

## Zusammenfassung

- Bandscheibenpathologien umfassen interne Bandscheibenrupturen, intradiskale Massenverschiebungen oder Bandscheibenvorfälle.
- Die Bandscheibe kann einen Schmerz in entfernte Areale übertragen (z.B. Thorax, Unterarm oder Gesicht).
- Das Zentralisationsphänomen ist ein wichtiges Kriterium für die weitere Behandlungsplanung (schnelle oder langsame Progression).
- Der Upper-Limb-Neural-Tension-Test und der Spurling-Test eignen sich, um Radikulopathien zu erkennen bzw. auszuschließen.
- Patienten mit Zentralisationsphänomen haben eine gute Prognose und können mit einer von Wundheilungsphasen unabhängigen, schnellen Progression behandelt werden.
- Patienten ohne Zentralisationsphänomen sollten einem konservativen Behandlungsversuch unterzogen werden. Ist dieser nicht erfolgreich, stehen diverse operative Verfahren zur Verfügung.
- Die Diskektomie, die Versteifung eines oder mehrerer Segmente und Bandscheibenprothesen zeigen ein gutes Nachbehandlungsergebnis (Schmerzreduktion, Patientenzufriedenheit, Neck Disability Index).
- Für Bandscheibenprothesen sind noch keine Langzeitergebnisse verfügbar.

## 1.5 Schleudertrauma (WAD – whiplash-associated disorders)

Jeder überwiegend orthopädisch-chirurgisch arbeitende Therapeut kommt regelmäßig mit sogenannten Schleudertraumapatienten in Kontakt und stößt dabei nicht selten an seine Grenzen. Dies ist einerseits durch das oft verwirrende Symptombild zu erklären und andererseits durch die nach wie vor fehlenden Standards für die Untersuchung dieser Patientengruppe zu erklären. In den 1990er-Jahren machte sich eine Arbeitsgruppe um Spitzer auf, diese Lücke zu schließen, und formulierte Definitionen und hilfreiche klinische Einteilungen (Spitzer et al. 1995).

Im internationalen Sprachgebrauch wird für das deutsche „Schleudertrauma“ der Begriff „whiplash-associated disorders“ (WAD, mit einem Peitschenknall assoziierte Krankheitsbilder, Übersetzung durch den Autor) verwendet. In dieser Begrifflichkeit ist ein Teil des Verletzungsmechanismus enthalten, denn die beschleunigte Halswirbelsäule nimmt in Abhängigkeit von den Begleitumständen (Kopfstütze oder Kopfposition) eine S-Form ein und gleicht damit dem Ende einer Peitsche.

Schleudertraumen können grundsätzlich durch jeden Sturz, Unfall oder Schlag verursacht werden. In diesem Buch wird aber insbesondere im Kapitel Biomechanik der Beschleunigungsverletzung im Auto eine besondere Bedeutung beigemessen. Im Gegensatz zu Tauchunfällen oder Stürzen vom Fahrrad steht hier eine ausreichende Anzahl von wissenschaftlichen Daten zur Verfügung. Die Anzahl von Krankenhausbesuchen durch Schleudertraumen hat in westlichen Industrienationen in den letzten Jahrzehnten sehr stark zugenommen. Vermutlich zeich-

nen sich dafür individuelle (persönliche) und soziale Faktoren sowie äußere Einflüsse, wie z.B. wirtschaftliche Zuwendungen, verantwortlich (Holm et al. 2008). Eine einfache Erklärung über die Zunahme des Verkehrs oder biomechanische Parameter (z.B. leistungstärkere Pkw) ist hierbei eher zweitrangig. Für das Verständnis von Verletzungsmustern sind biomechanische Untersuchungen dennoch sehr hilfreich und stehen daher im nächsten Kapitel im Vordergrund.

### 1.5.1 Biomechanik

Die Biomechanik von Schleudertraumen wurde von diversen Autoren genau untersucht. Der häufigste Fall ist eine Kollision von zwei Fahrzeugen, bei dem das hintere auf das vordere auffährt. Der Kopf des Fahrers des vorderen Pkw befindet sich dabei in Neutralstellung. Die im Weiteren beschriebenen Ereignisse beziehen sich dementsprechend auf solch einen Fall. Davon abweichende Kopfstellungen (z.B. Rotation oder Flexion) und Kräfteinwirkungen aus einer anderen Richtung müssen nicht zwangsweise dieses Muster aufweisen. Nach Castro et al. (1997) kann die Kinematik des beschleunigten Körpers in eine primäre und eine sekundäre Bewegung unterteilt werden.

