

Reflexmyographische Untersuchungen der Plantarmuskeln: Drei Komponenten der F-Welle*

Hans M. Jacobi und Hugo M. Krott

Psychiatrisches Landeskrankenhaus Weinsberg

(Leiter: Prof. Dr. F. Reimer)

Abteilung für Neurologie der Universität Ulm

(Leiter: Prof. Dr. H. H. Kornhuber)

Eingegangen am 18. April 1974

Reflex Myographic Results in Plantar Muscles

Three Components of the F-Wave

Summary. Secondary responses (F-waves) to electrical stimulation of the tibial nerve were recorded percutaneously with tungsten semimicroelectrodes in the plantar muscles in man. The computerized analysis of F-waves were best obtained by intranerval stimulation with tungsten semimicroelectrodes. In normal subjects an early monosynaptic and late polysynaptic component within the F-wave could be differentiated. In patients suffering from sciatic syndrome and polyneuropathia, myotatic reflexes could not be elicited neither mechanically nor electrically, and muscle spindle afferents of the soleus muscle could not be recorded. An antidromically induced recurrent discharge could be elicited in plantar muscles of these patients but not in normal subjects.

In analogy to the results of Gassel and Wiesendanger three different components of the F-wave can also be found in man: 1. a monosynaptic reflex-potential similar to the H-reflex of the soleus muscle (Hoffmann, 1918), 2. a polysynaptic reflex-potential, corresponding to the F-wave of Magladery and McDougal (1950), and 3. an antidromically induced recurrent discharge, corresponding to the recurrent potential of Renshaw (1941).

Key words: Electromyography — F-Wave — Recurrent Discharge — H-Reflex — Polysynaptic Reflex — Plantar Muscles — Man.

Zusammenfassung. Nach elektrischer Reizung des N. tibialis wurden in den Plantarmuskeln des Menschen Spätpotentiale (F-Wellen) analysiert. Voraussetzung hierfür war Anwendung intranervaler Reiztechnik mit Semimikroelektroden. Bei Gesunden wies das Spätpotential eine frühe mono- und späte polysynaptische Komponente auf. Bei Patienten mit sensiblem S 1-Wurzelkompressions-Syndrom oder Polyneuropathie ohne mechanisch oder elektrisch auslösbarer Eigenreflexe und ohne registrierbare motosensible Afferenzen des M. triceps surae wurde in den Plantarmuskeln ein Spätpotential registriert, das als recurrent discharge interpretiert wird. Bei Gesunden wurde diese recurrent discharge nicht gefunden. Es wird angenommen, daß sie im H-Potential enthalten ist.

Analog den tierexperimentellen Ergebnissen von Gassel u. Wiesendanger enthält die F-Welle drei verschiedene Potentiale: 1. ein *monosynaptisches* Reflexpotential, das dem H-Reflex des M. soleus entspricht, 2. ein *polysynaptisches* Re-

* Teilergebnisse der Arbeit wurden auf der Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Neurologie April 1973 in Gießen vorgetragen.

flexpotential, das der F-Welle von Magladery u. McDougal entspricht und 3. eine Entladung *ant idromerregter Motoneurone*, entsprechend der recurrent discharge Renshaws.

Schlüsselwörter: Elektromyographie — F-Welle — Rückläufige Entladung — H-Reflex — Polysynaptischer Reflex — Plantarmuskeln — Mensch.

Einleitung

Magladery u. McDougal [10] beschrieben 1950 bei elektrischer Reizung des N. tibialis in den Plantarmuskeln neben dem direkten Muskelpotential ein sogenanntes Spätpotential, die F-Welle, die sie als polysynaptischen Reflex interpretierten. Dawson u. Merton [1] hielten 1956 die F-Welle für ein Potential antidrom erregter Motoneurone (recurrent discharge). 1962 bezeichnete Hagbarth [3] die F-Welle als rudimentäres H-Potential, da sie posttetanisch wie ein monosynaptischer Reflex fazilitierbar war. — Bisher gibt es also keine einheitliche Interpretation der F-Welle des Menschen.

