

## Periodische Spontanentladungen in paretischen Skelettmuskeln

Niederfrequente Rhythmen mit repetitiven Einzel-, Gruppen-  
und Serien-Entladungen

M. STÖHR

Neurologische Universitätsklinik Tübingen  
(Direktor: Prof. Dr. J. Hirschmann)

Eingegangen am 10. Juli 1975

### PERIODS OF SPONTANEOUS DISCHARGES IN PARETIC MUSCLES

Low Frequency Rhythms of Repetitive Single, Grouped and  
Serial Discharges

**SUMMARY.** Of 1800 patients examined electromyographically, 37 showed different forms of spontaneous low frequency periodical discharges in neuromuscular diseases. Besides the well-known high frequency bizarre discharges of 10-150 per sec in neuropathies and myopathies, low frequency periods of mostly polyphasic potentials are described as "low frequency bizarre discharges". Three types of these rhythms are distinguished: single, grouped, and serial discharges in various peripheral nerve and motor neuron and muscle diseases. The rate of the periods varied from 0.2 to 6 per sec, but was nearly constant in one and the same muscle. The discharge rate within the period may be higher, up to 150 per sec. The low frequency single discharges probably originate in the muscle fibers, the grouped and serial discharges possibly in the terminal branches of peripheral nerves. Rhythmical repetitive discharges may result from a reduction of stimulus threshold and accommodation of muscle- and nerve fibers respectively. Grouped and serial discharges may also be provoked by nerve stimulation or voluntary innervation.

**KEY WORDS:** Neuromuscular Diseases - Electromyography - Spontaneous Low Frequency Discharges - Fasciculations - Parabiosis.

**ZUSAMMENFASSUNG.** Von 1.800 elektromyographisch untersuchten Patienten mit neuromuskulären Erkrankungen zeigten 37 verschiedene Formen niederfrequenter periodischer Spontanentladungen. Bei Myopathien und Neuropathien fanden sich außer den bekannten hochfrequenten bizarren Entladungen drei Typen niederfrequenter Entladungen einfacher oder komplexer Ein-

zelpotentiale:

1. Spontane niederfrequente rhythmische Einzelentladungen. Seltener sind bei Läsionen in den verschiedenen Abschnitten des peripheren Motoneurons zwei andere Typen von Spontanrhythmen:
  2. Periodische Gruppenentladungen.
  3. Periodische Serienentladungen. Die Periodenfrequenz beträgt 0,2-6/sec, die Entladungsrate innerhalb der Periode 0,3-150 sec.
- Von diesen iterativen Spontanentladungen müssen provozierte Gruppen und Serien unterschieden werden, welche nicht repetitiv im Anschluß an elektrische Nervenreizung oder bei leichter Willkürinnervation des betroffenen Muskels erscheinen. Ursprungsort der Einzelentladungen sind vermutlich die Muskelfasern selbst, während die Gruppen- und Serienentladungen nach unseren bisherigen Befunden von den Nervenendaufzweigungen ausgehen. Die Entstehung rhythmisch iterierender Impulse setzt eine Erniedrigung von Reizschwelle und Akkomodation voraus, wodurch Muskel- bzw. Nervenfasern Eigenschaften rhythmisch tätiger Elemente des Nervensystems gewinnen.

SCHLÜSSELWÖRTER: Neuromuskuläre Erkrankungen - Elektromyographie - Niederfrequente Spontanentladungen - Faszikulationen - Parabiose.

Seit langem bekannt und vielfach untersucht sind die bei Myopathien und Neuropathien vorkommenden hochfrequenten, bizarren Serienentladungen oder pseudomyotonen Entladungen, die repetitiv mit Frequenzen von 10-150/sec auftreten [2, 3, 5, 10, 11]. Dagegen fehlen systematische Untersuchungen über niederfrequente Perioden unter 10/sec mit repetitiven Einzel-, Gruppen- oder Serienentladungen. Nur von wenigen Autoren wird auf langsam iterierende Einzel- oder Serienentladungen vorwiegend bei chronischer Kompression von Nervenwurzeln oder peripheren Nerven hingewiesen. So beschreibt Taverner [17] rhythmisch feuernde "grouped action potentials" bei radikulären Läsionen. Esslen & Magun [6] sowie Ruprecht [14] erwähnen rhythmisch iterierende Impulsserien bzw. repetitive Spontanentladungen polyphasischer Potentialkomplexe bei Engpaßsyndromen. Ziel der vorliegenden Arbeit ist die systematische Beschreibung verschiedener Formen von niederfrequenten periodischen Spontanentladungen sowie deren Häufigkeit, Vorkommen und klinische Bedeutung. Unberücksichtigt bleiben arrhythmische, d. h. mit stark wechselnden Intervallen auftretende Entladungsserien, wie sie beispielsweise beim Facialispasmus vorliegen, ebenso die verschiedenen Formen von Tremoraktivität. Auch die von Buchthal & Olsen [4], sowie Ludin [10] beschriebenen spontanen 5-15/sec Entladungen motorischer Einheiten bei spinaler Muskelatrophie Werdnig-Hoffmann gehören nicht in den Rahmen der vorliegenden Arbeit, da diese Potentiale in gleicher Weise willkürlich aktivierbar sind, so daß ein andersartiger Entstehungsmechanismus anzunehmen ist.

