

# Pathoneurophysiologie der gestörten Bewegung

*Sabine Kubalek-Schröder*

- 2.1 Störfaktoren – 16**
  - 2.1.1 Häufig auftretende Arten von Störfaktoren – 17
- 2.2 Zentralnervöse Organisation des Schonprogramms – 21**
  - 2.2.1 Registrierung der Störfaktoren – 21
  - 2.2.2 Funktion spinaler Strukturen – 22
  - 2.2.3 Funktion supraspinaler Strukturen – 22
  - 2.2.4 Hierarchie der Störfaktoren – 29
- 2.3 Funktionskrankheiten – 30**
- 2.4 Beispiele funktioneller Beschwerdebilder – 33**
  - 2.4.1 Störfaktor Fehlbelastung des Skelettsystems infolge krummer Körperhaltung (KKH) – 33
  - 2.4.2 Störfaktor muskuläre Kontraktur – 34
  - 2.4.3 Störfaktor mechanisches Überlastungsödem – 35
  - 2.4.4 Störfaktor Narbengewebe – 37
  - 2.4.5 Weitere Störfaktoren – 38

Funktionsabhängige Beschwerdebilder des Bewegungssystems äußern sich in Störungen des physiologischen Bewegungsablaufs. Diese können mit **Schmerzen am Haltungs- und Bewegungsapparat** einhergehen, die durch bestimmte Bewegungen oder Körperhaltungen ausgelöst oder verstärkt werden.

Da diesen Schmerzen häufig ein pathomorphologisch verändertes Korrelat im Gewebe fehlt, wurden in den vergangenen Jahrzehnten zunehmend psychogene Mechanismen für die strukturell nicht erklärbaren Schmerzphänomene verantwortlich gemacht. In neuerer Zeit konzentrieren sich Disziplinen wie die Schmerzbiologie und Schmerzphysiologie auf die **Dreidimensionalität des Schmerzes** mit seinen

- sensiblen,
- kognitiven und
- affektiven Komponenten (■ Abb. 2.1).

Während die **sensible Dimension** Lokalisation, Art, Intensität, Qualität und Verlauf des Schmerzes beinhaltet, werden unter der **kognitiven Dimension** alle Auswirkungen des Schmerzes auf unsere Gedanken zusammengefasst. Die **affektive Dimension** spiegelt die Gefühle wider, die der Schmerz in uns auslöst.

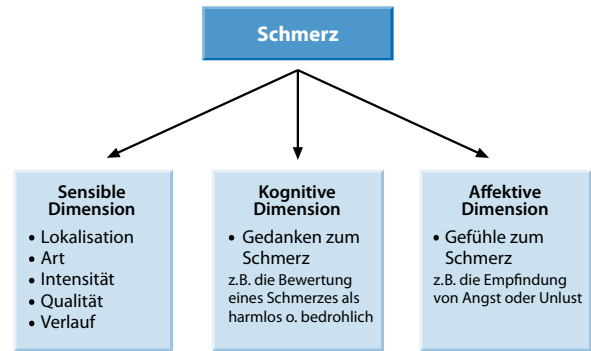
Nachdem sich **Schmerzdiagnostik und -therapie** zunächst vorwiegend mit der sensiblen Dimension befasst haben, werden nun verstärkt die kognitiven und affektiven Aspekte herangezogen, um zu neuen Erklärungsmodellen und Behandlungsansätzen zu kommen. Betont wird in diesem Zusammenhang, dass Gedanken und Gefühle durch Verschaltung der entsprechenden zentralnervösen Strukturen das Schmerzerleben beeinflussen und daher in eine erfolgreiche Therapie mit einbezogen werden müssen.

Die Überlegungen Brüggers gehen über die gängigen Modelle zur Schmerzentstehung weit hinaus. Unter Anerkennung der kognitiven und affektiven Zusammenhänge erfährt v. a. die sensible Dimension eine deutliche Erweiterung: Im Rahmen des **nozizeptiven somatomotorischen Blockierungseffekts** (NSB) kommt dem Schmerz eine **Schutzfunktion** zu, die im menschlichen Organismus zu einer Verhaltensänderung führt, um

- drohenden Schaden abzuwenden oder
- einen bestehenden Schaden zu schützen und ggf. seine Heilung zu ermöglichen.

➤ **Die wahrgenommenen Schmerzen können sich an anderer Stelle als der ursächlich zugrunde liegende Schaden befinden und haben daher nur scheinbar kein morphologisches Korrelat.**

Dieses Modell fügt sich widerspruchsfrei in das Gedankengut der Stressbiologie ein: Der menschliche Körper als Träger der genetischen Information verfügt über physiologische Mechanismen und Verhaltensstrategien, um das **Überleben** und die **Erhaltung der Homöostase** zu sichern, um seiner Aufgabe der **Sicherung und Weitergabe des Erbgutes** gerecht werden zu können. Zur Abwehr schädigender Einflüsse stehen ihm komplexe Abwehrmechanismen zur Verfügung, um funktionstüchtig zu bleiben. Schmerz kann in diesem Kontext als



■ Abb. 2.1 Dreidimensionalität des Schmerzes

ein Bestandteil der Stressreaktion betrachtet werden, die den Organismus zu notwendigen Verhaltensänderungen motiviert und somit eine Schutzfunktion übernimmt.