1965 registrierten Gassel u. Wiesendanger [2] an den Plantarmuskeln der Katze eine F-Welle, die drei verschiedene Potentiale enthielt: ein monosynaptisches und ein polysynaptisches Reflexpotential sowie eine recurrent discharge. Die Vermutung lag also nahe, daß sich die F-Welle des Menschen analog derjenigen der Katze ebenfalls aus drei verschiedenen Potentialen zusammensetzt und daß die oben genannten Autoren jeweils nur eine Komponente der F-Welle registriert und interpretiert hatten. Es ist deshalb Ziel der Untersuchung, die F-Welle des Menschen auf eine solche Dreiteilung zu untersuchen.

Krankengut und Methode

Die Versuche wurden an 10 Gesunden und 20 Patienten mit ein- oder beidseitiger Areflexie des M. triceps surae durchgeführt. Den Reflexausfällen lagen ätiologisch je 10 Polyneuropathien und 5 1-Nervenwurzelkompressions-Syndrome infolge Bandscheibenschäden zugrunde. Beide Patientengruppen enthielten neben motorisch/sensiblen Nervenschädigungen auch rein sensible Prädilektionstypen mit jeweils unterschiedlichem Schweregrad. Bei allen wurden elektromyographische und elektroneuropathische Untersuchungen (Bestimmung der motorischen und sensiblen Nervenleitungsgeschwindigkeit) durchgeführt, sowie nach mechanischer Reflexauslösung die motosensible Afferenz des M. soleus registriert [6,9]. Von den 10 Diskopathien wurden 6 myelographiert und 4 operiert¹. Die reflexmyographischen Untersuchungen wurden mit Tönnies- und Disa-Elektromyographen sowie einem Mnemotron Computer of Average Transient (CAT 1000) durchgeführt. Die Probanden lagen entspannt auf dem Bauch, während das jeweils untersuchte Bein in einer gepolsterten Schiene fixiert war. Abgeleitet wurde mit silberchloridierten Oberflächenelektroden von 12 mm Durchmesser über der Innervationszone des M. abductor hallucis brevis und des Großzehenballens, gereizt mit Rechteckimpulsen von 0,1 msec. Dauer und 0,5—12 mA Reizstärke. Zur tetanischen

¹ Die Bandscheibenoperationen wurden durch Herrn Professor Dr. F. Marguth, Neurochirurgische Klinik der Universität München, und Herrn Professor Dr. K. Schmidt, Neurochirurgische Abteilung des Nervenkrankenhauses des Bezirkes Schwaben, Günzburg, durchgeführt.

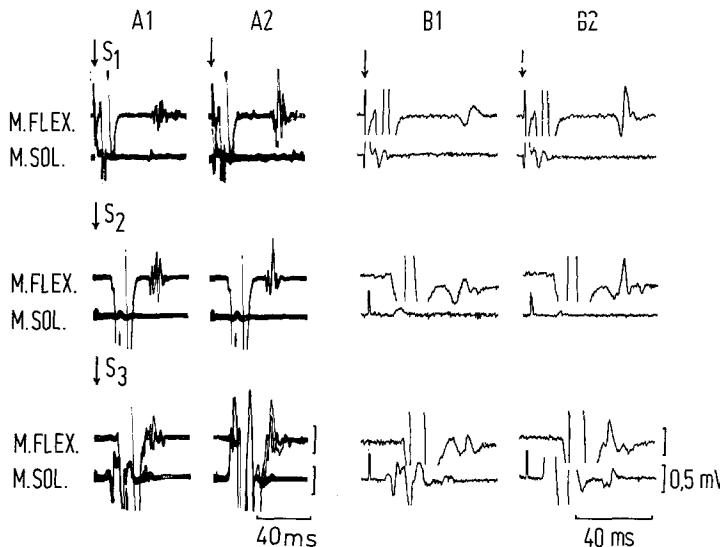


Abb. 1. Spätpotentiale der Plantarmuskeln Gesunder (M. flexor hallucis brevis) bei geringer Reizstärke ausgelöst vor (Zeile A 1 und B 1) und während tonischer Innervation sowie nach tetanischer Reizung (Zeile A 2 und B 2). Die Zeilen A 1 und A 2 zeigen die Elektromyogramme ($3 \times$), B 1 und B 2 die Summenkurven im CAT (200 \times). Die Mitregistrierung aus dem M. soleus erfolgte aus methodischen Gründen. Die Pfeile markieren den Reizbeginn am medialen Innenknöchel (S 1), in der Kniekehle (S 2) und am Oberschenkel (S 3)