#### MATERIAL UND METHODIK

Während eines Zeitraums von 16 Monaten wurden bei 37 von annähernd 1800 elektromyographisch untersuchten Patienten eines gemischten

neurologischen Krankenguts niederfrequente Spontanentladungen festgestellt und systematisch untersucht. Die Registrierung erfolgte auf dem Speicheroszillographen des Disa-2 Kanal-Elektromyographen Typ 14A 21 mit Photographie durch eine Polaroidkamera. Zur Ableitung wurden konzentrische Nadelelektroden vom Typ Disa Nr. 13 L 31 bzw. 50 verwendet. Die Registrierung erfolgte bei Kippgeschwindigkeiten zwischen 10 und 400 msec/Div, z. T. bei Triggerung des Kipps durch das Potential. Außer den speziell untersuchten rhythmischen Entladungen wurde auf das Vorkommen sonstiger Spontanaktivität geachtet und Willküraktivität, sowie Nervenleitgeschwindigkeiten in der üblichen Weise gemessen. Zusätzlich wurde die Beeinflussung der niederfrequenten Spontanentladungen durch Willkürinnervation und indirekte elektrische Erregung des betroffenen Muskels geprüft. Hierzu wurde der zugehörige periphere Nerv supramaximal mit Rechteckimpulsen von 0,2 msec repetitiv gereizt, wobei Reizfrequenzen von 0,5 und 1/sec gewählt wurden. In Einzelfällen wurden der Einfluß einer 10minütigen Ischämie durch suprasystolische Abschnürung am Oberarm bzw. Oberschenkel, sowie einer Leitungsblockade des Nerven untersucht. Diese erfolgte distal der Schädigungsstelle mit 2-5 ccm Xylocain 2%; der Grad der Blockierung wurde durch intermittierende Nervenstimulation proximal der Injektionsstelle unter Beachtung des evozierten Summenpotentials im Muskel kontrolliert. In 2 Fällen erfolgte eine synchrone Registrierung aus der Muskulatur und peripheren Abschnitten des betreffenden Nerven mittels teflonüberzogener Nadelelektroden (Typ Disa Nr. 13 L 64).

## ERGEBNISSE

Die niederfrequenten periodischen Spontanentladungen in paretischen Skelettmuskeln lassen sich in 3 Gruppen unterteilen: Rhythmisch-iterierende Einzel-, Gruppen- und Serienentladungen mit Frequenzen zwischen 0,2 und 10/sec (Abb. 1).

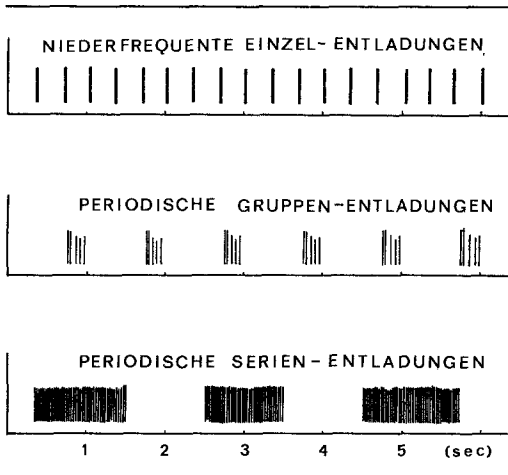


Abb. 1. Schema der 3 beschriebenen Formen periodischer Spontanaktivität in paretischen Skelettmuskeln

a) Niederfrequente Einzelentladungen wurden in 24 Fällen registriert. Diese könnte man auch als niederfrequente bizarre Entladungen (low frequency bizarre discharges) bezeichnen, da sie - außer der niedrigen Frequenz - Ähnlichkeit mit den hochfrequenten bizarren Entladungen besitzen. Wie bei diesen finden sich einerseits repetitive Entladungen einfacher, 1-4phasischer Potentiale (Abb. 3). Häufiger finden sich polyphasische, teilweise hochkomplexe Potentiale, deren Entladungsfrequenz von Fall zu Fall zwischen 0,2 und 10/sec schwankt, im Einzelfall aber meist konstant ist (Abb. 2). Die Entladungen dauern in der Regel mindestens einige Minuten; wiederholt wurden Zeiten von mehr als 30 Minuten registriert, bis die Beobachtung abgebrochen wurde. In Einzelfällen bestehen Rhythmusstörungen in Form intermittierender kurzer Pausen oder vorzeitiger Entladungen (analog Extrasystolen) oder aber eines sprunghaften Wechsels der Entladungsfrequenz in beiden Richtungen. So wurde in einem Fall der mehrfache Frequenzwechsel eines spontan entladenden komplexen Potentials von 10 auf 46, dann auf 24 und schließlich auf 6/sec beobachtet, wobei die Frequenzzunahme von einer Verkürzung des Potentials begleitet

