

Elektrisch ausgelöster Eigenreflex in der mimischen Muskulatur des Menschen*

MICHAEL B. POREMBA, HUGO M. KROTT und HANS M. JACOBI

Neurochirurgische Klinik der Universität München (Direktor: Prof. Dr. F. Marguth)
u. Abteilung für Neurologie der Universität Ulm (Leiter: Prof. Dr. H. H. Kornhuber)

Eingegangen am 5. September 1971

Monosynaptic Reflexes in the Human Facial Muscles Elicited Electrically by Seventh Nerve Stimulation

Summary. Reflex potentials were recorded from the orbicularis oris and mentalis muscles in five of fifteen normal subjects. These potentials exhibited a longer latency than the direct muscle response elicited by electrical stimulation of the facial nerve with insulated semi-microelectrodes. The secondary response appears ipsilaterally at a lower threshold than the direct response and has a constant latency of 13.2 msec ($SD \pm 0.1$); its amplitude decreases when the strength of the stimulus increases. In one case we found a posttetanic facilitation of the reflex amplitude. It is assumed that this secondary response is a monosynaptic reflex similar to the H-wave of leg muscles. In order to show the facio-facial reflex pathway we recorded the same reflex potential from the operated side of retrogasserian rhizotomy in trigeminus neuralgia. This response had a lower threshold than the direct muscle response; therefore, the secondary response cannot be due to antidromic induced recurrent discharge. Since some histological evidence for muscle spindles was found in some human facial muscles, it is concluded, that at least the perioral facial muscles in some persons have proprioceptive feedback loops.

Key words: Stretch Reflex — H-Reflex — Facio-Facial Reflex — Orbicularis Oris and Mentalis Muscles — Man.

Zusammenfassung. Bei 5 von 15 Versuchspersonen wurde durch elektrische Reizung des N. facialis am Foramen stylomastoideum mit isolierten Semimikroelektroden in den ipsilateralen M. m. orbicularis oris und mentalis ein Reflexpotential abgeleitet, das immer eine längere Latenz als die direkte Muskelantwort aufwies. Das Potential zeigte eine niedrigere Reizschwelle als die direkte Muskelantwort, eine konstante Latenz von 13,2 msec ($SD \pm 0,1$) und ein reizabhängiges, gegenüber der direkten Muskelantwort reziprokes Amplitudenverhalten. In einem Fall registrierten wir eine posttetanische Bahnung des Reflexpotentials. Die niedrige Reizschwelle und die konstante Latenz des Reflexpotentials sprechen für einen *elektrisch ausgelösten Eigenreflex der mimischen Gesichtsmuskulatur* und schließen eine Rückenschlagwelle nach antidromer Erregung von Facialismotoneuronen aus. Als Beweis, daß es sich bei dem Potential nicht um einen trigemino-facialen Reflex handelt, leiteten wir bei einem Fall mit Trigeminusdurchtrennung das Potential auch auf

* Teile der Arbeit wurden auf der Deutsch-Britischen Neurogentagung, Juli 1971, in Göttingen vorgetragen sowie der Dissertationsschrift des M. B. Poremba entnommen.

der operierten Seite ab. Im Zusammenhang mit dem histologischen Nachweis von Muskelspindeln in der Facialismuskulatur des Menschen halten wir das Potential für einen *facio-facialen Reflex*, dessen afferente Bahn über proprioceptive Facialisfasern verläuft. Es wird angenommen, daß der Reflex auch über ein proprioceptives feedback analog der Gamma-Schleife des Spinalnerven reguliert wird.

Schlüsselwörter: Eigenreflex — H-Reflex — Facio-facialer Reflex — M. orbicularis oris und mentalis — Mensch.

Einleitung

Es war bisher umstritten, ob die Gesichtsmuskulatur des Menschen einen monosynaptischen Eigenreflex besitzt, wie er für die Skelettmuskulatur nachgewiesen ist. 1924 nahm Hoffmann [12] an, daß die mimische Muskulatur nicht eigenreflektorisch geregelt sei, da sie weder Gelenkbewegungen auszuführen, noch größere Trägheitsmomente zu überwinden habe. Sommer [33] hatte 1938 vergeblich versucht, Eigenreflexe in der Facialismuskulatur auszulösen. Demgegenüber unterschied Kugelberg [17] 1952 erstmalig im Glabellareflex zwei Komponenten: für die erste Komponente vermutete Kugelberg eine monosynaptische Verschaltung, für die zweite einen polysynaptischen Reflexbogen. Anaesthesia des N. trigeminus blockierte beide Reflexkomponenten. Kugelberg folgerte daraus, daß die Afferenz des Reflexbogens über den N. trigeminus verlaufe und bezeichnete ihn deshalb als trigemino-faciale Reflex. Einen ersten Anhaltspunkt für motosensible Afferenzen im N. facialis sah Rushworth [26] 1960 in einer Parageusie nach idiopathischer Facialisparesie, die er als Folge einer Fehleinsprößung motosensibler Facialisfasern während der Regeneration des Nerven erklärte. Als weiteren Hinweis für motosensible Facialisafferenzen berichteten 1967 Gandiglio u. Fra [11], daß bei Patienten mit leichtgradiger idiopathischer Facialisparesie isoliert die monosynaptische Komponente des Kugelbergschen trigemino-facialen Reflexes ausfalle, während die polysynaptische Komponente erhalten bleibe. Gandiglio u. Fra nahmen an, daß es neben dem N. trigeminus auch über den N. facialis einen Eigenreflexbogen für die mimische Muskulatur geben müsse.