#### Primäre Bewegung

Die primäre Bewegung wird durch die Kollision der beteiligten Fahrzeuge initiiert. Zunächst bewegt sich

der Sitz mit dem gesamten Fahrzeug auf den Rücken des Fahrers zu. Der Körper selbst weist in den ersten Millisekunden keine Bewegung auf. Sobald der Sitz Kontakt mit dem Rücken bekommt, wird der Körper nach vorn beschleunigt. Der Kopf verbleibt durch sein großes Eigengewicht zunächst an Ort und Stelle. Es kommt dadurch zu einer fast endgradigen Retraktion der Halswirbelsäule (Flexion der oberen und mittleren Segmente, Extension der unteren Segmente, **Abb. 1.48b**). Im weiteren Verlauf wird der gesamte Körper etwas nach kranial aus dem Sitz gehoben, eine Extensionsbewegung der zunächst flektierten oberen und mittleren Segmente wird eingeleitet und erreicht bei ca. 100–180 ms ihr Maximum (**Abb. 1.48c**, Vasavada et al. 2007, Cusick et al. 2001, Penning 1992a/b). In der Regel wird die Extensionsamplitude bei korrekt eingestellter Kopfstütze auf 20° anguläre Rotation limitiert und verbleibt in einem allenfalls mittleren Bewegungsbereich. Ohne Kopfstütze dagegen können endgradige Rotationen in der sagittalen Ebene auftreten. Die primäre Bewegung endet mit der maximalen Extensionsstellung (Castro et al. 1997, Vasavada et al. 2007, **Abb. 1.48**).

## Sekundäre Bewegung

Die gespeicherte Energie in den passiven und aktiven Geweben der Halswirbelsäule verursacht eine ebenso schnelle Gegenbewegung. Der Kopf und die Halswirbelsäule werden dabei nach vorn beschleunigt. Segmental befindet sich dabei die Halswirbelsäule zunächst in einer neutralen oder leicht flektierten Position (**Abb. 1.48d**). Nach Pearson et al. (2004) wirken zusätzlich starke Traktionskräfte nach kranial. Der Bewegungsimpuls des Oberkörpers wird letztlich durch den Gurt limitiert und verstärkt die Distraktionskraft zusätzlich. Nach mindestens 300 ms kommt der gesamte Körper in die Ausgangsposition zurück (Vasavada et al. 2007).

Mit einer Latenzzeit von einigen Zehntelsekunden kommt es zu einer Aktivierung der stabilisierenden Muskulatur. Welche Muskelgruppen wie stark und schnell aktiviert werden, hängt von der

Richtung, der Geschwindigkeit und der Intensität der einwirkenden Kraft ab (Kumar et al. 2004, 2005, 2007, Siegmund 2008a):

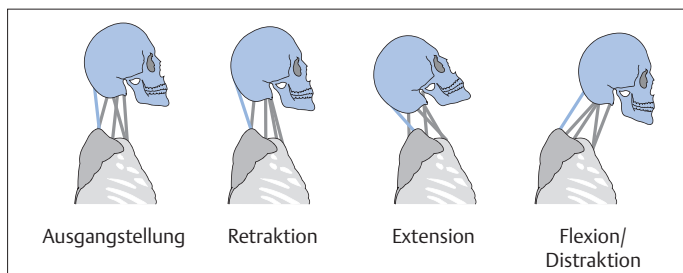
- Eine schnellere Beschleunigung geht mit einer früheren Aktivierung der stabilisierenden Muskulatur einher.
- Bei symmetrischer Kopfstellung kommt es annähernd zu einer symmetrischen Muskelreaktion. Asymmetrische Kopfstellungen (Kopffotation oder Lateralflexion) führen zu einer eher einseitigen Muskelaktivierung.
- Eine Krafteinwirkung von dorsal führt zu einer starken Aktivierung der Flexoren. Impulse von ventral werden überwiegend durch die Extensoren abgefangen. Von der Seite einwirkende Kräfte werden durch die kontralateralen Flexoren und Extensoren stabilisiert.
- Die Höhe der Aktivierung reicht von mittleren bis hin zu supramaximalen Intensitäten (60–179% MVC). Eine Traumatisierung von Muskelgewebe ist somit durchaus wahrscheinlich.
- Bei antizipierten Kollisionen ist die Muskelaktivität reduziert.