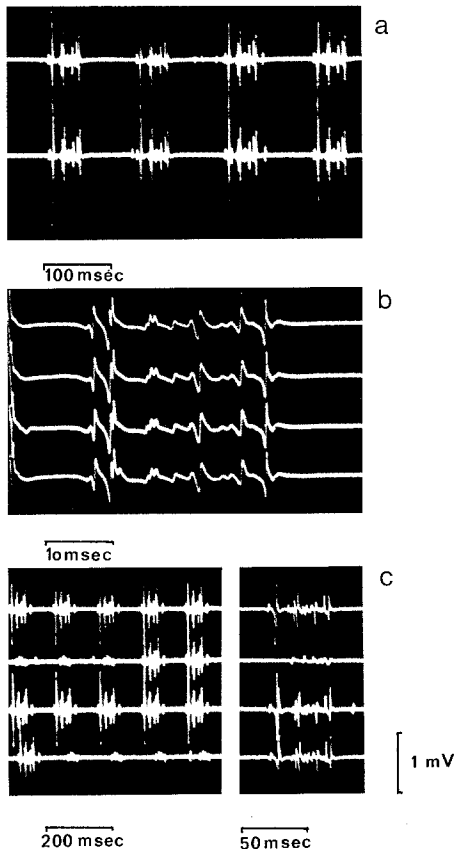


Abb. 2a-c. Niederfrequente rhythmische Entladungen komplexer Potentiale. (a) 8/sec Entladung eines komplexen Potentials (M. trapezius. Accessoriusparese). (b) Gleiches Potential bei rascher Kippgeschwindigkeit und Triggierung des Kipps durch den Anfangsteil des Potentials. (c) 8/sec Entladung mit intermittierendem Ausfall aller hohen Spikes des Komplexes. Darstellung bei langsamerer (links) und rascherer Kippgeschwindigkeit (rechts). (M. biceps brachii. Polyradiculitis)

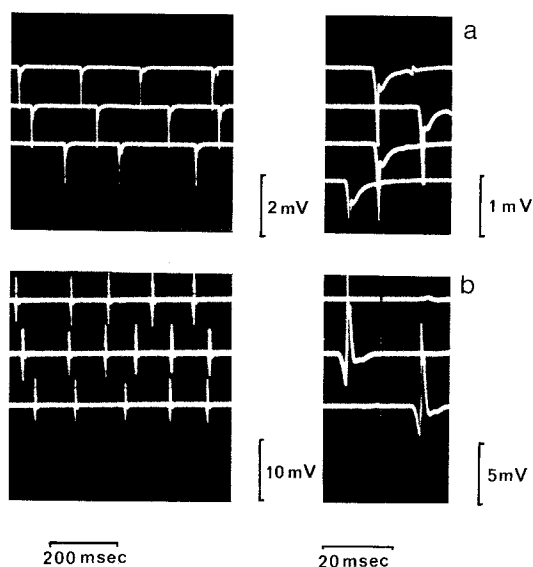


Abb. 3a und b. Niederfrequente rhythmische Entladungen einfach geformter Potentiale. (a) 5/sec Entladung eines monophasisch positiven Potentials - konstant über mehr als 10 min. (M. tibialis anterior. Peroneusparese). (b) 7/sec Entladung eines triphasischen 9 mV hochgespannten Potentials. (M. Interosseus dorsalis I. Traumatische Armplexusparese)

war und umgekehrt. Die Amplituden liegen zwischen 0,15 und 9 mV, die Potentialdauer zwischen 7 und 65 msec (Tabelle 1). Die langdauernden hochkomplexen Potentiale sind nicht aus identischen Einzelkomponenten (wie die gruppierten Entladungen) zusammengesetzt und zeigen in der Regel während des Ablaufs eine völlige formale Konstanz (Abb. 2a, b). Gelegentlich besteht jedoch ein intermittierender Ausfall vor allem später Anteile des Potentials (Abb. 2c). Selten entladen 2 Potentiale unabhängig voneinander mit differenter Frequenz.

Bei leichter Willkürinnervation des betroffenen Muskels und bei repetitiver Stimulation des versorgenden peripheren Nerven läuft die Spontanktivität unverändert weiter. Bei 2 Fällen konnte durch 10minütige Ischämie und durch Leitungsblockade des distalen Nervenabschnitts keine Änderung der Entladungsfolge und Potentialform gesehen werden.

Niederfrequente bizarre Entladungen wurden bei folgenden Krankheitsbildern gefunden: Traumatische Nerven-, Wurzel- und Plexusläsion (7 Mal), Vorderhornschädigung (5 Mal), Kompression peripherer Nerven (5 Mal), Myopathie (3 Mal), strahlenbedingte Armplexusparese (3 Mal), Polyradiculitis (1 Mal). Krankheitsbeginn bzw. Trauma liegen meist einige Jahre zurück; die kürzeste beobachtete Latenz betrug 2 1/2 Monate. Die betroffenen Muskeln zeigen in der Regel eine starke Parese, in einzelnen Fällen eine Paralyse, und lassen gelegentlich rhythmische, kaum sichtbare Kontraktionen eines umschriebenen Abschnitts erkennen. Bei entsprechender Lokalisation kann eine feine Bewegungsunruhe einzelner Finger bestehen. Elektromyographisch findet sich häufig ein starker Ausfall motorischer Einheiten; dreimal bestand ein Ausfall der Willküraktivität. Die niederfrequenten bizarren Entladungen sind gelegentlich mit Fibrillationen, positiven Wellen und/oder Faszikulationen, häufiger jedoch mit hochfrequenten bizarren

Tabelle 1: Parameter der einzelnen Formen niederfrequenter periodischer Spontanentladungen

1. Niederfrequente Einzel-entladungen		Frequenz	Potentialdauer	Amplitude	Phasenzahl		
a. -- aus einfachen Potentialen		1, 5-10/sec	7-14 msec	0, 4-9 mV	1-4		
b. -- aus komplexen Potentialen		0, 3-10/sec	8-65 msec	0, 15-6 mV	5-28		
Parameter der Einzelkomponenten							
2. Serien- und Gruppenentladungen		Perioden- frequenz	Gruppen- bzw. Serien-Dauer	Dauer	Amplitude	Phasen	Entladungs- frequenz
a. Periodische Gruppenentladungen		0, 5-6/sec	16-800 msec	6-14 msec	0, 2-1, 2 mV	2-8	42-145/sec
b. Periodische Serienentladungen		0, 2-1/sec	130-2300 msec	6-14 msec	0, 5-5, 2 mV	2-4	34-95/sec