Entgegen früheren histologischen Untersuchungen wies Kadanoff [14] 1956 typische Muskelspindeln in der perioralen Facialismuskulatur des Menschen nach, was 1960 von Bowden [3, 4] und 1961 von Okamoto [22] bestätigt wurde. Durch diese histologischen Arbeiten gewinnen die Beobachtungen von Wakeley (1933) [36] sowie Weingrow [37] wieder an Bedeutung, wonach die etwa 16 % sensiblen Fasern des N. facialis nicht, wie später Foley u. Dubois [10] sowie Pearson [23] annahmen, ausschließlich aus seinem Versorgungsgebiet an der Ohrmuschel, sondern auch aus der perioralen Muskulatur stammen. Die oben erwähnten Untersuchungsergebnisse ließen vermuten, daß man in der mimischen Muskulatur des Menschen elektrisch einen Eigenreflex des N. facialis auslösen kann.

Versuchspersonen und Methodik

Wir untersuchten 15 Versuchspersonen (Vpn.) von 17–65 Jahren. 12 Vpn. waren neurologisch unauffällig. Bei einer 57jährigen Vp. war vor 3 Jahren eine einseitige periphere Facialisparese klinisch und elektromyographisch ohne Restfolgen abgeheilt und bei einer 61- und 65jährigen Vp. war 1 bzw. 2 Jahre zuvor wegen einer therapieresistenten Trigeminusneuralgie jeweils eine einseitigeretroganglionäre Trigeminusdurchtrennung nach Frazier-Spiller durchgeführt worden. Die Operierten wiesen auf der Seite des Eingriffes eine Hypaesthesia bzw. eine Anaesthesia des N. trigeminus für alle sensiblen Qualitäten sowie einen aufgehobenen Cornealreflex auf. Die ältere Vp. bot auf der operierten Seite zusätzlich eine Atrophie der M. m. masseter und temporalis mit elektromyographisch totaler Denervierung und daraus resultierendem Schrägbiß. Die Werte der motorischen Leitungsgeschwindigkeit des Ramus temporofrontalis des N. facialis der Vpn. sind in Tab. 1 aufgeführt; die hier vorgenommene Numerierung der Vpn. nach dem Lebensalter wird im folgenden beibehalten.

Als Reiz- und Registriergerät verwendeten wir DISA- und Tönnies-Myographen. Der N. facialis wurde am Foramen stylomastoideum mit isolierten Semimikroelektroden von 10–30 μ freier Spitze (Typ Microtrode®) und selbstgefertigten Stahlnadeln von 0,3 mm Durchmesser gereizt. Die Semimikroelektroden wurden als Mandrin in einer innen polierten Führungskanüle durch die Haut in Richtung auf den Nerven eingestochen und unter wiederholter Stimulation bis zum Nervenkontakt vorgeschoben. Wir korrigierten die Position der Elektroden so lange, bis wir mit niedrigen Intensitäten um 1 mA und Rechteckimpulsen von 0,1 msec Dauer eine motorische Antwort registrieren konnten. Abgeleitet wurde aus den M. m. orbicularis oris und mentalis mit selbstgefertigten silberchloridierten Oberflächenklebeelektroden von 10 mm Durchmesser. Der Frequenzgang der Registrierungen wurde unterhalb 100 Hz und oberhalb 10 kHz beschnitten. Alle Ableitungen wurden mit verschiedenen Kippgeschwindigkeiten am Oszilloskop photographiert. Durch intracutane Reizung am Kieferwinkel mit nichtisolierten Stahlnadeln lösten wir Reflexe der perioralen Muskulatur aus und leiteten beiderseits mit Oberflächen-elektroden über dem M. orbicularis oris ab (Mundwinkel gegen Kinnspitze). Wir verwendeten dazu Rechteckimpulse von 2 msec Dauer und hohe, schmerzhafte Reizintensitäten bis zu 35 mA. Die Position der Reizelektroden am Foramen stylo-mastoideum wurde in den ersten Versuchen röntgenologisch kontrolliert. Wir registrierten jeweils beidseits über dem M. m. orbicularis oris und mentalis mit Oberflächenklebeelektroden und/oder bipolaren Nadelelektroden. Bei allen Versuchspersonen reizten wir zusätzlich tetanisch mit Impulsserien von 300/sec, 3 sec Dauer und supramaximalen Reizstärken. Nach dem Tetanus wurden im Abstand von jeweils 1 sec 10 Testreize von ebenfalls supramaximaler Reizintensität gesetzt.

