

J. Buchmann^{1,4} · K. Wende^{2,4} · D. Ihracky³ · G. Kundt³ · F. Häbeler¹

¹ Klinik und Poliklinik für Kinderneuropsychiatrie/Psychotherapie des Kinder- und Jugendalters, für Nervenheilkunde, Universität Rostock

² Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin, Universität Rostock

³ Institut für Medizinische Informatik und Biometrie, Universität Rostock

⁴ Ärztesgesellschaft Manuelle Medizin – Berliner Seminar e. V.

Gezielte manualmedizinische Untersuchung der Kopfgelenke

vor, während und nach einer Intubationsnarkose mit vollständiger neuromuskulärer Blockade*

Zusammenfassung

Wir untersuchten 89 Patienten unter einer Intubationsnarkose einschließlich Aufhebung der neuromuskulären Überleitung auf Blockierungen der Kopfgelenke. Fragestellung war, ob der Nachweis einer vertebralen hypomobilen Dysfunktion abhängig ist vom Spannungszustand der segmental zugehörigen Muskulatur dieser Gelenke. Da segmentale Einflüsse auf das untersuchte Gelenk ausgeschaltet waren, konnten wir die gestörte Bewegungsfunktion als alleiniges Kriterium der Blockierung während der Untersuchung in Narkose isoliert prüfen. Die vollständige Muskelrelaxation als Voraussetzung der orotrachealen Intubation erfolgte mit einem nicht depolarisierenden Muskelrelaxans. Reversible hypomobile Funktionsstörungen fanden sich am häufigsten für die Seitneigung und die Retroflexion im Segment O/C1. Sowohl vor als auch während der vollständigen neuromuskulären Blockade ließen sich in der überwiegenden Zahl der Untersuchungen (89,1 %) dieselben Einschränkungen des Gelenkspiels nachweisen. Zu 10,9 % wurden vor Gabe des Muskelrelaxans nachweisbare Gelenkspieleinschränkungen unter aufgehobener neuromuskulärer Überleitung nicht mehr gefunden. Verschiedene Denkmodelle für die Interpretation unserer Ergebnisse werden vorgestellt. Wir vermuten, daß die Störung einer einzelnen Komponente des metamer gegliederten Segments der artikulären Dysfunktion zugrundeliegt. Diese Störung breitet sich nach Überschreiten der spinal segmentalen Hemmung im Segment aus. Im zeitlichen Verlauf kann das u. a. zum klinischen Befund einer Gelenkspieleinschränkung mit Spannungserhöhung der segmental zugehörigen Muskulatur führen. Dem folgend wäre der Begriff

der „artikulären Dysfunktion“ durch den der „segmentalen Dysfunktion“ zu ersetzen und als Zunahme der nozizeptiven Affferenz im Segment über die Zeit mit Überschreiten der spinalen segmentalen Hemmschwelle zu definieren. Basierend auf dem Modell des gestörten nervös-reflektorischen Funktionskreises ließen sich zunächst manualmedizinische Muskelrelaxationstechniken zur Behandlung empfehlen. Die Indikation zur Manipulation ist zu beurteilen, wenn es zu Rezidiven kommt. Der primäre Einsatz der Manipulation scheint erfolversprechender, birgt aber im Bereich der Kopfgelenke bei fehlerhafter Technik die Gefahr schwerwiegender neurologischer Komplikationen.

Schlüsselwörter

Kopfgelenke · Blockierung · Reversible artikuläre hypomobile Funktionsstörung · Artikuläre Dysfunktion · Segmentale Dysfunktion · Neuromuskuläre Blockade · Nervös-reflektorischer Funktionskreis · Manipulation

Zum Substrat der Gelenkblockierung gab und gibt es eine Reihe von Arbeitshypothesen und Theorien, meist wird sie als gestörtes „Gelenkspiel“ („joint play“) aufgefaßt [2–4, 12, 16, 17, 19].