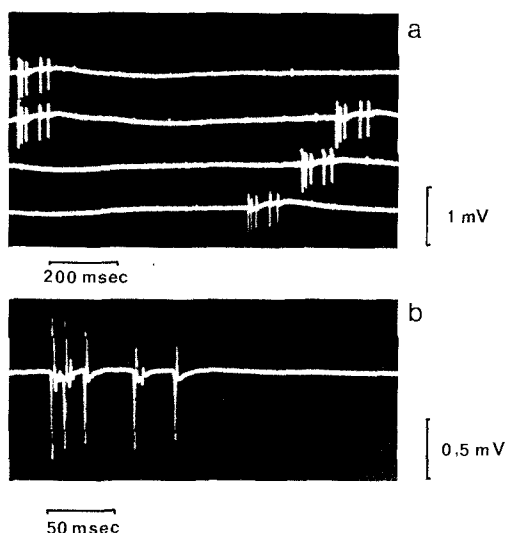


Abb. 4 a und b. Periodische Gruppenentladung. (a) 1/sec Entladung eines Komplexes aus 5 Einzelpotentialen. (M. abductor pollicis brevis, Carpal tunnelsyndrom). (b) Gleicher Komplex bei größerer Verstärkung und rascherer Kippgeschwindigkeit. Ausfall der späten Spikekomponente am 3. und 5. Potential

Entladungen kombiniert. Auffallend häufig liegt ein starker neurogener Umbau motorischer Einheiten vor, bis hin zu hochgradiger Verlängerung und Aufsplitterung einzelner Muskelaktionspotentiale.

b) Periodische Gruppenentladungen wurden 6 Mal registriert. Sie bestehen aus Gruppen von 2 bis 8 identischen Potentialen, wobei die Gruppe mit einer Frequenz zwischen 0,5 und 6/sec iteriert (Abb. 4). Die Gruppendauer variiert bei den beobachteten Fällen von 16 bis 800 msec. Die Parameter der Einzelpotentiale schwanken zwischen folgenden Werten: 0,2-1,2 mV, 6-14 msec, 2-8 Phasen (Tabelle 1). Die Intervalle zwischen je 2 Potentialen innerhalb der Gruppe sind oft unterschiedlich; jedoch ist diese Intervall-Varianz von Gruppe zu Gruppe identisch. Manchmal besteht eine wechselnde Deformierung von Einzelkomponenten (Abb. 4b, 5a) oder einzelne fallen intermittierend aus, so daß sich z. B. eine 5er Gruppe zu einer 3er Gruppe reduziert.

Leichte Willkürinnervation und repetitive supramaximale Nervenreizung führen zu keiner Beeinflussung der spontanen Aktivität. Bei gleichzeitiger Nadel-Ableitung vom peripheren Nerven distal des Schädigungsortes war dort - in zwei untersuchten Fällen - keine Spontanaktivität vorhanden. Eine Leitungsblockade des peripheren Nervenabschnitts bewirkte in einem weiteren Fall eine Verkürzung der 3er Gruppe auf Doppel- und schließlich Einzelentladungen, die dann - trotz kompletter Blockierung - im alten Rhythmus weiterliefen (Abb. 5b-d). Niederfrequente Gruppenentladungen wurden je 2 Mal bei Carpal tunnelsyndrom und traumatischer Nervenschädigung, je 1 Mal bei amyotrophischer Lateralsklerose und traumatischer Wurzelläsion registriert. In einem Fall bestanden außerdem Denervierungszeichen. Die betroffenen Muskeln zeigten einen leicht-

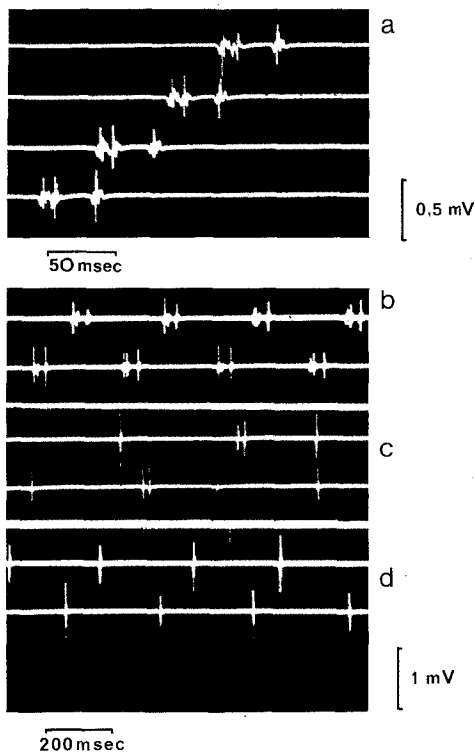


Abb. 5a-d. Periodische Gruppenentladung (M. abductor pollicis brevis. Carpal-tunnelsyndrom). (a) 3/sec Entladung einer Gruppe aus 3, wechselnd deformierten Potentialen. (b) Die gleiche Gruppe bei langsamer Kippgeschwindigkeit. (c) 3 min nach Injektion von 2 ml Xylocain um den N. medianus in Höhe des Handgelenks. Die 3er Gruppe ist zu Doppel- und Einzelentladungen verkürzt. (d) 5 min nach Injektion finden sich nur noch Einzelentladungen. Diese gehen - trotz komplettem Leitungsblock - in unverändertem Rhythmus weiter

ten, mäßigen oder starken Ausfall und neurogenen Umbau motorischer Einheiten.