Die Leitungsgeschwindigkeit des N. facialis wurde an seinem Ramus temporo-frontalis gemessen, da nach Hollinshead [13] der Stirnast des N. facialis weniger Variationen als die übrigen Äste aufweist. Um den methodischen Fehler möglichst klein zu halten, wählten wir bei allen Vpn. einen konstanten Elektrodenabstand mit einer Toleranz von ± 1 cm sowie annähernd identischen Schwellenwerten der motorischen Antwort im M. frontalis.

Ergebnisse

Bei 5 Vpn. (2, 5, 7, 11 und 14) konnten wir nach der direkten motorischen Antwort ein Spätpotential (SP) ableiten. Tab. 2 zeigt die mittlere Latenz und Dauer von SP. Das Potential war bei den Vpn. 5 und 7 auf

Tabelle 1. Motorische Nervenleitungsgeschwindigkeiten des Ramus temporo/frontalis des *N. facialis*

Versuchsperson Nr.	Geschlecht	Alter in Jahren	Nervenleitungsgeschwindigkeit (m/sec)	
			rechts	links
1	m	17	34	31
2	w	21	31	35
3	m	24	33	32
4	m	25	32	34
5	w	27	36	30
6	m	28	33	32
7	m	28	33	33
8	w	31	34	30
9	m	33	35	34
10	m	35	31	33
11	m	42	31	35
12	w	57	38	37
13	m	60	30	31
14	w	61	31	30
15	m	65	29	28
Gesamt-MW			32,7	31,9
SD			± 2,43	± 2,41

Tabelle 2. Mittlere Latenz und Dauer der Spätpotentiale (je 20 Registrierungen)

Versuchs- person Nr.	rechts				links			
	Latenz (msec)		Dauer (msec)		Latenz (msec)		Dauer (msec)	
	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD
2	13,6	0,10	5,4	0,21	—	—	—	—
5	13,1	0,07	4,5	0,18	14,1	0,06	5,0	0,27
7	13,0	0,16	6,0	0,25	113,4	0,14	6,1	0,30
11	13,1	0,09	7,8	0,29	—	—	—	—
14	—	—	—	—	13,6	0,05	8,4	0,25
Gesamt- MW		13,2	5,9		13,7		6,5	
Gewogene mittlere SD		± 0,11	± 0,24		± 0,09		± 0,27	



Abb. 1

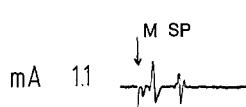


Abb. 2

Abb. 1. Ableitung des Spätpotentials (*SP*) am M. mentalis bei ansteigender Reizstärke. Die direkte Muskelantwort ist mit *M* bezeichnet, der Pfeil markiert den Reizbeginn

Abb. 2. Ableitung des Spätpotentials (*SP*) am M. orbicularis oris der operierten Seite bei der Vp. 14 mit retroganglionärer Faserdurchtrennung des N. trigeminus nach Frazier-Spiller. Die direkte Muskelantwort ist mit *M* bezeichnet, der Pfeil markiert den Reizbeginn

beiden Gesichtsseiten, bei den 3 übrigen Vpn. 2, 11 und 14 (bei der Vp. 14 war der N. trigeminus operativ durchtrennt) jeweils einseitig in der zur Facialisreizung ipsilateralen Muskulatur auszulösen. SP wies in den Fällen 2 und 5 eine Reizschwelle von 0,5–0,7 mA, in den anderen 0,8 bis 1,0 mA auf. Bei ansteigender Reizintensität (Abb. 1 und 2) nahmen die Amplituden sowohl der motorischen Antwort (*M*) als auch von SP zu. Während die *M*-Amplituden nach Erreichen des Maximalwertes unverändert blieben, wurden die Amplituden von SP bei supramaximaler

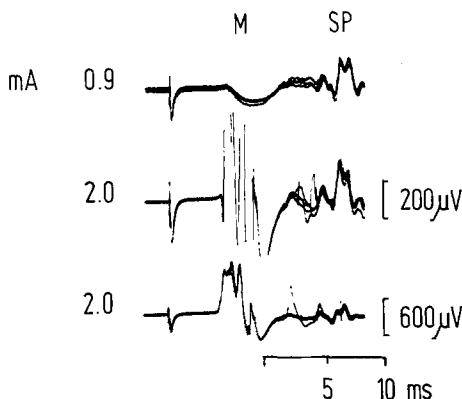


Abb.3. Ableitung des Spätpotentials (SP) am M. orbicularis oris. Die übereinanderphotographierten Mehrfachableitungen demonstrieren die Amplituden- und Latenzkonstanz des Spätpotentials. Die direkte Muskelantwort ist mit *M* bezeichnet

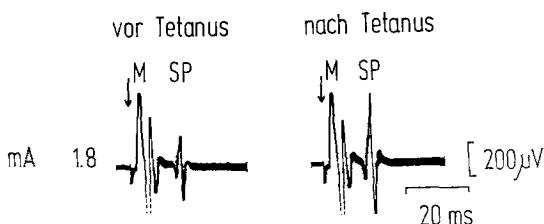


Abb.4. Ableitung des Spätpotentials (SP) am M. mentalis vor (links) und nach (rechts) tetanischer Reizung. Das Spätpotential zeigt eine typische posttetanische Fazilitierung. Die direkte Muskelantwort ist mit *M* bezeichnet, die Pfeile markieren den Reizbeginn