Reizung wurden Serien von 3 sec Dauer und 200 Impulsen pro Sekunde gewählt. Der Testreiz wurde jeweils 1 sec nach Tetanus verabfolgt. Die Pausen zwischen den Reizserien lagen zwischen 1 bis 30 min. Der N. tibialis wurde intranerval am medialen Innenknöchel (S 1), in der Kniekehle (S 2) und am Sitzhalfter (S 3) gereizt. Zur intranervalen Reizung wurde nach intracutaner Anaesthesia und Bohren eines Stichkanals unter schwelennaher Reizung und notwendiger Positions korrektur eine isolierte Semimikroelektrode von $15-20 \mu$ freier Spitze in den N. tibialis eingestochen. Isolierter Schmerz mit isolierter Kontraktion von Teilen der Wade oder des Großzehenballens, plötzliches Absinken der Reizschwelle und Registrierung von typischen Nervenaktionspotentialen galten als Hinweis für die richtige Lage der Elektrodenspitze in Nerven. Zum Aufdecken von Artefakten, Fremdreflexen oder Potentialen entfernter Muskeln wurde simultan intramuskulär mit teflonisierten Drahtelektroden von 80μ freier Spitze registriert und die Latenz dieser Potentiale mit der der Reflexversuche verglichen. Alle Messdaten wurden statistisch berechnet (t -Test).

Ergebnisse

Elektrische Reizung des N. tibialis erzeugt in den Plantarmuskeln des Menschen ein direktes und indirektes Muskelpotential. Dieses Spätpotential, die F-Welle, lässt sich bei Gesunden in zwei verschiedene Anteile trennen, die sich bezüglich Reiz-Antwort-Verhalten, Latenzzeit,

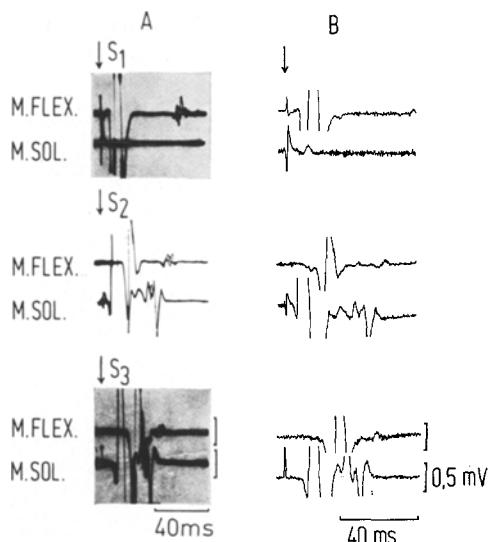


Abb. 2. Spätpotential der Plantarmuskeln Gesunder (M. flexor hallucis brevis) bei supramaximaler Reizstärke. Zeile A zeigt die Elektromyogramme (3×), Zeile B die Summenkurven im CAT (200×). Die Mitregistrierung aus dem M. soleus erfolgte aus methodischen Gründen. Die Pfeile markieren den Reizbeginn am medialen Innenknöchel (S 1), in der Kniekehle (S 2) und am Oberschenkel (S 3)

Potentialform und Fazilitierbarkeit unterscheiden. Geringe Reizstärken, die zur Auslösung eines direkten Muskelpotentials noch nicht ausreichen, erzeugen die frühe bi- bis triphasische Komponente des Spätpotentials (Abb. 1). Die Latenzen betragen bei Reizung am medialen Innenknöchel (S1) $46,2 \pm 1,4$ msec, in der Kniekehle (S2) $41,1 \pm 0,26$ msec und am Oberschenkel (S3) $35,8 \pm 0,64$ msec ($n = 10$). Die Summenkurve verdeutlicht, daß Latenz und Phasenverlauf der frühen Komponente konstant sind. Tonische Plantarflexion des Fußes oder vorherige tetanische Reizung des N. tibialis fazilitieren den frühen Anteil der F-Welle, hohe (supramaximale) Reizstärken mit maximalem direktem Muskelpotential heben ihn auf.