Ähnliche Gruppen aus repetitiv entladenden Einzelpotentialen finden sich öfters beim Spasmus facialis. Jedoch bestehen dort eine sehr variable Gruppendauer, sowie eine äußerst unregelmäßige Entladungsfolge. Gleichartige in unregelmäßigen Intervallen auftretende gruppierte Entladungen sahen wir auch bei peripheren Nervenläsionen im Bereich der Gliedmaßen z. T. unter dem klinischen Bild einer diskreten Myoklonie von Muskelabschnitten, häufiger jedoch ohne äußerlich sichtbaren Bewegungseffekt. Diese unregelmäßigen Gruppenentladungen blieben bei der vorliegenden Untersuchung unberücksichtigt.

c) Periodische Serienentladungen. Hierbei handelt es sich um Serien aus mehr als 10, meist 30-50 Einzelpotentialen, die bei den 7 Fällen unseres Materials regelmäßig mit Intervallen zwischen 1 und 5 sec erscheinen. Die Seriadauer variiert insgesamt von 130 bis 2300 msec und kann auch im Einzelfall leichtere Schwankungen aufweisen (Abb. 6a). Die Einzelkomponenten dauern zwischen 6 und 14 msec, sind 0,5-5,2 mV hochgespannt und 2-4phasisch (Tabelle 1). Zwischen formal identischen Potentialen liegen



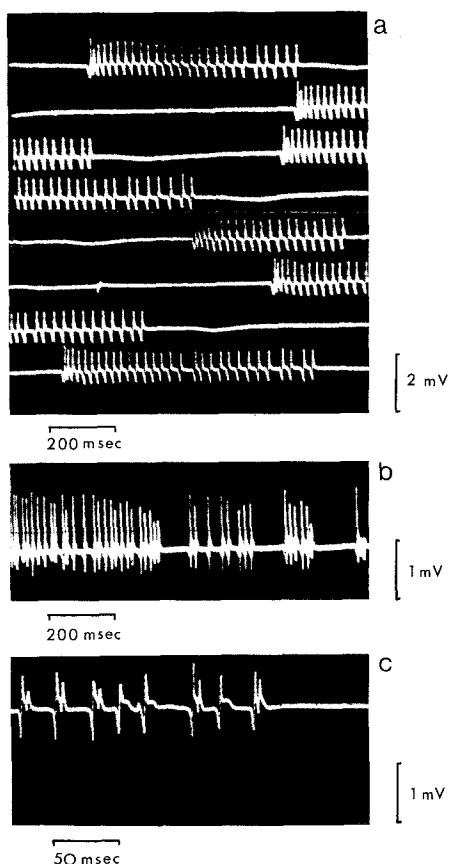


Abb. 6a-c. Periodische Serienentladungen. (a) 0,7/sec Serienentladung von variabler Dauer (130 bis 230 msec). Maximale Entladungsfrequenz der Einzelpotentiale 50/sec. (M. extensor digitorum communis. Traumatische Armplexusparese). (b) 0,6/sec Serienentladung im M. gluteus medius. Die dargestellte 1,5 sec lange Serie zeigt am Schluß variable Interspike-Intervalle mit hierdurch bedingter Gruppierung. Maximalfrequenz innerhalb der Serie 95/sec. (Beinplexusparese durch Tumorinfiltration). (c) Endteil der in b dargestellten Serie bei rascher Kippgeschwindigkeit. Deutliche Deformierung einzelner Potentiale, v. a. durch wechselnden Ausfall des zweiten negativen Spikes

besonders am Schluß der Serie deutlich deformierte, z. B. infolge intermittierender Blockierung einzelner Potentialanteile (Abb. 6c). Die zeitlichen Intervalle zwischen je 2 Einzelkomponenten variieren leicht; in einem Fall traten gegen Ende jeder Serie größere Differenzen mit wechselnder Gruppierung der Potentiale auf (Abb. 6b). Die Amplituden sind in der Regel innerhalb der Serie konstant, abgesehen von eingestreuten deformierten und oft niedriger gespannten Potentialen. Bei einer Serienentladung konnte allerdings ein konstanter initialer Amplitudenabfall gesehen werden (Abb. 7). Die innerhalb der Serien registrierten Entladungsfrequenzen der Einzelkomponenten liegen zwischen 34 und 95/sec.

Bei leichter Willkürinnervation laufen die Serienentladungen weiter, teilweise unter Verkürzung der Seriendauer und Zunahme der Entladungsfrequenz (Abb. 7b). Elektrische Nervenreizung zeigt keinen Einfluß; auch

bei Stimulation während der Serienentladung läuft diese unverändert weiter (Abb. 7c). Unter Ischämie bleibt der Entladungsrhythmus gleich; es resultiert jedoch eine rasch zunehmende Verkürzung der Serie. In dem abgebil-