Reizstärke wieder kleiner. Gleiche Intensitäten ergaben konstante Amplituden von SP. Die Latenz und der Phasenverlauf von SP waren konstant und von der Reizintensität unabhängig (Abb.3). Bei der Vp. 2 sahen wir nach tetanischer Reizung eine Zunahme der Amplitude von SP, während M unverändert blieb (Abb.4). Die mittlere Amplitudenzunahme betrug bei 20 Durchgängen mit jeweils 20 sec Pause 80 % des Ausgangswertes vor Tetanus. Die mittleren Latenzen der direkten motorischen Antworten des M. orbicularis oris betrugen rechts 3,82 msec ($SD \pm 2,4$), links 3,88 msec ($SD \pm 2,2$), des M. mentalis rechts 4,04 msec ($SD \pm 1,6$), links 4,10 msec ($SD \pm 1,8$). Die Reizschwellen für M lagen um 0,8 mA.

Bei 5 Vpn. (2,5,7,11 und 14) lösten wir durch Hautreizung am Kieferwinkel Reflexpotentiale im M. orbicularis oris aus. Die Meßdaten

Tabelle 3. Mittlere Latenz und Dauer des trigemino-facialen Reflexes ipsilateral — auf der Seite der Reizung (rechts oder links), kontralateral — auf der nicht gereizten Gegenseite

Versuchs- person Nr.	rechts		ipsilateral		kontralateral		links		ipsilateral		kontralateral	
	Latenz (msec)	Dauer (msec)	Latenz (msec)	Dauer (msec)	Latenz (msec)	Dauer (msec)	Latenz (msec)	Dauer (msec)	MW	SD	MW	SD
2	48,2	6,4	41,2	11,3	49,0	5,5	40,8	10,4	50,2	5,7	42,7	9,1
5	50,1	6,7	46,2	5,5	51,1	7,4	39,2	6,2	50,3	7,5	43,2	7,4
7	50,3	4,0	45,9	6,0	52,4	6,7	43,1	7,5	49,0	5,8	48,0	6,3
11	47,9	7,5	44,0	5,4	45,9	8,0	45,9	8,0	48,5	6,9	45,1	7,5
14	51,6	6,2	46,5	8,2	52,3	7,0	42,8	10,0	—	—	—	—
Gesamt-MW	49,6	44,7	50,1	50,1	42,4	49,5	44,7	44,7	50,0	50,0	47,1	47,1
Gewogene mittlere SD	± 6,3	± 7,6	± 6,9	± 6,9	± 8,6	± 8,6	± 6,5	± 6,5	± 7,6	± 7,6	± 7,3	± 7,3

dieser trigeminofacinalen Reflexe gehen aus Tab. 3 hervor. Die Potentiale ließen sich von beiden Gesichtsseiten jeweils ipsi- und kontralateral zur gereizten Seite auslösen. Bei beidseitiger Auslösung zeigten die Gesamt-Mittelwerte von Latenz und Dauer der ipsilateralen und kontralateralen Reflexpotentiale im Tukey-Test zwischen linker und rechter Seite keinen signifikanten Unterschied. Die Latenzen der kontralateralen Reflexantworten waren dagegen durchschnittlich um 0,5 msec länger als die der ipsilateralen. Bei den Vpn. 14 und 15 mit Trigeminusoperation konnten wir bei Hautreizung auf der operierten Seite keine Reflexpotentiale auslösen, während wir bei Reizung auf der gesunden Seite beidseitig einen trigeminofacinalen Reflex registrierten, der sich in seinen Parametern nicht von dem der übrigen Vpn. unterschied.