Wie Abb. 2 zeigt, besitzt die F-Welle auch eine zweite, spätere Komponente. Im Unterschied zur ersten hat diese eine wesentlich höhere Reizschwelle, die etwa dem Intensitätsbereich des direkten Muskelpotentials entspricht, und weist eine polyphasische, von Reiz zu Reiz wechselnde Potentialform mit inkonstanten Latenzen auf: bei S1 $52,3 \pm 1,84$ msec, bei S2 $45,6 \pm 1,85$ msec und bei S3 $40,2 \pm 1,66$ msec ($n = 10$). Tonische Plantarflexion des Fußes oder vorherige tetanische Reizung des N. tibialis fazilitieren den späteren Potentialanteil nicht, und supramaximale Reizstärken kann ihn nicht unterdrücken.

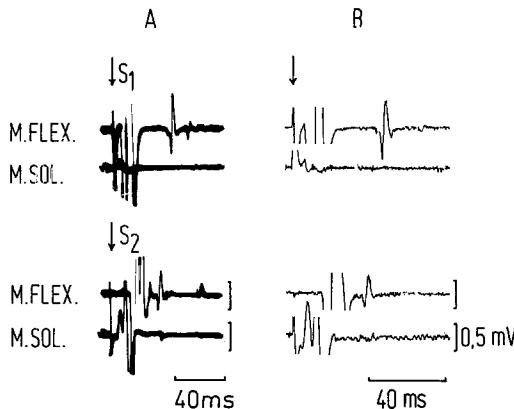


Abb. 3. Antidrom ausgelöstes Spätpotential (Recurrent discharge) der Plantarmuskeln (M. flexor hallucis brevis) bei sensiblem S 1-Syndrom. Symbole wie bei Abb. 1 und 2

Bei zwei ausschließlich sensiblen S 1-Syndromen mit fehlendem Achillessehnenreflex (bei intranervaler Reiztechnik ließen sich keine H-Reflexe oder motosensible Afferenzen des M. soleus ableiten) werden in den Plantarmuskeln ebenfalls Spätpotentiale registriert. Diese zeigen eine gleich hohe Reizschwelle wie das direkte Muskelpotential und eine direkt proportionale Abhängigkeit der bi- bis triphasischen Amplituden von der Reizstärke. Supramaximale Reizstärke unterdrückt das Spätpotential nicht, und tonische Innervation des Fußes oder Tetanisierung des Nerven haben keinen Einfluß auf seine Amplitude (Abb. 3).

Bei sechs Patienten mit motorisch-sensibler Läsion der ersten Sakralwurzel können trotz fehlendem Achillessehnenreflex mit intranervaler Reiztechnik rudimentäre H-Reflexe im M. soleus abgeleitet werden. Bei unveränderter intranervaler Lage der Elektrode in der Kniekehle werden durch schwache Reize, die nicht zu einer Erregung des motorischen Neuriten und damit nicht zu einem direkten Muskelpotential führen, gleichzeitig in den Plantarmuskeln polyphasische Potentiale ausgelöst. Bei drei Patienten findet sich am Beginn des Potentials eine überwiegend biphasische Komponente, die nach tetanischer Reizung fazilitiert. Bei hoher Reizstärke, die im Erregungsniveau der direkten Muskelpotentiale liegt, ist diese Anfangskomponente des Potentials nicht mehr zu registrieren. Im Unterschied hierzu bleibt der spätere polyphasische Potentialanteil bei hohen Reizstärken erhalten.