Lewit meint, daß „die Blockierung primär im Gelenk selbst sitzt“ [9, 10] und betont den pathogenetischen Einfluß der Muskulatur. Auch eine jüngst erschienene Arbeit faßt die meisten Blockierungen als Gelenkfunktionsstörung auf [7]. Ein der Kybernetik entlehntes Modell diskutiert, daß eine Blockierung an der Wirbelsäule 2 Phä-

nomene beinhaltet: mechanische Funktionsstörung des kleinen Wirbelbogensgelenks und Störung seiner nerval-reflektorischen Funktion [11, 17]. Unter letzterem wird, basierend auf der Metamerie des menschlichen Körpers, im folgenden eine Störung im Segment verstanden. Eine darüber hinaus allgemein anerkannte Definition der Blockierung existiert nicht.

Die Gelenkblockierung kann nach Wolff [17] primär als Störung des Gelenkspiels in Antwort auf einen nozizeptiven Dauerreiz aus dem Gelenk selbst und sekundär durch Beeinträchtigung des nerval-reflektorischen Regelkreises als Reaktion auf einen nicht aus dem Gelenk stammenden nozizeptiven Reiz entstehen. Diese Blockierung äußert sich an den kleinen Wirbelgelenken als reversibel gestörte Einschränkung der Bewegungsfunktion, weiter als „lokale segmentale Irritation“ der autochthonen Muskeln und als „periphere segmentale Reaktion“ der peripheren Muskeln [11]. Letztlich resultiert immer eine Änderung des Spannungszustandes der segmental zugehörigen Muskulatur.

Davon ausgehend ist die Frage von praktischer Bedeutung, ob sich Blockierungen der kleinen Wirbelgelenke auch unabhängig vom Spannungszustand

* Die Ergebnisse dieser Studie wurden während der 3. Arbeitstagung „Motodiagnostik-Mototherapie“, 2.–4. 10. 1997, in Jena vorgetragen

Dr. J. Buchmann
Klinik für Kinder- und Jugendneuropsychiatrie
am Zentrum für Nervenheilkunde der Universität
Rostock, Gehlsdorfer Straße 20, D-18147 Rostock

J. Buchmann · K. Wende · D. Ihracky ·
G. Kundt · F. Häßler

Investigation of the head joints before, during and after an anesthesia with complete neuromuscular blockade

Summary

To determine whether a somatic dysfunction of head joints depends from segmental muscle strain, we investigated 89 patients before, during and after general anesthesia. We examined the disturbed joint motion as exclusive criterion for a somatic dysfunction, because through an anesthesia with endotracheal intubation including complete neuromuscular blockade segmental influences on the inspected joint were eliminated. For complete muscle relaxation as required for orotracheal intubation a non depolarizing muscle relaxant was used. Somatic dysfunctions were found most frequent for side-inclination and retroflexion in segment O/C₁. Both before as well as during complete neuromuscular blockade could be found in the majority of examinations (89,1%) similar restraints of joint motions. To 10,9% were found, that somatic dysfunctions established before the muscle relaxant was applied, were no more demonstrable under complete blockade of neuromuscular transmission. Different theoretical models are presented for the interpretation of our results. We assume, that the disturbance of one component of the metamer organized segment is the basic phenomenon of somatic dysfunction. This disturbance break through the spinal segmental inhibition and expand into the segment. Subsequently we discuss to replace the term "somatic dysfunction" through "segmental dysfunction" and to define it as increasing of nozizeptive afference in the segment over a determined period of time with breakthrough of the spinal segmental inhibition threshold. Based on the model of disturbed neural – reflex functional circle we recommend for treatment at first chiropractic muscle relaxing techniques. The indication for manipulation is to be judged in case of rezidivation. The primary employment of manipulation appears promising, includes however in the area of head joints at faulty technology the danger of serious neurological complications.

Key words

Head joints · Somatic dysfunction · Segmental dysfunction · Blockade of neuromuscular transmission · Nervously-reflex functional circle · Manipulation

der segmental zugehörigen Muskulatur nachweisen lassen.

Methodik

Im Zeitraum 12. 9. 1995–6. 5. 1996 untersuchten wir 89 Patienten vor, während und nach einer Intubationsnarkose. Beide Untersucher (Erst- und Zweitautor) untersuchten unabhängig voneinander. Am Tag vor der Intubationsnarkose erfolgte die Anamneseerhebung. Vor Narkosebeginn, nach erfolgter Narkotisierung, Relaxation, Intubation und sowie mindestens 8 h und maximal 24 h nach Narkoseausleitung wurden 6 Untersuchungen durchgeführt:

1. Anteflexion O/C₁ – Rückenlage,
2. Seitneige O/C₁ links – Rückenlage in spannungsfreier Rotationsstellung,
3. rechts – Rückenlage in spannungsfreier Rotationsstellung,
4. Seitnicken C₁/C₂ links – Rückenlage,
5. rechts – Rückenlage,
6. Retroflexion O/C₁ – Rückenlage.