Diskussion

Bei 5 von 15 Vpn. haben wir durch isolierte Facialisreizung in der ipsilateralen perioralen Muskulatur ein Potential abgeleitet, welches die Eigenschaften eines H-Reflexes des M. soleus aufwies. Hinsichtlich der Reizschwelle fanden wir am N. facialis unterschiedliche Bedingungen: nur 2 mal gelang es mit schwellennaher Reizstärke das Reflexpotential ohne direkte Muskelantwort auszulösen, während 3 mal die Reizschwelle für das Reflexpotential gleich groß oder größer war als die der direkten Antwort. Die hohe Reizschwelle ist darauf zurückzuführen, daß das Faserspektrum der Facialisfasern nicht wie das des Extremitätennerven eine bimodale, sondern eine unimodale Verteilung aufweist [3, 25] und somit die Reizschwelle für motosensible und motorische Fasern im N. facialis näher beieinander liegen als beispielsweise im N. tibialis. Die individuell konstante Latenz und der synchrone Verlauf des Reflexpotentials sind für eine monosynaptische Reflexantwort typisch [19]. Mit ansteigender Reizstärke wies das Reflexpotential ein reziprokes Amplitudenverhalten gegenüber dem direkten Muskelpotential auf und ließ sich im Unterschied zum H-Reflex des M. soleus auch bei supramaximalen Reizstärken nicht vollständig unterdrücken. Das sog. Auslösphänomen des H-Potentials beruht auf einer Kollision von antidromen mit orthodromen Spikes im motorischen Neuriten infolge der unterschiedlichen Leitungsgeschwindigkeit von motosensiblen und motorischen Fasern am peripheren Extremitätennerven. Unseren Befund am N. facialis interpretieren wir wie folgt: 1. Für eine Auslösung des Reflexpotentials durch Spike-Kollision ist eine Mindestentfernung zwischen Reizort und Motoneuronenzelle notwendig. Am N. facialis reicht diese Entfernung von durchschnittlich 15 cm möglicherweise nicht aus, um dem afferenten, schneller leitenden Spike den notwendigen Vorsprung zu geben, damit der hierdurch induzierte efferente Spike mit dem antidromen, langsamer geleiteten Spike im motorischen Neuriten kolli-

dieren kann. 2. Wegen der unimodalen Verteilung der Facialisneuriten ist zu erwarten, daß motosensible und motorische Leitungsgeschwindigkeiten nur geringfügig differieren. Die Nervenstrecke des Facialis vom Kerngebiet in der Brücke bis zur Innervationszone in der perioralen Muskulatur beträgt im Durchschnitt 25 cm [17]. Bei Nervenreizung am Foramen stylomastoideum und Ableitung am M. orbicularis oris (Distanz 10,2 cm) haben wir eine mittlere motorische Latenz von 3,9 msec gemessen, was mit den früher von uns gefundenen Latenzen am M. orbicularis oris korreliert [16]. Vorausgesetzt, daß die motorische Leitungsgeschwindigkeit des N. facialis in seinem proximalen und distalen Abschnitt gleich groß ist, benötigt die motorische Erregung für die Strecke vom Facialiskern bis zur perioralen Muskulatur einschließlich der distalen Überleitungszeit etwa 8–9 msec. Bei einer mittleren Latenz des Reflexpotentials von 13,2 msec bleiben für die Dauer der afferenten Erregung abzüglich der Synapsenzeit von 0,5–0,7 msec etwa 4 msec. Bei einer Strecke vom Reizort am Foramen stylomastoideum bis zum Facialiskern in der Brücke von 15 cm errechnet sich daraus eine Leitungsgeschwindigkeit für die Afferenz von ca. 37 m/sec. Sie ist also nur geringfügig höher als die von uns mit 32 m/sec errechnete motorische Leitungsgeschwindigkeit des temporofrontalen Facialisastes. Eine für die Spike-Kollision notwendige Spike-Dispersion von mehr als einer Synapsenzeit ist demnach nicht vollständig erreicht worden.

Die in einem Fall (Vp 2) reproduzierbar nachgewiesene posttetanische Fazilitierung von 80 % des Ausgangswertes (Abb. 4) gilt als Charakteristicum einer monosynaptischen und ungestörten Impulsübertragung und ist Folge positiver Erregbarkeitsveränderungen der motorischen Endknöpfe am Neuron. Polysynaptische Reflexe sind dagegen kaum posttetanisch faszilitierbar, da ihre spinale Verschaltung vorwiegend über hemmende Interneurone verläuft. Die in einem Fall gefundene posttetanische Fazilitation des Reflexpotentials der Facialismuskulatur spricht für dessen monosynaptische Verschaltung. Einen Grund für das Fehlen einer posttetanischen Fazilitation bei den übrigen 4 Vpn. können wir nicht benennen.

Bei der Vp. 14 mit einseitiger retroganglionärer Trigeminusdurchtrennung und entsprechender Anaesthesia konnten wir auf der operierten Seite ein Reflexpotential wie bei Gesunden auslösen. Dieser Befund schließt aus, daß die Afferenz des Reflexpotentials über den N. trigeminus verläuft, daß es sich also um einen trigeminofacinalen Reflex handelt, wie ihn Kugelberg [17] und Ekbom [9] beschrieben. Unsere Stimulationsmethode mit isolierten Semimikroelektroden und mit Lokalanästhesie an der Einstichstelle der Führungskanüle verhinderte eine Miterregung sensibler Trigeminus- und/oder Cervicalnervenanteile und macht somit zusätzlich wahrscheinlich, daß die Afferenz unseres Reflexpotentials im

N. facialis geleitet werden muß. Nach den Untersuchungen von Gandiglio u. Fra [11], Kugelberg [17], Rushworth [27, 28], sowie Tokunaga [34] treten polysynaptische trigemino-faciale Reflexe stets bilateral auf; unsere Reflexpotentiale waren jedoch nur unilateral auf der gereizten Seite zu registrieren, was für eine monosynaptische Verschaltung des Reflexpotentials spricht.

