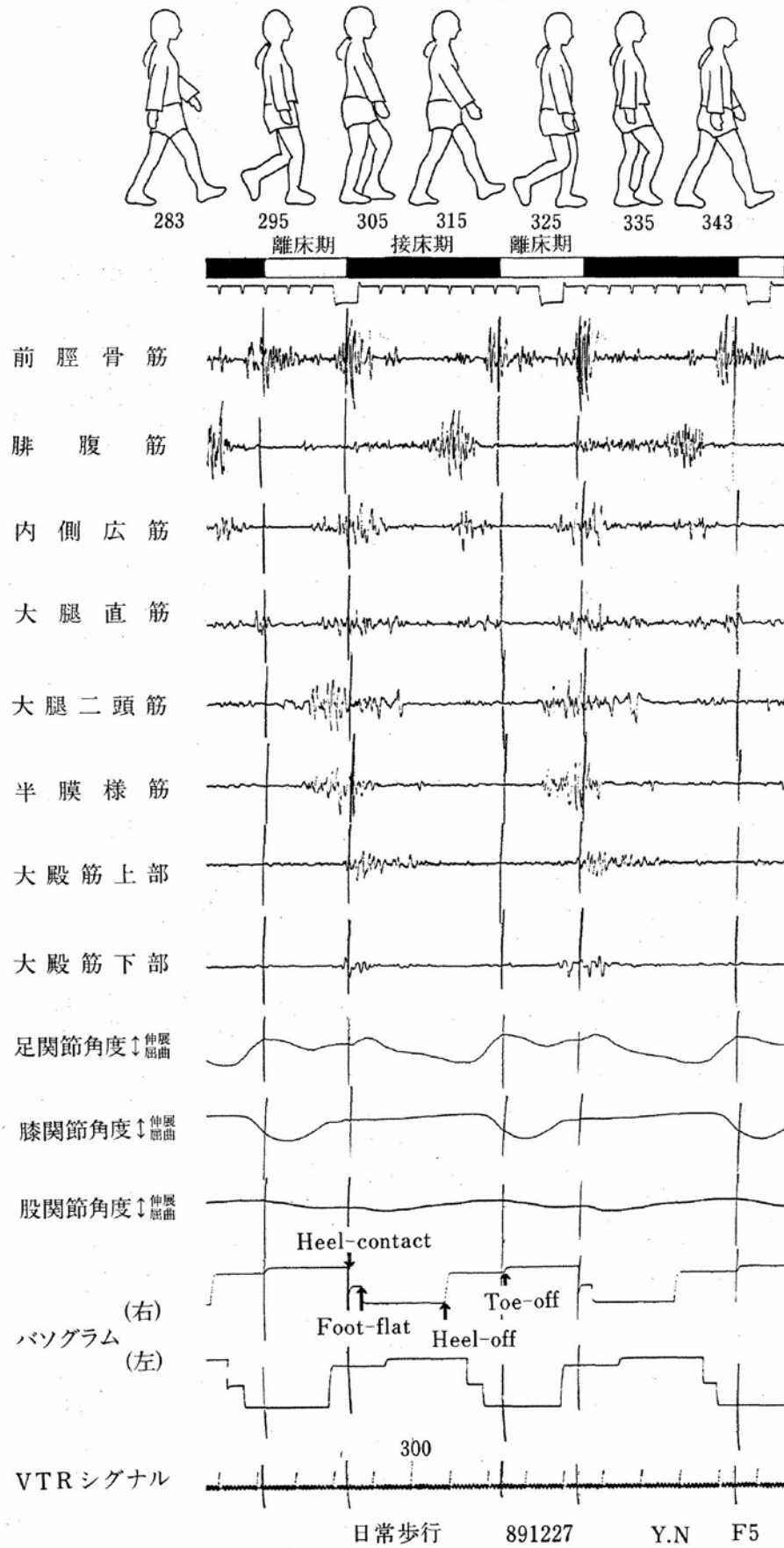


図11 日常歩行（一般人）の筋電図

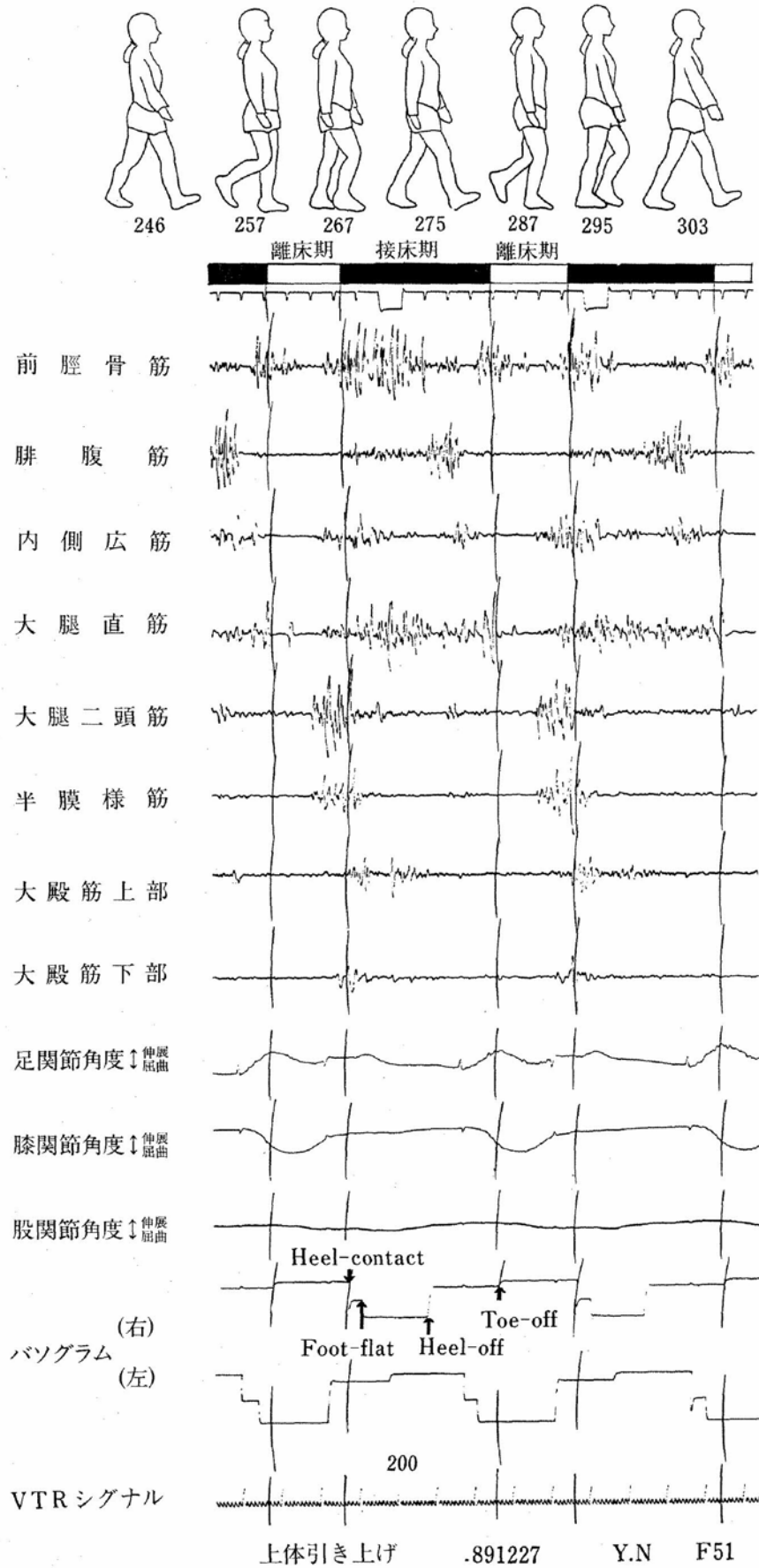


図12 上体引き上げ歩行（一般人）の筋電図

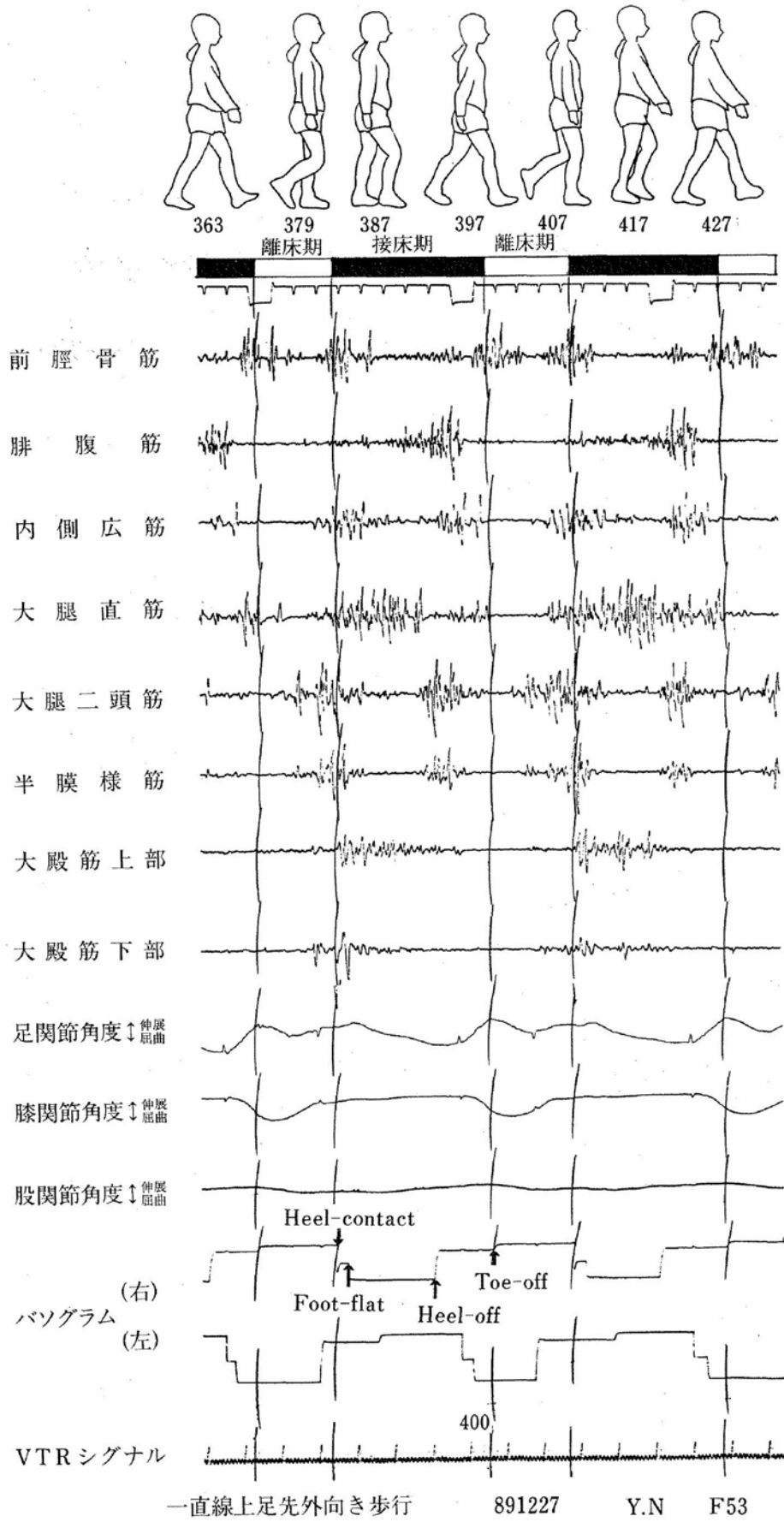