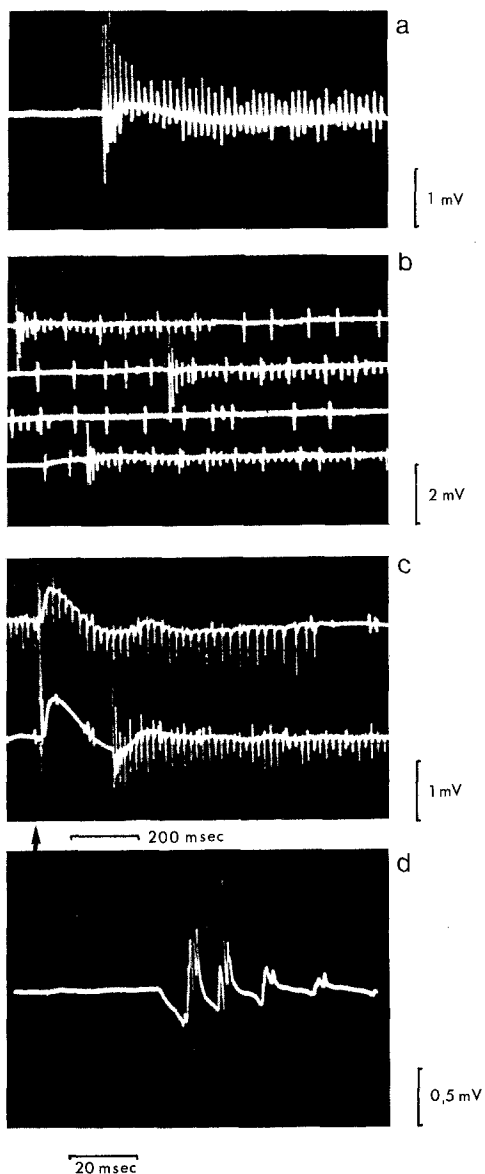


Abb. 7a-d. Periodische Serienentladung von 0,3/sec mit initialem Amplitudenabfall und anschließender regelloser Schwankung der Amplituden (M. abductor pollicis brevis. Strahlenschaden des Armplexus). (a) Im entspannten Muskel. (b) Bei leichter Willkürinnervation weiterlaufende Serienentladung. Frequenzbeschleunigung von 0,3 auf 0,5/sec unter Verkürzung der Serien von 1-1,5 sec auf 0,5-0,9 sec. (c) Bei repetitiver elektrischer Stimulation des N. medianus fehlende Beeinflussung von Seriadauer und -frequenz. Dargestellt sind 2 Reizungen während - (oben), bzw. kurz vor Beginn der Serienentladung (unten). (d) Unter Ischämie rasch zunehmende Verkürzung der Serien bei unveränderter Entladungsfrequenz. Nach 6 min sind von ursprünglich 45-50 Potentialen nur noch die ersten beiden in leicht aufgesplitteter Form vorhanden, an die sich 3 weitere zunehmend erniedrigte Potentiale anschließen

deten Fall (Abb. 7d) sind nach 6 Minuten von den etwa 45 Potentialen dieser Serie nur noch die ersten beiden - in leicht aufgesplitteter Form - deutlich erkennbar, an die sich noch 3 weitere, stark deformierte und immer niedriger werdende Potentiale anschließen. Ein gleichartiges Verhalten zeigte sich in einem Fall 2 Minuten nach intramuskulärer Xylocain-Infiltration (mit subkomplettem Block).

Den beschriebenen periodischen Serien lagen die folgenden Krankheitsbilder zugrunde: Strahlenbedingte Arm- und Beinplexusparese (je 1 Mal), Beinplexusläsion infolge Tumordinvasion, evtl. in Kombination mit einer Strahlenschädigung (1 Mal), amyotrophische Lateralsklerose (1 Mal), traumatische Armplexus- und - Medianus-Parese (je 1 Mal), Carpaltunnelsyndrom (1 Mal), mit monate- bis jahrelang zurückliegendem Beginn. Die betroffenen Muskeln waren meist stark paretisch und zeigten elektromyographisch deutliche Umbauvorgänge. Mehrfach bestand eine äußerlich sichtbare rhythmische Anspannung eines eng umschriebenen Teils der betroffenen Muskeln.

Von den beschriebenen Gruppen- und Serienentladungen müssen solche abgegrenzt werden, die nicht spontan und in rhythmischer Wiederholung, sondern ausgelöst durch Willkürinnervation oder Nervenstimulation auftreten. In ersterem Fall ist ein Teil der willkürlich aktivierten Muskelaktionspotentiale von mehreren kurzen Entladungen gefolgt, was akustisch als Summen imponiert (Abb. 8a). Beim Auftreten nach elektrischer Stimulation des zugehörigen Nerven folgt im unmittelbaren Anschluß an das evozierte Summenpotential eine meist 50 bis 200 msec dauernde Serienentladung aus kurzen Potentialen mit einer Entladungsfrequenz zwischen 20 und 150/sec (Abb. 8b).