Um einen facio-facienalen Reflex von einem trigemino-facienaln Reflex unterscheiden zu können, haben wir einen Hautreflex der Gesichtsmuskulatur mit intracutaner Reizung von der Stelle ausgelöst, an der wir in der Tiefe den N. facialis reizten. Die hierzu notwendigen hohen und schmerhaften Reizstärken, die im Einzelfall bis zu 6 msec schwankende Latenz und die Habituation bei repetitiver Reizung sprechen für eine polysynaptische Verschaltung des Reflexbogens und unterscheiden sich eindeutig von den facio-facienalen Potentialen. Die nach intracutaner Reizung registrierten trigemino-facienalen Reflexpotentiale entsprechen vielmehr der zweiten Komponente des von Ekbom [9] gefundenen perioralen Schutzreflexes.

1970 interpretierten Sawhney u. Kayan [29] ein bei Oberflächenreizung des N. facialis neben der direkten Muskelantwort abgeleitetes Potential als F-Welle im Sinne rückläufiger Entladung von Facialismotoneuronen nach antidromer Erregung, was analog 1941 Renshaw [24] am Hinterbein der Katze beschrieben hatte. Im Vergleich mit unserem Reflexpotential weist das Potential von Sawhney u. Kayan eine höhere Reizschwelle und eine längere sowie inkonstante Latenz auf. Auch bei Berücksichtigung der unterschiedlichen Versuchsanordnungen ist deshalb eine Verwechslung des Potentials mit unserem Reflexpotential nicht möglich. Die Kriterien einer F-Welle, wie sie erstmalig 1960 von Magdalery u. McDougal [19] an den Hand- und Fußmuskeln des Menschen abgeleitet wurde, treffen für unser facio-facienales Reflexpotential nicht zu. Die F-Welle weist im Gegensatz zum H-Reflex des M. soleus und zu unserem Reflexpotential der Gesichtsmuskulatur eine für die direkte Muskelantwort supramaximale Reizschwelle auf, lässt sich bei supramaximalen Reizstärken nicht unterdrücken, zeigt eine inkonstante Latenz und keine posttetanische Fazilitierbarkeit. Inkonstante Reflexlatzenzen, wie auch die des Potentials von Sawhney u. Kayan, können im übrigen nicht eindeutig als Rückschlagwelle erklärt werden. Sie sind offenbar polysynaptisch verschaltet, was wir [16] 1971 für die F-Welle des M. soleus zeigten.

Wir leiteten bei den Reflexuntersuchungen bewußt von den M. m. orbicularis oris und mentalis ab, da Kadanoff [14], Bowden [3, 4] und Okamoto [22] in der perioralen Muskulatur eine Häufung von Spindelorganen nachgewiesen hatten. In Voruntersuchungen haben wir in der perioculären Muskulatur und im M. frontalis keine facio-facienalen Reflex-

potentiale, wie wir sie in der perioralen Muskulatur gefunden haben, registrieren können. Offenbar besteht beim Menschen für die perioculäre Muskulatur ein unterschiedlicher Innervationsmodus gegenüber der perioralen Muskulatur. Blinkov [1,2], Shindo [32] und Vraa-Jensen [35] zeigten, daß die Areale des Facialiskerns, welche die buccolabiale Muskulatur innervieren, beim Menschen besonders zellreich sind: neben größeren Zellen, welche möglicherweise den Alpha-Motoneuronen des Rückenmarks entsprechen, finden sich im Facialiskern auch vereinzelt kleinere Zellen. Courville [6,7] nahm an, daß es sich hierbei um Gamma-Motoneurone handele. Dies könnte bedeuten, daß der N. facialis seine Muskelspindeln über eine Gamma-Schleife innerviert und somit wie der Spinalnerv regelt. Die histologischen Befunde von Courville u. Kadanoff sprechen für einen im Prinzip analogen Aufbau des Motoneuronensystems sowohl auf spinaler als auch auf Hirnnervenebene und damit für eine funktionell gleichartige Organisation von Skelettmuskeln und perioraler Muskulatur.

Lindquist u. Martensson [18] erhielten bei der Katze durch isolierte Reizung des N. facialis keine Reflexpotentiale in der Facialismuskulatur. Histologische Untersuchungen von Bowden u. Mahran [4] haben ergeben, daß die Katze in der Facialismuskulatur keine Muskelspindeln besitzt. Analoge Speciesunterschiede der Muskelspindelverteilung wurden von Mahran [20] auch für andere Hirnnerven beschrieben. Im Facialiskern sowie in seinen Neuriten bestehen Artspezifitäten bezüglich der Zellverteilung bzw. der Faseranzahl; so sind beispielsweise bei Hunden und Katzen diejenigen Areale im Facialiskern besonders stark ausgeprägt, welche die auriculäre Muskulatur innervieren (Vraa-Jensen [35]). Das Faserspektrum des N. facialis unterscheidet sich hinsichtlich Durchmesser und Anzahl der Neuriten sowohl beim Vergleich zwischen den einzelnen Tierarten als auch im Vergleich zum Menschen (van Buskirk [5] sowie Foley u. Dubois [10]). Blinkov [1,2] und van Buskirk [5] wiesen nach, daß beim Menschen die Zellzahl des Facialiskerns und seine Neuritenzahl eine inter- und intraindividuelle Schwankungsbreite bis zu 200 % aufweisen. Daraus ist anzunehmen, daß also auch innerhalb der motosensiblen Fasern des N. facialis eine unterschiedliche quantitative Verteilung besteht. Die große intraindividuelle Schwankung erklärt durchaus, weshalb das facio-faciale Reflexpotential nur bei einem Teil der Versuchspersonen und dort meist nur einseitig nachgewiesen werden konnte.

