

4. Ergebnisse

4.1 SEP-Phasenumkehr

4.1.1 SEP-Phasenumkehr der Kontrollgruppe

Bei allen 36 Patienten der Kontrollgruppe wurde erfolgreich eine SEP-Phasenumkehr abgeleitet. In allen Fällen erfolgte die Ableitung ausschließlich über Stimulation des N. medianus.

Stimulationsparameter: In 31 von insgesamt 36 Fällen (86,1%) wurde eine Stimulation mit einer Impulsdauer von 0,2 ms und einer Stimulationsfrequenz von 2,3 Hz zur erfolgreichen Ableitung einer Phasenumkehr benutzt. Bei 3 Patienten (8,3%) wurde eine Erhöhung der Stimulationsfrequenz von 2,3 auf 4,7 Hz notwendig, bei 2 Fällen mußte die Impulsdauer von 0,2 auf 0,3 ms erhöht werden (Tabelle 8).

| | 2,3 Hz | 4,7 Hz | Stimulationsfrequenz |
|-------------|---------------------|--------------------|----------------------|
| Impulsdauer | | | |
| 0,2 ms | 31 | 3 | 34 (= 94,4%) |
| 0,3 ms | 2 | 0 | 2 (= 5,6%) |
| Summe | 33 (= 91,7%) | 3 (= 8,3 %) | 36 (=100%) |

Tabelle 8: Anzahl der Stimulationsparameter-Kombinationen bei der Kontrollgruppe (n=36)

Die Stimulationsstärke wurde ermittelt, indem, von 10 mA ausgehend, die Stärke schrittweise um einen 1 mA erhöht wurde, bis ein deutliches SEP mit N20/P25 - Komponente abgeleitet werden konnte. Die so ermittelte Stimulationsstärke wurde zusammen mit der verwendeten Impulsdauer und der Stimulationsfrequenz festgehalten und zur Ableitung einer Phasenumkehr benutzt.

Bei der am häufigsten verwendeten Stimulationskombination mit einer Impulsdauer von 0,2 ms und einer Frequenz von 2,3 Hz ergab sich ein Mittelwert der Stimulationsstärke von 20,3 mA ($\pm 6,98$ mA), wobei der kleinste Stimulationswert bei 10,1 mA lag und der größte Wert bei 38,9 mA. Der Mittelwert der Stimulationsfrequenz lag bei der Kombination aus 0,3 ms Impulsdauer und 2,3 Hz Frequenz bei 22,25 mA ($\pm 10,25$ mA). Im Vergleich mit dem Mittelwert von 20,3 mA der 0,2 ms/2,3 Hz - Stimulationskombination war er lediglich geringfügig und innerhalb der Standardabweichung erhöht. Bei der Stimulation mit einer Kombination aus einer Impulsdauer von 0,2 ms und einer Frequenz von 4,7 Hz wurde ein Mittelwert der Stimulationsstärke von 32,37 mA ($\pm 7,2$ mA) ermittelt. Die Tabelle 9 gibt die Zusammenfassung der Stimulationsparameter wieder.

| | 2,3 Hz | 4,7 Hz | Stimulationsfrequenz |
|-------------|--|--|----------------------|
| Impulsdauer | | | |
| 0,2 ms | Mittelwert: 20,3 mA (SD: $\pm 6,98$ mA) (R= 10,1 – 38,9 mA) | Mittelwert: 32,37 mA (SD: $\pm 7,2$ mA) (R= 25,7 – 40 mA) | |
| 0,3 ms | Mittelwert: 22,25 mA (SD: $\pm 10,25$ mA) (R= 15 – 29,5 mA) | | |

Tabelle 9: Stimulationsstärken bei verschiedenen Stimulationskombinationen (Kontrollgruppe)
(SD = Standardabweichung; R = Spannweite = Minimum – Maximum)

4.1.2 SEP-Phasenumkehr der Paresegruppe

Die Paresegruppe bestand aus insgesamt 17 Patienten. Nur bei 15 Patienten (88,2 %) war intraoperativ eine Phasenumkehr ableitbar. Bei allen diesen Patienten wurde der N. medianus als Stimulationsort gewählt. Bei 2 Patienten (Patient 5 und Patient 43) war weder durch Stimulation des N. medianus, noch durch Stimulation des N. tibialis ein SEP und somit eine Phasenumkehr ableitbar. Beide Patienten wurden mit der Diagnose atypisches Meningeom als Operationsindikation stationär aufgenommen. Patient 5 leidete unter einer permanenten

klinischen Verschlechterung im Vergleich mit dem Aufnahmezustand, während bei Patient 43 nur von einer vorübergehenden klinischen Verschlechterung ausgegangen werden kann.

Stimulationsparameter: Analog zur Kontrollgruppe wurde auch bei der Paresegruppe eine Kombination aus einer Impulsdauer von 0,2 ms und eine Stimulationsfrequenz von 2,3 Hz benutzt. Diese Kombination wurde in 9 von insgesamt 15 erfolgreichen Fällen (60 %) angewandt. Eine Stimulationskombination bestehend aus einer Impulsdauer von 0,2 ms und einer Stimulationsstärke von 4,7 Hz war in 4 Fällen (26,6 %) erfolgreich. Bei einem Patienten (Patient 33) wurde eine Frequenz von 9,1 Hz bei einer Impulsdauer von 0,2 ms angewandt. Bei einem weiteren Patienten (Patient 47) mußte bei einer Frequenz von 2,3 Hz die Impulsdauer auf 0,3 ms verlängert werden. Tabelle 10 faßt die Ergebnisse zusammen.

| | 2,3 Hz | 4,7 Hz | 9,1 Hz | Stimulationsfrequenz |
|-------------|----------------------|---------------------|------------------|----------------------|
| Impulsdauer | | | | |
| 0,2 ms | 9 | 4 | 1 | 14 (= 93,3 %) |
| 0,3 ms | 1 | 0 | 0 | 1 (= 6,7 %) |
| | 10 (= 66,7 %) | 4 (= 26,6 %) | 1 (=6,7%) | 15(= 100%) |

Tabelle 10: Erfolgreiche Stimulationskombinationen der Paresegruppe (n=15)

Bei der am häufigsten verwandten Kombination aus 0,2 ms Impulsdauer / 2,3 Hz Frequenz ergab sich eine mittlere Stromstärke von 19,7 mA (\pm 3,4 mA), wobei das Maximum der Stärke bei 25 mA lag und das Minimum bei 16 mA. Bei der Kombination aus 4,7 Hz und 0,2 ms konnte eine mittlere Stromstärke von 43,5 Hz (\pm 6,8 Hz) ermittelt werden, mit einem Maximum von 49,6 Hz und einem Minimum von 35,1 Hz. Tabelle 11 gibt einen zusammenfassenden Überblick über diese Werte.

| Impulsdauer | Stimulationsfrequenz | | |
|-------------|---|---|--------------|
| | 2,3 Hz | 4,7 Hz | 9,1 Hz |
| 0,2 ms | Mittelwert: 19,7 mA (SD: 3,4 mA) (R= 16 - 25 mA) | Mittelwert: 43,5 mA (SD: 6,8 mA) (R= 35,1–49,6 mA) | 49 mA |
| 0,3 ms | 15 mA | | |

Tabelle 11: Stimulationsstärken bei verschiedenen Stimulationskombinationen (Paresegruppe)
(SD = Standardabweichung; R = Spannweite = Minimum – Maximum)

Der Mittelwert der gesamten Stromstärken in der Paresegruppe beträgt 27,7 mA (\pm 13,1 mA) mit einem Maximum der Stimulationsstärke von 49,6 mA und einem Minimum von 15 mA.

4.1.3 Vergleich der SEP-Phasenumkehr zwischen Kontroll- und Paresegruppe

Beim direkten Vergleich der Stimulationskombinationen aus Impulsdauer und Stimulationsfrequenz läßt sich bei beiden Gruppen feststellen, daß die Kombination aus 0,2 ms und 2,3 Hz am häufigsten benutzt wurde. So führte die beschriebene Kombination in 31 von insgesamt 36 Fällen bei der Kontrollgruppe zum Erfolg (entsprechend 86,11 % aller Fälle der Kontrollgruppe). Bei der Paresegruppe waren in 9 von 15 Fällen mit dieser Kombination eine SEP-Phasenumkehr ableitbar (entspricht 60% der Gesamtfälle der Paresegruppe). Bei der Kontrollgruppe mußte in 2 Fällen die Impulsdauer von 0,2 ms auf 0,3 ms bei gleicher Stimulationsfrequenz von 2,3 Hz erhöht werden (5,56% der Fälle). Analog dazu konnte man auch in der Paresegruppe bei einem Fall eine Steigerung der Impulsdauer von 0,2 auf 0,3 ms bei gleichbleibender Frequenz von 2,3 Hz verzeichnen, was prozentual etwa gleichbedeutend, nämlich 6,7% der Fälle, wie in der Kontrollgruppe gelagert ist.

Eine Stimulation mit einer Impulsdauer von 0,2 ms in Kombination mit einer Erhöhung der Frequenz von 2,3 auf 4,7 Hz führte in 3 Fällen der Kontrollgruppe zum Erfolg, was einem prozentualen Anteil von 8,33% der Gesamtfälle entspricht. Bei der Paresegruppe waren es allerdings insgesamt 4 der 15 Fälle (26,6% der Gesamtfälle der Paresegruppe), die zur erfolgreichen Ableitung einer Phasenumkehr eine Erhöhung der Frequenz auf 4,7 Hz

notwendig machten. Desweiteren war in der Paresegruppe ein Fall zu verzeichnen, bei dem eine weitere Erhöhung der schon erhöhten Frequenz von 4,7 auf 9,1 Hz durchgeführt wurde (6,7%). In Tabelle 12 sind die oben geschilderten Ergebnisse zusammenfassend dargestellt.

| | Kontroll gruppe | Parese gruppe | Kontroll Gruppe | Parese Gruppe | Kontroll Gruppe | Parese gruppe | Kontroll gruppe | Parese gruppe |
|--------|----------------------|----------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
| | 2,3 Hz | | 4,7 Hz | | 9,1 Hz | | Summe | |
| 0,2 ms | 31 (86,1%) | 9 (60%) | 3 (8,3%) | 4 (26,6%) | 0 | 1 (6,7%) | 34 (94,4%) | 14 (93,3%) |
| 0,3 ms | 2 (5,6%) | 1 (6,7%) | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 (5,56%) | 1 (6,7%) |
| Summe | 33 (91,7%) | 10 (66,7%) | 3 (8,3%) | 4 (26,6%) | 0 | 1 (6,7%) | | |

Tabelle 12: Stimulationskombinationen im Vergleich zwischen Kontroll (n=36) - und Paresegruppe (n=15) (Fettgedruckt: absolute Fallzahl)

Stimulationsstärken: Aus Tabelle 13 sind die Stimulationsstärken bei verschiedenen Stimulationskombinationen ersichtlich.

| | Kontroll gruppe | Parese Gruppe | Kontroll Gruppe | Parese gruppe | Kontroll gruppe | Parese gruppe |
|--------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------|------------------|
| | 2,3 Hz | | 4,7 Hz | | 9,1 Hz | |
| 0,2 ms | 20,3 mA (±6,98mA) | 19,7 mA (± 3,4 mA) | 32,37 mA (± 7,2 mA) | 43,5 mA (± 6,8 mA) | 0 | 49 mA |
| 0,3 ms | 22,25 mA (±10,3mA) | 15 mA | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabelle 13: Stimulationsstärken in Abhängigkeit mit den benutzten Stimulationskombinationen In mA (Fettgedruckt: mittlere Stromstärke; Werte in Klammern: Standardabweichung)

Die mittlere Stromstärke aller Messungen lag bei der Kontrollgruppe bei 21,41 mA ($\pm 7,69$ mA) bei einer Spannweite von 29,9 mA (minimaler Wert: 10,1 mA; maximaler Wert: 40 mA). Bei der Paresegruppe lag der Mittelwert der Stromstärken bei 27,7 mA ($\pm 13,1$ mA) mit einer Spannweite von 34,6 mA (minimaler Wert: 15 mA; maximaler Wert: 49,6 mA). Die

Spannweite der zur Stimulation benutzten Stromstärken der Paresegruppe fällt 16% breiter aus, als die zum Vergleich genommene Spannweite der Kontrollgruppe.

Um einen Vergleich der Häufigkeiten der ermittelten Stromstärken zwischen den beiden Gruppen zu ermöglichen, wurden die benutzten Stromstärken in kontinuierlich ansteigende Klassen aufgeteilt, wobei jede Klasse einen Bereich von 5 mA abdeckt. Da keine Stärken unterhalb von 10 mA gemessen wurden, stellt der Bereich von 10,1 bis 15 mA auch gleichzeitig die unterste Klasse der Aufstellung dar. Bei der Einteilung der Meßergebnisse in die diversen Klassen ist zu beachten, daß ein Wert von z.B. 15 mA zur Einteilung in die Klasse 10 – 15 mA führt, d.h. der höchste genannte Wert der Klasse gibt damit auch gleichzeitig die absolute Obergrenze an. Da die Messungen bis auf die erste Nachkommastelle geführt wurden, beginnt die neue Klasse dann bei 15,1 mA.

In Tabelle 14 sind neben den absoluten Werten für die Häufigkeit der einzelnen Stromstärkenklassen auch die prozentuale Häufigkeit in Bezug auf die Gesamtmessungen der jeweiligen Gruppe angegeben.

| Klasse | Absolute Werte | | prozentuale Werte | |
|-------------------|----------------|--------------|-------------------|--------------|
| | Kontrollgruppe | Paresegruppe | Kontrollgruppe | Paresegruppe |
| ab 10,1 bis 15 mA | 6 | 1 | 16,7% | 6,7% |
| ab 15,1 bis 20 mA | 13 | 5 | 36,1% | 33,3% |
| ab 20,1 bis 25 mA | 8 | 4 | 22,2% | 26,6% |
| ab 25,1 bis 30 mA | 4 | 0 | 11,1% | 0,0% |
| ab 30,1 bis 35 mA | 2 | 0 | 5,6% | 0,0% |
| ab 35,1 bis 40 mA | 3 | 1 | 8,3% | 6,7% |
| ab 40,1 bis 45 mA | 0 | 1 | 0,0% | 6,7% |
| ab 45,1 mA | 0 | 3 | 0,0% | 20% |

Tabelle 14: Klasseneinteilung der zur Ableitung benutzten Stromstärken in beiden Gruppen

Im direkten Vergleich der beiden Gruppen miteinander ist festzustellen, daß als maximale, zur Ableitung einer Phasenumkehr notwendige Stimulationstärke bei der Kontrollgruppe ein Wert von 40 mA gemessen wurde und somit die Klasse von 35,1 bis 40 mA als Obergrenze

für die Kontrollgruppe definiert ist. Bei der Paresegruppe hingegen sind 4 Fälle protokolliert worden, bei denen der maximale Wert der Kontrollgruppe von 40 mA überschritten wurde. Der maximale Wert der Paresegruppe lag wie oben beschrieben bei 49,6 mA.

Abbildung 7 gibt als Histogramm die gemessenen Stromstärken beider Gruppen grafisch wieder.

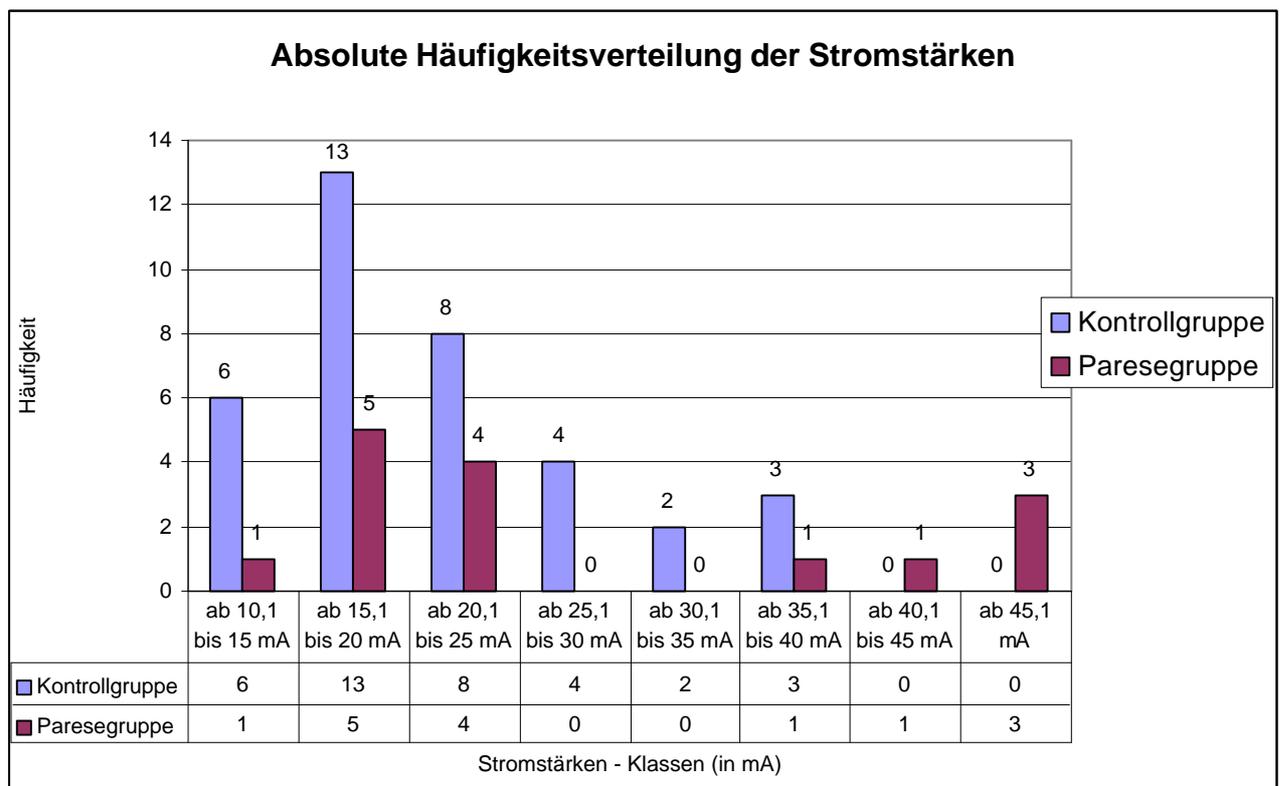


Abbildung 7: absolute Häufigkeitsverteilung der Stromstärken im Vergleich zwischen Kontroll- und Paresegruppe

Der eine Fall, der in der Klasse von 40,1 bis 45 mA der Paresegruppe eingetragen wurden, weist eine zur Ableitung notwendigen Stromstärke von 40,8 mA auf (Patient 2). Die drei Fälle der Klasse ab 45,1 mA belaufen sich auf 48,4 mA (Patient 13), 49 mA (Patient 33) und 49,6 mA (Patient 41). Die prozentuale Bewertung der Häufigkeiten läßt erkennen, daß 26,7% der notwendigen Stromstärken der Paresegruppe über denen der maximalen Häufigkeitsverteilung der Kontrollgruppe lag.

4.2 Monopolare Kortexstimulation als Mapping-Verfahren

4.2.1 MKS als Mapping-Verfahren in der Kontrollgruppe

Eine funktionelle Ortung der motorischen Hirnrinde durch eine hochfrequente anodale MKS wurde in allen 36 Fällen der Kontrollgruppe durchgeführt. In 35 Fällen konnten motorische Antwortpotentiale (MAP) abgeleitet werden (97,2% der Fälle). In einem Fall war dies nicht möglich. Es handelt sich dabei um Patient Nr. 32 mit der Diagnose eines Glioblastoms. Die zuvor durchgeführte Ableitung eines SEP samt zugehöriger Phasenumkehr mit einer Stimulationskombination aus 0,2 ms und einer Frequenz von 2,3 Hz war bei einer Stimulationsstärke von 27,1 mA ohne Probleme darstellbar. Das anschließende Unvermögen einer MAP-Ableitung konnte eindeutig auf einen technischen Defekt zurückgeführt werden.