Analoge Befunde wie bei sensiblen S 1-Syndromen finden sich auch bei reflexlosen Patienten infolge Polyneuropathie. Bei drei überwiegend

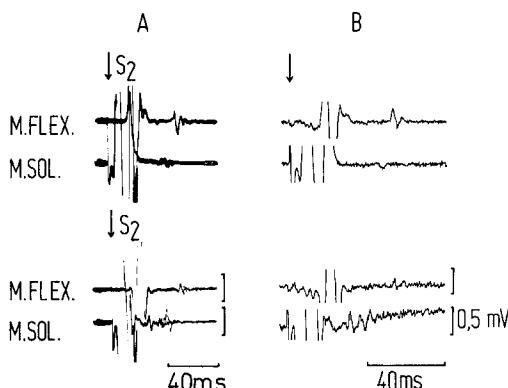


Abb. 4. Antidrom ausgelöste Spätpotential (Recurrent discharge) der Plantarmuskeln (M. flexor hallucis brevis) und des M. soleus bei überwiegend sensibler Polyneuropathie. Symbole wie bei Abb. 1 und 2

sensiblen Polyneuropathien zeigt das bi- bis triphasische Potential der Plantarmuskeln eine direkte reizabhängige Amplitude und einen regelmäßigen Phasenverlauf. Das Potential lässt sich weder posttetanisch fazilitieren noch durch Anwendung hoher Reizstärken unterdrücken. Die konstanten Latenzen des Potentials betragen bei S 1 $48,2 \pm 0,80$ msec und bei S 2 $43,8 \pm 1,3$ msec ($n = 3$). Abb. 4 zeigt eine solche Registrierung. Supramaximale Reizung des N. tibialis bei S 2 löst in den Plantarmuskeln ein Potential von 44,0 msec Latenz aus, nach geringfügiger Verschiebung der Reizelektrode im M. soleus ein Potential von 29,4 msec Latenz aus. Sowohl in der Ableitung der Plantar- als auch Wadenmuskeln findet sich eine rudimentäre polyphasische (desynchronisierte) Komponente des Potentials. Je nach häufig zufälliger Lage der Reizelektrode im Nerven und/oder läsionellem Ausfall einzelner Fasernanteile des gemischten Nerven lassen sich in den Plantarmuskeln unterschiedliche Potentiale registrieren. Als Beispiel siehe Abb. 5: entsprechend distalem oder proximalem Reizort ist in der F-Welle eine frühe oder späte Komponente auszumachen: die erste ist synchronisiert, überwiegend biphasisch, hat eine größere Amplitude und fazilitiert nach tetanischer Reizung des Nerven, während die zweite nicht fazilitiert wird. Supramaximale Reizstärke löscht den ersten Potentialanteil aus, während der zweite unverändert bleibt.

Bei S 1-Syndromen mit manifester Parese und bei Patienten mit ausgeprägter Polyneuropathie lassen sich in den Plantar- und Wadenmuskeln bei intranervaler Reiztechnik und hoher Reizstärke keine Reflexpotentiale auslösen.

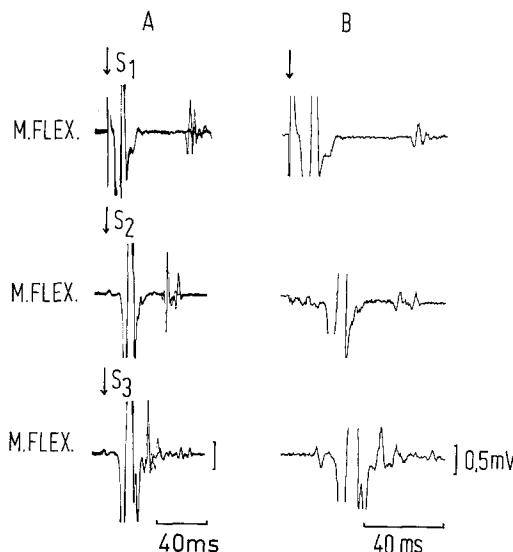


Abb. 5. Spätpotentiale (mono- und polysynaptische Reflexpotentiale) der Plantarmuskeln bei gemischter Polyneuropathie. Symbole wie bei Abb. 1 und 2