## 1.5.2 Pathogenese

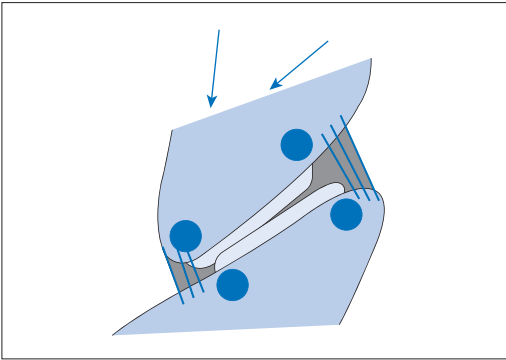
Die oben beschriebenen biomechanischen Gegebenheiten können in Abhängigkeit von der Intensität der einwirkenden Kräfte ausgeprägte Schäden in allen Anteilen der Halswirbelsäule produzieren.

## Facettengelenke

Nach Pearson et al. (2004) kommt es insbesondere während der Retraktionsphase in der unteren Halswirbelsäule zu einem Impingement der osteochondralen und meniskoiden Strukturen. Eine Traumatisierung mit anschließender Entzündung und Sensibilisierung der entsprechenden freien Nervenendigungen ist daher anzunehmen. Die Kapseldehnung ist in dieser Phase dagegen ventral am höchsten und



**Abb. 1.48** Primäre und sekundäre Bewegung des Kopfes und der Halswirbelsäule.



**Abb. 1.49** Verletzung der ventralen und dorsalen Anteile des Facettengelenks.

könnte dort Verletzungen verursachen (**Abb. 1.49**, Cusick et al. 2001, Sizer et al. 2001, Siegmund et al. 2008). Verstärkt wird die Kapselbelastung durch die an ihr inserierende Muskulatur. Die innige Verbindung der Mm. multifidii mit den kapsulären Ligamenten und die dadurch übertragene Kontraktionskraft allein könnte für eine Verletzung ausreichen (Winkelstein et al. 2000, Siegmund 2008a). Der Einfluss der Kopfstellung während des Traumas (z.B. Rotation) wird unterschiedlich beurteilt. Während Siegmund et al. (2008b) eine deutlich höhere Kapselspannung bei Rotationsstellung ermitteln und damit eine erhöhte Verletzungsgefahr diskutieren, kommen Kumar et al. (2005) zu gegensätzlichen Ergebnissen und Schlussfolgerungen. Deren Daten zufolge entsteht durch die Rotation eine stabilere Halswirbelsäule und damit eine geringere Verlagerung während der Beschleunigung bei gleichzeitig erhöhter Muskelspannung. Die Rotation könnte demnach sogar protektiven Charakter haben.

Bei massiven Kräften kann es zu Subluxationen bzw. Luxationen der Facettengelenke kommen. Diese sind immer mit ausgeprägten Schäden des Diskus und der stabilisierenden Ligamente verbunden und stellen in der Regel aufgrund der entstehenden Instabilität eine Operationsindikation dar (Nassr et al. 2008, Li et al. 2008).

## Bandscheibe

Die posterioren Scherkräfte in der Retraktionsphase führen in den hinteren Anteilen des Anulus fibrosus zu Spitzenbelastungen. Diese können im günstigen Fall zu Anulusrupturen führen. Nicht selten entstehen aber beim Schleudertrauma große Bandscheibenhernien mit Kompression der Nervenwurzeln oder des Rückenmarks. Auch hier sind die Segmente der unteren Halswirbelsäule und insbeson-

dere das Segment C5/6 häufiger betroffen. Sitte et al. (2009) konnten darüber hinaus intraoperativ ein ausgeprägtes Zellsterben feststellen. Bis zu 75% der Bandscheibenzellen waren nekrotisiert. Es ist daher nicht verwunderlich, dass diverse Autoren beim Schleudertraumapatienten eine beschleunigte Degeneration der Bandscheibe beobachten (Panjabi et al. 2004). Neben dem Bandscheibengewebe weisen Schleudertraumapatienten Einblutungen in den Unkovertebralgelenken auf (Jonson et al. 1991).