Ableitorte: Zur Ableitung von motorischen Antwortpotentialen wurden wie oben beschrieben einzelne Muskeln oder Muskelgruppen der kontralateralen Extremität benutzt. In 29 Fällen wurden die MAPs aus der Thenarmuskulatur abgeleitet. In 19 Fällen aus der Muskelgruppe der Unterarmflexoren, in 7 Fällen aus der Quadriceps femoris-Muskulatur und in 2 Fällen aus der Rumpfmuskulatur (siehe Tabelle 15 und Abbildung 8).

| | |
|-----------------|-----------|
| Thenar | 29 |
| Unterarmflexor | 19 |
| Quadriceps | 7 |
| Rumpfmuskulatur | 2 |

Tabelle 15: Ableitorte für die MAPs der Kontrollgruppe (n=36)

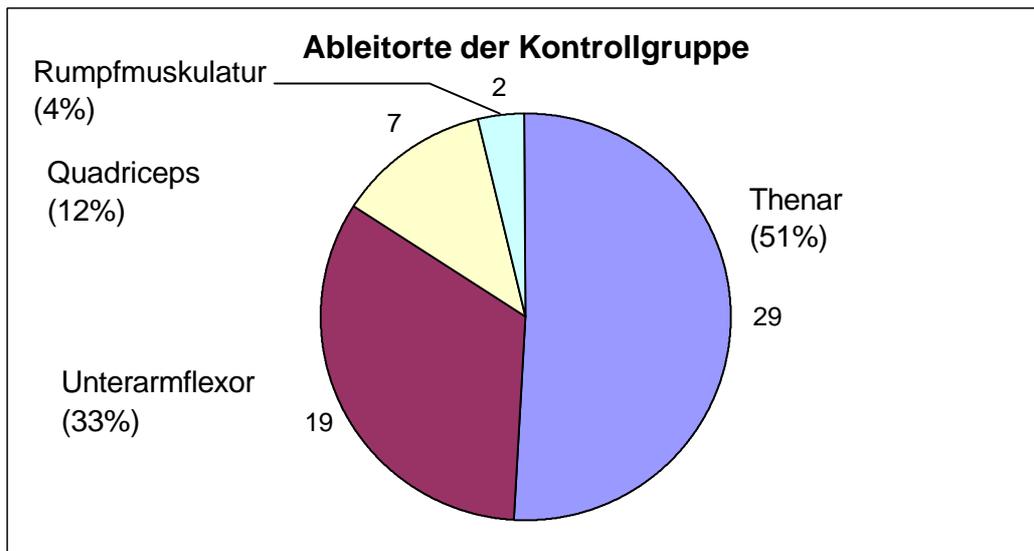


Abbildung 8: Aufteilung der Ableitorte für MAPs bei der Kontrollgruppe (n=36)

In 14 der 36 Fälle (38,9%) wurde das MAP allein aus der Thenarmuskulatur abgeleitet. In 9 Fällen (25%) wurden MAPs sowohl vom Thenar, als auch von den Unterarmflexoren abgeleitet. In 5 Fällen (13,9%) wurden MAPs aus 3 Muskelgruppen (Thenar, Unterarmflexor und Quadricepsmuskulatur) registriert. In 4 Fällen (11,1%) wurde lediglich aus den Unterarmflexoren die Reizantwort abgeleitet, in 2 Fällen (5,5%) nur aus der Quadricepsmuskulatur. In jeweils einem Fall (jeweils 2,8%) wurde aus Thenar und Rumpfmuskulatur bzw. aus Unterarmflexoren und Rumpfmuskulatur abgeleitet (Tabelle 16). In Abbildung 9 ist ein Histogramm zur Darstellung der Häufigkeiten der verschiedenen Kombinationen angegeben.

| | |
|-------------------|----|
| Th: | 14 |
| Th + UAF: | 9 |
| Th + Quad.: | 0 |
| Th + R.: | 1 |
| Th + UAF + Quad.: | 5 |
| Th + UAF + R.: | 0 |
| UAF: | 4 |
| Quad.: | 2 |
| UAF + R.: | 1 |

Tabelle 16: Anzahl der verschiedenen Ableitortkombinationen der Kontrollgruppe (n=36)

(zur besseren Vergleichbarkeit mit den Ableitortkombinationen der Paresegruppe wurden auch Kombinationen angegeben, die bei der Kontrollgruppe nicht zur Anwendung kamen)

Th: kontralaterale Thenarmuskulatur
UAF: kontralaterale Unterarmflexoren
R: kontralaterale Unterarmflexoren
Quad.: kontralaterale M. quadriceps femoris

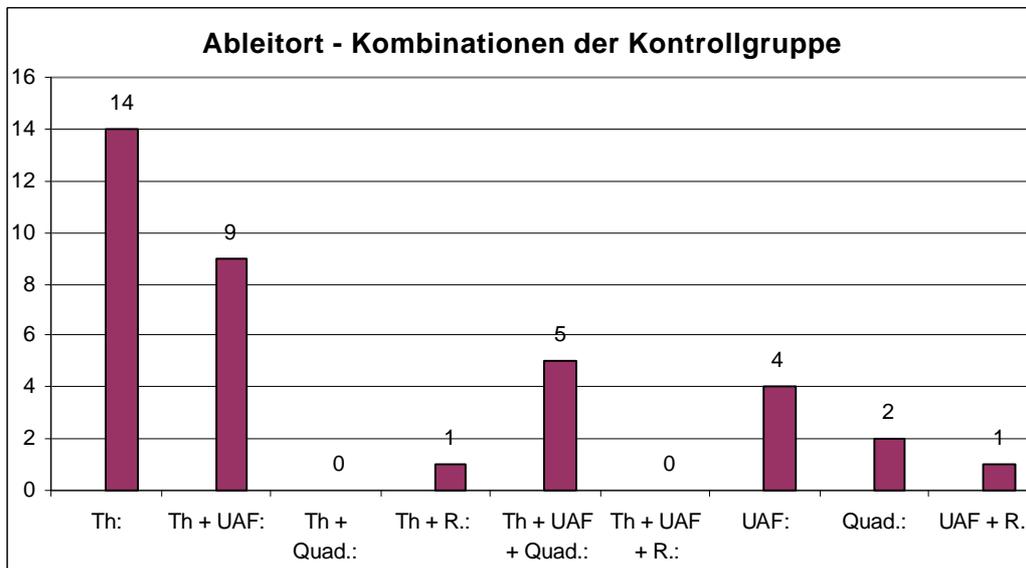


Abbildung 9: Histogramm zur Häufigkeitsverteilung von Ableitorten für motorisch-evozierte Potentiale in der Kontrollgruppe (n=36) (Abkürzungen siehe Tabelle 16)

Stimulationsparameter: In 4 Fällen der Kontrollgruppe wurde zur Ableitung eines MAPs eine Impulsdauer von 0,2 ms, in 30 Fällen eine Impulsdauer von 0,3 ms und in 1 Fall eine Dauer von 0,7 ms benutzt. Die Stimulationsfrequenz betrug in 21 Fällen 400 Hz bei einer Sequenz von 7 Impulsen (=Train: 7). Eine Frequenz von 500 Hz bei gleicher Impulsanzahl (Train: 7) wurde in 7 Fällen benutzt. In einem Fall wurde ein Train von 10 mit einer Frequenz von 500 Hz und in einem weiteren Fall ein Train von 9 bei gleicher Frequenz appliziert. Tabelle 17 faßt die Stimulationsparameter zusammen und beschreibt zusätzlich die prozentuale Verteilung. Der bereits oben beschriebene Fall des Patienten 32, bei dem keine motorischen Antwortpotentiale aufgrund eines eindeutigen technischen Defektes abgeleitet werden konnten, wurde nicht in die Tabelle aufgenommen. Aus diesem Grunde ist für die prozentuale Häufigkeitsberechnung $n = 35$ als Grundgesamtheit definiert worden.

| | 400 Hz Train: 7 | 500 Hz Train: 7 | 500 Hz Train: 9 | 500 Hz Train: 10 |
|--------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| 0,7 ms | 0 | 1 2,86% | 0 | 0 |
| 0,3 ms | 21 60% | 2 5,71% | 2 5,71% | 5 14,29% |
| 0,2 ms | 0 | 4 11,43% | 0 | 0 |

Tabelle 17: Kombination der Stimulationsparameter der Kontrollgruppe (n=35)
(fettgedruckt = absolute Fallzahl
normalgedruckt = prozentuale Häufigkeit)

Die durchschnittliche zur optimalen Ableitung eines MKS notwendige Stromstärke betrug bei den 21 Patienten der Kontrollgruppe 19,18 mA (\pm 4,53 mA), die mit einer Stimulationskombination aus 0,3 ms und einer Frequenz von 400 Hz bei einem Train von 7 stimuliert wurden. Die Spannweite lag in diesen Fällen zwischen 11,6 bis 31,1 mA.

Die 4 Fälle der Kontrollgruppe, die mit 0,2 ms und 500 Hz (Train: 7) gereizt wurden, wiesen eine durchschnittliche Stromstärke von 14,68 mA (\pm 6,93 mA) auf. Der minimale Wert lag bei 10,1 mA, der maximale Wert bei 25 mA.

Wie oben bereits ausgeführt wurde bei 2 Patienten die Impulsdauer von 0,2 auf 0,3 ms angehoben (bei gleichbleibender Frequenz und Trainanzahl), wobei ein durchschnittliche

Stromstärke von 17,3 mA gemessen wurde. Der einzige Patient der Kontrollgruppe, bei dem eine weitere Erhöhung auf 0,7 ms zur optimalen Ableitung eines MKS notwendig wurde, wies eine benötigte Stromstärke von 15,4 mA auf. Die 2 Fälle der Kombination Impulsdauer: 0,3 ms bei einer Frequenz: 500 Hz mit Train: 9 benötigten durchschnittlich eine Stromstärke von 17,85 mA für die monopolare Kortextstimulation.

Aus Tabelle 17 ist ersichtlich, daß bei weiteren 5 Patienten eine Kombination aus Impulsdauer: 0,3 ms mit Frequenz: 500 Hz bei einem Train: 10 zur Anwendung kam. Die durchschnittliche Stärke betrug in diesen Fällen 20,4 mA ($\pm 8,13$ mA) mit einer Spannweite zwischen 11 bis 31,8 mA. Tabelle 18 faßt die genannten Zahlen mit den zugehörigen Stimulationskombinationen noch einmal zusammen.

| | 400 Hz Train: 7 | 500 Hz Train: 7 | 500 Hz Train: 9 | 500 Hz Train: 10 |
|--------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------|---------------------------------|
| 0,7 ms | 0 | 15,4 mA | 0 | 0 |
| 0,3 ms | 19,18 mA $\pm 4,53$ mA | 17,3 mA | 17,85 mA | 20,4 mA $\pm 8,13$ mA |
| 0,2 ms | 0 | 14,68 mA $\pm 6,93$ mA | 0 | 0 |

Tabelle 18: Durchschnittliche zur Ableitung eines MKS notwendige Stromstärken (Kontrollgruppe mit n=35)
(fettgedruckt = durchschnittliche Stromstärken in mA
normalgedruckt = Standardabweichung)

Die durchschnittliche Stromstärke zur Ableitung eines MKS der gesamten Kontrollgruppe betrug 18,5 mA ($\pm 5,7$ mA) mit einer Spannweite von 10,1 bis 31,8 mA.

4.2.2 MKS als Mapping-Verfahren bei der Paresegruppe

Auch bei allen 17 Patienten der Paresegruppe wurde intraoperativ eine motorische Kortextstimulation durchgeführt. In 15 Fällen (88,2%) wurden MAPs als Folgen der Stimulation abgeleitet. In zwei Fällen (Patient 53 und Patient 58) war es auch unter maximaler Stimulationsstärke nicht möglich, ein MAP zu produzieren. Nach sorgfältiger

Untersuchung der Meßgeräte und Austausch sämtlicher Einwegmaterialien konnte ein technischer Defekt *mit Sicherheit ausgeschlossen* werden. Der 23 jährige Patient (Nummer 53) mit der Diagnose eines im Gyrus praecentralis gelegenen Cavernoms zeigte präoperativ eine rechtsseitige Hemiparese mit Betonung der oberen Extremität. Die Kraftgrade betragen 2 für die obere rechte Extremität und 3 für die untere rechte Extremität. Die linke Körperhälfte war in bezug auf den neurologische Kraftstatus unauffällig (Kraftgrad: 5). Am ersten postoperativen Tag verschlimmerte sich der klinische Zustand, so daß für die Kraftgrade für die rechte obere Extremität 1 und für die rechte untere Extremität 2 betragen, wobei die linke Körperhälfte auch postoperativ keine Einschränkung der Muskelkraft aufwies. Diese Klinik ist am wahrscheinlichsten auf eine durch das Operationstrauma verursachte ödematöse Hirnschwellung zurückzuführen. Diese Vermutung wurde bestätigt, als der sich die neurologischen Untersuchungsbefunde unter einer antiödematösen Therapie mit Cortison wieder besserte. Die neurologische Untersuchung bei Entlassung des Patienten in die ambulante Nachsorge, welche 21 Tage nach der Operation durchgeführt wurde, zeigte einen Kraftgrad von 2 für die rechte obere Extremität und einen Kraftgrad von 3 für die rechte untere Extremität. Die linke Körperhälfte war wie zu den beiden anderen Untersuchungszeitpunkten unauffällig (Kraftgrad: 5). Vergleicht man den präoperativen Befund mit dem bei der Entlassung so sind keine Änderungen bezüglich des neurologischen Kraftstatus des Patienten 53 feststellbar. Auch bei Patient 58, einer 40 jährigen Frau mit der Diagnose eines links präzentral gelegenen Glioblastoms, zeigte sich präoperativ eine rechtsseitige Hemiparese. Die Patientin erreichte einen Kraftgrad von 1, sowohl für die rechte obere Extremität, als auch für die rechtsseitig untere. Die linke Körperhälfte war, analog zu Patient 53, neurologisch unauffällig. Auch bei dieser Patientin zeigte sich ähnlich wie bei Patient 53 keine Besserung des neurologischen Defizites im weiteren klinischen Verlauf. So ist ihr Status sowohl am ersten Tag postoperativ, als auch am 7. Tag postoperativ, der Entlassungstag, unverändert geblieben.

Stimulationsorte: In 14 Fällen der Paresegruppe wurde die Thenarmuskulatur als Ort zur Ableitung einer Reizantwort gewählt. In 10 Fällen wurde die Muskelgruppe der Unterarmflexoren verwendet, und in 3 Fällen diente die Rumpfmuskulatur als Plazierungsort für die Nadelelektroden. Der M. quadriceps femoris wurde in insgesamt 2 Fällen zur Ableitung genommen (siehe Tabelle 19 und Abbildung 10).

| | |
|------------------------|-----------|
| Thenarmuskulatur: | 14 |
| Unterarmflexoren: | 10 |
| M. quadriceps femoris: | 2 |
| Rumpfmuskulatur: | 3 |

Tabelle 19: Ableitorte für die MAPs der Paresegruppe (n=17)

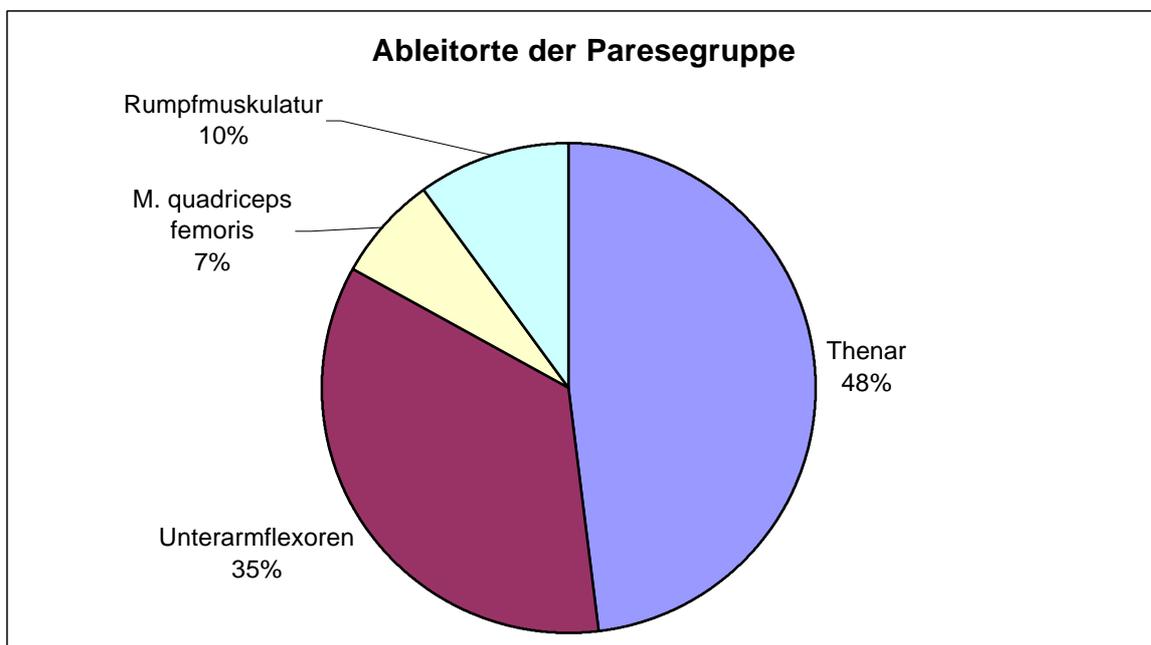


Abbildung 10: Aufteilung der Ableitorte bei der Paresegruppe (n=17)

In 5 Fällen wurde die Reizantwort auf eine monopolare Kortextstimulation ausschließlich aus der Thenarmuskulatur abgeleitet (29,4%). In 5 der insgesamt 17 Fälle (29,4%) wurde eine Kombination aus Thenarmuskulatur und der Muskelgruppe der Unterarmflexoren zur Ableitung verwendet. Die Unterarmflexoren als ausschließlicher Plazierungsort der Nadelelektroden wurde in 2 Fällen (11,8%) der Paresegruppe angewandt. In den restlichen 5 Fällen wurde jeweils eine bestimmte Kombination verwandt, die aus Tabelle 20 ersichtlich ist. Abbildung 11 stellt die Häufigkeiten der diversen in der Paresegruppe angewandten Kombinationsmöglichkeiten nochmal grafisch dar.

| | | |
|-------------------|---|-------|
| Th: | 5 | 29,4% |
| Th + UAF: | 5 | 29,4% |
| Th + Quad.: | 1 | 5,88% |
| Th + R: | 1 | 5,88% |
| Th + UAF + Quad.: | 1 | 5,88% |
| Th + UAF + R: | 1 | 5,88% |
| UAF | 2 | 11,8% |
| UAF + R: | 1 | 5,88% |

Tabelle 20: Anzahl der verschiedenen Ableitortkombinationen der Paresegruppe (n=17)

Th: kontralaterale Thenarmuskulatur
 UAF: kontralaterale Unterarmflexoren
 R: kontralaterale Unterarmflexoren
 Quad.: kontralaterale M. quadriceps femoris

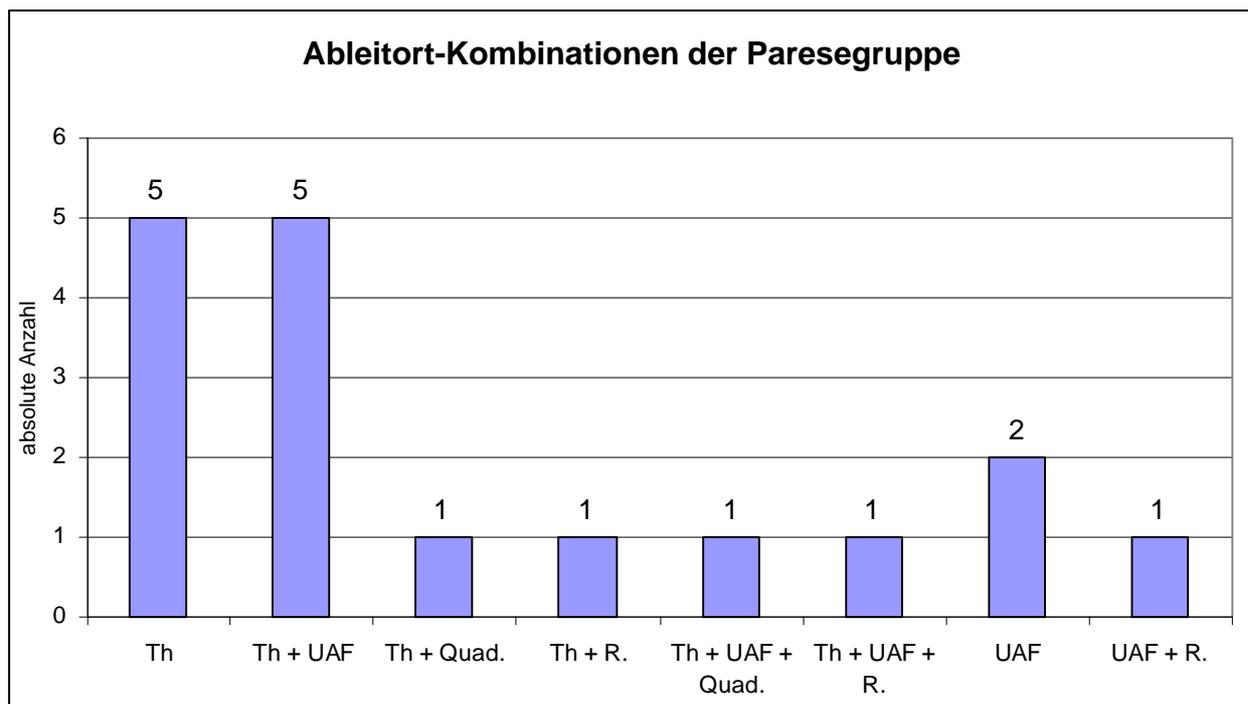


Abbildung 11: Histogramm zur Häufigkeitsverteilung von Ableitorten für motorisch-evozierte Potentiale in der Paresegruppe (n=17) (Abkürzungen siehe Tabelle 20)

Stimulationsparameter: Lediglich bei einem Patient (6,67%) konnte mit einer Impulsdauer von 0,2 ms (Frequenz: 500 Hz mit dem maximalen Train von 10) eine Ableitung erfolgreich durchgeführt werden. Die am häufigste in der Paresegruppe zur Ableitung eines MAP

benutzte Stimulationskombination bestand aus einer Impulsdauer von 0,3 ms bei einer Frequenz von 400 Hz, die mit einem Train von 7 appliziert wurde. Bei 10 der insgesamt 15 Patienten (66,6%), bei denen erfolgreich ein funktionelles Mapping auf der Basis eines MKS durchgeführt werden konnte, wurden mit dieser Kombination stimuliert. Bei 1 Patienten (6,67%) mußte die Frequenz von 400 auf 500 Hz bei ansonsten gleichen Parametern erhöht werden. Bei insgesamt 20% der Paresegruppe (entsprechend 3 Patienten) mußte die maximale Anzahl der Trains von 10 Sequenzen pro Stimulation benutzt werden, um die Darstellung einer deutlichen Reizantwort zu erhalten. Die weiteren Parameter entsprachen denen der zuvor genannten Patienten (Impulsdauer: 0,3 ms bei einer Frequenz von 500 Hz).

| | 400 Hz Train: 7 | 500 Hz Train: 7 | 500 Hz Train: 9 | 500 Hz Train: 10 | Summe |
|--------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|-----------|
| 0,3 ms | 10 66,6% | 1 6,67% | 0 | 3 20,00% | 14 |
| 0,2 ms | 0 | 0 | 0 | 1 6,67% | 1 |
| Summe | 13 | 1 | 1 | 5 | |

Tabelle 21: Kombination der Stimulationsparameter der Paresegruppe (n=15)
(fettgedruckt = absolute Fallzahl; normalgedruckt = prozentuale Häufigkeit)

Analog zur Berechnung der prozentualen Häufigkeit bei der Kontrollgruppe (siehe Tabelle 17) wurde auch in Tabelle 21 als Grundgesamtheit die Anzahl der erfolgreichen Ableitungen genommen (n=15).