Diskussion

Analog unseren Befunden am M. soleus [8] läßt sich das elektrisch ausgelöste Spätpotential der Plantarmuskeln, die F-Welle, in zwei verschiedene Einzelpotentiale trennen: in ein frühes monosynaptisches und späteres polysynaptisches Reflexpotential. Voraussetzung für die Analyse der F-Welle ist intranervale Reizung mit Semimikroelektroden, da hierbei je nach Lage der Elektrodenspitze im gemischten Nerven unterschiedliche Faseranteile erregt werden. Dagegen kann Reizung des Nerven mit Einzelreizen durch Oberflächen- oder paranervale Nadel-elektroden die F-Welle nicht in ihre Einzelkomponenten trennen: das bei Oberflächenreizung zur Auslösung der F-Welle erforderliche hohe Reizniveau führt auch zu einer antidromen Erregung motorischer Neuriten, und es kommt im motorischen Neuriten zur Kollision des orthodromen Reflexpotentials mit der langsamer geleiteten antidromen Welle; die gegenläufigen Spikes heben sich somit auf. Mit Oberflächenreizen wird also lediglich der spätere polysynaptische Anteil des Reflexpotentials ausgelöst. Die unterschiedlichen Reizbedingungen erklären auch, daß die monosynaptische Komponente der F-Welle bisher nur bei Spastikern (Jusic [7]) und nach vorausgegangener Tetanisierung (Hagbarth [3]) nachgewiesen wurde.

Bei der F-Welle muß es sich um ein Reflexpotential handeln, da bei proximalem Reizort die Reflexzeit kürzer wird. Nach den Latenzen

läßt sich eine frühe und späte Komponente des Reflexpotentials signifikant unterscheiden (*t*-Test). Die frühe Komponente weist Kriterien eines monosynaptischen Reflexes auf: die Reizschwelle ist niedriger als zur Auslösung eines direkten Muskelpotentials erforderlich, die Latenz ist konstant und die Potentialform synchron. Hohe, supramaximale Reizstärke unterdrückt die Komponente infolge Spike-Kollision. Posttetanisch wird die Komponente fazilitiert. Demgegenüber handelt es sich bei der zweiten Komponente um einen polysynaptischen Reflex: die Reizschwelle liegt höher, die Latenz ist inkonstant, das Potential deutlich desynchron und von Reiz zu Reiz in seinem Phasenverlauf wechselnd. Darüber hinaus läßt sich das Potential durch supramaximale Reizung des Nerven nicht hemmen und posttetanisch nicht fazilitieren.

Die Frage, ob bei Gesunden in den Reflexpotentialen eine recurrent discharge von antidrom erregten Motoneuronen enthalten ist, wurde bisher nicht hinreichend geklärt. Wir haben versucht, hierauf eine modellhafte Antwort zu geben. Wir untersuchten deshalb Patienten mit ausschließlich oder überwiegend sensiblen S 1-Syndromen bzw. sensiblen Polyneuropathien. Klinisch und elektromyographisch ließen sich keine motorischen Ausfälle feststellen, während die sensible Afferenz so stark betroffen war, daß weder mechanisch noch elektrisch ein monosynaptischer Reflex auszulösen war; auch bei intranervaler Ableitetechnik waren keine motosensiblen Potentiale aus dem M. soleus zu registrieren. In solchen Fällen mit Deafferentierung läßt sich mit intranervaler Reizmethode ein latenz- und phasenkonstantes Spätpotential registrieren. Die hohe Reizschwelle, die der Reizintensität für das direkte Muskelpotential entspricht, und die Tatsache, daß sich das Potential weder blockieren noch fazilitieren läßt, sprechen gegen eine monosynaptische spinale Verschaltung des Potentials. Seine fehlende Fazilitierbarkeit schließt aus, daß es sich um einen infolge sensibler Leistungsverzögerung verspäteten monosynaptischen Reflex handelt; zudem lagen die Nervenleitungsgeschwindigkeiten auch im Normbereich. Andererseits sprechen die konstante Latenz und die konstante Form des synchronen Potentials auch gegen eine polysynaptische Reflexentstehung. Da das Potential sowohl im ruhenden als auch kontrahierten Muskel registriert wird, kann es nicht mit dem ausschließlich bei Willkürinnervation beobachteten Spätpotential von McComas *u.* Mitarb. [12, 15], der V1-Welle, identisch sein. Das weder durch hohe Reizstärken blockierbare noch posttetanisch fazilitierbare Potential läßt sich jedoch als recurrent discharge erklären, wie sie nach Deafferentierung Gassel *u.* Wiesendanger [2] an Katzen, McLeod *u.* Wray [13] an Affen beschrieben. Mayer *u.* Feldman [11] fanden beim Menschen nach Hinterwurzeldurchtrennung ebenfalls recurrent discharges, die in Reizverhalten und Form