## Muskulatur

Die hohe Aktivierung der stabilisierenden Muskulatur kann zu Verletzungen führen. Nach Kumar et al. (2005) steigt die Wahrscheinlichkeit einer Muskelverletzung bei Aktivitäten über 100% der maximal willkürlichen Kontraktion stark an. Solche Werte werden nicht selten deutlich überschritten. Am häufigsten sind die Extensoren betroffen (Vasavada et al. 2007). Seltener sind die Berichte über eine Traumatisierung der tiefen Flexoren, aber Jonson et al. (1991) konnten postmortem prävertebrale Hämatome mit kompletten Rupturen der tiefen Flexoren finden. Nach Harnier et al. (2008) kann jede exzessive mechanische Belastung des Muskels eine akute Entzündung auslösen. Bei persistierenden Symptomen und Instabilitäten sollte also auch an eine Entzündung des M. longus colli gedacht werden. Die Patienten berichten dann von einem scharfen Nackenschmerz mit und ohne Kopfschmerz.

## Nerven- und Gefäßverletzungen

Die endgradige Flexion der oberen Halswirbelsäule während der Retraktionsphase führt zu einer übermäßigen Belastung der kranialen Nervenwurzeln und kann einen neuropathischen Schmerz auslösen (Cusick et al. 2001).

Eine weitere Struktur, die während des Unfalls Schaden nehmen könnte, ist die A. vertebralis. Syme (2005) und Passatore et al. (2006) stellen diesbezüglich hochinteressante Thesen auf. Ihren Daten zufolge kommt es durch Mikroverletzungen der A. vertebralis zu einer Minderversorgung des Hirnstamms und damit zu einer Beeinträchtigung der Hirnstammfunktion. Die dadurch ausgelöste veränderte Kontrolle des autonomen Nervensystems könnte insgesamt zu einer Störung der Homöostase in den lebenswichtigen Körperorganen führen (Verdauungstrakt und Herz-Kreislauf-System). Selbst Asthma, Typ-2-Diabetes oder Bluthochdruck werden von diesen Gruppen als Spätfolgen eines Schleudertrau-

mas nicht ausgeschlossen. Dazu passend ermitteln Seric et al. (2000) auch 6 Monate nach dem Trauma noch eine gestörte Blutzirkulation im vertebrobasilären Regelkreis.

## Frakturen

Knochenbrüche kommen im Vergleich zu Weichteilverletzungen glücklicherweise seltener vor. Frakturen der oberen Halswirbelsäule (Dens und Lamina C1) sind aufgrund der Nähe zum Hirnstamm und den lebenswichtigen Zentren von besonderer Bedeutung. Jede Fraktur führt zu einer individuellen Nachbehandlung, die vom neurologischen Befund, der Aposition der Frakturstücke, der Stabilität des Segments und dem Weichteilstatus der übrigen Gewebe abhängig ist. Allgemeine, pauschale Schemata sind hier nicht indiziert.

### 1.5.3 Klinik

Für die Beschreibung der klinischen Symptomatik sind die Diskussionen in den vorangegangenen Kapiteln hilfreich. Wie oben beschrieben leidet der Schleudertraumapatient an einer Mischung aus verschiedenen Gewebeerletzungen. Deren Symptomatik (subjektiv und objektiv) ist in den Kapiteln 1.2 bis 1.4 ausführlich beschrieben. Zum Literaturstudium kann diesbezüglich auf die hervorragenden Arbeiten von Sterling et al. 2003b, Sjöstrom et al. 2003, Treleaven et al. 2006, 2008a, b und Elliot et al. 2006, 2008a verwiesen werden. Weitere Beachtung finden hier nur solche Symptome, die vorher unerwähnt blieben.