Die durchschnittliche Stimulationsstärke der Fälle, in denen mit einer Impulsdauer von 0,3 ms bei einer Frequenz von 400 Hz (Train: 7) stimuliert wurde, beträgt 16,42 mA (\pm 6,85 mA), wobei die Spannweite zwischen dem Minimum von 6,1 mA und einem Maximum von 25 mA liegt. Patient 47, welcher mit einer im Vergleich zur letztgenannten Gruppe erhöhten Frequenz von 500 Hz gereizt wurde, benötigte eine Stromstärke von 14,3 mA für die erfolgreiche Darstellung einer Reizantwort. Wie oben bereits beschrieben wurden 3 Patienten (20%) mit der Kombination aus Impulsdauer 0,3 ms bei einer Frequenz von 500 Hz mit einem Train von 10 stimuliert. Die durchschnittliche Stromstärke lag in diesen Fällen bei 10,87 mA

($\pm 6,1$ mA) mit einer Spannweite von 4,7 mA als minimalsten Wert und 16,9 mA als Maximum. Der Patient 44, welcher als einziger der Paresegruppe mit einer Impulsdauer von 0,2 ms (Frequenz: 500 Hz; Train: 10) gereizt wurde, wies eine zur optimalen Ableitung eines MKS notwendige Stärke von 14,1 mA auf. Tabelle 22 zeigt diese Zahlen in der Übersicht.

| | 400 Hz Train: 7 | 500 Hz Train: 7 | 500 Hz Train: 9 | 500 Hz Train: 10 |
|--------|----------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| 0,3 ms | 16,42 6,85 | 14,3 | 16,1 | 10,87 6,1 |
| 0,2 ms | 0 | 0 | 0 | 14,1 |

Tabelle 22: Durchschnittliche zur Ableitung eines MKS notwendige Stromstärken in mA (Paresegruppe mit n=15)
(fettgedruckt = durchschnittliche Stromstärken in mA
normalgedruckt = Standardabweichung)

Insgesamt betrug die durchschnittliche Stromstärke der Paresegruppe, die zur optimalen Darstellung eines funktionellen Mappings mittels einer motorisch-evozierten Kortexstimulation verwandt wurde, 15 mA ($\pm 6,4$ mA), mit einem Minimum bei 4,7 mA und einem Maximum bei 25 mA.

4.2.3 Vergleich der verschiedenen Parameter zwischen Kontroll- und

Paresegruppe in bezug auf das MKS als funktionelles Mapping

Konnte in der Kontrollgruppe bis auf eine Ausnahme ein funktionelles Mapping durch eine monopolare Kortexstimulation durchgeführt werden, so war dies in der Paresegruppe in zwei Fällen nicht möglich. Die Erfolgsrate der MKS lag somit in der Kontrollgruppe bei 97% und in der Paresegruppe bei 88%. Auch bei der Häufigkeit der verwendeten Ableitorte zeigte sich eine hohe Übereinstimmung zwischen beiden Gruppen (siehe Tabelle 23). Es sei auf die Kapitel 3.2 und 3.3 verwiesen, wo eine genaue Diagnose- und Lokalisationsaufstellung

innerhalb der beiden Gruppen zusammengefaßt wurde. Abbildung 12 stellt die prozentuale Häufigkeitsverteilung der Ableitorte grafisch dar.

| | Kontrollgruppe | | Paresegruppe | |
|-----------------|----------------|--------------|--------------|--------------|
| Thenar | 29 | (51%) | 14 | (48%) |
| Unterarmflexor | 19 | (33%) | 10 | (35%) |
| Quadriceps | 7 | (12%) | 2 | (7%) |
| Rumpfmuskulatur | 2 | (4%) | 3 | (10%) |

Tabelle 23: Vergleich der Anzahl der Muskeln aus denen ein MAP abgeleitet wurde zwischen Kontroll- und Paresegruppe (sowohl absolute Fallzahlen, als auch prozentuale Verteilung)

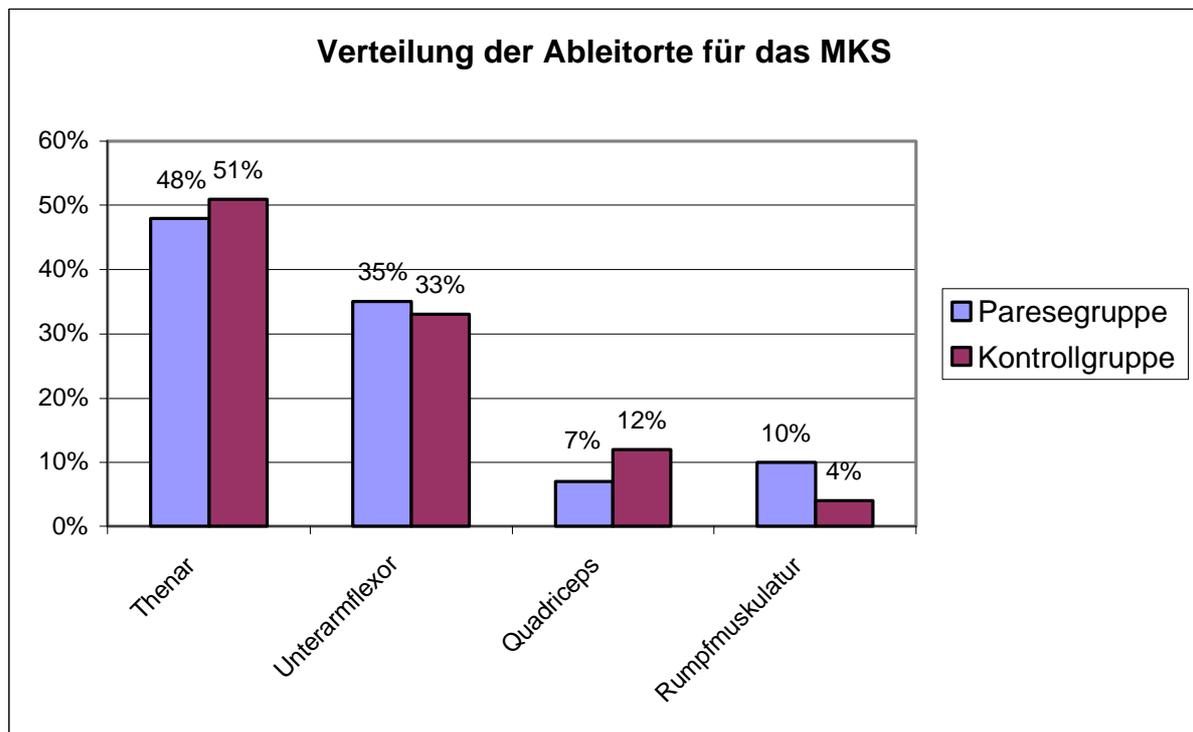


Abbildung 12: Prozentuale Verteilung der Ableitorte zwischen Kontroll (n=36) – und Paresegruppe (n=17)

Sowohl in der Kontrollgruppe, als auch in der Paresegruppe wurde eine Stimulationskombination bestehend aus einer Impulsdauer von 0,3 ms, einer Frequenz von 400 Hz und einer Sequenz von 7 als am häufigsten zur erfolgreichen Ableitung führende

Konstellation benutzt. Diese Parameter wurden in 60% der Fälle der Kontrollgruppe und in 66% der Fälle der Paresegruppe angewandt. In Tabelle 24 sind neben den absoluten Fallzahlen zu den einzelnen Parametern auch Angaben über die prozentuale Häufung innerhalb der einzelnen Gruppen enthalten.

| Stimulationskombinationen | Paresegruppe | Kontrollgruppe |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|
| 0,2 ms / 500 Hz / Train: 7 | 0 (0%) | 4 (11%) |
| 0,2 ms / 500 Hz / Train: 10 | 1 (7%) | 0 (0%) |
| 0,3 ms / 400 Hz / Train: 7 | 10 (67%) | 21 (60%) |
| 0,3 ms / 500 Hz / Train: 7 | 1 (7%) | 2 (6%) |
| 0,3 ms / 500 Hz / Train: 9 | 0 (0%) | 2 (6%) |
| 0,3 ms / 500 Hz / Train: 10 | 3 (20%) | 5 (14%) |
| 0,7 ms / 500 Hz / Train: 7 | 0 (0%) | 1 (3%) |

Tabelle 24: Stimulationsparameterkombinationen bei Parese (n=15) – und Kontrollgruppe (n=35)
(hervorgehoben wurde die in beiden Gruppen am häufigsten benutzte Parameterkonstellation)

Sind in der Kontrollgruppe 11% der Patienten intraoperativ mit einer Kombination aus Impulsdauer: 0,2 ms, Frequenz: 500 Hz, Train: 7 stimuliert wurden, findet sich in der Paresegruppe kein Fall bei dem diese Auswahl für ein MKS benutzt wurde. Lediglich bei Patient 44 der Paresegruppe gelang mit einer Steigerung der Trainzahl von 7 auf 10 eine Ableitung mit den eben erwähnten Stimulationsdaten. Abbildung 13 stellt die Daten der Tabelle 24 grafisch dar.

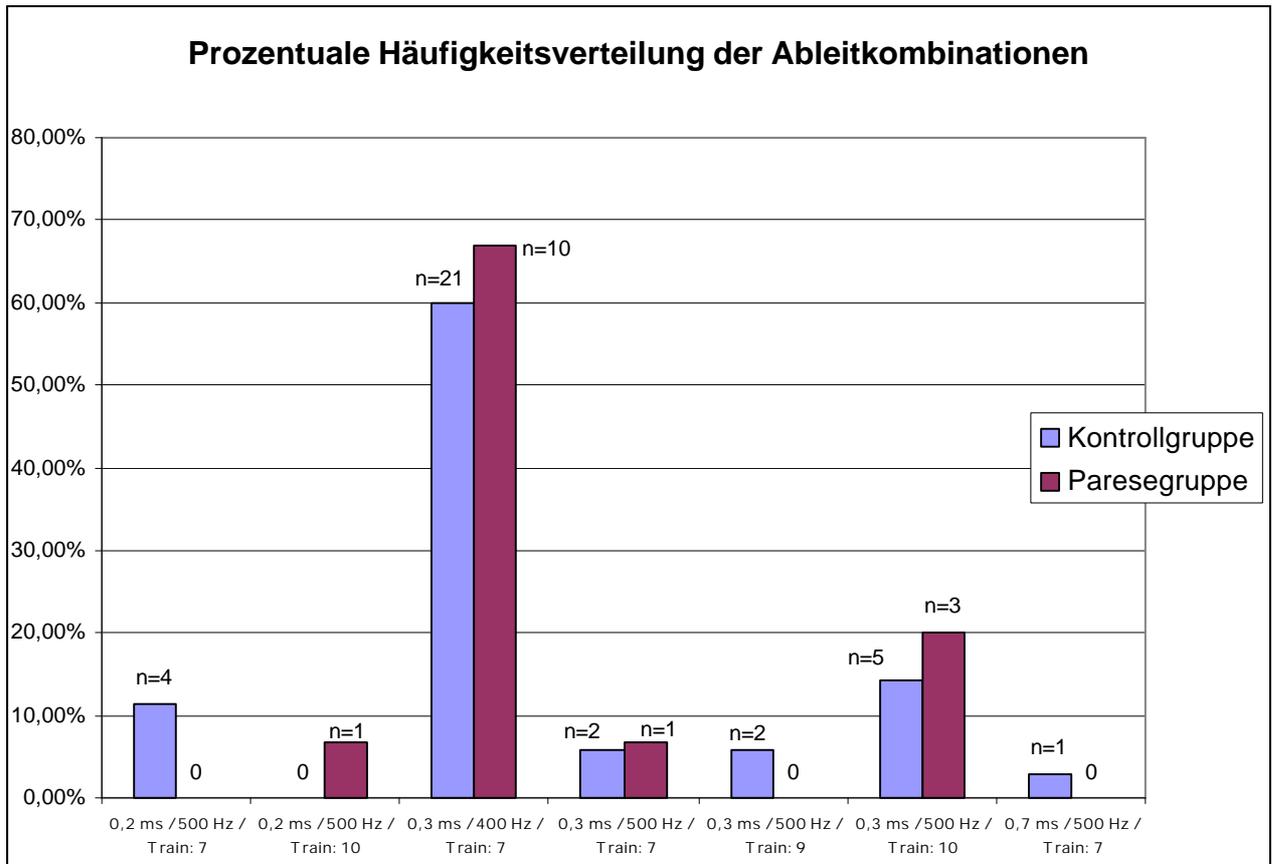


Abbildung 13: Prozentuale Häufigkeiten der Stimulationsparameterkombinationen

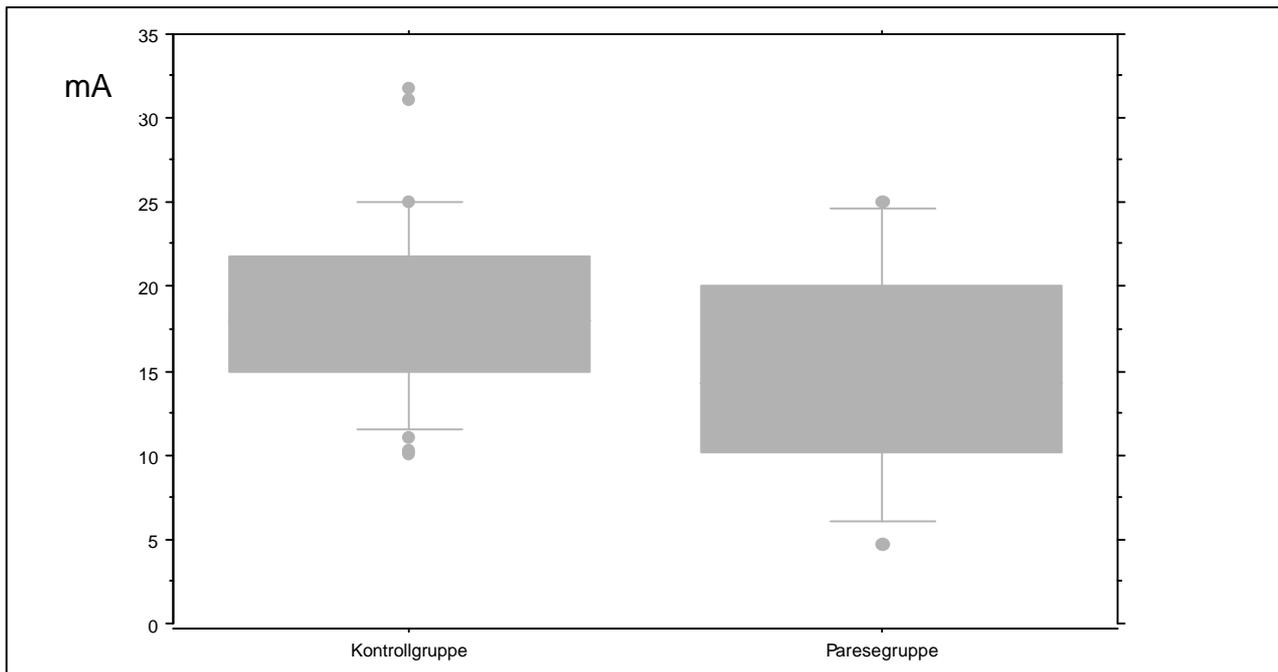


Abbildung 14: Boxplot der insgesamt in allen Stimulationsparametergruppen gemessenen Stimulationsstärken

In der Paresegruppe wurde, im Vergleich zur Kontrollgruppe, eine im Durchschnitt niedrigere Stromstärke zur optimalen Darstellung einer Ableitkurve benötigt. Die maximale Stromstärke der Kontrollgruppe liegt mit 31,8 mA etwa 27% über der maximalen Stromstärke der Paresegruppe (25 mA). Der Box Whisker Plot in Abbildung 14 stellt diese Daten grafisch gegenüber. Der Quartilsabstand beider Gruppen unterscheidet sich: Kontrollgruppe: QA = 6,8 mA; Paresegruppe: QA = 9,9 mA. Die minimale Stromstärke der Paresegruppe liegt mit 4,7 mA um 53% unter der vergleichbaren minimalsten Stromstärke der Kontrollgruppe mit 10,1 mA.

Daß die zur Stimulation notwendigen Stromstärken bei der Paresegruppe durchschnittlich unter denen der Kontrollgruppe liegen, wird besonders deutlich, wenn man die Messungen beider Gruppen vergleicht, die mit einer Impulsdauer von 0,3 ms und einer Frequenz von 400 Hz bei einem Train von 7 aufgezeichnet wurden. Diese Ableitkombination ist die in beiden Gruppen am häufigsten benutzte Konstellation (siehe oben). So wurden in der Paresegruppe 66% aller Messungen mit dieser Parametereinstellung durchgeführt, in der Kontrollgruppe 60% aller Messungen. Die Stromstärken wurden klassifiziert, wobei die Klassen, bei 0 mA

beginnend, immer um 5 mA schrittweise erhöht werden. Da die niedrigste, zur Auslösung einer Reizantwort benötigte Stromstärke in beiden Gruppen 6,1 mA beträgt, wurde mit der Klasse 5 bis 10 mA begonnen. Die höchste benötigte Stromstärke beider Gruppen wird durch die Kontrollgruppe mit 31,1 mA definiert, und somit stellt auch die Klasse 30,1 bis 35 mA die höchste Klasse für beide Gruppen dar.

Für Stimulationen mit der Kombination aus einer Impulsstärke von 0,3 ms und einer Frequenz von 400 Hz bei einem Train von 7 lag die durchschnittliche Stromstärke bei der Paresegruppe bei 16,42 mA ($\pm 6,85$ mA) mit einer Spannweite von 18,9 mA (Maximum: 25 mA; Minimum: 6,1 mA). Die Kontrollgruppe hat in derselben Parameterkombination (Impulsdauer: 0,3 ms; Frequenz: 400 Hz; Train; 7) einen Mittelwert der Stromstärken von 19,18 mA ($\pm 4,53$ mA) mit einer Spannweite von 19,5 mA, wobei das Maximum bei 31,1 mA und das Minimum bei 11,6 mA liegt. Aus Tabelle 25 sind die klassifizierten Stromstärken zusammen mit ihrer kumulierten Häufigkeit innerhalb der Gruppe ersichtlich.

| <i>Klasse</i> | <i>Häufigkeit</i> | <i>Kumuliert %</i> |
|-------------------|-------------------|--------------------|
| ab 5 bis 10 mA | 3 | 30% |
| ab 10,1 bis 15 mA | 1 | 40% |
| ab 15,1 bis 20 mA | 2 | 60% |
| ab 20,1 bis 25 mA | 4 | 100% |
| ab 25,1 bis 30 mA | 0 | 100% |
| ab 30,1 bis 35 mA | 0 | 100% |

Tabelle 25: Häufigkeit der nach Klassen eingeteilten Stromstärken und die prozentuale Kumulation innerhalb der Stimulationsparametergruppe (Impulsdauer: 0,3 ms; Frequenz: 400 Hz; Train: 7) der Paresegruppe (n=10)

Analog zu Tabelle 25 mit den Daten der Paresegruppe zeigt die Tabelle 26 die klassifizierten und nach ihrer Häufigkeit kumulierten Daten der zur Ableitung verwendeten Stromstärken der Kontrollgruppe.

| <i>Klasse</i> | <i>Häufigkeit</i> | <i>Kumuliert %</i> |
|----------------|-------------------|--------------------|
| ab 0 bis 10 | 0 | 0% |
| ab 10,1 bis 15 | 4 | 19% |
| ab 15,1 bis 20 | 10 | 66,67% |
| ab 20,1 bis 25 | 6 | 95,24% |
| ab 25,1 bis 30 | 0 | 95,24% |
| ab 30,1 bis 35 | 1 | 100% |

Tabelle 26: Häufigkeit der nach Klassen eingeteilten Stromstärken und die prozentuale Kumulation innerhalb der Stimulationsparametergruppe (Impulsdauer: 0,3 ms; Frequenz: 400 Hz; Train: 7) der Kontrollgruppe (n=21)

Es fällt beim Vergleich der Häufigkeiten von Stromstärken innerhalb bestimmter Klassen auf, daß 30% aller Messungen der Paresegruppe mit Stromstärken durchgeführt wurden, die unter 10,1 mA liegen, wohingegen in der Kontrollgruppe in keinem Fall eine Stromspannung unterhalb von 10,1 mA mit der gegebenen Stimulationskombination ausgereicht hat. Die Klasse von Stromstärken, bei denen in den meisten Fälle der Kontrollgruppe eine optimale Ableitung möglich war, liegt im Bereich von 15,1 bis 20 mA mit einem Anteil von 48% der gesamten Stimulationen innerhalb der Parametergruppe. Bei der Paresegruppe sind im Vergleich dazu gerade mal 20% der Stromstärken in diesen Bereich verteilt. Betrachtet man die kumulierten Häufigkeiten beider Gruppen so stellt man fest, daß bei der Paresegruppe in den unteren Klassenbereichen bis 15mA bereits 40% aller Stromstärken liegen, bei der Kontrollgruppe hingegen sind es 19,05%. Die Klasse von 20,1 bis 25 mA bildet bei beiden Gruppen quasi eine obere Verteilungsgrenze, über der im Falle der Paresegruppe gar keine Werte mehr liegen, bzw. bei der Untersuchungsgruppe nur noch 5% der erforderlichen Stromstärken befinden.