Nachdem Kadanoff [14], Bowden [4] und Okamoto [22] histologisch in der Facialismuskulatur des Menschen Muskelspindeln gefunden hatten, konnten wir mit den facio-facialen Reflexpotentialen neurophysiologisch das entsprechende proprioceptive feedback in der mimischen Muskulatur des Menschen nachweisen. Bisher waren für die mimische Gesichts-

muskulatur nur exteroceptive (polysynaptische) Schutzreflexe (wie beispielsweise der Glabellareflex) bekannt (Shahani [30, 31]), ein propriozeptiver (monosynaptischer) Reflex wurde zur Regelung der Facialismotorik für entbehrlich gehalten (Hoffmann [12] und Sommer [33]). Die Argumentation ging dabei allein von mechanischen Gesichtspunkten aus; man sah die Hauptaufgabe eines Eigenreflexes in der Sicherung der Statik mit Hilfe der Antigravitationsmuskulatur. Im Gegensatz hierzu wäre eine eigenreflektorische Regelung der perioralen Muskulatur wegen der Bedeutung des mimischen Ausdrucks als Kommunikationsmittel durchaus sinnvoll, da sie zusammen mit den trigemino-facitalen Reflexen der Sicherung einer exakten Regulierung der für die Ausdruckskommunikation notwendigen perioralen Muskulatur dient (Eibl-Eibesfeld [8]).

Einige Tiere, wie beispielsweise Katzen, haben keine Mimik und besitzen auch keine Muskelspindeln in der Facialismuskulatur. Bei diesen Tieren sind im Gegensatz zum Menschen die Motoneurone im Facialiskern für die auriculäre Muskulatur, also für die Muskeln, welche primär der akustischen Ortung und Warnung dienen, anteilmäßig höher repräsentiert als die Motoneurone für die periorale Muskulatur. Das erklärt, warum die Facialismotorik dieser Tiere ausschließlich über exteroceptiv-nociceptive Verschaltungen reguliert wird. Beim Menschen dagegen überwiegen im Facialiskern die Motoneurone für die periorale Muskulatur und entsprechend sind die Spindelorgane vorwiegend in diesen Muskeln zu finden. Wir nehmen an, daß für die perioculäre Muskulatur des Menschen die nociceptiven trigemino-facitalen Schutzreflexe prävalent und obligat sind, während für die periorale Muskulatur zusätzlich fakultativ ein propriozeptiver facio-facialer Reflexmechanismus existiert. Hoffmanns Vorstellungen, wonach die eigenreflektorische Regelung über Spindelorgane ein Privileg der Stützmotorik ist, wären anhand unserer Untersuchungsergebnisse dahingehend zu korrigieren, daß zumindest bei einem Drittel der Vpn. wenigstens in der perioralen Muskulatur H.-Reflexähnliche Entladungen nach elektrischer Reizung des N. facialis ausgelöst werden konnten. Ob diese Reflexe von funktioneller Bedeutung sind, muß offen bleiben.

Literatur

1. Blinkov, S. M., Glezer, J. J.: Das Zentralnervensystem in Zahlen und Tabellen. Jena: VEB G. Fischer 1968.
2. — Ponomarev, V. S.: Quantitative determinations of neurons and glial cells in the nuclei of the facial and vestibular nerves in man, monkeys and dogs. *J. comp. Neurol.* **125**, 295—301 (1965).
3. Bowden, R. E. M., Keene, M. F. L., Gooding, M., Mahran, Z. Y., Withington, J. L.: The afferent innervation of facial and laryngeal muscles. *Anat. Rec.* **136**, 68 (1960).