## Symptome

### Subjektiv

- Schleudertraumapatienten sind durch eine posttraumatische Stressreaktion gekennzeichnet. Dies kann sich durch positive Ergebnisse in speziell dafür entwickelten Fragebögen äußern (z. B. TAMPA Scale of kinesiophobia oder Impact of Events Scale – IES). Die psychische Belastung ist dabei mit dem Schmerz korreliert, d. h., weniger Schmerz führt auch zu einem weniger positiven Ergebnis im verwendeten Fragebogen (Sterling 2003a).
- „Herzrasen“, eine erschwerte Atmung oder Verdauungsstörungen sind gerade bei länger zurückliegenden Traumen zu beachten und können mit einer Minderversorgung der entsprechenden Hirnareale zusammenhängen (siehe oben).

## Objektiv

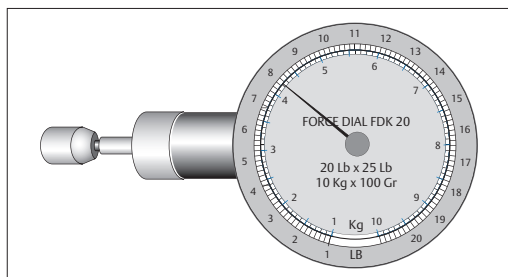
Bildgebende Verfahren: In der Regel werden Patienten nach einem Trauma mit einem Röntgenbild versorgt, um schwerwiegende Pathologien (z. B. Frakturen) auszuschließen. 100%ige Sicherheit kann ein Röntgenbild dennoch nicht bieten: Jonson et al. (1991) konnten selbst durch die Autopsie bestätigte Frakturen auf dem Röntgenbild nicht erkennen. Nach Harner et al. (2006) werden Röntgenbilder teilweise nicht richtig interpretiert, enthalten nicht die entsprechenden Segmente oder bleiben gänzlich unbeachtet. Um die Ligamente der oberen Halswirbelsäule darzustellen, sind MRT-Aufnahmen nötig (Elliott et al. 2008b).

## Spezialisierungstests

Die Provokationstests für die Facettengelenke, die Instabilitätstests und die neurologische Untersuchung sind in den Kapiteln 1.2 bis 1.4 dargestellt. Darüber hinaus werden folgende Testverfahren für Schleudertraumapatienten empfohlen:

### Bestimmung der Druckschmerzschwelle oder der Temperaturschmerzschwelle

Beide Testverfahren können bei einer peripheren oder zentralen Sensibilisierung positiv sein. Während die Bestimmung der Temperaturschmerzschwelle aufwendig und im normalen Praxisalltag nur schwer umzusetzen ist, existieren für die Bestimmung der Druckschmerzschwelle einfache und relativ günstige Geräte (**Abb. 1.50**). Die Messverfahren können auf der einen Seite zur Beschreibung des Therapieverlaufs genutzt werden und sind auf der anderen Seite Indikatoren für Patienten mit einer langsameren Symptomreduktion durch eine mechanische Therapie (Sterling 2008, Jull 2007).



**Abb. 1.50** Feder-Druck-Algometer zur Bestimmung der Druckschmerzschwelle.

## Status des sympathischen Nervensystems

Die mögliche Verletzung der A. vertebralis und die posttraumatische Stressreaktion könnten eine Störung des vegetativen Nervensystems verursachen. Die sympathische Funktion kann u. a. durch einen durch forcierte Atmung ausgelösten Reflex überprüft werden. Die Durchblutung der Fingerspitzen wird dabei durch einen Ultraschall-Doppler gemessen. Eine geringe, aber lang anhaltende Vasokonstriktion ist Anzeichen einer gestörten sympathischen Reaktionsbereitschaft (Schurmann et al. 1999).

Spitzer et al. (1995) schlagen vor, Schleudertraumapatienten anhand der Symptomatik in verschiedene Gruppen einzuteilen. Diese Unterteilung (Tab. 1.15) ist international anerkannt und wird in den meisten Untersuchungen angewandt.