4.3 MKS als intraoperative Monitoring-Methode

In allen Fällen, in denen intraoperativ ein Mapping des motorischen Kortex möglich war, wurde im anschließenden Verlauf der Operation versucht, über eine repetitive hochfrequente anodale monopolare Stimulation des Kortex kontinuierliche Ableitungen zu generieren. Diese Ableitungen dienten in erster Linie zur Funktionsüberwachung während der Operation, wobei bestimmte Aktionen des Operateurs (wie z.B. der Druck eines Spatels auf das Gehirn zur besseren Darstellung des OP-Gebietes) zu Veränderungen dieser Ableitungen führen konnten. Als Ausgangswerte wurden die während des Mappings für jeden Patienten ermittelten Stimulationsparameterkombinationen beibehalten. Ließ sich unter dieser Kombination keine Ableitung darstellen, wurde zuerst versucht, über eine kontinuierlich Erhöhung der Stromstärke um 0,1 mA bis zu einem Maximum von 40 mA (entsprechend den Empfehlungen von Agnew und McCreery [4;76]) eine optimale Generierung eines MKS zu erreichen. War dies nicht erfolgreich, so wurden die Stimulationsparameter verändert. Begonnen wurde mit einer Veränderung der Frequenz von 400 auf 500 Hz, sofern die Ausgangsfrequenz nicht schon bei 500 Hz lag. Nach der Veränderung wurde versucht, über eine kontinuierliche Erhöhung der Stromstärke eine Ableitung darstellen zu können. Brachte dieses keinen Erfolg, oder lag die Ausgangsfrequenz schon bei 500 Hz, wurde begonnen die Anzahl der repetitiven Reizungen pro Sequenz zu erhöhen. Dabei wurde der Train schrittweise von 7 auf 9 bis maximal 10 erhöht, wobei jeder Versuch auch hier von der kontinuierlichen Anpassung der Stromstärke bis zu einer optimalen Ableitung begleitet wurde. Sobald ein motorisch evoziertes Potential generiert werden konnte, wurde die Anpassung gestoppt und die aktuellen Parameter als Einstellung verwandt.

4.3.1 MKS als intraoperative Monitoring-Methode in der Kontrollgruppe

Bei allen 36 Fällen der Kontrollgruppe wurde versucht, im Anschluß an das monopolare Mapping intraoperativ eine durch Ableitung von MAPs generierte Verlaufsbeobachtung zu erhalten. Wie oben bereits ausgeführt konnte bei 35 Fällen ein Mapping durchgeführt werden,

so daß die Stimulationsparameter als Ausgangswerte für das Monitoring weiter verwandt werden konnten. Im Fall von Patient 32, bei dem schon die vorherige Mapping-Ableitung aufgrund eines technischen Defektes nicht möglich war, konnten auch keine MAPs, welche der Funktionsüberwachung hätten dienen können, generiert werden.

Stimulationsstärke: Im Falle, daß ein MAP nicht optimal abgeleitet werden konnte, wurde als erstes die Stromstärke kontinuierlich erhöht. Von den insgesamt 35 Fällen der Kontrollgruppe, bei denen intraoperativ eine Ableitung eines MAPs und somit eine Verlaufsbeobachtung möglich war, konnte in 25 Fällen (71,4% der ableitbaren Fälle), die während des Mappings ermittelten Stimulationskombinationen und Stromstärken weiter verwandt werden. In insgesamt 9 Fällen (25,7% der ableitbaren Fälle) mußte entweder eine Erhöhung der Stromstärke oder eine Veränderung der Kombinationen (mit einer eventuellen zusätzlichen Veränderung der Stromstärke) erfolgen. Die durchschnittliche Stromstärke lag zu Beginn des Monitoring bei 19,62 mA ($\pm 5,41$ mA) mit einer Spannweite von 25,2 mA (Maximum: 35,3 mA; Minimum: 10,1 mA). Tabelle 27 stellt diese Werte denen während des Mappings gegenüber. Dabei wird ersichtlich, daß die durchschnittliche Höhe der Stärke beim Beginn des Monitoring um ca. 6% über der liegt, die beim Mapping verwendet wurde.

| | Durchschnitt. Stromstärke | Maximum | Minimum |
|--------------------------|--|----------------|----------------|
| während des Mappings | 18,5 mA ($\pm 5,69$ mA) | 31,8 mA | 10,1 mA |
| zu Beginn des Monitoring | 19,62 mA ($\pm 5,41$ mA) | 35,3 mA | 10,1 mA |

Tabelle 27: Durchschnittliche Stromstärken im Vergleich, die in der Kontrollgruppe (n=35) beim Mapping und beim Beginn des Monitoring verwandt wurde

Bei 7 Patienten reichte eine Erhöhung der Stromstärke ohne eine Veränderung der Stimulationskombination aus, eine optimale MAP-Ableitungskurve zu generieren (20% der ableitbaren Fälle). Die durchschnittliche Erhöhung betrug dabei 5,4 mA ($\pm 3,01$ mA) wobei die Spannweite bei 6,7 mA lag (maximalster Wert: 8,5 mA; minimalster Wert: 1,8 mA). Der maximale Wert einer Erhöhung von 8,5 mA (von 11,5 auf 20 mA) entspricht einer Steigerung von 74% gegenüber dem Ausgangswert des Mappings. Die durchschnittliche prozentuale Steigerung der Stromstärke in den 7 Fällen beträgt 47% im Vergleich zu denen beim Mapping

verwendeten Stärken. In Tabelle 28 sind die Patienten der Kontrollgruppe, bei denen eine Steigerung notwendig wurde, noch einmal einzeln aufgeführt.

| Patient | Stärke beim Mapping | Stärke beim Monitoring | Differenz | Prozentuale Differenz |
|-----------|-------------------------|-------------------------|---|------------------------------------|
| 8 | 11,8 mA | 19,2 mA | 7,4 mA | 62,71% |
| 10 | 11,6 mA | 20 mA | 8,4 mA | 72,41% |
| 11 | 11 mA | 14,3 mA | 3,3 mA | 30,00% |
| 24 | 16,1 mA | 17,9 mA | 1,8 mA | 11,18% |
| 45 | 11,5 mA | 20 mA | 8,5 mA | 73,91% |
| 54 | 13,9 mA | 15,7 mA | 1,8 mA | 12,95% |
| 55 | 10,3 mA | 16,9 mA | 6,6 mA | 64,08% |
| | $\xi = 12,3 \text{ mA}$ | $\xi = 17,7 \text{ mA}$ | $\xi = 5,4 \text{ mA}$ ($\pm 3,01 \text{ mA}$) | $\xi = 46,7\%$ ($\pm 27,8\%$) |

Tabelle 28: Patienten der Kontrollgruppe, bei denen beim Wechsel vom Mapping zum Monitoring eine Erhöhung der Stromstärke notwendig wurde (n=7)

Stimulationskombinationen: Bei 2 der insgesamt 35 Patienten der Kontrollgruppe (5,7% der ableitbaren Fälle), bei denen ein intraoperatives Monitoring durchgeführt wurde, konnte durch eine alleinige Erhöhung der Stromstärke kein MAP abgeleitet werden. Bei diesen Patienten wurde zusätzlich die Stimulationskombination verändert. Bei Patient 7, eine 73 jährige Frau mit der Diagnose eines Glioblastoms, wurde während des Mappings mit einer Kombination aus der Impulsdauer von 0,3 ms und einer Frequenz von 500 Hz bei einem Train von 7 durch Reizung mit einer Stromstärke von 24,3 mA erfolgreich aus der Thenarmuskulatur und der Muskelgruppe der Unterarmflexoren abgeleitet. Da bei der Patientin bereits mit einer Frequenz von 500 Hz stimuliert wurde und somit eine weiter Steigerung der Frequenzanzahl nicht möglich war, wurde die repetitiven Impulse pro Sequenz von 7 auf 9 erhöht. Unter kontinuierlicher Steigerung der Stromstärke konnte auch unter dieser Kombination keine Ableitung generiert werden, so daß erneut die Trainzahl auf 10 erhöht wurde. Bei einer Stärke von 35,3 mA war es dann unter dieser Kombination möglich, eine optimale Ableitung darzustellen. Diese Stärke lag mit einer Differenz von 11 mA etwa 45% über der, die zur Ableitung eines MAP bezüglich des Mappings verwendet wurde.

Bei Patient 16, einem 66-jährigen Mann mit der Diagnose eines B-Zell-Lymphoms, wurde das Mapping mit der Kombination bestehend aus einer Impulsdauer von 0,3 ms und einer Frequenz von 400 Hz bei einem Train von 7 mit einer Stromstärke von 25 mA durchgeführt. Beim Übergang zum Monitoring wurde dann, nachdem eine alleinige Erhöhung der Stromstärke unter der gegebenen Kombination nicht zu einem optimalen Ergebnis führte, die Frequenzzahl von 400 auf 500 Hz erhöht. Unter kontinuierlicher Steigerung der Stromstärke bis an den maximalen Wert von 40 mA war es allerdings auch unter dieser Stimulationskombination nicht möglich, eine Ableitung zu generieren. Erst die erneute Steigerung der Trainzahl von 7 auf 9 führte bei Stimulation mit einer Stromstärke von 15,5 mA zur Darstellung eines MAPs. Diese Stromstärke lag mit 9,5 mA unter der beim Mapping verwendeten Stärke von 25 mA, was einer prozentualen Erniedrigung von etwa 38% entspricht. Tabelle 29 faßt die Daten beider Patienten der Kontrollgruppe, bei denen eine Veränderung der Stimulationskombination erfolgte, noch einmal übersichtlich zusammen.

| Patient | Kombination während Mapping | Kombination zu Beginn des Monitoring | Stärke beim Mapping | Stärke beim Monitoring | Differenz | Prozentualer Unterschied |
|-----------|-----------------------------|--------------------------------------|---------------------|------------------------|-----------|--------------------------|
| 7 | 0,3ms / 500Hz / 7 | 0,3ms / 500Hz / 10 | 24,3 mA | 35,3 mA | 11 mA | 45,27% |
| 16 | 0,3ms / 400Hz / 7 | 0,3ms / 500Hz / 9 | 25 mA | 15,5 mA | -9,5 mA | -38% |

Tabelle 29: Beide Patienten der Kontrollgruppe, die zur optimalen Ableitung eines MAPs für das Monitoring die Veränderung der zum Mapping verwendeten Stimulationskombination notwendig machten

4.3.2 MKS als intraoperative Monitoring-Methode in der Paresegruppe

Ebenso wie bei der Kontrollgruppe wurde auch bei der Paresegruppe im Anschluß an das Mapping versucht, durch die kontinuierliche Ableitung von MAPs während der Operation, eine funktionelle Verlaufsbeobachtung zu gewährleisten. In Kapitel 4.2.2 wurde bereits

erwähnt, daß nur bei 15 der insgesamt 17 Patienten der Paresegruppe eine Ableitung von motorischen Kortextstimulationen für das Mapping möglich war. Sowohl bei Patient 53, ein 26 jähriger Mann mit der Diagnose einer arterio-venösen Malformation, die fronto-parietal in der linken Hemisphere liegt, noch bei Patient 58, einer 40 jährigen Frau mit der Diagnose eines linksseitigen präzentralen Glioblastoms, konnte weder beim Mapping, noch beim anschließenden Monitoring und unter Anwendung sämtlicher Kombinationen in Verbindung mit der jeweiligen maximalen Stromstärke bei *sicheren Ausschluß eines technischen Defektes* ein MAP generiert werden (11,8% aller Fälle der Paresegruppe).

In 6 Fällen der Paresegruppe (40% aller ableitbaren Fälle) war es möglich, die jeweiligen zuvor verwendeten Kombinationen inklusive der ermittelten Stromstärken aus dem Mapping für das Monitoring zu übernehmen. In 9 Fällen (60% der ableitbaren Fälle) konnte zu Beginn des Monitoring mit den übernommenen Werten allerdings keine Ableitungen dargestellt werden, so daß begonnen wurde auf der Grundlage der jeweils vorgegebenen Stimulationskombinationen die Stromstärke schrittweise um 0,1 mA zu erhöhen, bis ein MKS optimal generiert werden konnte.

Lag die durchschnittliche benötigte Stromstärke während des Mappings bei 15 mA ($\pm 6,4$ mA) mit einer Spannweite von 20,3 mA (Maximum: 25 mA; Minimum: 4,7 mA), so betrug sie zu Beginn des anschließenden Monitoring 18,4 mA ($\pm 8,9$ mA) mit einer Spannweite von 29 mA (maximaler Wert: 33,7 mA; minimaler Wert: 4,7 mA), was einer Erhöhung um 22,6% entspricht. Tabelle 30 zeigt die obengenannten Werte in tabellarischer Übersicht.

| | Durchschnitt. Stromstärke | Maximum | Minimum |
|--------------------------|---------------------------|----------------|---------------|
| während des Mappings | 15 mA (6,4 mA) | 25 mA | 4,7 mA |
| zu Beginn des Monitoring | 18,4 mA (8,9 mA) | 33,7 mA | 4,7 mA |

Tabelle 30: Durchschnittliche Stromstärken im Vergleich, die in der Paresegruppe (n=15) beim Mapping und beim Beginn des Monitoring verwandt wurden

In 7 Fällen war das Bemühen durch schrittweise Anhebung der Stromstärke erfolgreich und man konnte auf Basis der vorgegebenen Kombinationen ein MKS ableiten (46,6% der ableitbaren Fälle). Der Mittelwert der Erhöhungen betrug 2,69 mA ($\pm 3,1$ mA) bei einer Spannweite von 8,3 mA (Maximum: 9,1 mA; Minimum: 0,8 mA). Dies entspricht einer

durchschnittlichen prozentualen Erhöhung von 17,9%, wobei die maximale Erhöhung um 9,1 mA wie bei Patient 21, in dessen Fall die Stromstärke von 24,6 auf 33,7 mA erhöht wurde, eine prozentualen Steigerung um 37% bedeutet. Tabelle 31 zeigt die Patienten, die eine Stromstärkenanhebung nötig machten zusammen mit den Werten, die beim Mapping benutzt wurden.

| Patient | Stärke beim Mapping | Stärke beim Monitoring | Differenz | Prozentualer Unterschied |
|---------|---------------------|------------------------|-----------|--------------------------|
| 17 | 22,4 mA | 29,2 mA | 6,8 mA | 30% |
| 21 | 24,6 mA | 33,7 mA | 9,1 mA | 37% |
| 27 | 6,1 mA | 6,9 mA | 0,8 mA | 13% |
| 35 | 16,9 mA | 18,3 mA | 1,4 mA | 8% |
| 41 | 16,1 mA | 18,8 mA | 2,7 mA | 17% |
| 43 | 19 mA | 21 mA | 2 mA | 11% |
| 44 | 14,1 mA | 18,2 mA | 4,1 mA | 29% |

Tabelle 31: Patienten der Paresegruppe, bei denen beim Wechsel vom Mapping zum Monitoring eine Erhöhung der Stromstärke notwendig wurde (n=7)

In zwei Fällen der Paresegruppe mußte zusätzlich zu einer Steigerung der Stromstärke auch die Ausgangskonfiguration, wie sie beim Mapping benutzt wurde, verändert werden (13,3% aller ableitbaren Fälle). Im Fall von Patient 6, einem 73 jährigen Mann mit der Diagnose eines links temporal gelegenen Glioblastoms, bestand die Basiskombination aus einer Impulsdauer von 0,3 ms mit einer Frequenz von 400 Hz bei einem Train von 7. Während des Mappings konnte mit diesen Parameter und unter Reizung mit einer Stromstärke von 20,4 mA ein MKS optimal abgeleitet werden. Zunächst wurde die Frequenz auf 500 Hz und als sich auch unter dieser Kombination und bei schrittweiser Erhöhung der Stromstärke keine Stimulation ableiten ließ, wurde der Train von 7 auf 9 erhöht, wobei sich immer noch kein Erfolg einstellte. Schließlich führte eine Erhöhung des Trains auf einen Wert von 10 und eine Stimulationsstromstärke von 30,2 mA zu dem gewünschten Ergebnis. Damit lag die benötigte Stromstärke um 9,8 mA über der Ausgangsstromstärke während des Mappings von 20,4 mA (48%ige Steigerung). Bei Patient 9, eine 71 Jahre alte Frau, die aufgrund eines Glioblastoms operiert werden mußte, war die Ausgangskombination 0,3 ms (Impulsdauer), 400 Hz

(Frequenz), 7 (Train). Auch bei ihr brachte erst eine Erhöhung der Frequenz auf 500 Hz und eine Steigerung der Trainanzahl von 7 auf 9 bei Stimulierung mit 25 mA eine optimale Ableitung. Die Steigerung der Stärke um 14,4 mA entspricht einer Erhöhung von 136% zum Ausgangswert.

| Patient | Kombination während Mapping | Kombination zu Beginn des Monitoring | Stärke beim Mapping | Stärke beim Monitoring | Differenz | prozentualer Unterschied |
|----------|-----------------------------|--------------------------------------|---------------------|------------------------|-----------|--------------------------|
| 6 | 0,3ms / 400Hz / 7 | 0,3ms / 500 Hz/ 10 | 20,4 mA | 30,2 mA | 9,8 mA | 48% |
| 9 | 0,3ms / 400Hz / 7 | 0,3ms / 500 Hz / 9 | 10,6 mA | 25 mA | 14,4 mA | 136% |

Tabelle 32: Beide Patienten der Paresegruppe, die zur optimalen Ableitung eines MAPs für das Monitoring die Veränderung der zum Mapping verwendeten Stimulationskombination notwendig machten

4.3.3 MKS als intraoperative Monitoring-Methode im Vergleich zwischen Kontroll- und Paresegruppe

| | Ableitbare MAPs während des Mapping | Ableitbare MAPs während des Monitoring | Veränderung der Stromstärke notwendig | Veränderung der Stimulationskombination nötig |
|----------------|-------------------------------------|---|---------------------------------------|---|
| Kontrollgruppe | 35 Fälle (97%) | 35 Fälle (97%) | 7 Fälle (20%) | 2 Fälle (5,7%) |
| Paresegruppe | 15 Fälle (88%) | 15 Fälle (88%) | 7 Fälle (46,6%) | 2 Fälle (13,3%) |

Tabelle 33: Direkter Vergleich der Fallzahlen zwischen Kontroll (n=36)- und Paresegruppe (n=17); der prozentuale Anteil bezieht sich in den ersten beiden Spalten auf die jeweilige Gesamtgruppe, die in den beiden letzten Spalten genannten Prozentangaben beziehen sich auf die Fälle, in denen auch eine Ableitung erfolgreich möglich war

Beim direkten Vergleich zwischen Kontroll- und Paresegruppe zeigt sich, daß sich in beiden Gruppen Patienten befinden (1 Patient in der Kontrollgruppe und 2 Patienten in der Paresegruppe), bei denen zwar ein SEP generiert werden konnte, jedoch eine Ableitung eines MAPs auch nach mehreren Versuchen mit Veränderung der Stimulationsparameter und Stromstärke nicht möglich war, wobei in allen Fällen sowohl das Mapping, als auch das nachfolgende intraoperative Monitoring betroffen war. Während in der Kontrollgruppe jedoch die Unmöglichkeit der Ableitung eines MAPs bei Patient 32 auf einen technischen Defekt zurückzuführen ist, konnte dieser bei den Patienten 53 und 58, bei denen ebenfalls nicht ein MAP abgeleitet werden konnte, eindeutig ausgeschlossen werden, so daß die Ursache vielmehr im neurophysiologischen Bereich gesucht werden muß. Hierauf wird in Kapitel 5.7 noch einmal detailliert eingegangen werden.

In der Paresegruppe konnte im Vergleich zur Kontrollgruppe ein wesentlich höherer Anteil der Fälle nicht mit der gleichen Stromstärke im Monitoring gereizt werden, wie sie durch das Mapping als Ausgangswerte vorgegeben worden waren. Bei insgesamt 46,6% der Fälle der Paresegruppe mußte die Stromstärke optimiert werden, in der Kontrollgruppe betrug dieser Anteil 20%. Wie bereits oben geschildert, mußte in der Paresegruppe die Stromstärke bei den Patienten, die eine Anpassung notwendig machten, um durchschnittlich 2,64 mA ($\pm 3,1$ mA) erhöht werden, was einer prozentualen Steigerung im Vergleich mit der beim Mapping verwendeten Stärke von 17,9% entspricht. In der Kontrollgruppe lag der Wert der Erhöhung bei durchschnittlich 5,4 mA ($\pm 3,01$ mA), entsprechend einer Steigerung gegenüber den Mapping-Ausgangswerten von 47% im Mittelwert. Tabelle 34 faßt diese Daten zur Übersicht zusammen.

| | Kontrollgruppe | Paresegruppe |
|---|-----------------------------------|--------------------------------|
| durchschnittliche Erhöhung vom Mapping zum Monitoring | 5,4 mA ($\pm 3,01$ mA) | 2,69 ($\pm 3,1$ mA) |
| Maximale Veränderung: | 8,5 mA | 9,1 mA |
| Minimale Veränderung: | 1,8 mA | 0,8 mA |

Tabelle 34: Veränderung der Stromstärken beim Übergang vom Mapping zum Monitoring im Vergleich zwischen Kontroll- und Paresegruppe

Bei jeweils 2 Patienten in beiden Gruppen hat eine Erhöhung der Stromstärke nicht ausgereicht, so daß hier zusätzlich eine Veränderung der Ausgangskombination durchgeführt werden mußte. In Tabelle 35 sind die 4 Patienten noch einmal zusammen mit den Basis- und den letztlich verwendeten Kombinationen dargestellt.

| Patient | Kombination während Mapping | Kombination zu Beginn des Monitoring | Stärke beim Mapping | Stärke beim Monitoring | Differenz | Prozentuale Differenz |
|-----------|-----------------------------|--------------------------------------|---------------------|------------------------|-----------|-----------------------|
| 6 | 0,3 ms / 400 Hz / 7 | 0,3 ms / 500 Hz / 10 | 20,4 mA | 30,2 mA | 9,8 mA | 48% |
| 9 | 0,3 ms / 400 Hz / 7 | 0,3 ms / 500 Hz / 9 | 10,6 mA | 25 mA | 14,4 mA | 136% |
| 7 | 0,3 ms / 500Hz / 7 | 0,3 ms / 500 Hz / 10 | 24,3 mA | 35,3 mA | 11 mA | 45,27% |
| 16 | 0,3 ms / 400Hz / 7 | 0,3 ms / 500 Hz / 9 | 25 mA | 15,5 mA | -9,5 mA | -38% |

Tabelle 35: Fallauflistung der Patienten beider Gruppen, die eine Veränderung der Kombinationen nötig machten (Patient 6 und 9: Paresegruppe ; Patient 7 und 16: Kontrollgruppe)

4.4 Latenzbestimmungen während der Monitoringphase

Nach Festlegung der Stromstärke und eventueller Änderungen der Stimulationskombinationen wurde die erste optimale Ableitung einer monopolaren Stimulation während des Monitoring zur Ausmessung der Latenz herangezogen, der quasi einen Referenzwert für die nachfolgenden Latenzwerte des jeweiligen Patienten diente. Die Unterteilung der Latenzen wurde gemäß ihres Ableitortes, also Thenarmuskulatur, Unterarmflexorengruppe, Rumpfmuskulatur oder M. quadriceps femoris unterteilt. Über den Vergleich der einzelnen über den Zeitraum der Operation gemessenen Latenzen zu dem Referenzwert war eine fortwährende funktionelle Verlaufsbeobachtung des jeweiligen Patienten möglich.