図13 一直線上足先外向き歩行（一般人）の筋電図

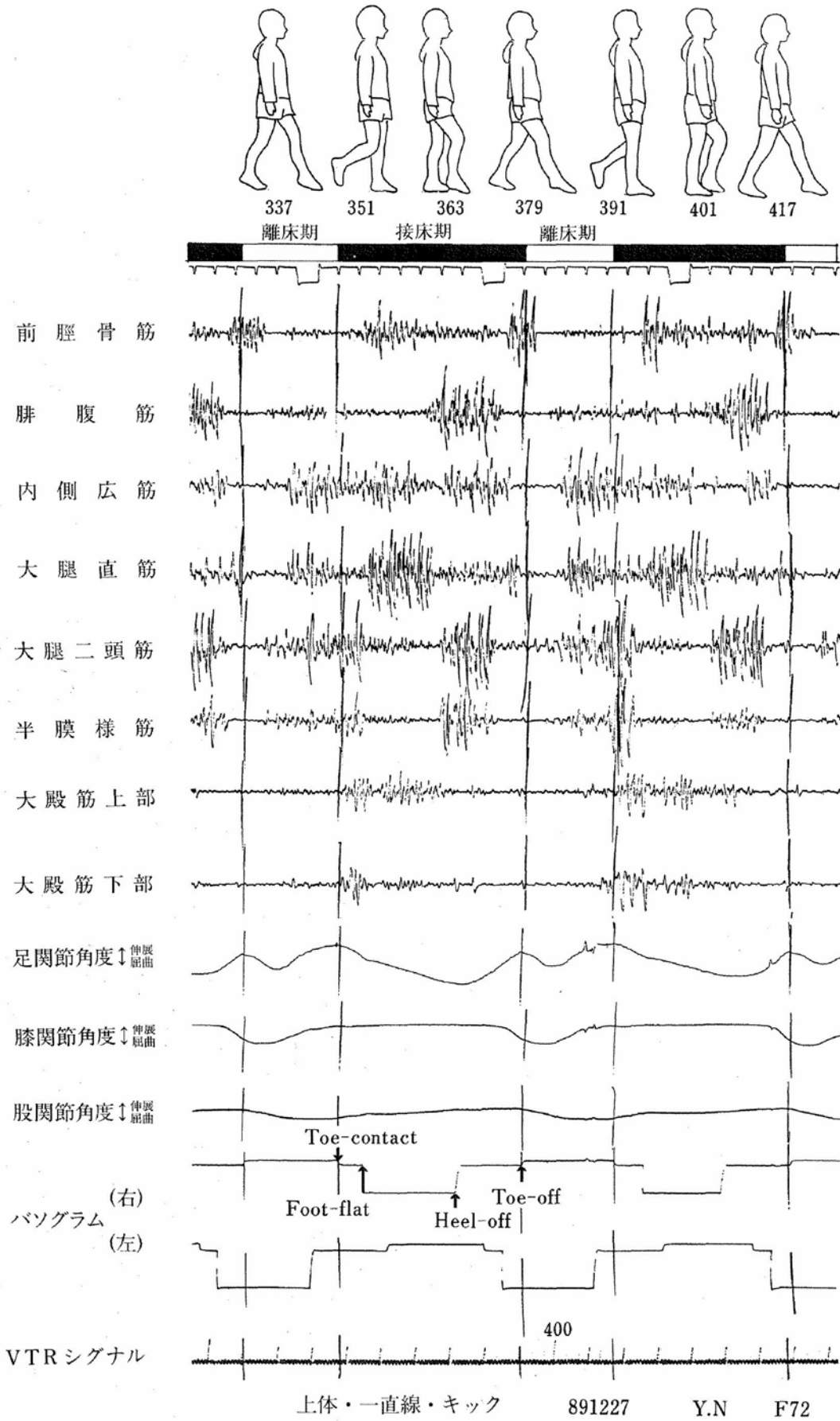


図14 上体引き上げ・一直線上足先外向き・後方への蹴り歩行（一般人）の筋電図

おわりに

近年ジョギングに代わる運動として米国をはじめわが国でも注目されているエクササイズウォーキング (Exercise Walking) を筋電図的に検討した。また、エクササイズウォーキング以外に筋の働きからみてジョギングに代わる歩行様式があるのかどうかについても筋電図的に検索した。

1. エクササイズウォーキングは、大股速足歩行・階段上り歩行・ジョギングと同程度の筋活動を示した。エクササイズウォーキングの踵押し上げ時、膝関節伸展のため大腿直筋が強く働き、大股速足歩行・階段上り歩行の筋電図パターンと類似した。しかし、踵押し上げ時に、股関節伸展筋のハムストリングスはジョギングでは強く働くが、エクササイズウォーキングでは働かず、ジョギングと異なった。