### 1.5.4 Therapie

#### Konservativ

#### Allgemeine Empfehlungen

- Es gibt nach wie vor keine überlegene Methode oder Technik in der Behandlung von Schleudertraumapatienten. Dementsprechend sollten die aktiven und passiven Interventionen nicht pauschal, sondern immer nach den individuellen Bedürfnissen appliziert werden (Verhagen et al. 2007).
- Depressive Verstimmung, Katastrophieren und ein Angst-Vermeidungs-Verhalten in Kombination mit einem passiven Coping style sind mit einem schlechteren Nachbehandlungsergebnis verbunden. In diesem Zusammenhang sind klare und einfache Informationen von entscheidender Bedeutung (Carroll et al. 2006/2008).
- Ein initial hoher Score im Neck-Disability-Index (siehe Kap. 1.1) und große Bewegungseinschränkungen sind charakteristisch für spätere chronische Patienten (Sterling et al. 2005).
- Eine hohe Inanspruchnahme von Gesundheitsmaßnahmen ist mit einer langsameren Erholung verbunden. Dies hört sich zunächst paradox an, da der Patient mehr Behandlung und Aufmerksamkeit erhält. Genau darin könnte aber das Problem liegen. Möglicherweise entwickeln Patienten dadurch einen eher passiven Coping style mit einem verzögerten Therapieverlauf (Carroll et al. 2008). Dennoch ist ein sofortiger Behandlungsbeginn zu befürworten (Rosenfeld et al. 2000).
- Frauen und ältere Menschen (> 55 Jahre) haben einen langsameren Therapieverlauf und werden

Tab. 1.15 Einteilung in Untergruppen nach einem Schleudertrauma (Spitzer et al. 1995).

Grad	Charakteristik
0	keine Beschwerden
1	Nackenschmerz, subjektive Steifheit, Empfindlichkeit bei Palpation
2	siehe oben, positive Tests für das muskuloskeletale System, neurologischer Befund negativ
3	siehe oben, neurologischer Befund positiv
4	siehe oben, mit Fraktur oder Luxation

eher chronisch (Holm et al. 2008). Für Menschen mit einem niedrigeren Ausbildungsstand oder einem laufenden Rentenbegehren gilt das Gleiche (Carroll et al. 2008).

- Betrachtet man die traumatisierten Weichteile, so kann man von einer ca. 6-wöchigen Proliferationsphase ausgehen. In dieser Phase ist die Stabilität des heilenden Gewebes deutlich reduziert.

#### Entzündungsphase

Liegen keine Kontraindikationen vor (z.B. instabile Frakturen), gibt es keinen Grund für eine grundsätzliche Immobilisation. Die frühfunktionelle Behandlung kann uneingeschränkt empfohlen werden. Nach Rosenberg et al. (2003, 2006) sollte diese aus dem Patientenmanagement (Informationen über die Wundheilung, Schmerz und prognostische Faktoren), Automobilisation der Halswirbelsäule und Übungen für die motorische Kontrolle bestehen. Orthesen für die Halswirbelsäule sollten nur in Ausnahmefällen empfohlen werden. Patienten mit einem unerträglichen Dauerschmerz, mit der Unfähigkeit, den Kopf selbst stabil zu führen, und mit Instabilitäten profitieren aber durchaus von diesen Hilfsmitteln. Schneider et al. (2007) konnten in ihrer Untersuchung eindrucksvoll darstellen, dass die Translation und die anguläre Rotation durch verschiedenste Orthesentypen effektiv limitiert werden können. Nach 48–72 Stunden sollte ein Rebe-fund erstellt werden, um die Notwendigkeit neu abzuwägen.

#### Proliferationsphase

Die zweite Heilungsphase ist durch schmerzfreie Bewegungsbereiche und geringere Entzündungszeichen gekennzeichnet. Die Mobilisation und stabilisierende Maßnahmen haben in dieser Phase einen besonders

hohen Stellenwert. Für die Automobilisation sollten zunächst Übungen mit geringer Kompression und im schmerzfreien ROM angeleitet werden. Die Rotation in Rückenlage zu beiden Seiten empfehlen Therapeuten diverser Konzepte und führt zu einer schnellen Schmerzreduktion und Verbesserung der Beweglichkeit (**Abb. 1.51**, Rosenfeld et al. 2003, 2006).