4.4.1 Latenzbestimmungen in der Kontrollgruppe

In der Kontrollgruppe wurde bei 36 Patienten insgesamt 57 Ableitungen durchgeführt, um aus den verschiedenen Muskeln oder Muskelgruppen u.a. einen Referenzwert für die Latenz zu ermitteln (siehe auch Kapitel 4.2.1). In 29 Fällen diente die Thenarmuskulatur als Ableitort, wobei in 2 Fällen eine Bestimmung nicht möglich war (6,9%). Das Mittel der Latenzen lag bei 26,48 ms mit einer Spannweite von 10,3 ms (kürzeste Latenz: 21,5 ms; längste Latenz: 31,8 ms). Die zur Auslösung einer Stimulation notwendige Stromstärke lag durchschnittlich bei 19,58 mA ($\pm 5,19$ mA) mit einer Spannweite von 12,1 bis 35,3 mA. In 19 Fällen wurde versucht aus der Muskelgruppe der Unterarmflexoren eine Ableitung der monopolaren Stimulation zu erhalten, wobei dieses in einem Fall nicht möglich war (5,3%). Bei den Unterarmflexoren fand sich ein arithmetischer Durchschnitt für die Latenz von 22,52 ms mit einer Spannweite von 11,1 ms, wobei die kürzeste gemessene Latenz für diesen Muskel in der Kontrollgruppe bei 18,3 ms lag, die längste Latenz bei 29,4 ms. Die Stromstärken bewegten sich um einen Mittelwert von 18,34 mA ($\pm 5,45$ mA) und hatten insgesamt eine Spannweite von 35,3 bis 10,1 mA. Der dritte mögliche Ableitort war der M. quadriceps femoris, der in 7 Fällen der Kontrollgruppe als Plazierungsort für die Ableitungselektrode diente. In allen Fällen konnte auch eine Kurve generiert werden. Der arithmetische Durchschnitt betrug 27,76 ms mit einer Breite von 11,5 ms. Die kürzeste Latenz war 21,4 ms, die längste 32,9 ms. Die mittlere Stromstärke betrug 19,19 mA ($\pm 6,72$ mA) mit einer Spannweite von 19 mA. Die Rumpfmuskulatur diente in lediglich 2 Fällen zur Ableitung. Die Latenz betrug in einem Fall 22,2 ms (Stromstärke: 16,3 mA), im anderen 21,1 ms (Stromstärke: 15,1 mA). Der Durchschnitt lag somit bei 21,65 ms.

Wie oben bereits geschildert dienten die anfangs gemessenen Latenzwerte als quasi Referenzwerte, so daß ein intraoperativer Vergleich möglich ist. Grundsätzlich konnte man unterscheiden zwischen Verlängerungen, Verkürzungen oder über die gesamte Operationszeit gleichbleibende Werte.

Für die Latenzen der Kontrollgruppe, die im Bereich des Thenars abgeleitet wurden, konnte in 14 Fällen eine Verlängerung festgestellt werden, in 11 Fällen eine Verkürzung der Latenzzeit. In einem Fall konnte nachdem anfänglich nicht möglich war, ein MAP abzuleiten, eine Kurve generiert werden, wobei der Grund in einem technischen Defekt der

Ableitungskabel zu finden war, welches im Laufe der Operation ersetzt werden konnte. Im Fall von Patient 30, einer 60 Jahre alten Frau mit der Diagnose eines links parietalen Glioblastoms, kam es während der Operation zu einem Signalverlust, der bis zum Ende der OP andauerte.

Bei den Latenzen, die aus MAPs der Unterarmflexoren ermittelt wurden, kam es in 10 Fällen zu einer Verlängerung, in 5 Fällen zu einer Verkürzung. Bei den Patienten 8 und 30 kam es während der Operation zu einem Signalverlust. Bei den Patienten, die aus dem M. quadriceps femoris allein oder in Kombination mit anderen Orten abgeleitet wurden, kam es in 6 Fällen zu einer intraoperativen Verkürzung der Latenzen. Aus der Rumpfmuskulatur wurde nur in 2 Fällen abgeleitet. Dort war beides mal eine Verkürzung meßbar.

Es zeigte sich, daß die Latenz für jeden Patienten individuell sehr stark schwankte.

4.4.2 Latenzbestimmungen in der Paresegruppe

Auch bei der Paresegruppe wurde durch Ableitung einer monopolaren Kortexstimulation die Latenzen bestimmt und gespeichert. Analog zur Kontrollgruppe dienten auch hier vier verschiedene Muskelgruppen, nämlich die Thenarmuskulatur, die Muskelgruppe der Unterarmflexoren, die Rumpfmuskulatur und der M. quadriceps femoris als Ableitorte. Die Auswahl des „passenden Muskels“ beschränkte sich individuell auf die Lokalisation des Defektes beim Patienten. In der Paresegruppe wurde an 17 Patienten an insgesamt 29 Ableitungen an verschiedenen Ableitungsorten durchgeführt, mit dem Ziel u.a. einen Referenzwert für die Latenz durchzuführen (siehe Kapitel 4.2.2). In 14 Fällen wurde versucht, aus der Thenarmuskulatur ein Reizpotential zu generieren, was bis auf zwei Fälle auch gelang. Bei den Patienten 53 und 58, bei denen auch schon trotz jeglicher Variationen seitens der Stimulationskombinationen und der Reizstärke das Mapping nicht durchgeführt werden konnte, war auch das anschließende Monitoring nicht möglich. Das arithmetische Mittel der Latenzen aus dem Thenar lag bei 28,2 ms (± 4 ms) mit einer Spannweite von 15,3 ms

(kürzeste Latenz: 21,2 ms; längste Latenz: 36,5 ms). Der Mittelwert der verwendeten Stromstärken lag bei 20,2 mA (\pm 8,7 mA), wobei das Maximum durch 33,7 mA gegeben ist, das Minimum durch 6,9 mA. Bei den Latenzen, die als Ableitung aus der Muskelgruppe der Unterarmflexoren generiert wurden, zeigte sich ein arithmetisches Mittel von 22,6 ms (\pm 2,6 ms) mit einer Spannweite von 7,3 ms. Die kürzeste Latenz lag bei 18,9 ms, die längste bei 26,2 ms. Insgesamt wurden die Unterarmflexoren in 10 Fällen als Plazierungsort für die Ableitungselektrode gewählt, wobei nur im Fall von Patient 53 der Versuch nicht erfolgreich war. Die Stromstärken, die zur Ableitung aus den Unterarmflexoren benutzt wurden, betragen durchschnittlich 17,6 mA (\pm 7,7 mA) mit einem Maximum bei 29,2 mA und einem Minimum bei 4,7 mA. In 3 Fällen der Paresegruppe wurde aus der Rumpfmuskulatur ein Potential gemessen, welches ein Mittelwert von 23,93 ms hatte. Die maximale Latenz betrug bei Patient 47 25,1 ms (Stromstärke: 14,3 mA), die kürzeste Latenz bei Ableitungen aus der Rumpfmuskulatur wies Patient 43 mit 21,9 ms auf (Stromstärke: 21 mA). Der Mittelwert der Stromstärken betrug durchschnittlich 17,83 mA. Lediglich in 2 Fällen erfolgte eine Ableitung aus dem M. quadriceps femoris, wobei die Ableitung bei Patient 53 auch hier nicht glückte. Bei Patient 13 war durch Stimulation mit 25 mA eine Latenz von 29,9 ms meßbar.

Die eben genannten Latenzen bezogen sich analog wie in der Kontrollgruppe zunächst einmal auf die Referenzwerte, d.h. die Werte, die unter Generierung einer optimalen Ableitungskurve direkt nach dem Mapping gemessen wurden und zum intraoperativen Vergleich herangezogen werden konnten. Im Laufe der Operation wurde beobachtet, ob es zu einer Veränderung der Latenz im Sinne einer Verlängerung oder Verkürzung kommt (siehe Kapitel 4.2.3).

Bei der Gruppe der Latenzen, die aus dem Thenar abgeleitet wurden, zeigte sich während des Monitorings in 6 Fällen eine Verkürzung der Latenzzeit, in 4 Fällen kam es zu einer Verlängerung. In 1 Fall kam es trotz anfänglicher Ableitbarkeit eines MAP im Verlauf der Operation zu einem Signalverlust (Patient 41). Bei Patient 17 war während der gesamten Operationszeit keine Änderung der Latenz feststellbar. Bei den Unterarmflexoren kam es in einem Fall zu einem Signalverlust (Patient 41). Bei Patient 19, bei dem allein aus den Unterarmflexoren die Ableitung erfolgte, war keine Änderung feststellbar. Verlängerungen der Latenzzeit war in 4 Fällen nachweisbar. Verkürzungen traten in 2 Fällen auf. Einmal um 0,1 ms (Patient 5) und einmal um 0,2 ms (Patient 33). Die drei Ableitungen aus der Rumpfmuskulatur führten 2 mal intraoperativ zu einer Verlängerung (0,3 und 0,2 ms) und 1

mal zu einer Verkürzung (0,4 ms). Es bleibt festzuhalten, daß ähnlich wie in der Kontrollgruppe auch in der Paresegruppe eine starke individuelle Schwankung innerhalb der Latenzmessungen vorliegt.

4.4.3 Latenzbestimmungen im Vergleich zwischen Kontroll- und Paresegruppe

Nach dem Mapping und der darauffolgenden Einstellung der Stromstärke bzw. eventuellen Änderung der Stimulationskombinationen wurde das erste optimal abzuleitende MAP zur Latenzbestimmung benutzt. Die so ermittelten Werte dienten wie bereits beschrieben als Referenzwerte für nachfolgende Messungen. Tabelle 36 gibt die Mittelwerte und Standardabweichungen der Referenzwerte für die Latenz zwischen beiden Gruppen für Ableitungen aus dem Thenar und den Unterarmflexoren. Abbildung 15 zeigt das Box Whisker Plot dieser Latenzen geordnet nach den beiden Gruppen jeweils für die Thenarmuskulatur und für die Unterarmflexoren. Die durch Ableitung aus der Rumpfmuskulatur oder M. quadriceps femoris ermittelten Werte wurden aufgrund der geringen Fallzahl und damit geringen statistischen Aussagekraft nicht in das Diagramm mit aufgenommen.

| | Mittelwert | SD | Quartils- Abstand | Minimum | Maximum |
|-----------------------|------------|--------|----------------------|---------|---------|
| Kontrollgruppe Thenar | 26,5 ms | 2,7 ms | 3,2 ms | 21,5 ms | 31,8 ms |
| Paresegruppe Thenar | 28,2 ms | 4 ms | 4,7 ms | 21,2 ms | 36,5 ms |
| Kontrollgruppe UAF | 22,5 ms | 2,5 ms | 2,5 ms | 18,3 ms | 29,4 ms |
| Paresegruppe UAF | 22,6 ms | 2,6 ms | 4,3 ms | 18,9 ms | 26,2 ms |

Tabelle 36: Vergleich der sog. Latenz-Referenzwerte des Monitoring (Latenzen, die direkt nach Einstellung der optimalen Stimulationsparameter aus dem ersten so generierten MAP ausgemessen werden konnten) **zwischen Kontroll- und Paresegruppe**
Abbildung 15 setzt die in der Tabelle angegebenen Werte grafisch in Form eines Boxplots um
UAF = Unterarmflexoren
Thenar = Thenarmuskulatur

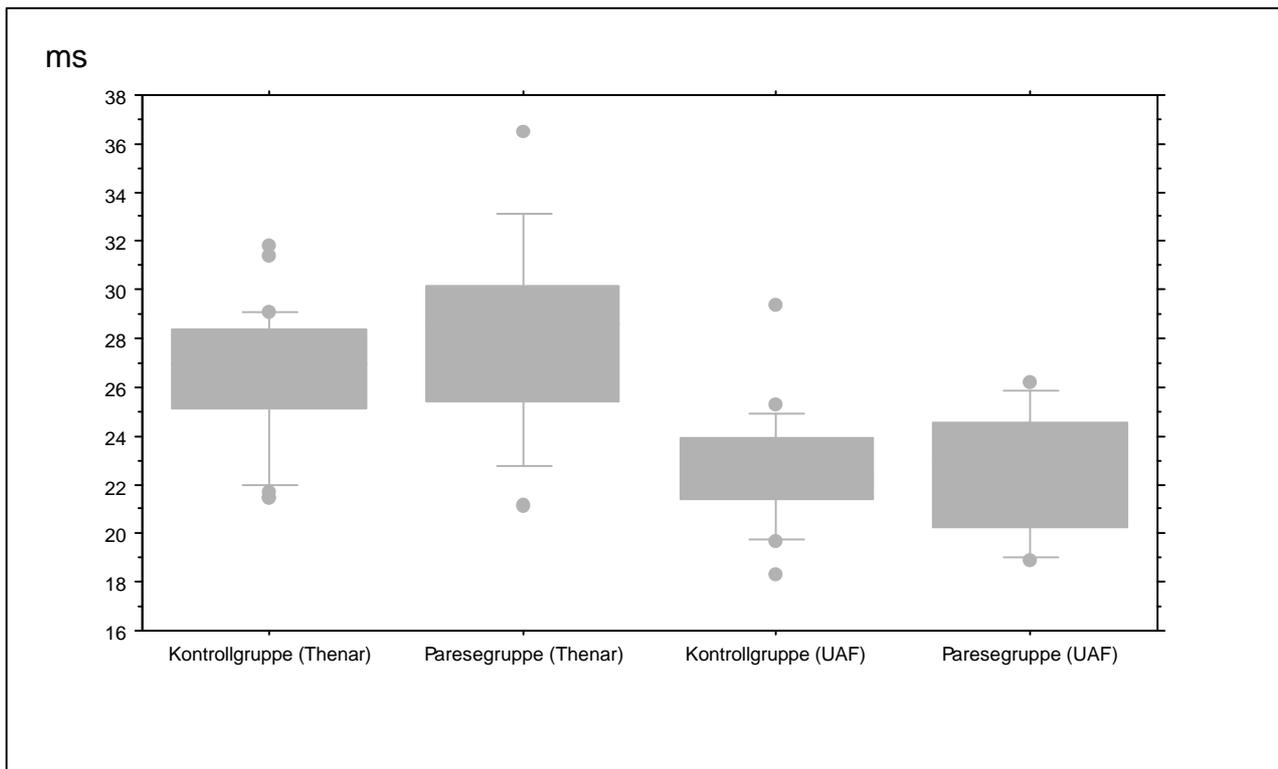


Abbildung 15: Grafische Darstellung der in Tabelle 36 angegebenen Werte zum Vergleich der Latenzen, die durch Ableitung aus der Thenarmuskulatur (Thenar) und der Muskelgruppe der Unterarmflexoren (UAF) ermittelt wurden, zwischen Kontroll- und Paresegruppe

Beim Vergleich der Referenzwerte für die Latenzen beider Gruppen stellt sich die Frage, ob es einen signifikanten Unterschied gibt zwischen den Latenzwerten, die in den Fällen der Paresegruppe gemessen wurden, und den Werten, die in der Kontrollgruppe gemessen wurden, um so eine Aussage treffen zu können, ob eine präoperativ vorbestehende Parese zu einer signifikanten Veränderung intraoperativer Parameter führt. Da es sich um zwei unverbundene Stichproben mit ähnlicher Variabilität handelt, bietet sich der U-Test nach Mann-Whitney an. Die Nullhypothese wird definiert mit: „Kein Unterschied, gleiche Grundgesamtheit.“ Nachdem die Werte beider Gruppen in eine Rangfolge gebracht worden sind, kann die Rangsumme für jede der Gruppen ermittelt werden (Kontrollgruppe: 493; Paresegruppe: 287). Aus diesen Werten läßt sich über Berechnung der beiden U-Werte (U_1 : 115 und U_2 : 209) dann der p-Wert ermitteln (**p-Wert: 0,1527 = 15,27%**). Es wird deutlich, daß die Nullhypothese *nicht* abgelehnt werden kann, die Werte für die Latenzen zwischen beiden Gruppen also statistisch **nicht signifikant verschieden** sind.

4.5 Potentialbreitenbestimmung während der Monitoringphase

4.5.1 Potentialbreitenbestimmung in der Kontrollgruppe

Analog zur Methode der Bestimmung der Latenzen wie in Kapitel 4.4 angegeben, wurden auch die Potentialbreiten zu Beginn des Übergangs vom Mapping zum Monitoring aus dem ersten optimal abgeleiteten MKS ausgemessen. Diese Werte bildeten dann die Referenzwerte für die Potentialbreiten, die dann als Ausgangswerte für die nachfolgenden Messungen dienten und somit eine Beurteilung zuließen, ob eine intraoperative Verlängerung bzw. Verkürzung der Breite stattfand. Da die Potentialbreiten aus den gleichen Ableitungen ausgewertet wurden, die auch als Grundlage für die Latenzbestimmungen dienten, nämlich den sog. ersten optimalen MKS beim Übergang vom Mapping zum Monitoring, sind die verwendeten Stimulationskombinationen und Stromstärken identisch. Der besseren Vergleichbarkeit wegen werden die Stromstärken in Klammern nach den Potentialbreitenbestimmungen für die einzelnen Muskeln nochmals in Kurzform aufgeführt. In der Kontrollgruppe wurden bei 35 Patienten insgesamt 57 Messungen zur Bestimmung der Potentialbreiten-Referenzwerte an den 4 verschiedenen Ableitungsmuskeln durchgeführt. Bei insgesamt 3 Messungen war eine Bestimmung nicht möglich (5,3%).

Die Thenarmuskulatur diente in 29 Fällen als Ableitort. Bei 2 Messungen war eine Bestimmung der Potentialbreite nicht möglich (6,9%). Das arithmetische Mittel der Breiten lag bei 13,25 ms (\pm 4,16 ms) mit einer Spannweite von 18 ms (längste Breite: 23,4 ms; kürzeste Breite: 5,4 ms) (Stromstärke: Mittelwert: 19,58 mA; SD: \pm 5,19 mA; Maximum: 35,3 mA; Minimum: 12,1 mA). In 19 Fällen diente die Muskelgruppe der Unterarmflexoren als Plazierungsort für die Ableitungselektroden, wobei bei einer Messung eine Ableitung nicht möglich war (5,3%). Der Mittelwert der Potentialbreiten lag bei 15,09 ms (\pm 3,8 ms) mit einer Spannweite von 13 mA (längste Breite: 22,2 ms; kürzeste Breite: 9,2 ms) (Stromstärke: Mittelwert: 18,34 mA; SD: 5,4 mA; Maximum: 35,3 mA; Minimum: 10,1 mA). Aus dem M. quadriceps femoris wurde in 7 Fällen abgeleitet. Die Breite betrug im Durchschnitt 10,29 ms (\pm 5,1 ms) für diesen Muskel. Die Spannweite lag bei 15,1 ms mit einer maximalen Breite von 19 ms und einer minimalen von 3,9 ms (Stromstärke: Mittelwert: 19,19 mA; SD: 6,72 mA;

Maximum: 31,1 mA; Minimum: 12,1 mA). In nur 2 Fällen wurde die Rumpfmuskulatur zur Ableitung eines intraoperativen MKS gewählt. Die daraus ermittelten Potentialbreiten betragen 8,4 ms (Stromstärke: 16,3 mA) und 12,8 ms (Stromstärke: 15,1 mA). Wie bereits bei der Analyse der Latenzen geschildert (Kapitel 4.4) läßt sich auch bei den Potentialbreiten durch Vergleich der Referenzwerte mit den nachfolgenden weiteren intraoperativen Messungen feststellen, ob es zu einer Veränderung im Sinne einer Verlängerung oder Verkleinerung innerhalb der Operationszeit kommt.