Die verwendeten Techniken richteten sich nach denen in Sachse u. Schildt-Rudloff [14] angegebenen.

Um die Frage zu klären, welche Störungen des Gelenkspiels sich unter Aufhebung der neuromuskulären Überleitung stabil verhalten und welche eher nicht, unterzogen wir unsere Daten einer statistischen Analyse. Als Testverfahren wählten wir den Cochran-Test mit anschließendem Vergleich der Kontraste (Prüfgröße $Q > 5,99$ für alle 3 Untersuchungszeitpunkte, $Q > 3,84$ für 2 Untersuchungszeitpunkte) für die Prüfung von mehr als 2 abhängigen Stichproben mit binären Daten, um auch die Untersuchung nach der Narkose mit einzubeziehen. Das Konfidenzintervall wurde mit 5% gewählt ($p < 0,05$). Ob nach Intubationsnarkose vermehrt Kopfgelenksblockierungen auftreten, wurde als Zweitvariable geprüft.

Die erste zu prüfende Hypothese lautete: Im Vergleich finden sich vor und während einer Narkose mit Aufhebung der neuromuskulären Überleitung keine signifikanten Unterschiede bei der Prüfung des Gelenkspiels in den untersuchten Segmenten.

Die zweite zu prüfende Hypothese lautete: Nach Intubationsnarkose finden sich nicht mehr Kopfgelenksblockierungen im Vergleich zu vorher.

Ergebnisse

Von insgesamt 119 vor der Narkose bestehenden Blockierungen fanden sich während der Aufhebung der neuromuskulären Überleitung 106 (89,1%) wieder, bei 13 Patienten (10,9%) ließ sich unter Narkosebedingungen keine Blockierung mehr nachweisen. Sieben Patienten zeigten während der Narkose Blockierungen, die in der Voruntersuchung nicht auffielen. Die genaue Verteilung der Blockierungen vor, während, nach der Narkose zeigt Abb. 1.

Die Aufschlüsselung der gefundenen Blockierungen auf die Segmente und die Ergebnisse der statistischen Analyse sind in Tabelle 1 dargestellt.

Keine der Veränderungen zeigte statistische Signifikanz im Vergleich vor gegen während der Narkose (Qv-w). Damit wurde die ersten Nullhypothese bestätigt. Störungen der Anteflexion und der Retroflexion O/C₁ traten signifikant häufiger nach der Intubationsnarkose auf (Qv-w-n; $p = 0,003$ für die Anteflexion und $p = 0,0008$ für die Retroflexion). Damit ist die zweite Nullhypothese zu verwerfen. Die deutlich häufigeren Anteflexions- und Retroflexionsstörungen nach der Narkose ließen sich durch die erzwungene Halswirbelsäulenstellung während der Intubationsnarkose erklären.

Diskussion

Wir gingen davon aus, daß durch Narkose und Muskelrelaxans neurale und muskuläre Anteile des untersuchten Segments nicht funktionsfähig waren. Damit ließ sich der Gelenkausschlag des kleinen Wirbelgelenks isoliert untersuchen. In der Literatur fanden wir dazu nur 2 Quellen ([10] bzw. [9] und [7]). Die einzige ähnlich angelegte andere Untersuchung befaßte sich mit dem Vergleich der Blockierungsrate