unseren Potentialen entsprechen. Dawson u. Merton [1] berichteten, daß die Geschwindigkeit der F-Welle und des direkten Muskelpotentials gleich groß seien. Nach früheren Untersuchungen [8] und den jetzigen Befunden trifft eine solche Bedingung identischer F- und M-Latenzen weder für den monosynaptischen noch polysynaptischen Teil unserer F-Welle zu, so daß die Interpretation der F-Welle von Dawson u. Merton als recurrent discharges vice versa bestätigt wird. Welche Umstände im einzelnen bei den Autoren vorlagen, daß sie nicht die übliche Polyphasie und wechselnde Latenz der F-Welle registrierten, ist aus der Arbeit nicht ersichtlich. Bei Patienten mit sensibler Polyneuropathie waren die recurrent discharges durchschnittlich um 8 msec breiter als die beim sensiblen S 1-Syndrom. Dieser Befund erklärt sich durch größere Desynchronisation des elektrisch ausgelösten Nervenpotentials infolge unterschiedlicher Leistungsgeschwindigkeit neuropathisch geschädigter Fasern. Analog der F-Welle der Katze, in der drei verschiedene Potentialkomponenten von jeweils unterschiedlichem Entstehungsmechanismus enthalten sind, lassen sich auch die bisher in der Literatur berichteten unterschiedlichen Ergebnisse der F-Welle beim Menschen interpretieren. Zur Erklärung der recurrent discharge nehmen Hultborn u. Mitarb. [4, 5] an, daß bei Ausfall des Ia-Inputs die Erregung von Renshaw-Zellen auf Ia-Synapsen und damit auf Motoneurone überspringt. Nach der Theorie von Renshaw handelt es sich bei der recurrent discharge um eine Rückfeuerungswelle antidrom erregter Motoneurone. Beide Interpretationen sind auf unsere Befunde anzuwenden, jedoch sprechen die Ergebnisse von Gassel u. Wiesendanger, die bei Katzen die recurrent discharge posttetanisch nicht fazilitieren konnten, mehr für eine Rückfeuerung antidrom erregter Motoneurone als für eine synaptische — und damit fazilitierbare Übertragung. Unsere Untersuchungsergebnisse können zur Frage der Entstehung der recurrent discharge nichts beitragen. Sie erlauben jedoch folgende Schlüsse: das elektrisch ausgelöste Spätpotential der Plantarmuskeln des Menschen, die F-Welle, enthält analog den tierexperimentellen Ergebnissen von Gassel u. Wiesendanger drei unterschiedliche Potentiale: 1. ein monosynaptisches Reflexpotential, das dem H-Reflex des M. soleus entspricht, 2. ein polysynaptisches Reflexpotential, das der F-Welle von Magladery u. McDougal entspricht und 3. eine recurrent discharge nach antidromer Erregung von Motoneuronen, die der F-Welle von Dawson u. Merton entspricht.