Abgesehen von dieser häufig verwendeten Übung könnte grundsätzlich ein ähnlicher Aufbau wie in Kapitel 1.4 verwendet werden:

- Extensionsmobilisation (untere HWS):
  - Retraktion
  - Retraktion mit Überdruck
  - Retraktion mit Extension der oberen Halswirbelsäule
  - Retraktion mit Extension und Rotation der oberen Halswirbelsäule
- Flexionsmobilisation (untere HWS):
  - Protraktion
  - Flexion
  - Flexion mit Überdruck
- Lateralflexionsmobilisation mit Überdruck
- Rotationsmobilisation mit Überdruck

Nach Sterling et al. (2003b) und Nederhand et al. (2002) haben Patienten mit chronischem Schleudertrauma ähnliche muskuläre Dysfunktionen wie Patienten mit chronischen unspezifischen Nackenschmerzen. Die Aktivität des oberflächlichen Systems



**Abb. 1.51** Rotationsautomobilisation in Rückenlage.

(z.B. M. sternocleidomastoideus oder M. trapezius pars descendens) ist beim CCFT oder bei Leistungen mit der oberen Extremität erhöht, die Fähigkeit, die Muskeln nach der eigentlichen motorischen Arbeit zu entspannen, ist dagegen reduziert. Trotz dieser dauerhaft erhöhten muskulären Anspannung bestehen aber keineswegs gute Kraftwerte. Sie sind ebenfalls defizitär. Des Weiteren ist die Fähigkeit, Kopfstellungen zu repositionieren, reduziert. Der Therapeut steht bei der Behandlung dieser Dysfunktion also vor mehreren Aufgaben. Der Schmerzbehandlung und Detonisierung sollten Koordinations- und Ausdauermethoden zur Tonusregulation und Stoffwechselverbesserung folgen (Stufe 1–3, Stufenmodell Stabilisation, lokales Ausdauertraining, siehe Kap. 1.4). Ein wirkliches Krafttraining ist durch die hohen Kompressionskräfte in dieser Phase noch nicht indiziert und bleibt der Remodellierungsphase vorbehalten.

### Remodellierungsphase

Automobilisationen können in dieser Phase intensiver und mit einem Dehnschmerz ausgeführt werden. Die Progression ist dem oberen Abschnitt zu entnehmen. Nach Elliot et al. (2006) haben viele Patienten mit chronischem Schleudertrauma einen erhöhten Fettanteil bei gleichzeitiger Atrophie in den stabilisierenden Muskeln. Das gesamte Spektrum der Krafttrainingsmethoden kommt daher in der letzten Therapiephase zur Anwendung. Die therapeutischen Interventionen und Methoden sind der **Tabelle 1.16** zu entnehmen.

### Operativ

Zervikale Instabilitäten mit neurologischer Beteiligung oder Frakturen mit schlechter Aposition der Frakturenden stellen häufig eine Operationsindikation dar. Die dabei verwendeten Verfahren sind sehr unterschiedlich und selbst unter Chirurgen nicht einheitlich geregelt (Nassr et al. 2008). Nicht selten werden instabile Patienten aber mit einer Fusion behandelt. Das postoperative Vorgehen kann daher dem Kapitel 1.4 entnommen werden. Selbstverständlich ist ein enger Kontakt mit dem Operateur bei speziellen Indikationen von entscheidender Bedeutung, um ein globales Schema zu modifizieren.

Tab. 1.16 Konservative Therapie nach einem Schleudertrauma.

	<i>Entzündungsphase</i>	<i>Proliferationsphase (ca. bis zur 6. Woche)</i>	<i>Remodellierungsphase (&gt; 6. Woche)</i>
Beweglichkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ funktionelle Immobilisation oder schmerzfreie Mobilisation angrenzende Gelenke frei halten</li> <li>▪ Haltungskorrektur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Automobilisation in alle eingeschränkten Richtungen (immer unterhalb der Schmerzgrenze)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ROM frei</li> <li>▪ Dehnschmerz darf auftreten</li> </ul>
Kraft	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ kein Training möglich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ kein Training möglich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ A, B, C, D, E (Stufe 2–4)</li> </ul>
Koordination	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ kein Training möglich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ A, B (Stufe 1–3)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ A, B, C (Stufe 1–4)</li> </ul>
Ausdauer	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ kein Training möglich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Stufe A, B</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ A, B, C</li> </ul>