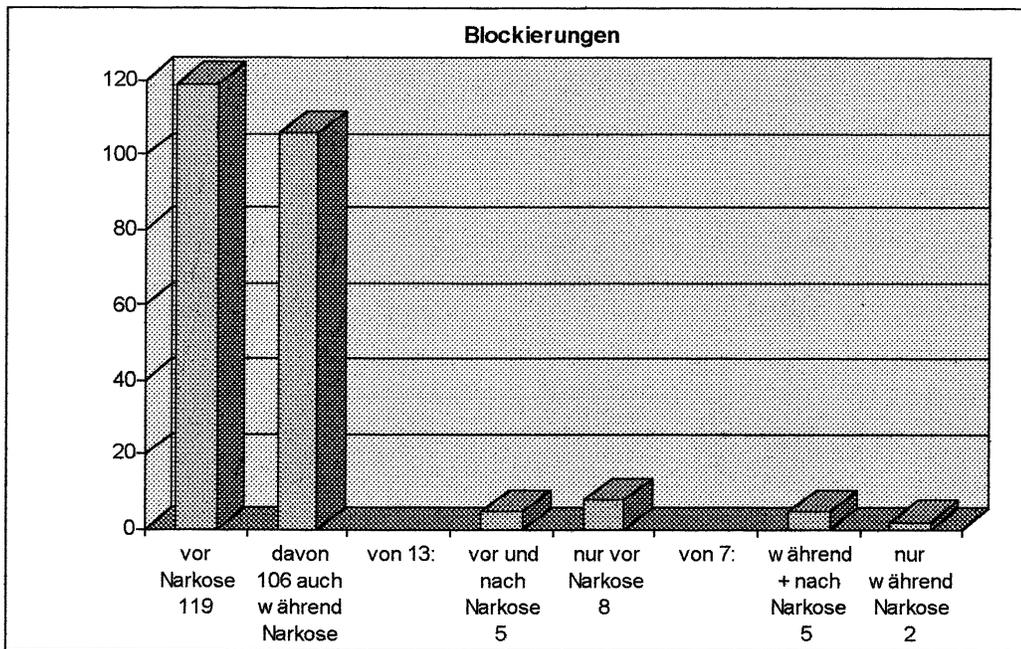


Abb. 1 ▲ Verteilung und Kombination der Blockierungen vor, während, nach der Intubationsnarkose mit vollständiger neuromuskulärer Blockade

vor und nach orotrachealer Intubation [6], die Nachuntersuchung präanarkotisch gefundener Blockierungen zeigte bei lediglich 8 von 50 untersuchten Patienten unter Narkose keinen Blockierungsbefund mehr [7]. Leider wurde in dieser Publikation nicht aufgeschlüsselt, in welchen Segmenten der HWS die Störungen gefunden wurden. Gelenkspielbeeinträchtigungen, die nur während oder nach der Narkose auftraten, wurden nicht nachgewiesen.

Lewit [9] beschreibt den unveränderten Befund der Blockierung bei 10 Patienten vor und während der Narkose. Die Untersuchung fand viel Beachtung, bewies sie doch die Unabhängigkeit der eingeschränkten Beweglichkeit des untersuchten Gelenks vom Einfluß des Spannungszustandes der zugehörigen Muskulatur. Verwendung als Muskelrelaxans fand Succinylcholinjodid, ein Depolarisationsblocker. Von diesen Muskelrelaxanzien ist bekannt, daß sie durch Überflutung der postsynaptischen Membran zunächst zu einem kurzzeitigen Muskeltonusanstieg und zu Faszikulationen führen, bevor es durch die Rezeptorenblockade zur vollständigen Relaxation kommt. Legt man als Denkmodell die Wolffschen [17] und Neumannschen [11] Überlegungen der Blockierungsentste-

hung durch Störung des nerval-reflektorischen Regelkreises zugrunde, wäre es denkbar, daß durch die Gabe des Relaxans selbst Blockierungsphänomene ausgelöst werden. Damit ließe sich das Ergebnis der Untersuchung Lewits in Frage stellen. Um diesem Einwand zu entkräften, erhielten die von uns untersuchten Patienten alle ein nichtdepolarisierendes Muskelrelaxans.