Bei den Potentialbreiten, die durch MAPs der Thenarmuskulatur ermittelt wurden, kam es in 13 Fällen zu einer Verbreiterung (Median: 1,2 ms (0,2 – 8,2 ms)) und in 13 Fällen zu einer Verkleinerung (Median: 1 ms (0,2 – 5,6 ms)). Im Fall von Patient 30 kam es wie schon bei den Latenzmessungen aufgrund einer Elektrodendislokation zu einem intraoperativen Signalverlust. Bei Patient 45, einer 46 jährigen Frau mit der Diagnose einer links parietal gelegenen Metastase aufgrund eines Mamakarzinoms, konnte zu Beginn kein MAP aus der Thenarmuskulatur abgeleitet werden, so daß perioperativ eine erneute Elektrodenplatzierung durchgeführt wurde. Dadurch gelang es zum OP-Ende hin doch noch eine Messung der Potentialbreite durchzuführen (12,1 ms), allerdings war ein individueller intraoperativer Vergleich dann nicht mehr möglich. In den Fällen, in denen die Muskelgruppe der Unterarmflexoren als Ableitungsort dienten, kam es intraoperativ in 10 Fällen zu einer Verkürzung (Median: 1,15 ms (0,2 – 3 ms)) der Potentialbreite und in 6 Fällen zu einer Verbreiterung (Median: 0,65 ms (0,1 – 1,7 ms)). Da auch bei Patient 30 eine Ableitung aus den Unterarmflexoren durchgeführt wurde, kam es aufgrund der bereits beschriebenen Elektrodendislokation zu einem Signalverlust. Bei Patient 8, einer 71 Jahre alten Frau mit der Diagnose eines rechts frontalen Glioblastoms, kam es intraoperativ zu einem kompletten und irreversiblen Signalverlust, so daß keine Möglichkeit mehr bestand, weitere MAPs außer dem anfangs ermittelten Referenzwert intraoperativ abzuleiten. Der M. quadriceps femoris diente in 7 Fällen als Ort der Ableitung eines MAP. In 3 Fällen kam es intraoperativ zu einer Verschmälerung der Potentialbreite im Vergleich mit dem Ausgangswert. In weiteren 3 Fällen kam es zu einer Verbreiterung. Da bei Patient 30 neben der Thenarmuskulatur und den Unterarmflexoren auch aus dem M. quadriceps femoris abgeleitet wurde, konnte aufgrund der zuvor beschriebenen Elektrodendislokation auch hier kein MAP abgeleitet werden. Die 2 Fälle, in denen die Rumpfmuskulatur zur Ableitung benutzt wurden, führten immer zu einer

Verkleinerung der Potentialbreite im Vergleich zum Ausgangswert am Beginn des Monitoring. Aus der Thenarmuskulatur wurden bei den Patienten der Paresegruppe insgesamt 18 Ableitungen durchgeführt mit dem Ziel der Bestimmung eines Referenzwertes für die Potentialbreiten. In 2 Messungen war dies nicht möglich (11,1%). Bei Patient 53 und 58 konnte auch bei maximaler Stimulation unter den verschiedenen Kombinationen kein MKS abgeleitet werden.

4.5.2 Potentialbreitenbestimmung in der Paresegruppe

In der Paresegruppe wurden insgesamt 29 Messungen an den unterschiedlichen Muskeln und Muskelgruppen zur Bestimmung der Referenzwerte für die Potentialbreite durchgeführt. Wie schon im vorherigen Kapitel werden die Mittelwerte und Spannweiten der verwandten Stromstärken lediglich in Klammern hinter den betroffenen Ableitungsmuskeln aufgeführt, da sie bereits in Kapitel 4.4 besprochen wurden. Die Thenarmuskulatur wurde in 14 Fällen zur Ableitung benutzt, wobei in 2 Fällen dies nicht möglich war (Patient 53 und 58). Das arithmetische Mittel der Potentialbreite lag bei 13,8 ms ($\pm 5,2$ ms). Die Spannweite aus 21 ms hat ein Maximum bei 23,8 ms und ein Minimum bei 2,8 ms (Stromstärke: Mittelwert: 20,2 mA; SD: 8,7 mA; Maximum: 33,7 mA; Minimum: 6,9 mA). Die Unterarmflexoren als Muskelgruppe für die Ableitung der MKS wurde in 10 Fällen verwendet. In 2 der 10 Fälle war der Versuch einer Ableitung nicht erfolgreich. Bei Patient 53 konnte auch in diesem Fall kein MKS abgeleitet werden. Bei Patient 35, bei dem beim Mapping zuvor die Generierung eines MKS aus der Muskelgruppe der Unterarmflexoren möglich war, konnte beim Monitoring keine Ableitung dargestellt werden. Die Ursache dafür liegt in der falschen Platzierung der Stimulationselektrode auf dem Kortex, die aus operationstechnischen Gründen mehrfach während der Operation verschoben wurde. Es sei angemerkt, daß bei diesem Patienten nicht nur aus den Unterarmflexoren abzuleiten versucht wurde, sondern auch aus der Thenarmuskulatur. Die Ableitungen aus der Thenarmuskulatur waren sowohl beim Mapping, als auch beim nachfolgenden intraoperativen Monitoring immer optimal darstellbar. Die mittlere Potentialbreite bei den Unterarmflexoren lag bei 16,1 ms ($\pm 7,6$ ms) mit einer

Spannweite von 21,4 ms bei einem Maximum von 27,4 ms und einem Minimum von 6 ms (Stromstärke: Mittelwert: 17,6 mA; SD: $\pm 7,7$ mA; Maximum: 29,2 mA; Minimum: 4,7 mA). Die 3 Fälle, in denen die Rumpfmuskulatur den Plazierungsort für die Ableitungselektrode darstellte, hatten eine Potentialbreite von 7,3 ms (Stromstärke: 21 mA), 9,8 ms (Stromstärke: 14,3 mA) und 13,9 ms (Stromstärke: 18,2 mA). In 2 Fällen wurde aus dem M. quadriceps femoris versucht, ein MKS für das intraoperative Monitoring abzuleiten, was allerdings nur in einem Fall gelang mit dem Ergebnis einer Potentialbreite von 7,5 ms unter Verwendung einer Stromstärke von 25 mA. Bei Patient 53 konnte, wie schon bei den Versuchen einer Ableitung aus der Thenarmuskulatur und den Unterarmflexoren, auch hier kein MKS generiert werden. Wie schon bei den Patienten der Kontrollgruppe wurde auch in den Fällen, die zur Paresegruppe gehören, versucht, durch Vergleich der fortwährend intraoperativ gemessenen Potentialbreiten mit dem zu Beginn ermittelten Referenzwert festzustellen, ob es zu Veränderungen kam. Bei den Fällen, in denen aus der Thenarmuskulatur abgeleitet wurden kam es bei 4 Patienten zu einer intraoperativen Verbreiterung der Potentialbreiten. Der Median lag bei 3,4 ms, wobei die Spannweite von 0,1 bis 4,6 ms reichte. Eine Verschmälerung konnte in 7 Fällen beobachtet werden (Median: 1,7 ms mit einem Bereich von 0,1 bis 3,3 ms). Bei Patient 41 konnte im Verlauf der Operation ein kompletter und irreversibler Signalverlust auch nach Veränderung der Stärke und Stimulationskombination festgestellt werden. Bei den Unterarmflexoren zeigte sich in 4 Fällen eine Verbreiterung (Median: 5,1 ms; Maximum: 9,3 ms; Minimum: 0,4 ms), in 3 Fällen eine Verschmälerung (Median: 2 ms; Maximum: 3,1 ms; Minimum: 0,3 ms). Bei Patient 41 mußte ein kompletter irreversibler Signalverlust bei Ableitungen aus den Unterarmflexoren während der Operation festgestellt werden (zusätzlich diente der kontralaterale Thenar als Ableitort; siehe oben). Die 3 Fälle, in denen die Rumpfmuskulatur verwendet wurde, wiesen in einem Fall eine Verlängerung von 9,8 auf 10,7 ms (0,9 ms) auf, in 2 Fällen eine Verschmälerung (Patient 43: Referenzwert: 7,3 ms, Verkürzung um 1,9 ms auf 5,4 ms und Patient 44: Referenzwert: 13,9 ms, Verkürzung um 0,2 ms auf 13,7 ms). Die einzige durchführbare Ableitung aus dem M. quadriceps femoris (siehe oben) wies eine Verbreiterung der Potentialbreite von 7,5 auf 9,7 ms (Differenz: 2,2 ms) auf.

4.5.3 Vergleich der Potentialbreiten zwischen Kontroll- und Paresegruppe

Zum besseren Vergleich der Referenzwerte für die Potentialbreite der beiden Gruppen sind die jeweiligen Werte für den Mittelwert, die Standardabweichung (SD), den Quartilsabstand, als auch die jeweiligen Maxima und Minima in bezug auf den zur Ableitung genommenen Muskel in der Tabelle 33 aufgetragen. Dabei ist zu beachten, daß hier ähnlich wie bei der Aufstellung der Latenzreferenzwerte für die beiden Gruppen in Kapitel 4.4.3 verfahren wurde: die ebenfalls zur Ableitung benutzten Muskulaturen, wie die Rumpfmuskulatur und der M. quadriceps femoris fanden keine Aufnahme in die Tabelle 37, da die Fallzahlen für diese Muskeln zu niedrig sind und somit eine statistische Aussage in einem nur sehr limitierten Maße möglich ist.

| | Mittelwert | SD | Quartils- Abstand | Maximum | Minimum |
|-----------------------|------------|--------|----------------------|---------|---------|
| Kontrollgruppe Thenar | 13,2 ms | 4,2 ms | 5 ms | 23,4 ms | 5,4 ms |
| Paresegruppe Thenar | 13,8 ms | 5,2 ms | 4,7 ms | 23,8 ms | 2,8 ms |
| Kontrollgruppe UAF | 16,1 ms | 3,8 ms | 4,8 ms | 22,2 ms | 9,2 ms |
| Paresegruppe UAF | 15,1 ms | 7,6 ms | 11,7 ms | 27,4 ms | 6 ms |

Tabelle 37: Gegenüberstellung von Kontroll- und Paresegruppe mit den verschiedenen ermittelten Werten (Mittelwert, Standardabweichung (SD); Quartilsabstand; Maximum und Minimum) in bezug auf die Referenzwerte für die Potentialbreite
Thenar: Thenarmuskulatur **UAF:** Unterarmflexoren

In der Abbildung 16 sind die Werte der Tabelle 37 in einem Boxplot zur besseren Übersicht grafisch noch einmal zusammengefaßt.

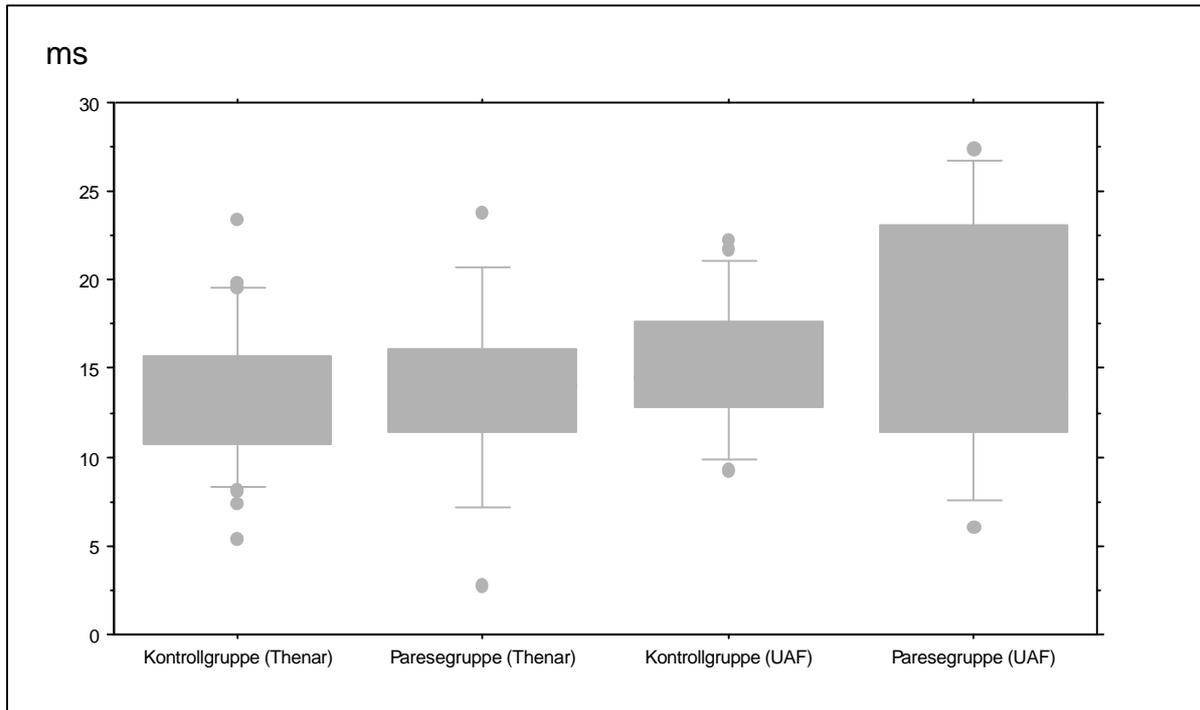


Abbildung 16: Grafische Darstellung der in Tabelle 37 angegebenen Daten als Box Whisker Plot
Thenar: Thenarmuskulatur **UAF:** Unterarmflexoren

Die Tabelle 38 ermöglicht den direkten Vergleich zwischen den Gruppen in bezug auf die intraoperativ ermittelten Veränderungen der Potentialbreite im Vergleich mit dem jeweiligen individuellen Referenzwert, der zu Beginn des Monitoring gemessen wurde. Auch bei dieser Tabelle sind lediglich die beiden Ableitmuskeln Thenar und Unterarmflexorengruppe berücksichtigt, da sie aufgrund ihrer höheren Fallzahl eine verlässlichere statistische Analyse erlauben.

| | Thenar | | Unterarmflexoren | |
|----------------|---|---|---|--|
| | Verbreiterung | Verkürzung | Verbreiterung | Verkürzung |
| Kontrollgruppe | 13 Fälle (44,8%) Median: 1,2 ms (0,2 - 8,2 ms) | 13 Fälle (44,8%) Median: 1 ms (0,2 – 5,6 ms) | 6 Fälle (31,6%) Median: 0,65 ms (0,1 – 1,7 ms) | 10 Fälle (52,6%) Median: 1,15 ms (0,2 - 3 ms) |
| Paresegruppe | 4 Fälle (28,6%) Median: 3,4 ms (0,1 – 4,6 ms) | 7 Fälle (50%) Median: 1,7 ms (0,1 – 3,3 ms) | 4 Fälle (40%) Median: 5,1 ms (0,4 – 9,3 ms) | 3 Fälle (30 %) Median: 2 ms (0,3 – 3,1 ms) |

Tabelle 38: Zusammenstellung der intraoperativen Veränderungen bezüglich der Potentialbreite (angegeben ist neben der absoluten Fallzahl, die jeweilige prozentuale Häufigkeit, der Median der betreffenden Veränderung und die Spannweiten)

Aus dem Thenar wurden bei der Kontrollgruppe für das intraoperative Monitoring insgesamt 29 Fälle abgeleitet. Dabei kam es im Verlauf der Messungen zu einem Signalverlust, der Patientin 30 betraf. Trotz erfolgreicher Generierung eines MKS für das vorangehende Mapping und einer erfolgreichen Ableitung zu Beginn des Monitorings, welcher die Referenzwerte für die Latenz, Amplitude und die Potentialbreite geliefert hat, konnten bei ihr im Laufe der Operation weder aus dem Thenar, noch aus den Unterarmflexoren oder dem M. quadriceps femoris aufgrund eines technischen Defektes ein MKS abgeleitet werden.

Ähnlich wie bei den Latenzen (siehe Kapitel 4.4.3) wird auch bei den Potentialbreiten versucht, zu ermitteln, ob es einen signifikanten Unterschied zwischen den Werten beider Gruppen gibt. Auch hier wurde für die Überprüfung der Nullhypothese der U-Test nach Mann-Whitney für die beiden unverbundenen Stichproben angewandt. Wiederum wird über Berechnung der Rangsummen (Kontrollgruppe: 519; Paresegruppe: 261) der U-Wert ermittelt ($U_1 = 141$; $U_2 = 183$). Der **p-Wert** erreicht 0,5228 (= **52,28%**) und empfiehlt somit, die Nullhypothese, daß beide Stichproben nicht unterschiedlich sind, *nicht* abzulehnen. Es besteht also statistisch **kein signifikanter Unterschied**.

4.6 Amplitudenbestimmungen während der Monitoringphase

4.6.1 Amplitudenbestimmung in der Kontrollgruppe

Neben der Latenz (siehe Kapitel 4.4) und der Potentialbreite (siehe Kapitel 4.5) wurde auch die Amplitude jeder monopolen Kortextstimulation ausgewertet. Wie bereits bei den beiden anderen Parametern wurde auch hier beim Übergang vom Mapping zum Monitoring die Amplitude des ersten optimal abgeleiteten MAP bestimmt und als Basiswert für die nachfolgenden Werte genommen, so daß in der anschließenden Analyse die Bestimmung einer intraoperativen Veränderung im Sinne einer Erhöhung oder Absenkung möglich ist. Ebenso wie in Kapitel 4.5 werden auch hier die verwendeten Stromstärken der Übersicht halber noch einmal in Kurzform in Klammern hinter den jeweiligen Muskeln aufgeführt. Eine detaillierte Besprechung der Stromstärken findet sich in Kapitel 4.4.

In der Kontrollgruppe wurde in insgesamt 29 Fällen die kontralateral zum Defekt gelegene Thenarmuskulatur als Ableitort benutzt. In zwei der 29 Fälle konnte allerdings kein MAP dargestellt werden. Es ist dies zum einen Patient 45, bei dem zwar anfangs noch eine monopole Kortextstimulation für das Mapping aus dem Thenar abgeleitet werden konnte, beim Übergang zum Monitoring aber perioperativ kein Signal aus der Thenarmuskulatur erhältlich. Am Ende der Operation wurde die Stimulationselektrode neu plaziert, mit dem Ergebnis, daß letztendlich doch noch ein MAP aus der Thenarmuskulatur generiert werden konnte. Die Ableitungen aus den Unterarmflexoren, die neben der Thenarmuskulatur bei diesen Patienten als Plazierungsort für die Elektroden dienten, sind über die gesamte Operationszeit hinweg sehr gut darstellbar gewesen. Der zweite Patient, bei dem eine Generierung aus der Thenarmuskulatur und zusätzlich auch aus den Unterarmflexoren nicht möglich war, ist Patient 32. Beim Versuchsaufbau für diesen Patienten ließ sich anschließend ein technischer Defekt feststellen.

Der Mittelwert der Amplituden der verbleibenden 27 Patienten, bei denen erfolgreich ein Basiswert für die Amplitude gemessen werden konnte, lag bei $261,81 \mu\text{V}$ ($\pm 189,92 \mu\text{V}$). Die Spannweite betrug $731,7 \mu\text{V}$ mit einem Maximum von $759 \mu\text{V}$ und einem Minimum von $27,3 \mu\text{V}$ (Stromstärke: Mittelwert: $19,58 \text{ mA}$; SD: $\pm 5,19 \text{ mA}$; Minimum: $12,1 \text{ mA}$; Maximum:

35,3 mA; Spannweite: 23,2 mA). Die Unterarmflexoren wurden in insgesamt 19 Fällen zur Ableitung genommen, wobei dies lediglich im Fall von Patient 32 aufgrund eines technischen Defektes (siehe oben) nicht möglich war. Der Mittelwert der Amplituden lag bei 219,29 μV ($\pm 163,43 \mu\text{V}$) mit einer Spannweite von 593,5 μV . Das Minimum lag bei 35,5 μV , das Maximum bei 629 μV (Stromstärke: Mittelwert: 18,34 mA; SD: $\pm 5,5$ mA; Minimum: 10,1 mA; Maximum: 35,3 mA; Spannweite: 23,2 mA). Der dritte der insgesamt vier zur Ableitung verwendeten Muskeln ist der M. quadriceps femoris. Er wurde in der Kontrollgruppe in insgesamt 7 Fällen als Plazierungsort für die MKS-Elektrode gewählt, wobei in allen Fällen auch ein MAP dargestellt werden konnte. Der Mittelwert der Amplituden lag bei 196,66 μV ($\pm 170,13 \mu\text{V}$) mit einer Spannweite von 432,2 μV . Der niedrigste Wert lag bei 43,8 μV , der höchste bei 476 μV (Stromstärke: Mittelwert: 19,19 mA; SD: $\pm 6,72$ mA; Minimum: 12,1 mA; Maximum: 31,1 mA; Spannweite: 19 mA). Die Muskelgruppen des Rumpfes wurden in 2 Fällen als Ableitorte für das intraoperative Monitoring benutzt. Bei Patient 23 wurde bei Stimulation mit einer Stromstärke eine Amplitude von 199 μV als Basiswert gemessen, bei Patient 26 betrug die Amplitude 487 μV bei Anwendung einer Stromstärke von 15,1 mA.

Die genannten Basiswerte dienten zur weiteren Feststellung von intraoperativen Veränderungen. Bei der Thenarmuskulatur kam es bei 13 Fällen intraoperativ während des Monitorings zu einer Verkleinerung der Amplitudengröße, bei weiteren 13 Fällen war eine intraoperative Vergrößerung feststellbar. Bei Patient 45 wurde wie bereits beschrieben die Stimulationselektrode zum Ende der Operation noch einmal versetzt, da anfangs kein MAP darstellbar war. So war zum Ende eine Amplitude immerhin bestimmbar (121 μV bei Reizung mit 20 mA Stromstärke), aufgrund des fehlenden Basiswertes allerdings keine Veränderung errechenbar. Bei Patient 30 kam es aufgrund einer intraoperativen Elektrodendislokation zu einem Signalverlust, der eine sichere Bestimmung einer Veränderung unmöglich macht. Auf den technischen Defekt bei Patient 32 und der damit einhergehenden Undurchführbarkeit der Darstellung eines MAP wurde bereits oben eingegangen.