## Zusammenfassung

- Die Kollision verursacht zunächst eine Retraktions- bzw. Extensionsbewegung der Halswirbelsäule (primäre Bewegung). Die gespeicherte Energie äußert sich dann in der Flexions- oder sekundären Phase.
- Die stabilisierenden Muskeln reagieren mit einer Latenzzeit von einigen Zehntelmillisekunden mit einer starken Kontraktion. Die dabei produzierten Werte können für eine Muskelverletzung ausreichen.
- Beim Trauma können unabhängig von der Geschwindigkeit oder Intensität der einwirkenden Kräfte Verletzungen in allen Anteilen des Bewegungssegments verursacht werden.
- Schleudertraumapatienten sollten frühfunktionell nachbehandelt werden. Hilfsmittel wie eine Orthese sollten nicht grundsätzlich empfohlen werden.
- Depressive Verstimmung, Katastrophieren, ein Angst-Vermeidungs-Verhalten in Kombination mit einem passiven Coping style, das weibliche Geschlecht und ein höheres Lebensalter sind wichtige prognostische Faktoren für das Nachbehandlungsergebnis.

## Literatur

### Literatur zu Kap. 1.1

- Anderson JS, Hsu AW, Vasavada AN. Morphology, architecture, and biomechanics of human cervical multifidus. *Spine*. 2005; 30: E86.
- Andersen LL, Jorgensen MB, Blangsted AK et al. Randomized controlled trial to relieve and prevent neck/shoulder pain. *Medicine and Science and sports and Exercise*. 2008; 40: 983.
- Andre-Deshays C, Berthoz A, Revel M. Eye-head coupling in humans. *Experimental Brain Research*. 1988; 69: 399.
- Amiri M, Jull G, Bullock-Saxton J et al. Cervical musculoskeletal impairment in frequent intermittent headache. Part 2: subjects with concurrent headache. *Cephalalgia*. 2007; 27: 891.
- Baltopoulos P, Tsintzos C, Prionas G et al. Exercised-induced scalenus syndrome. *American Journal of Sports Medicine*. 2008; 36: 369.
- Barbe MF, Barr AE. Inflammation and the pathophysiology of work-related musculoskeletal disorders. *Brain, Behaviour and Immunity*. 2006; 20: 423.
- Barker PJ, Guggenheimer KT, Grkovic I. Effects of tensing the lumbar fascia on segmental stiffness during flexion and extension. *Spine*. 2006; 31: 397.
- Bexander CSM, Mellor R, Hodges PW. Effect of gaze direction on neck muscle activity during cervical rotation. *Experimental Brain Research*. 2005; 167: 422.
- Binder A. The diagnosis and treatment of nonspecific neck pain and whiplash. *Europa Medicophysica*. 2007; 43: 79.
- Blouin JS, Siegmund GP, Carpenter MG et al. Neural control of superficial and deep neck muscles in humans. *Journal of Neurophysiology*. 2007; 98: 920.
- Boyd-Clark LC, Briggs A, Galea MP. Comparative histochemical composition of muscle fibres in a pre- and a postvertebral muscle of the cervical spine. *Journal of Anatomy*. 2001; 199: 709.
- Boyd-Clark LC, Briggs CA, Galea MP. Muscle spindle distribution and density in longus colli and multifidus muscles of the cervical spine. *Spine*. 2002; 27: 694.
- Burnett A, O'Sullivan P, Caneiro JP et al. An examination of the flexion relaxation phenomenon in the cervical spine in lumbo-pelvic sitting. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2008; doi: 10.1016/j.jelek.2008.04.015.
- Cagnie B, Cools A, De Loose V et al. Differences in isometric neck muscle strength between healthy controls and women with chronic neck pain: the use of a reliable measurement. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2007; 88: 1441.
- Cagnie B, Barbe T, Vandemaele P et al. MRI analysis of muscle/fat index of the superficial and deep neck muscle in an asymptomatic cohort. *European Spine Journal*. 2009; 10.1007/s00586-009-0809-8.
- Cattrysse E, Swinkels RA, Oostendorp RA et al. Upper cervical instability: are clinical tests reliable. *Manual Therapy*. 1997; 2: 91.
- Conley MS, Stone MH, Nimmons M et al. Specificity of resistance training responses in neck muscle size and