Die Ergebnisse unserer Studie bestätigen zu großen Teilen das von Lewit [9, 10] beschriebene Phänomen der weiterbestehenden Beeinträchtigung des Gelenkspiels auch unter der Bedingung der Vollnarkose mit vollständiger Blockade der neuromuskulären Überleitung. Die Aussage Lewits „Wir können also mit Gewißheit behaupten, daß die Blockierung im Gelenk selbst sitzt“ [10] (S. 32) läßt sich in dieser apodiktischen Form jedoch nicht aufrechterhalten, legt man unsere Ergebnisse zugrunde. Es fanden sich in der Voruntersuchung auch Blockierungen, die während der Narkose nicht nachweisbar waren. Von diesen 13 Blockierungen, die unter der Narkose nicht mehr bestanden, waren 5 nach der Narkose wieder vorhanden, 8 nicht. Unter der Annahme, daß der Palpation von Gelenkspspielbeschränkungen immer eine Kombination von muskulärem Span-

nungsphänomen und tatsächlicher Verringerung des Gelenkbewegungsauschlages zugrundeliegt, ließe sich die Hypothese aufstellen, daß ein Teil der Blockierungen zunächst muskulär bedingt sind und nach Überschreiten einer spinalen segmentalen Hemmung [18] spinal repräsentiert werden und das Gelenk mit einbeziehen. Der zeitliche Übergang zwischen den Phasen dürfte kurz sein, die meisten von uns gefundenen Blockierungen (106) wiesen eine Einschränkung des Gelenkspiels auch unter Narkose auf. Wird oben genannte Hypothese akzeptiert, wären die nach Narkose wieder auftretenden 5 Blockierungen bereits spinal repräsentiert, die 8 anderen nicht.

Die 7 unter der Narkose neu aufgetretenen Blockierungen wären dann als primäre Gelenkstörungen aufzufassen, die noch zu keiner palpablen Spannungsänderung der segmentalen Muskulatur geführt hatten. Die 5 von diesen 7 auch nach der Narkose weiterbestehenden Blockierungen hätten die spinale segmentale Hemmschwelle überschritten und wären wieder bereits spinal repräsentiert, die 2 anderen nicht.

Faßt man das Blockierungsphänomen als segmentale Störung auf, lassen sich also 2 Verläufe einer Blockierung annehmen. Zum einen kann es durch primäre Störung im Gelenk über die Zunahme des spinalen nozizeptiven Einstroms bei Überschreitung einer Schwelle, der sog. spinalen segmenta-

Tabelle 1

Blockierungen vor, während, nach einer Intubationsnarkose mit Aufhebung der neuromuskulären Überleitung Q, Cochran-Wert gesamt; Q_p, p-Wert von Q; Qvw-n, Cochran-Wert vor/während gegen nach; Qvw-n_p, p-Wert von Qdif; Qv-w, Cochran-Wert vor gegen während; Qv-w_p, p-Wert von Qdif

Segment	vor	während	nach	Q	Q _p	Qvw-n	Qvw-n _p	Qv-w	Qv-w _p
Anteflex O/C ₁	16	15	25	8,667	0,013	8,595	0,003	0,071	0,790
O/C ₁ links	31	27	33	1,600	0,449	0,914	0,339	0,686	0,408
O/C ₁ rechts	19	17	23	2,240	0,326	2,000	0,157	0,240	0,642
C ₁ /C ₂ links	16	17	13	1,529	0,465	1,441	0,230	0,088	0,767
C ₁ /C ₂ rechts	16	16	21	2,632	0,268	2,632	0,105	0,000	1,000
Retroflex O/C ₁	21	21	36	15,517	0,0004	15,517	0,00008	0,000	1,000

len Hemmung [18], zur Einschränkung des Bewegungsauschlages kommen. Diese Gelenkstörung führt reflektorisch zu Spannungsänderung der segmental zugehörigen Muskulatur. Zum anderen könnten zunächst allein Spannungsänderungen der segmentalen Muskulatur anderer Genese eine Beweglichkeitseinschränkung des Gelenkes bedingen. Der manuelle Untersuchungsbefund bliebe derselbe. Die in unserer Untersuchung prä-, jedoch nicht intranarkotisch nachweisbaren Blockierungen würden letzterem entsprechen.

Schwieriger zu interpretieren ist das Phänomen einer Beeinträchtigung des Gelenkspiels unter Narkosebedingungen, nicht aber präanarkotisch. Wahrscheinlich führt nicht jede primäre Gelenkstörung sofort zu reflektorischen Spannungsänderungen der Muskulatur. Eventuell sind die intra-, jedoch nicht präanarkotisch nachweisbaren Gelenkspielstörungen solche, die aufgrund noch fehlender segmentaler Muskelspannungsänderungen präanarkotisch in der Untersuchung nicht auffielen und deshalb nicht diagnostiziert wurden. Weitere Untersuchungen sind zur Klärung dieses Phänomens notwendig.