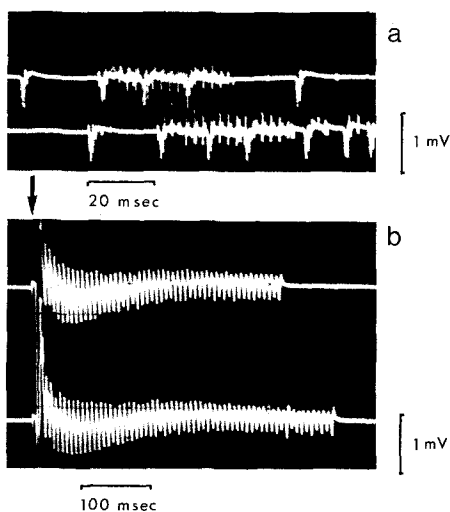


Abb. 8a und b. Provozierte, nicht iterierende Entladungen. (a) Bei leichter Willkürinnervation sind einzelne Muskelaktionspotentiale von repetitiven Entladungen eines kurzen Potentials gefolgt (M. abductor pollicis brevis. Traumatische Medianusschädigung). (b) Durch elektrische Stimulation des N. ulnaris ausgelöste Entladung kurzer, mit 150/sec repetierender Potentiale im Hypothetar. (Traumatische Ulnarisparese)

## DISKUSSION

Der häufigste Typ einer niederfrequenten periodischen Spontanentladung (Abb. 1) ist die niederfrequente rhythmische Einzelentladung (Abb. 2 und 3). Sie zeigt Ähnlichkeiten mit den hochfrequenten bizarren Entladungen, so daß man auch von niederfrequenten bizarren Entladungen sprechen könnte. Beide Formen treten überwiegend in späteren Krankheitsstadien und in stark paretischen Muskeln auf. Das in drei unserer Fälle beobachtete Vorkommen in paralytischen Muskeln, weniger auch der fehlende Einfluß einer distalen Leitungsblockade des Nerven, sprechen für eine myogene Entstehung auch des niederfrequenten Typs, was für die hochfrequenten durch den fehlenden Curare Effekt wahrscheinlich gemacht werden konnte [5]. Die teilweise hochkomplexen Potentialformen weisen darauf hin, daß die Erregungen von einer Gruppe von Muskelfasern ausgehen. Weitere Gemeinsamkeiten sind die fehlende Beeinflussung der Spontanaktivität durch Willkürinnervation des betroffenen Muskels, gelegentliche Rhythmusstörungen in Form eingestreuter kurzer Pausen bzw. "Extrasystolen" und Formänderungen einzelner Potentiale infolge intermittierender Blockierung bestimmter Komponenten [16] (Abb. 2c). Unterschiede ergeben sich in der meist wesentlich kürzeren - selten eine Minute überschreitenden [3] - Gesamtdauer der hochfrequenten Entladungen, sowie deren Auslösung durch Nadelinsertion, Muskelanspannung, elektrische Stimulation usw. Hochfrequente bizarre Entladungen treten bei Myopathien, Vorderhornkrankungen und Wurzel-, Plexus-, Nervenläsionen in absteigender Häufigkeit auf [5], während die von uns beobachteten niederfrequenten bizarren Entladungen eine gegensätzliche Häufigkeitsverteilung aufweisen. Auffallend oft erscheinen sie bei starkem neurogenen Umbau motorischer Einheiten, z. B. bei Engpaßsyndromen, strahlenbedingten Plexusschäden oder älteren traumatischen Nervenläsionen mit spärlicher Reinnervation.

Das entscheidende Differenzierungsmerkmal zwischen den hoch- und niederfrequenten Formen ist deren Entladungsfrequenz. Hochfrequente bizarre Entladungen zeigen einen Frequenzbereich von 10-150/sec [5], niederfrequente einen solchen zwischen 0,3 und 10/sec. Nach unseren Erfahrungen wäre es sinnvoll, die mit 10-25/sec repetierenden Potentiale als mittelfrequente bizarre Entladungen abzugrenzen und zwar wegen der oft ausgeprägten Komplexität der Einzelkomponenten und wegen deren Akustik, die den für hochfrequente bizarre Entladungen typischen "music-like sound" [11] oder das ebenso häufige höertourige Motorengeräusch ("Rennwagen-Sound") vermissen läßt. Außerdem weisen sie eine ähnliche Häufigkeitsverteilung wie die niederfrequenten Entladungen auf.

Repetitive "Faszikulationen" mit Entladungsfrequenzen zwischen 0,5 und 3,7/sec, wie sie von Sindermann et al. beschrieben wurden [15], unterscheiden sich von den "niederfrequenten bizarren Entladungen" u. a. durch die fehlende Rhythmizität, die Entstehung in proximalen Abschnitten des Motoneurons und die Entladungspause nach Kontraktion des betroffenen Muskels.

Die periodischen Gruppen- (Abb. 4) und Serienentladungen (Abb. 6) fanden sich nie in einem total paralytischen Muskel, so daß von daher die Frage der myogenen oder neurogenen Entstehung nicht zu be-

antworten ist. Ähnliche rhythmische Entladungen wurden jedoch von physiologischer Seite an paralytischen Nerven festgestellt [7, 12, 13]. An der Paralysestelle gewinnt der periphere Nerv mitunter Eigenschaften, die sonst rhythmisch tätigen Elementen des Nervensystems eigentümlich sind. Voraussetzungen der spontanen Rhythmenbildung sind wellenförmige Änderungen des Membranpotentials [12] bei niedriger Reizschwelle und Akkommodation [7]. Diese Fakten lassen vermuten, daß auch den von uns registrierten periodischen Gruppen- und Serienentladungen eine autogene Impulsbildung im pathologisch veränderten peripheren Nerven zugrundeliegt. Die erwähnten Experimente an paralytischen Nerven zeigen darüberhinaus, daß bei fehlender spontaner Erregungsbildung ein elektrischer Reiz oder ein die Paralysestelle passierendes Aktionspotential repetitive Entladungen auslösen. Analoge provozierte Gruppen oder Serien konnten wir häufiger bei verschiedenartigen Neuropathien beobachten (Abb. 8). Als Beispiel für iterative Spontanentladungen in Nervenfasern mit niedriger Akkommodation können auch die Doublets und Multiplets bei Tetanie gelten [8, 9].