2. ジョギングと同様の筋の放電様相を示す歩行様式を検索した結果、ダンスなどに用いられている美的歩行の放電様相が観察された。このダンス歩行の特徴である上体の引き上げ・つま先外向きで一直線上に踵着地 (一直線上足先外向き) ・重心を速く前方へ移すための後方への蹴り (後方への蹴り) を一般の人の日常歩行 (ノーマルスピード) に取り入れた。

その結果、踵押し上げ時には股関節伸展筋のハムストリングスが働き、ジョギングと同様の放電様相を示した。さらに足底全面着地の間、骨盤固定、殿部の引き上げのため、大腿直筋・大殿筋が働き、上体の引き上げが下肢筋の活動に影響することがわかった。

歩行速度を上げなくても、日常歩行に上体の引き上げ・一直線上足先外向き・後方への蹴りを取り入れた歩行様式は、エクササイズウォーキングではみられないジョギングと同様の筋活動を示した。われわれは、この歩行様式をニューエクササイズウォーキング (New Exercise Walking) と

名づけた。

3. このニューエクササイズウォーキングは、一般の人々のフィットネス運動にとどまらず、姿勢矯正や美的歩行が要求される人々 (ファッションモデル等) の歩行訓練にも役立つものと思われる。

本研究は、堤 博美、山下英明 (関西医科大学)、後藤幸弘 (兵庫教育大学)、丸山宣武 (聖母女学院短期大学)、風井訖恭 (仏教大学)、徳原康彦、西山 潤 (帝国女子大学)、奥野暢通 (国際仏教大学)、山根文隆 (五荘小学校)、岡本香代子 (大阪教育大学大学院) による共同研究である。

文 献

- 1) Yanker, G. D.; The Complete Book of Exercise walking, Contemporary Books Inc., Chicago (1983)
- 2) 岡本 勉, 後藤幸弘; 乳児から幼児にいたる歩行動作の筋電図学的解明, *Jap. J. Sports Sci.*, **3** (8), 606-620 (1984)
- 3) 岡本 勉ほか; シューズを検討するための歩行・走行・跳躍時における足関節運動の X 線映画, 動作・筋電図的研究, *デサントスポーツ科学*, **5**, 78-89 (1983)
- 4) 熊本水頼, 高木公三郎; 直列多関節運動型運動の特性, 身体運動の制御, 第IV編第10章, 杏林書院, 207 (1980)
- 5) 岡本 勉; EMG の Biomechanics への応用—放電パターンについて—, *Jap. J. Sports Sci.*, **2**, 708-716 (1983)
- 6) 松下健二ほか; 走りの筋電図的研究, 体育学的研究, **19**, 147-156 (1976)
- 7) 後藤幸弘ほか; 幼児における走運動の習熟過程の筋電図的研究, 身体運動の科学Ⅲ, 杏林書院, 東京, 273-246 (1979)
- 8) Okamoto, T., Kumamoto, M.; Electromyographic Study of the Learning Process of Walking in Infants, *Electromyography*, **12**, 149-158 (1972)
- 9) Kasai, N. et al.; Electromyographic Study of Supported Walking of the Infants, *Bio-mechanics V-A. International Series on Sport Sciences. Univ. Park Press, Baltimore*, 311-318 (1976)

- 10) Okamoto, T., Goto, Y.; Human Infant Pre-independent and Independent Walking. In : Primate Morphophysiology, Locomotor Analyses and Human Bipedalism, kondo, S. (Ed) University of Tokyo Press, 59-79 (1985)
- 11) 岡本 勉ほか; 新生児・乳幼児にみられる原始歩行の筋電図的研究, *Jap. J. Sports Sci.*, 8-3, 115-120 (1989)
- 12) 山下英明ほか; 新生児・乳児期の原始歩行の筋電図的検討, *臨床脳波*, Vol. 31, 5, 294-299(1989)
- 13) 吉澤正尹ほか; 加齢による歩容変化の動作, 筋電図学的研究, *Jap. J. Sports Sci.*, 8-3, 134-141 (1989)
- 14) 岡本香代子ほか; 筋電図の働きからみたダンスウォーキングステップ, 日本体育学会第41回大会号B, 695 (1990)