Der Median der Verkleinerungen der Amplitudengröße lag bei 90 μV , wobei die geringste Verkleinerung durch den Wert von 4,5 μV markiert wird, die stärkste durch einen Wert von 351,5 μV . Die Vergrößerung der Amplitude bei Ableitungen aus der Thenarmuskulatur, die in 13 Fällen intraoperativ zu beobachten war, hatte einen Median von 21 μV , wobei das

Minimum bei 2,8 μV lag, das Maximum bei 78 μV . Die Unterarmflexoren wurden in 19 Fällen verwendet. Bei 3 Fällen ist die Beschreibung von Veränderungen nicht möglich. Auf Patient 30 (intraoperative Elektrodendislokation) und Patient 32 (technischer Defekt) ist bereits weiter oben eingegangen worden. Bei Patient 8 kam es intraoperativ zu einem kompletten und irreversiblen Signalverlust, der weitere Ableitungen undurchführbar machte. Die verbleibenden 16 Fälle teilen sich zu einer Gruppe von 8 Fällen, bei denen es intraoperativ zu einer Verkleinerung kam (Median: 34 μV mit einer Spannweite von 9 bis 120 μV), und einer weiteren Gruppe von 8 Fällen, bei denen es zu einer Vergrößerung kam (Median: 12,1 μV mit einer Spannweite von 3 bis 99,5 μV). Die Quadricepsmuskulatur diente in 7 Fällen als Plazierungsort für die Elektrode. Im Fall von Patient 30 kam es aufgrund einer intraoperativen Elektrodendislokation zu einem Signalverlust, so daß lediglich bei 6 Patienten der Kontrollgruppe, bei denen ein MAP zum Zwecke des Monitorings über den M. quadriceps femoris abgeleitet wurde, eine Aussage über eine intraoperative Veränderung der Amplitudengröße gemacht werden kann. In 2 Fällen kam es zu einer Verkleinerung (einmal bei Patient 1 mit einem Basiswert von 75 μV auf eine Amplitudengröße von 63,4 μV am OP-Ende (Differenz: 11,6 μV), ein weiteres mal bei Patient 54 mit einem Referenzwert von 158 μV und einem Wert bei Ende der Operation von 152 μV (Differenz: 6 μV)) und in 4 Fällen zu einer Vergrößerung. Der Median der Vergrößerung lag bei 7,5 μV mit einer Spannweite von 3 bis 30 μV . Die beiden Fälle, in denen die Rumpfmuskulatur als Ableitort diente, zeigten zum einen bei Patient 23 eine Vergrößerung (von 199 auf 218 μV) und bei Patient 26 eine Verkleinerung (von 487 auf 275 μV) der Amplitude.

4.6.2 Amplitudenbestimmung in der Paresegruppe

Bei insgesamt 14 Patienten der Paresegruppe wurde die Thenarmuskulatur als Plazierungsort für die Ableitelektrode verwendet. Bei 12 Patienten konnte beim Übergang vom Mapping zum Monitoring erfolgreich eine Ableitung generiert werden, die u.a. zur Ermittlung des Referenzwertes für die Amplitude diente. Bei den Patienten 53 und 58 war auch unter Anwendung aller gegebenen Kombinationen und Stimulation mit den möglichen Stromstärken

die Darstellung einer monopolaren Kortexstimulation nicht möglich (siehe Kapitel 5.7). Bei den erfolgreich verlaufenen Stimulationen zeigte sich für die Referenzwerte der Amplituden ein Mittelwert von 285,2 μV (SD: $\pm 263,4 \mu\text{V}$). Die Spannweite betrug 765,9 μV , wobei die niedrigste Amplitude einen Wert von 23,1 μV hatte und die maximalste Amplitude von 789 μV (Stromstärke: Mittelwert: 20,2 mA; SD: $\pm 8,7 \text{ mA}$; Minimum: 6,9 mA; Maximum: 33,7 mA; Spannweite: 26,8 mA).

Die Unterarmflexoren als Ort der Ableitung wurde in 10 Fällen verwandt. In 2 Fällen war eine Darstellung nicht möglich, wobei es sich zum einen um den Patienten 53 handelte und zum anderen um Patient 35, bei dem beim Übergang vom Mapping zum Monitoring eine Neuplazierung der Stimulationselektrode durchgeführt wurde. Daraufhin konnten bei diesem Patienten keine MAPs mehr aus den Unterarmflexoren abgeleitet werden. Der Mittelwert der Amplituden lag bei 238,5 μV (SD: $\pm 181,5 \mu\text{V}$). Die Spannweite von 544,6 μV beginnt bei 39,4 μV und reicht bis 584 μV (Stromstärke: Mittelwert: 17,6 mA; SD: $\pm 7,7 \text{ mA}$; Minimum: 4,7; Maximum: 29,2 mA; Spannweite: 24,5 mA). Der M. quadriceps femoris wurde in 2 Fällen verwandt. Einer dieser beiden Fälle ist Patient 53 (siehe Kapitel 5.xx - Diskussion), der andere Patient (Nummer 13) erreicht eine Amplitude von 95,3 μV als Referenzwert bei einer Stromstärke von 25 mA. Die drei Patienten, bei denen die Muskulatur des Rumpfes als Ableitungsort gewählt wurde, zeigten einen Mittelwert der Amplituden von 206,13 μV . Bei Patient 43, bei dem neben der Rumpfmuskulatur auch MAPs aus dem Thenar und den Unterarmflexoren abgeleitet wurde, zeigte eine Amplitudengröße von 262 μV als Referenzwert bei einer Reizung mit 21 mA. Die Amplitude von Patient 44 betrug 58,4 μV bei Stimulation mit einer Stärke mit 18,2 mA und letztlich Patient 47, der beim Übergang vom Mapping zum Monitoring eine Amplitude von 298 μV (Stromstärke: 14,3 mA) als Basiswert aufwies.

Aufgrund der genannten Basiswerte ist es möglich festzustellen, ob es intraoperativ zu individuellen Veränderungen der Amplitudengröße kam. Bei der Thenarmuskulatur konnte in insgesamt 12 Fällen ein Referenzwert ermittelt werden. Im Fall von Patient 41 kam es im Verlauf der Operation zu einem kompletten und irreversiblen Signalverlust. Bei den verbleibenden 11 Fällen konnte bei 6 Patienten eine Verkleinerung der Amplitude festgestellt werden, bei 5 Fällen eine Vergrößerung. Der Median der Verkleinerung lag bei 21,4 μV ,

wobei die Spannweite von 7,0 bis 130 μV reichte. Die Fälle, in denen eine Vergrößerung intraoperativ ermittelt werden konnte, zeigte sich ein Median von 7,9 μV (Spannweite von 0,2 bis 244 μV). Die Messung eines Basiswertes aus den Unterarmflexoren war in 8 Fällen erfolgreich, bei 1 Fällen allerdings kam es im Verlauf zu einem Signalverlust (Patient 41), der komplett und irreversibel war. Eine Verkleinerung der Amplitude zeigte sich in 2 Fällen (Median: 177,5 μV mit einer Spannweite von 99 bis 256 μV), eine Vergrößerung in 5 Fällen (Median: 16,6 μV mit einer Spannweite von 1,4 bis 90 μV). Ableitungen über den M. quadriceps femoris erbrachten in nur einem Fall die Darstellung eines korrekten MAPs, welches die Messung eines Referenzwertes erlaubte (Patient 13). Betrug die Amplitude beim Beginn vom Mapping zum Monitoring einen Wert von 95,3 μV , so ist zum Ende der Operation eine Vergrößerung der Amplitude um 37,7 μV auf 133 μV feststellbar. Bei der Rumpfmuskulatur zeigte sich in 2 Fällen eine Verkleinerung von einmal 262 auf 255 μV (Verkleinerung um 7 μV) und ein anderes mal von 58,4 auf 56,5 μV (Verkleinerung um 1,9 μV). Im Fall von Patient 47 kam es zu einer Vergrößerung von 298 auf 307 μV (Vergrößerung: 9 μV).

4.6.3 Vergleich der Amplitudenergebnisse zwischen den beiden Gruppen

Die Tabelle 39 faßt noch einmal die Mittelwerte der Amplituden, wie sie beim Übergang vom Mapping zum Monitoring gemessen wurden, zum Vergleich zwischen den beiden Gruppen zusammen. Auch hier wurden, wie schon bei den vorherigen Vergleichen zwischen den Latenzen (siehe Kapitel 4.4.4) und der Potentialbreite (siehe Kapitel 4.5.3), lediglich die Ableitungen aus der Thenarmuskulatur und den Unterarmflexoren berücksichtigt, da die Fallzahlen, in denen aus der Rumpfmuskulatur und dem M. quadriceps femoris abgeleitet wurde, zu gering sind, um eine sichere statistische Aussage machen zu können.

| | Mittelwert | SD | Quartils- Abstand | Maximum | Minimum |
|--------------------------|---------------------------------------|---------------------|----------------------|-------------------|--------------------|
| Kontrollgruppe Thenar | 261,8 μV | 189,9 μV | 268 μV | 759 μV | 27,3 μV |
| Paresegruppe Thenar | 285,2 μV | 263,5 μV | 445,9 μV | 789 μV | 23,1 μV |
| Kontrollgruppe UAF | 219,3 μV | 163,4 μV | 242,9 μV | 629 μV | 35,5 μV |
| Paresegruppe UAF | 238,5 μV | 163,4 μV | 242,9 μV | 629 μV | 35,5 μV |

Tabelle 39: Gegenüberstellung der Amplitudenreferenzwerte von Kontroll- und Paresegruppe
(Mittelwert; Standardabweichung (SD); Quartilsabstand; Maximum und Minimum)

Thenar: Thenarmuskulatur **UAF:** Unterarmflexoren

In Abbildung 17 sind die genannten Daten als Box Whisker Plot grafisch dargestellt.

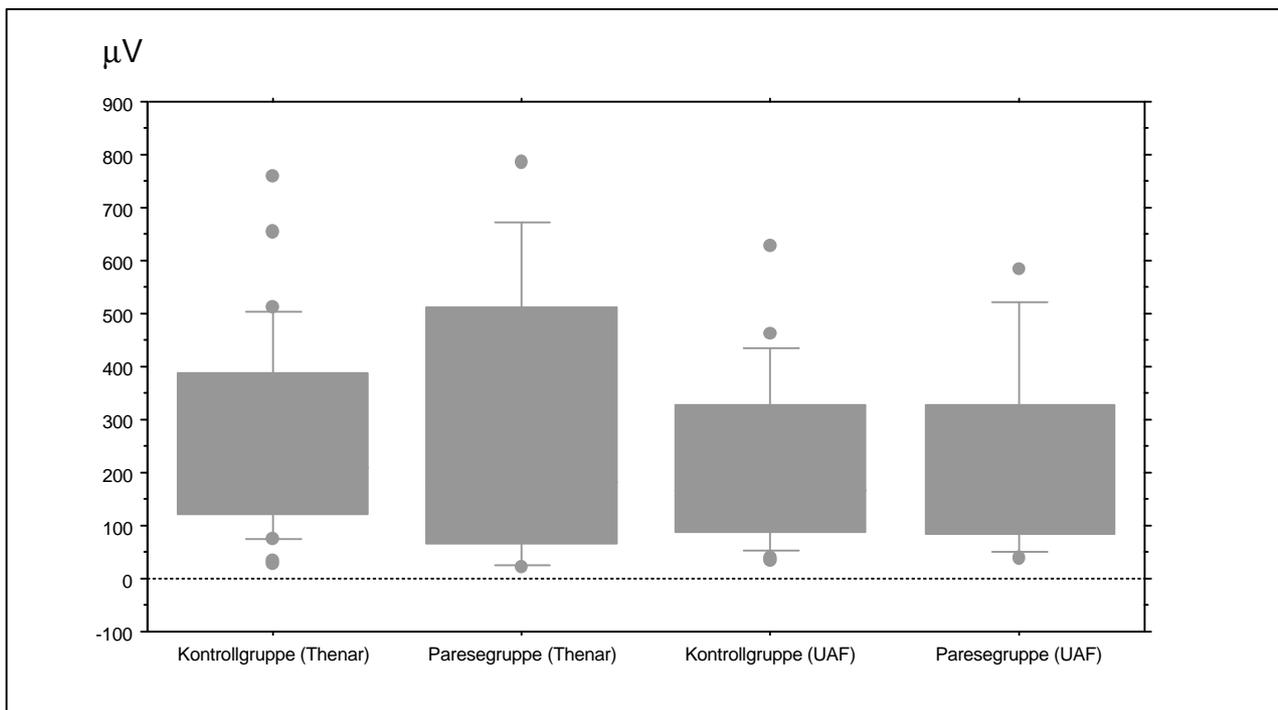


Abbildung 17: Grafische Darstellung der in Tabelle 39 angegebenen Daten als Box Whisker Plot

Thenar: Thenarmuskulatur **UAF:** Unterarmflexoren

Wie bereits beschrieben wurden die Referenzwerte zur Ermittlung einer intraoperativen Veränderung im Sinne einer Erhöhung oder Verkleinerung der Amplitudengröße benutzt. Einen Vergleich der intraoperativen Veränderungen zwischen beiden Gruppen in bezug auf Ableitungen aus der Thenarmuskulatur und den Unterarmflexoren erlaubt die Tabelle 40. Auch hier wurden Ableitungen aus der Rumpfmuskulatur und dem M. quadriceps femoris aufgrund der geringen Fallzahl und damit geringen statistischen Aussagekraft nicht berücksichtigt.

| | Thenar | | Unterarmflexoren | |
|----------------|--|--|--|---|
| | Vergrößerung | Verkleinerung | Vergrößerung | Verkleinerung |
| Kontrollgruppe | 13 Fälle (44,8%) Median: <i>21 mV</i> (2,8 – 78 μ V) | 13 Fälle (44,8%) Median: <i>90 mV</i> (4,5 – 351,5 μ V) | 8 Fälle (42,1%) Median: <i>12,1 mV</i> (3 – 99,5 μ V) | 8 Fälle (42,1%) Median: <i>34 mV</i> (9 – 120 μ V) |
| Paresegruppe | 5 Fälle (41,7%) Median: <i>7,9 mV</i> (0,2 – 244 μ V) | 6 Fälle (50%) Median: <i>21,4 mV</i> (7,0 – 130 μ V) | 5 Fälle (62,5%) Median: <i>16,6 mV</i> (1,4 – 90 μ V) | 2 Fälle (25%) Median: <i>177,5 mV</i> (99 – 256 μ V) |

Tabelle 40: Zusammenstellung der intraoperativen Veränderungen bezüglich der Amplitudengröße (neben der absoluten Fallzahl ist die jeweilige prozentuale Häufigkeit, der Median und die Spannweiten angegeben)

Analog zu den Verfahren in Kapitel 4.4.3 und 4.5.3 wird auch bei den Amplituden der U-Test nach Mann-Whitney berechnet. Die Rangsumme in der Kontrollgruppe erreicht den Wert von 546,5, in der Paresegruppe von 233,5. Daraus berechnet sich wiederum der U-Wert ($U_1 = 155,5$; $U_2 = 168,5$). Der so ermittelte **p-Wert** ($p\text{-Wert} = 0,8432 = \mathbf{84,32\%}$) erlaubt *nicht*, die Nullhypothese abzulehnen, es besteht statistisch also auch hier **kein signifikanter Unterschied** zwischen den Stichproben beider Gruppen für die Referenzwerte der Amplitude.

4.7 MAP-Veränderungen während des Mappings

Das vorangegangene Kapitel 4.4.3 zeigte für die Latenzen (ebenso wie Kapitel 4.5.3 für die Potentialbreite und Kapitel 4.6.3 für die Amplitude), ob es einen statistisch signifikanten Unterschied bei den ersten optimal abgeleiteten Werten zwischen Patienten mit präoperativ vorbestehender Parese und non-paretischen Patienten gab. MAP-Veränderungen in bezug auf den neurologischen Status blieben dabei unberücksichtigt. Eine Veränderung z.B. der Latenz kann entweder als eine *Verlängerung* (Wert bei OP-Ende > Referenzwert) oder aber *Verkürzung* (Wert bei OP-Ende < Referenzwert) charakterisiert sein. Ein Vergleich dieser Veränderungen ist sowohl zwischen den einzelnen Patienten (individuelle Veränderungen) oder innerhalb eines untersuchten Falls im Verlauf der Operationszeit (interindividuelle Veränderungen) möglich. In Kapitel 4.4.1 und 4.4.2 konnte für die Latenzen gezeigt werden, daß es in beiden Gruppen sowohl zu Verkürzungen, als auch Verlängerungen kam (analog dazu finden sich in den Kapiteln 4.5.1 und 4.5.2 die Werte für die Potentialbreite und in den Kapiteln 4.6.1 und 4.6.2 die Amplitudenveränderungen). Intraoperative Veränderungen unterliegen einer gewissen physiologischen Schwankungsbreite innerhalb der Operationszeit, die als nicht pathologisch anzusehen sind [37]. Aber sowohl in der Kontroll-, als auch in der Paresegruppe gab es MAP-Veränderungen, die signifikant hiervon abwichen. In 7 der insgesamt 35 Fälle (20%) der Kontrollgruppe konnten reversible (d.h. lediglich kurzzeitige, nicht den gesamten OP-Verlauf überdauernde Ereignisse), als auch irreversible Veränderungen (d.h. den OP-Verlauf überdauernde Veränderungen) gemessen werden (Abbildung 18). In der Paresegruppe lag die Rate der MAP-Veränderungen bei insgesamt 4 von 15 Fällen (27%), wovon 3 Fälle (20%) irreversibel und 1 Fall (7%) reversibel waren (Abbildung 19).

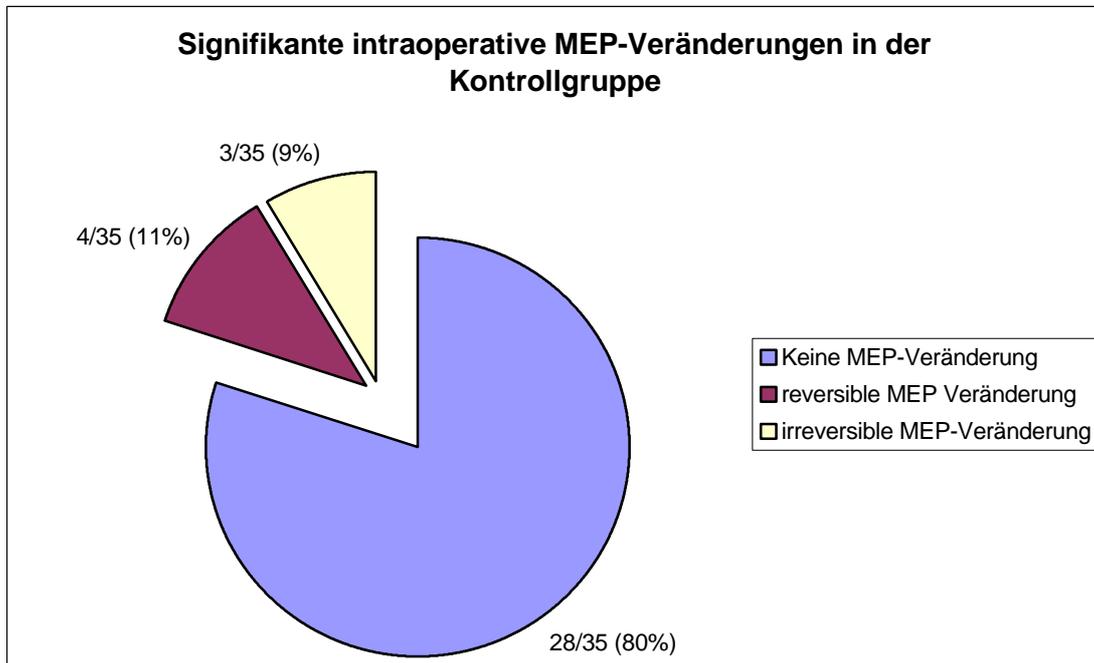


Abbildung 18: Signifikante intraoperative MAP-Veränderungen in der Kontrollgruppe (n=35)

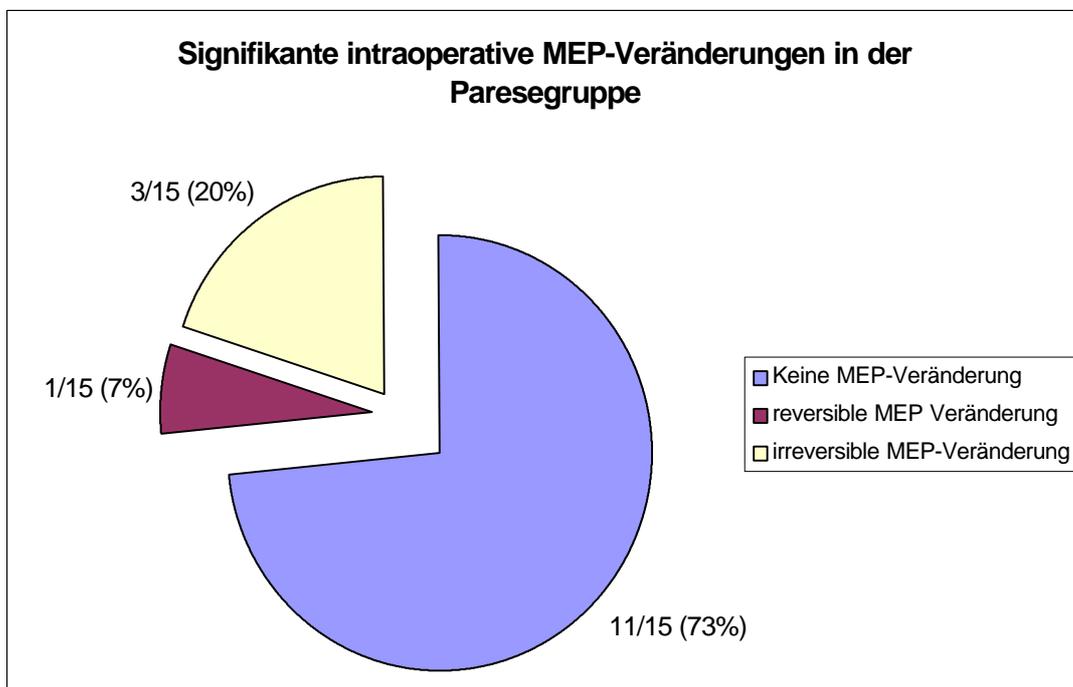


Abbildung 19: Signifikante intraoperative MAP-Veränderungen in der Paresegruppe (n=15)

4.7.1 Veränderungen der Latenz

Nach Auswertung von insgesamt 1241 MAPs aus 47 Fällen konnte Süß [105] belegen, daß die individuelle Schwankungsbreite für die Latenzen in einem engen Rahmen bei im Mittel unter 3% lag. Ausgehend von dieser physiologischen Schwankungsbreite wurden die Daten nach Veränderungen ausgewertet, die signifikant über oder unter dieser Limitierung lagen.