Um den Ursprungsort der Gruppen- und Serienentladungen festzustellen wurde in zwei Fällen von traumatischer Nervenläsion eine Nadelableitung vom Nerven distal der Schädigungsstelle vorgenommen, wobei keine Aktivität registriert werden konnte. In einem weiteren Fall führte die distale Leitungsblockade des Nerven zu keiner Unterbrechung der rhythmischen Spontanaktivität im Muskel. Falls eine neurogene Impulsenstehung vorliegt, dürfte diese somit ganz peripher, evtl. im Bereich terminaler Sprosse gelegen sein. Interessant ist, daß sowohl bei Leitungsblockade des Nerven, als auch unter Ischämie die Spontanaktivität zwar weiterlief, jedoch unter fortschreitender Verkürzung der Gruppen bzw. Serien (Abb. 5b-d und 7d). Gehemmt wurde unter diesen Bedingungen nicht die rhythmische Entstehung von Impulsen, aber deren Repetition mit Gruppen- oder Serienbildung. Indirekte elektrische Stimulation des betroffenen Muskels bewirkt keine Änderung der Spontanaktivität (Abb. 7c), während leichte Willkürinnervation manchmal eine Frequenzbeschleunigung unter Verkürzung der Seriadauer zur Folge hat (Abb. 7b).

Periodische Gruppenentladungen treten bei Erkrankungen in allen Abschnitten des zweiten Motoneurons auf, während wir periodische Serienentladungen nur bei Plexus- und peripheren Nervenläsionen beobachten konnten. Klinisch gehen letztere teilweise mit äußerlich sichtbaren feinen rhythmischen Kontraktionen umschriebener Muskelabschnitte einher.

In der vorliegenden Arbeit wurde versucht, unsere bisherigen Beobachtungen an niederfrequenten periodischen Spontanentladungen im menschlichen Skelettmuskel systematisch darzustellen und zu den klinischen und sonstigen elektromyographischen Befunden in Beziehung zu setzen. Weitere Untersuchungen müssen vor allem den noch ungenügend geklärten Fragen des Ursprungsortes und der Entstehungsbedingungen gelten.

## LITERATUR

1. Aagaard, S. A., Melsen, S.: Rhythmic Activity in Electromyography. Acta psychiat. neur. scand. Suppl. 107, 17-22 (1956)

2. Brumlik, J., Cuetter, C. : Denervation Myotonia: A subclinical electromyographic finding. *Electromyography* 9, 297-310 (1969)
3. Brumlik, J., Drechsler, B., Vannin, T.M. : The myotonic discharge in various neurological syndromes: A neurophysiological analysis. *Electromyography* 10, 369-383 (1970)
4. Buchthal, F., Olsen, P. Z. : Electromyography and muscle biopsy in infantil spinal muscular atrophy. *Brain* 93, 15-30 (1970)
5. Emeryk, B., Hausmanova-Petrusewicz J., Nowak, T. : Spontaneous volleys of bizarre high frequency potentials in neuromuscular diseases. Part 1. Occurrence of spontaneous volleys of b.h.f.p. in neuro-muscular diseases. *Electromyogr. clin. Neurophysiol.* 14, 303-312 (1974)
6. Esslen, E., Magun, R. : Elektromyographie. *Fortsch. Neurol. Psychiat.* 26, 153-199 (1958)
7. Klensch, H. : Serienentladungen an druckparabiotischen Nervenstellen. *Pflügers Archiv* 252, 369-380 (1950)
8. Kugelberg, E. : Activation of human nerves by ischemia. *Arch. neur. psych.* 60, 140-152 (1948)
9. Kugelberg, E. : Activation of human nerves by hyperventilation and hypocalcemia. *Arch. neur. psych.* 60, 153-164 (1948)
10. Ludin, H.P. : Pathophysiologische Grundlagen elektromyographischer Befunde bei Neuropathien und Myopathien. Stuttgart: Thieme 1973
11. Marinacci, A.A. : Applied Electromyography. Philadelphia: Lea and Febiger 1968
12. Müller, P. : Über lokale Potentialwellen und rhythmische Entladungen an parabiotischen Nervenstellen des Frosches. *Pflügers Archiv* 257, 112-120 (1953)
13. Müller, P. : Über den Ablauf spontaner, rhythmischer Erregungen an parabiotischen Nervenstellen und seine Beeinflussung durch elektrische Polarisation. *Pflügers Archiv* 257, 363-370 (1953)
14. Ruprecht, E.O. : Befunde bei Neuropathien. In: *Elektromyographie*. Hrsg. von H. C. Hopf und A. Struppler. Stuttgart: Thieme 1974, 42-43
15. Sindermann, F., Conrad, B., Jacobi, H.M., Prochazka, V.J. : Unusual properties of repetitive fasciculations. *EEG Journal* 35, 173-179 (1973)
16. Stöhr, M. : Neurogener Jitter und intermittierende Blockierungen bei posttraumatischer Reinnervation. *Z. EEG-EMG* 6, 63-69 (1975)
17. Taverner, D. : Clinical applications of electromyography. In: Licht, S. : *Electrodiagnosis and Electromyography*. Connecticut: E. Licht 1961

Dr. Manfred Stöhr  
 Neurologische Universitätsklinik  
 D-7400 Tübingen  
 Liebermeisterstr. 18-20  
 Bundesrepublik Deutschland