Wird das Modell des nerval-reflektorischen Funktionskreises nichtlinear aufgefaßt, bieten sich einfachere Erklärungsmöglichkeiten an. Unter nichtlinear wird die Abkehr von monokausalem Denken („eine Ursache ergibt eine Wirkung“) verstanden. Die neue Auflage des Buches von Wolff [17] enthält eine gut verständliche Einführung in diese Denkweise. Unsere Ergebnisse weitgefaßt interpretierend, ließe sich folgende Hypothese aufstellen:

Eine isolierte Störung einer der Einzelkomponenten des metamer gegliederten Segments, die die spinale segmentale Hemmschwelle überschreitet, breitet sich im Segment aus und führt zu Befunden im System Myotom-Sklerotom-Dermatom-Enterotom, verbunden durch das Neurotom, die der manuellen Untersuchung zugänglich sind. In welcher zeitliche Reihenfolge welche Komponente auffällig wird, scheint intra- und interindividuell sehr verschieden sein. Es ist dabei nicht unterscheidbar, wo die primäre Störung sitzt. Allerdings erübrigt sich bei nichtlinearem Denkansatz und unter pragmatischen Kautelen eine solche Frage. Dem folgend wäre der Begriff der „artikulären Dysfunktion“ durch den der „segmentalen Dysfunktion“ (nach Wolff) zu ersetzen und als Zunahme der nozizeptiven Affferenz im Segment mit Überschreiten der spinalen segmentalen Hemmschwelle zu definieren. Diese segmentale Dysfunktion wäre dann spinal repräsentiert, jedoch durch die Wirkung der vom Hirnstamm absteigenden hemmenden Systeme noch nicht kortikal. Erst mit der kortikalen Repräsentation würde die segmentale Dysfunktion als schmerzhaft wahrnehmbar sein.

Folgende Phasen einer segmentalen Dysfunktion ließen sich hypothetisch beschreiben (s. auch [11] S. 10):

1. Störung einer Segmentkomponente (Sklerotom – Myotom – Dermatom – Enterotom, verbunden durch Neurotom), spinale segmentale Hemmung verhindert Ausbreitung auf das Segment.
2. Überschreiten der spinalen segmentalen Hemmung durch Zunahme der

nozizeptiven Affferenz über die Zeit, Ausbreitung der Störung auf das Segment (und Nachbarsegmente) mit resultierender nozizeptiver Reaktion.

3. Überlaufen der hemmenden Systeme des Hirnstamms, kortikale Repräsentation ⇒ Schmerz.

Dieser Denkansatz erklärt am sinnfälligsten unsere Untersuchungsergebnisse, wenn die Zeitintervalle zwischen den einzelnen Entwicklungsphasen einer so postulierten segmentalen Dysfunktion genügend groß sind.

Die Therapie einer Komponente des Regelkreises verspricht dann durchaus Erfolg. So wissen wir, daß eine Fazilitationstechnik oder eine postisometrische Relaxation schnell zu einer Spannungssenkung der behandelten Muskulatur führt. Die segmentale Dysfunktion scheint behandelt. Oftmals ist das ausreichend. Liegt jedoch bereits eine Veränderung der spinalen Repräsentation vor, wird der erreichte Erfolg nur kurzfristig sein. Die hohe Rezidivquote von segmentalen Dysfunktionen ließe sich so interpretieren.

Schlußfolgerung

Eine exakte Beschreibung der pathophysiologischen Grundlagen der segmentalen Dysfunktion ist auch weiterhin nicht möglich. Unsere Ergebnisse zeigen, daß Blockierungen der kleinen Wirbelgelenke in der übergroßen Anzahl (89,1%) eine auch unter Ausschaltung segmentaler Einflüsse weiterbestehende Beeinträchtigung des Bewegungsauschlages des Gelenks beinhalten. Die Beantwortung der sich daraus ergebenden Frage, ob eine nur über die Muskulatur wirkende Therapie die Gelenkstörung beseitigt, bliebe einer weiteren Untersuchung vorbehalten. Eine Manipulation scheint mehrere Komponenten des behandelten Segments gleichzeitig zu erreichen. Durch den Impuls kommt es zur gezielten Wiederherstellung der eingeschränkten Beweglichkeit des Gelenks und gleichzeitig zur Spannungssenkung der zugehörigen Muskulatur. Der primäre Einsatz der Manipulation erscheint damit erfolgversprechender [1], birgt aber im Bereich der Kopfgelenke bei fehlerhafter Technik die Gefahr schwerwiegender neurologischer Komplikationen [5, 8, 13, 15].