Die von Magladery u. McDougal erstmals 1950 beschriebene F-Welle ist demnach ein heterogen zusammengesetztes Spätpotential der Plantarmuskeln, das aus den drei oben beschriebenen Komponenten besteht. Wenn sich bei Gesunden eine recurrent discharge nicht registrieren läßt, so liegt das daran, daß die Latenzen von H-Reflex und recurrent discharge zeitlich nicht differieren und möglicherweise eine recurrent

discharge im H-Potential enthalten ist. Welche der drei Komponenten des Spätpotentials jeweils ausgelöst wird, hängt beim Gesunden weitgehend von der Reizmethode, bei Patienten mit peripher-neurogenen Läsionen weitgehend davon ab, welcher Faseranteil des gemischten Nerven lädiert ist.

Literatur

1. Dawson, G. D., Merton, P. A.: "Recurrent" discharges from motoneurons. XX. Inter. Congr. Physiol., Brussels, Abstr. Comm., pp. 221—222 (1956)
2. Gassel, M. M., Wiesendanger, M.: Recurrent and reflex discharges in plantar muscles of the cat. *Acta physiol. scand.* **65**, 138—142 (1965)
3. Hagbarth, K. E.: Post-tetanic potentiation of myotatic reflexes in man. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiat.* **25**, 1—10 (1962)
4. Hultborn, B. H., Jankowska, E., Lindström, S.: Recurrent inhibition from motor axon collaterals of transmission in the Ia inhibitory pathway to motoneurons. *J. Physiol. (Lond.)* **215**, 591—612 (1971)
5. Hultborn, B. H., Jankowska, E., Lindström, S.: Recurrent inhibition of interneurons monosynaptically activated from group Ia afferents. *J. Physiol. (Lond.)* **215**, 613—636 (1971)
6. Jacobi, H. M., Krott, H. M., Poremba, M. B.: Motorsensory afferents in human peripheral nerve to mechanical stimulation of muscles receptors. *Electromyography* **10/3**, 71—81 (1970)
7. Jusic, A.: Les ondes F de l'electromyographie des stimulation dans les conditions normales et pathologiques, pp. 155—159. Séans franco-allemande des 11 et 12 Octobre 1966
8. Krott, H. M., Jacobi, H. M., Busse, M. J.: H-Reflex and F-Welle im M. soleus des Menschen. *Z. Neurol.* **199**, 332—343 (1971)
9. Krott, H. M., Poremba, M. B., Jacobi, H. M.: Ableitung von Muskelspindelafferzenzen des Menschen bei mechanisch ausgelöstem Eigenreflex. *Pflügers Arch.* **312**, 105 (1969)
10. Magladery, J. W., McDougal, D. B.: Electrophysiological studies of nerve and reflex activity in normal man. I. Identification of certain reflexes in the electromyogram and the conduction velocity of peripheral nerve fibres. *Bull. Johns Hopkins Hosp.* **86**, 265—290 (1950)
11. Mayer, R. F., Feldman, R. G.: Observations on the nature of the F-wave in man. *Neurology (Minneapolis)* **17**, 147—156 (1967)
12. McComas, A. J., Sica, R. E. P., Upton, A. R. M.: Excitability of human motoneurons during effort. *J. Physiol. (Lond.)* **210**, 145—146 (1970)
13. McLeod, J. G., Wray, S. H.: An experimental study of the F-wave in the baboon. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiat.* **29**, 196—200 (1965)
14. Renshaw, B.: Influence of discharge of motoneurons upon excitation of neighbouring motoneurons. *J. Neurophysiol.* **4**, 167—183 (1941)
15. Upton, A. R. M., McComas, A. J., Sica, R. E. P.: Potentiation of "late" responses evoked in muscles during effort. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiat.* **34**, 699—711 (1971)

Doz. Dr. Hugo M. Krott
 Abteilung
 für Neurologie d. Universität
 D-7900 Ulm
 Steinhövelstraße 9
 Bundesrepublik Deutschland

Dr. Hans M. Jacobi
 Psychiatrisches
 Landeskrankenhaus
 D-7102 Weinsberg
 Bundesrepublik Deutschland