4. Bowden, R. E. M., Mahran, Z. Y.: The functional significance of the pattern of innervation of the muscle quadratus labii superioris of the rabbit, cat and rat. *J. Anat. (Lond.)* **90**, 217–226 (1956).
5. Buskirk, van C.: The seventh nerve complex. *J. comp. Neurol.* **82**, 303–335 (1945).
6. Courville, J.: Rubrobulbar fibres to the facial nucleus and the lateral reticular nucleus (nucleus of the lateral funiculus). An experimental study in the cat with silver impregnation methods. *Brain Res.* **1**, 317–337 (1966).
7. — The nucleus of facial nerve; the relation between cellular groups and peripheral branches of the nerve. *Brain Res.* **1**, 338–355 (1966).
8. Eibl-Eibesfeld, J.: Grundriß der vergleichenden Verhaltensforschung. Ethologie, 1. Aufl. München: Piper 1967.
9. Ekblom, K. A., Jernelius, B., Kugelberg, E.: Perioral reflexes. *Neurology (Minneapolis)* **2**, 103–111 (1952).
10. Foley, J. O., Dubois, F. S.: An experimental study of the facial nerve. *J. comp. Neurol.* **79**, 79–105 (1943).
11. Gandiglio, G., Fra, L.: Further observations on facial reflexes. *J. Neurol. Sci.* **5**, 273–285 (1967).
12. Hoffmann, P.: Die physiologischen Eigenschaften der Eigenreflexe. *Ergebn. Physiol.* **36**, 15–108 (1924).
13. Hollinshead, W. H.: Anatomy for surgeons, vol. I, p. 324. New York: A. Harper 1954.
14. Kadanoff, D.: Die sensiblen Nervenendigungen in der mimischen Muskulatur des Menschen. *Z. mikr.-anat. Forsch.* **62**, 1–15 (1956).
15. Krott, H. M., Jacobi, H. M., Busse, M.: H-Reflex und F-Welle des M. soleus beim Menschen. *Z. ges. Neurol. Psychiat.* **199**, 332–343 (1971).
16. — Poremba, M. B., Busse, M.: Latenzmessungen am N. facialis beim Acusticus-neurinom. *Dtsch. Z. Nervenheilk.* **195**, 344–355 (1969).
17. Kugelberg, E.: Facial reflexes. *Brain* **75**, 385–396 (1952).
18. Lindquist, Chr., Martensson, A.: Mechanisms involved in the cat's blink reflex. *Acta physiol. scand.* **80**, 149–159 (1970).
19. 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. John. Hosp. Hosp.* **86**, 256–290 (1950).
20. Mahran, Z. Y.: Innervation of facial musculature. Ph. D. Thesis, London 1955.
21. Oka, M., Tokunaga, A., Murao, T., Yokoi, H., Okumura, T., Hirata, T., Miyashita, Y., Yoshitatsu, S.: Trigemino-facial reflex, its evoked electromyographic study on several neurologic disorders. *Med. J. Osaka Univ.* **9**, 389–396 (1958).
22. Okamoto, T.: Persönliche Mitteilung an H. Hosokawa; zit. bei H. Hosokawa: Proprioceptive innervation of striated muscles in the territory of cranial nerves. *Tex. Rep. Biol. Med.* **19**, 405–464 (1961).
23. Pearson, A. A.: Observations on the roots of the facial nerve in human fetuses. *Anat. Rec.* **91**, 294–295 (1945).
24. Renshaw, B.: Influences of discharge of motoneurons upon excitation of neighbouring motoneurons. *J. Neurophysiol.* **4**, 167–183 (1941).
25. Rhiton, A. J., Jr.: Afferent connections of the facial nerve. *J. comp. Neurol.* **133**, 89–100 (1968).
26. Rushworth, G.: Parageusia following Bell's palsy: a result of faulty re-innervation. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiat.* **23**, 250–252 (1960).
27. — Electromyographic study of facial reflexes in man. *Electroenceph. clin. Neurophysiol. Suppl.* **22**, 111–114 (1962).

28. Rushworth, G.: Some functional properties of deep facial afferents. In: Control and innervation of skeletal muscle, pp. 125—133. Ed. B. L. Andrews. Aberdeen: Univ. St. Andrews Press 1966.
29. Sawhney, B. B., Kayan, A.: A study of the F-wave from facial muscles. *Electromyography* **3**, 287—295 (1970).
30. Shahani, B.: The human blink reflex. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiat.* **33**, 792—800 (1970).
31. — Young, R. R.: A note on blink reflexes. *Proc. physiol. Soc.* **196**, 103—104 (1969).
32. Shindo, K.: Prenatal development of the human facial nucleus. *Bull. Kobe Med. Coll.* **16**, 168—191 (1959).
33. Sommer, J.: Hat die mimische Gesichtsmuskulatur Eigenreflexe oder nicht? *Dtsch. Z. Nervenheilk.* **146**, 194—301 (1936).
34. Tokunaga, A., Oka, M., Murao, T., Yokoi, H., Okumura, T., Hirata, T., Miyashita, Y., Yoshitatsu, S.: An experimental study of facial reflex by evoked electromyography. *Med. J. Osaka Univ.* **9**, 397—411 (1958).
35. Vraa-Jensen, G. F.: The motor nucleus of the facial nerve. With a survey of the afferent innervation of the facial musculature. Copenhagen: Munksgaard 1942.
36. Wakeley, C. P. G., Edgeworth, F. H.: A note on the afferent nerve supply of the facial muscle. *J. Anat. (Lond.)* **67**, 420—421 (1933).
37. Weingrow, S. M.: Facial reflexes. *Arch. Pediat.* **50**, 234—254 (1933).

M. B. Poremba
Doz. Dr. H. M. Krott
Dr. H. M. Jacobi
Abteilung für Neurologie
der Universität Ulm
D-7959 Dietenbronn
Deutschland