Ausgehend von unseren Untersuchungsbefunden schlagen wir vor, zur Behandlung segmentaler Störungen der Wirbelsäule zunächst Techniken einzusetzen, die primär über das Myotom und/oder das Dermatome wirken. Sind diese erfolglos oder kommt es zu Rezidiven, ist die Indikation zur Manipulation zu beurteilen.

Literatur

- Ben-David B, Raboy M (1994) **Manipulation under anesthesia combined with epidural steroid injection (abstract)**. J Manipulative Physiol Ther 17: 605–606
- Cyriax J (1969) **Textbook of orthopaedic medicine**. Bailliere Tindal, London
- Dvorak J, Dvorak V (1983) **Manuelle Medizin Diagnostik**. Thieme, Stuttgart New York
- Dvorak V, Dvorak J (1994) **Manuelle Medizin: Entwicklung, Erkenntnisse, Eingeständnisse und Zukunft**. In: Kügelgen B (Hrsg) Neuroorthopädie. Springer, Berlin Heidelberg New York
- Frumkin LR, Baloh RW (1990) **Wallenberg's syndrome following neck manipulation**. Neurol 40: 611–615
- Goldmann R, Bornscheuer A, Kirchner E (1996) **Auswirkungen von Intubation und direkter Laryngoskopie auf Halswirbelsäule und Kiefergelenke**. Anästhesiol Intensivmed 2: 87–90
- Goldmann R, Bornscheuer A, Kirchner E (1997) **Gelenkblockierungen und gestörtes Gelenkspiel unter Muskelrelaxation**. Manuel Med 35: 56–58
- Krieger D, Leibold M, Brückmann H (1990) **Dissektion der Arterie vertebralis nach zervikalen chiropraktischen Maßnahmen**. Dtsch Med Wochenschr 115: 580–583
- Lewit K (1968) **Beitrag zur reversiblen Gelenkblockierung**. Z Orthop Grenzgeb 105: 150–158
- Lewit K (1997) **Manuelle Medizin**. Barth, Leipzig Heidelberg
- Neumann H-D (1995) **Manuelle Medizin. Eine Einführung in Theorie, Diagnostik und Therapie**. Springer, Berlin Heidelberg New York
- Palmer SG (1933) **The subluxation specific – the adjustment specific**. Davenport, Iowa
- Peters M, Bohl J, Thömke F, Kallen K-J, Mahlzahn K, Wandel E, Meyer zum Büschenfelde K-H (1995) **Dissection of the internal carotid artery after chiropractic manipulation of the neck**. Neurol 45: 2284–2286
- Sachse J, Schildt-Rudloff K (1997) **Wirbelsäule: Manuelle Untersuchung und Mobilisationsbehandlung**. Ullstein Mosby, Berlin
- Sturzenegger M (1993) **Dissektion der Arteria vertebralis nach Manipulation der Halswirbelsäule**. Schweiz Med Wochenschr 123: 1389–1399
- Wolf J (1969) **Die Chondrosynovialmembran als einheitliche Auskleidungshaut der Gelenkhöhle mit Gleit- und Barrierefunktion**. Manuel Med II: 25
- Wolff H-D (1996) **Neurophysiologische Aspekte des Bewegungssystems**. Springer, Berlin Heidelberg New York
- Zimmermann M (1993) **Physiologische Grundlagen des Schmerzes und der Schmerztherapie**. In: Zenz M und Jurna I (Hrsg) Lehrbuch der Schmerztherapie. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart
- Zuckschwerdt L, Emminger E, Biedermann F (1960) **Wirbelgelenk und Bandscheibe**. Hippokrates, Stuttgart