In der *Kontrollgruppe* wurde in 4 der insgesamt 35 Fälle (11,4%) eine signifikante Veränderung der Latenz gemessen. Diese unterteilten sich in:

- 1 *irreversible signifikante Verlängerung der Latenz* (2,9% der Fälle)
(Patient 37)
- 2 *reversible signifikante Verlängerung der Latenz* (8,6% der Fälle)
(Patient 16, 24 und 34)

zu 1: irreversible signifikante Verlängerung der Latenz

Es handelte sich hierbei um Patient 37, einer 37 jährigen Frau mit einer links im Gyrus praecentralis gelegenen Metastase eines Mama-Karzinoms. Während der Operation kam es bei der Patientin spontan zu einer signifikanten Verlängerung der Latenz, die sich bis zum Operationsende nicht wieder besserte. Der präoperative klinische Status der Patientin war unauffällig. Sowohl am 1. postoperativen Tag, als auch bei der Entlassunguntersuchung konnte eine deutliche armbetonte Hemiparese rechts festgestellt werden.

| Pat.Nr.: | Ableitort | Verlängerung der Latenz | | Postoperative klin. Veränderungen |
|-----------|---------------|-------------------------|------------------|--------------------------------------|
| 37 | Thenar | + 10,26% | p<0,01 | hochgradige Hemiparese rechts |

Tabelle 41: Patient der Kontrollgruppe mit einer irreversiblen signifikanten Latenzverlängerung

Zu 2: reversible signifikante Verlängerung der Latenz

In 3 Fällen (8,6%) der Kontrollgruppe kam es während der Operation zu einer signifikanten Verlängerung der Latenz, die zeitgleich mit dem Einsetzen des Hirnspatels auftraten. Nachdem der Hirnspatel umgesetzt wurde, zeigte sich die Veränderung als reversibel. Der motorische Status aller drei Patienten blieb postoperativ unverändert unauffällig.

| Pat.Nr.: | Ableitort | Verlängerung der Latenz | | Postoperative klin. Veränderungen |
|----------|-----------|-------------------------|--------|-----------------------------------|
| 16 | Thenar | + 18,87% | p<0,01 | keine klinische Veränderung |
| 24 | Thenar | + 16,93% | p<0,01 | keine klinische Veränderung |
| 34 | Thenar | + 21,65% | p<0,01 | keine klinische Veränderung |
| | UAF | + 18,78% | p<0,01 | |

Tabelle 42: Patienten der Kontrollgruppe mit einer reversiblen signifikanten Latenzverlängerung

In der Paresegruppe kam es in einem der 15 Fälle (6,7%) zu einer signifikanten Veränderung der Latenz:

1 irreversible signifikante Verkürzung der Latenz (6,7% der Fälle) (Patient 44)

Bei Patient 44 handelt es sich um einen 46 jährigen Mann mit der Diagnose einer rechts parietal gelegenen Bronchialkarzinom-Metastase. Während der Operation kam es zu einer signifikanten Verkürzung der Latenz, als die Stimulationsstärke von 14,1 auf 18,2 mA erhöht wurde. Bei der Aufnahmeuntersuchung zeigte sich eine mittelgradige, linksseitige Hemiparese, die postoperativ rückläufig war. Bei Entlassung konnte allenfalls eine leichte Schwäche auf der linken Körperhälfte festgestellt werden (Kraftgrad für die linke obere und untere Extremität: 4+).

| Pat.Nr.: | Ableitort | Verkürzung der Latenz | | Postoperative klin. Veränderungen |
|----------|-----------|-----------------------|---------|-----------------------------------|
| 44 | UAF | - 13,17% | p<0,01 | deutliche klinische Besserung |
| | Rumpf | - 24,62% | p<0,001 | |

Tabelle 43: Patient der Paresegruppe mit einer irreversiblen signifikanten Latenzverkürzung

4.7.2 Veränderungen der Amplitude

Analog zu den Latenzveränderungen wurde auch bei den Amplituden signifikante, die physiologische Variationsbreite verlassende Veränderungen ausgewertet.

In 3 Fällen der Kontrollgruppe (8,6%) kam es zu signifikanten Amplitudenveränderungen. Auch hier wurden die Veränderungen in reversible (d.h. zeitlich begrenzte) und irreversible (d.h. über die Operationsdauer anhaltende) Ereignisse unterteilt:

- 1 *irreversibler Signalverlust* (2,9% der Fälle)
(Patient 8)
- 2 *reversibler Signalverlust eines Muskels* (2,9% der Fälle)
(Patient 45)

zu 1: kompletter irreversibler Signalverlust

Fast allen Fällen eines kompletten, irreversiblen Signalverlustes, sowohl in der Kontroll-, als auch in der Paresegruppe, lag eine operationstechnisch bedingte Elektrodendislokation zugrunde, so daß sie nicht gesondert aufgeführt werden. Die einzige Ausnahme bildete hier Patient 8. Bei der 71 jährigen Frau mit der Diagnose eines Glioblastoma multiforme konnte trotz Kontrolle der korrekten Lage und Funktion der Elektrode eine Erholung des spontan während der Operation eingetretenen Amplitudenverlustes nicht erreicht werden. Die präoperativ klinisch unauffällige Patientin zeigte postoperativ eine hochgradige armbetonte Hemiparese links.

| Pat.Nr.: | Ableitort | Amplitudenveränderung | | postoperative klin. Veränderung |
|----------|------------|---------------------------------|------------------|-----------------------------------|
| 8 | UAF | kompletter Signalverlust | p<0,05 | deutliche Verschlechterung |

Tabelle 44: Patient der Kontrollgruppe mit irreversiblen signifikanten Amplitudenveränderungen

zu 2: reversibler Signalverlust eines Muskels

Der reversible Signalverlust bei Ableitungen aus der Thenarmuskulatur bei Patient 45 läßt sich am ehesten durch das Einsetzen des Hirnspatels erklären. Das über die Unterarmflexoren abgeleitete MAP zeigte während der gesamten Operationsdauer keine signifikanten Veränderungen. Nach Lösen der Retraktion kam es innerhalb von 10 Minuten zu einer Erholung des Potentials.

| Pat.Nr.: | Ableitort | Amplitudenveränderung | |
|-----------|---------------|----------------------------------|-----------------|
| 45 | Thenar | reversibler Signalverlust | p<0,1 |

Tabelle 45: Patient der Kontrollgruppe mit reversibler signifikanter Amplitudenveränderung

In der *Paresegruppe* kam es in 1 Fall (6,7%) zu einer signifikanten Amplitudenveränderung.

1 reversibler Signalverlust eines Muskels (6,7% der Fälle)
(Patient 13)

zu 1: reversibler Signalverlust eines Muskels

Während der Operation der 68 jährigen Patientin mit der Diagnose eines Glioblastoms (Patient 13) kam es unmittelbar nach dem Einsetzen des Hirnspatels zu einer Reduktion der MAP-Amplitude aus der Quadriceps-Muskulatur. Die gleichzeitige Ableitung aus der Thenarmuskulatur blieb davon unberührt. Nach Lösen der Retraktion kam es innerhalb von Minuten zu einer Erholung der Potentiale.

| Pat.Nr.: | Ableitort | Amplitudenveränderung | |
|-----------|-------------------|----------------------------------|-----------------|
| 13 | Quadriceps | Reversibler Signalverlust | p<0,1 |

Tabelle 46: Patient der Paresegruppe mit reversibler signifikanter Amplitudenveränderung

4.7.3 Veränderungen der Potentialbreite

Ebenso wie bei den Latenzen und Amplituden wurden auch bei den Potentialbreiten eine individuelle Streuung der Meßergebnisse beobachtet. Diese Streuung war allerdings im Vergleich zu den Latenzen sehr groß. So lag z.B. der Mittelwert der individuellen Verlängerung der Potentialbreiten aus der Thenarmuskulatur bei 20,21 ms ($\pm 16,71\%$). Weder bei den Verlängerungen der Potentialbreite, noch bei den Verkürzungen konnten sowohl in der Kontroll-, als auch in der Paresegruppe von der individuellen Streubreite signifikant abweichende Meßergebnisse festgestellt werden.

4.8 Klinischer Verlauf in Kontroll- und Paresegruppe

Neben der Eingangsuntersuchung wurden die Patienten beider Gruppen am 1. postoperativen Tag und einem weiteren Zeitpunkt, der zwischen dem 7. und 14. postoperativen Tag lag, mittels des standardisierten Untersuchungsprotokoll (siehe Material und Methode Kapitel 3.1) untersucht. Diese drei Untersuchungen für jeden Patienten der Studie erlauben eine individuelle Verlaufsbeobachtung des neurologischen Kraftstatus und somit das Erkennen von Veränderungen des klinischen Befundes innerhalb des gegebenen Zeitraums.

In dieser Studie werden zwei Arten der Veränderung im klinischen Verlauf beschrieben:

- 1 die *reversible* und
- 2 die *irreversible* Veränderung des klinischen Verlaufs.

Eine *reversible* Veränderung ist gekennzeichnet durch ein Abweichen der Befunde am 1. postoperativen Tag von denen, die bei der Eingangsuntersuchung diagnostiziert wurden. Bei der dritten standardisierten Untersuchung zeigte sich jedoch ein klinisches Bild, welches mit dem bei der Eingangsuntersuchung identisch war, d.h. die Veränderungen waren lediglich temporärer Natur. Von einer *irreversiblen* Veränderung wird gesprochen, wenn die Befunde auch bei der dritten Untersuchung nicht denen der Eingangsuntersuchung entsprechend sind.

Alle 36 Patienten der Kontrollgruppe zeigten per definitionem präoperativ keine Einschränkungen im Hinblick auf den neurologischen Kraftstatus (Kraftgrade aller vier

Extremitäten gleich 5). Eine Veränderung im postoperativen klinischen Verlauf in bezug auf den Kraftstatus kann somit lediglich eine Verschlechterung sein (Kraftgrad einer oder mehrerer Extremitäten schlechter als 5). Bei 31 Fällen der Kontrollgruppe (86%) konnte bei der Entlassungsuntersuchung kein Defizit bezüglich der Kraft in den Extremitäten festgestellt werden. Bei 3 dieser 31 Fälle (9,7%) kam es aber während des stationären Aufenthaltes zu einer reversiblen Schwäche (Patient 45, 51 und 56). Als Ursache ist ein durch das Operationstrauma verursachtes Hirnödem anzusehen. Die neurologischen Schwächen aller drei Patienten besserten sich rasch unter antiödematöser Therapie. In 5 Fällen (13,9%) war eine irreversible Schwäche eines oder mehrerer Extremitäten durch die Entlassungsuntersuchung diagnostiziert worden (Patient 8, 10, 28, 37 und 49). Bei den Nachsorgeuntersuchungen konnte dann bei drei weiteren dieser Patienten eine deutliche klinische Besserung festgestellt werden. Abbildung 20 zeigt schematisch die Aufteilung der Kontrollgruppe nach dem klinischen Verlauf.

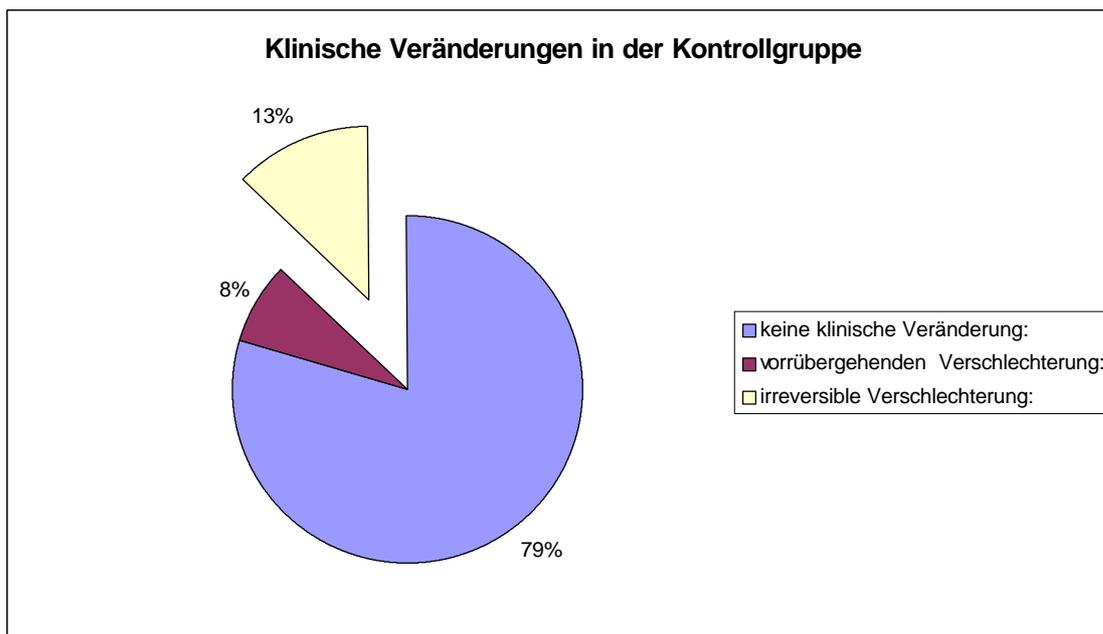


Abbildung 20: Prozentuale Anteile der verschiedenen klinischen Verläufe in der Kontrollgruppe (n=36)

Die Patienten der Paresegruppe zeigten bereits präoperativ ein Defizit bezüglich der neurologischen Kraft in einer oder mehrerer Extremitäten. Eine Veränderung konnte somit eine Verbesserung (Kraftgrad der zuvor geschwächten Extremität bessert sich) oder eine Verschlechterung (Kraftgrad der zuvor geschwächten Extremität verschlechtert sich) sein. In 12 der insgesamt 17 Fälle (70%) konnte eine anhaltende, über die Entlassung hinausgehende Verbesserung des neurologischen Status durch die Operation erreicht werden. Bei 4 Patienten (24%) konnte keine Veränderung beobachtet werden, und im Fall von Patient 5 wurde eine Verschlechterung der linksseitigen Hemiparese diagnostiziert. Abbildung 21 faßt diese Ergebnisse grafisch zusammen.

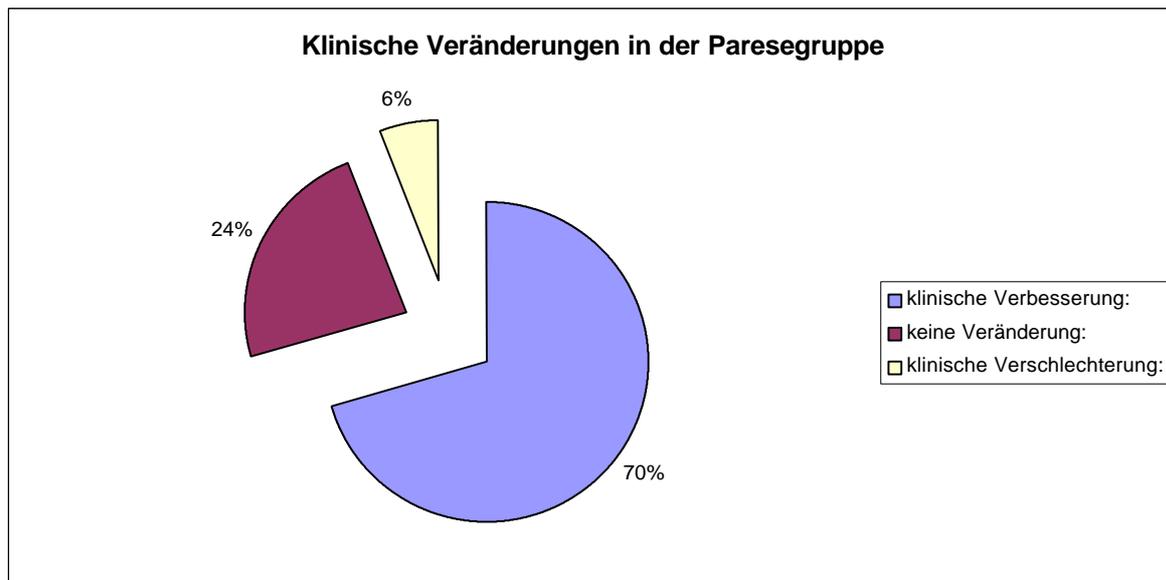


Abbildung 21: Prozentuale Anteile der verschiedenen klinischen Verläufe in der Paresegruppe (n=17)

4.9 Korrelation zwischen Klinik und MAP-Veränderung

In 31 Fällen der Kontrollgruppe konnte bei Entlassung keine Veränderung des neurologischen Status beobachtet werden. In 3 dieser 31 Fälle (9,7%) kam es zu einer reversiblen Latenzverlängerung (Patient 16, 24 und 34) und in einem Fall (3,2%) zu einem kompletten Signalverlust (Patient 30). Die Latenzverlängerung ließ sich am ehesten durch den Einsatz des Hirnspatels erklären (siehe Kapitel 4.7.1). Der komplette Signalverlust wurde operationstechnisch durch die Dislokation der kleinen Stimulationselektrode verursacht (siehe Kapitel 4.7.2). Die 5 beschriebenen Fälle der Kontrollgruppe (13,9%), die auch bei Entlassung noch im Vergleich mit dem präoperativen Status neurologische Schwächen aufwiesen, zeigten in 2 Fällen (Patient 8 und 37) signifikante MAP-Veränderungen. Bei Patient 8 (siehe Kapitel 4.7.2) kam es zu einem kompletten irreversiblen Signalverlust, obwohl der korrekte Sitz und Funktion der Stimulationselektrode geprüft wurde. Patient 37 zeigte perioperativ eine spontane Verlängerung der Latenz, die bis zum Ende der Operation anhielt.

| Art der Veränderung | Klinik | Patient |
|--------------------------------------|--------------------------|-----------|
| Reversible Latenzverlängerung | keine Veränderung | 16 |
| Reversible Latenzverlängerung | keine Veränderung | 24 |
| Reversible Latenzverlängerung | keine Veränderung | 34 |
| Kompletter Signalverlust | keine Veränderung | 30 |

Tabelle 47: Patienten der Kontrollgruppe (n=36) ohne Veränderungen des postoperativen neurologischen Status, aber mit signifikanten MAP-Veränderungen

| Art der Veränderung | Klinik | Patient |
|--|--------------------------------------|-----------|
| Kompletter Signalverlust | irreversible Verschlechterung | 8 |
| Irreversible Latenzverlängerung | irreversible Verschlechterung | 37 |
| Signalverlust für Muskel | reversible Verschlechterung | 45 |

Tabelle 48: Patienten der Kontrollgruppe (n=36) mit Veränderungen des postoperativen neurologischen Status und mit signifikanten MAP-Veränderungen

In der Paresegruppe zeigte sich ein relativ ähnliches Bild wie in der Kontrollgruppe. So kam es bei den insgesamt 12 Fällen, die sich postoperativ als klinisch gebessert präsentierten, in 2 Fällen (16,7%) perioperativ zu einem kompletten Signalverlust (Patient 35 und 41) und in einem Fall zu einem reversiblen (Patient 13). Im Fall von Patient 44 kam es intraoperativ zu einer Latenzzeitverkürzung. Analog zu den Fällen der Kontrollgruppe waren auch in der Paresegruppe eine Elektrodendislokation ursächlich für den kompletten Signalverlust (siehe Kapitel 4.7.2). Der reversible Signalverlust bei Patient 13 setzte unmittelbar nach dem Einsetzen des Hirnspatels ein. Nach Lösen der Retraktion erholte sich das Potential wieder rasch. Zu Patient 44 siehe Kapitel 4.7.1.

| Art der Veränderung | Klinik | Patient |
|--------------------------------------|----------------------------------|-----------|
| Reversibler Signalverlust | Irreversible Verbesserung | 13 |
| Kompletter Signalverlust | Irreversible Verbesserung | 35 |
| Kompletter Signalverlust | Irreversible Verbesserung | 41 |
| Irreversible Latenzverkürzung | Irreversible Verbesserung | 44 |

Tabelle 49: Patienten der Paresegruppe (n=17) mit Veränderung des postoperativen neurologischen Status und mit signifikanten MAP-Veränderungen

Der Patient 5 der Paresegruppe als einziger Patient mit einer klinischen Verschlechterung, zeigte bei der Auswertung der intraoperativen Meßergebnisse keine signifikanten MAP-Veränderungen, die auf den postoperativen Verlauf schließen ließen. Bei den Patienten 2 und 9, die beide keine Veränderung des neurologischen Status im postoperativen Verlauf aufwiesen, konnte ebenso keine signifikanten MAP-Veränderungen festgestellt werden. Die Patienten 53 und 58 zeigten bei der Aufnahmeuntersuchung große Defizite in bezug auf die grobmotorische Stärke (Patient 53: hochgradige armbetonte Hemiparese rechts; Patient 58: Hemiplegie rechts). Ein Mapping und Monitoring beider Patienten war nicht möglich (siehe Kapitel 5.7). Postoperativ kam es zu keiner Änderung der neurologischen Klinik.