➤ **Die Komplexität dieser Schutzfunktion wurde von Brügger erstmals beschrieben und ihre Gesetzmäßigkeiten seit den 50er-Jahren des vergangenen Jahrhunderts untersucht. Sein Konzept bietet ein schlüssiges Erklärungsmodell für eine Vielzahl von Schmerzphänomenen, die in der Medizin bis heute unerforscht geblieben sind.**

## 2.1 Störfaktoren

Alle körperimmanente Faktoren, die einem funktionellen Beschwerdebild ursächlich zugrunde liegen können, werden im Folgenden als **Störfaktor** bezeichnet. Unter diesem Begriff werden

- drohende Schädigungen des Organismus und
  - bereits bestehende Schädigungen des Organismus
- zusammengefasst, die eine Schutzreaktion erforderlich machen können.

Störfaktoren können unterschiedlichster Natur sein.

### ■ Drohende Schädigungen des Organismus

Drohende Schädigungen können sein:

- eine für die Körperstrukturen zu **hohe Druck-, Zug- oder Biegebelastung** sowie
- **Torsions-** oder tangential angreifende **Scherkräfte**.

### ■ Bestehende Schädigungen des Organismus

Bereits bestehende Schädigungen des Organismus gehen mit pathomorphologischen Gewebeveränderungen einher, die z. B.

- degenerativer,
  - entzündlicher und
  - tumoröser Art sein können,
- um nur einen kleinen Ausschnitt zu nennen.

➤ **Allen Störfaktoren gemeinsam ist die nozizeptive Erfassung durch Rezeptoren und die zentralnervöse Verarbeitung der afferenten Impulse aus dem be-**

### drohten oder geschädigten Gewebe, die bei ausreichender Summation zu einer Schutzreaktion führen.

Bekannte Phänomene sind in den verschiedensten medizinischen Disziplinen zu finden.

#### Beispiel

- Im Rahmen eines akuten Abdomens, dessen Ursache z. B. eine entzündliche Reaktion im Bauchraum sein kann, erfährt die Bauchmuskulatur eine sog. „Abwehrspannung“, um durch eine Ruhigstellung den ungestörten Ablauf reparativer Vorgänge zu ermöglichen.
- Dagegen findet man bei einer Vergrößerung der Gallenblase durch Verschluss des Gallengangsystems, dem sog. Gallenblasenhydrops, eine deutliche Tonusherabsetzung im Bereich der pathologisch veränderten Gallenblase, da hier der Druck der Bauchdecke die Nozizeption erhöhen würde; die Schwellung lässt sich somit in der Regel gut palpieren. Die übrige Bauchdecke steht unter massiver Abwehrspannung.
- Bekannt ist die akute „Kniegelenksblockierung“ mit der sog. Giving-way-Symptomatik bei Meniskusschaden. Wird beispielsweise Innenmeniskusgewebe bei bestehendem Korbhakenriss beim Gehen eingeklemmt, kommt es zu einer plötzlichen, stark schmerzhaften Bewegungsbehinderung, oft in Verbindung mit dem akuten Verlust der Tragefunktion des betroffenen Beines. Dieses Phänomen lässt sich nicht mechanisch erklären, da die Muskulatur ohne Schwierigkeiten das vergleichsweise geringfügige mechanische Hindernis, das das Meniskusgewebe darstellt, überwinden könnte. Die auftretende schmerzhaft Behinderung der Kniegelenksbeweglichkeit ist vielmehr eine muskuläre Schutzreaktion, um eine Vergrößerung des Meniskusschadens zu verhindern.
- Schonhaltungen nach Operationen und Traumen sowie „Schmerzskoliosen“ bei Nervenwurzelreizungen stellen zentralnervös organisierte Schonprogramme dar.

Weniger bekannte **Ursachen für Schmerzen am Bewegungssystem** mit einem sehr hohen Stellenwert sind nach den Erkenntnissen Brüggers jedoch

- Fehlbelastungen des Skelettsystems infolge krummer Körperhaltung und
- Funktionsbeeinträchtigungen des Muskelgewebes.

Diese letztgenannten Störfaktoren sind maßgeblich auf **zwei Entwicklungen** zurückzuführen, die mit der zunehmenden Technisierung des Alltags einhergegangen sind. Analysiert man deren Auswirkung auf das menschliche Bewegungssystem, finden sich im Allgemeinen

- **zunehmende Bewegungsarmut** und
- **abnehmende Bewegungsvielfalt.**

#### ■ Bewegungsarmut

Die zunehmende Motorisierung hat dazu geführt, dass der Mensch sich im Alltag deutlich weniger bewegt. Er fährt Auto, Bus und Zug, statt kleinere oder auch einmal größere Strecken zu Fuß zurückzulegen; er fährt Rolltreppe und Fahrstuhl, anstatt Treppe zu steigen.

Die Industrialisierung, Technisierung und Rationalisierung der Arbeitswelt haben zur Folge, dass auch die Bewegung am Arbeitsplatz in vielen Fällen auf ein Minimum reduziert ist.

Betrachtet man gängige Freizeitaktivitäten, die dem Ausgleich der berufsbedingten Bewegungsarmut dienen könnten, so dominieren bewegungsarme Aktivitäten, wie z. B. Fernsehen und Sitzen am Computer, die Freizeitgestaltung vieler Menschen. Auch der Alltag von vielen Kindern und Jugendlichen ist bereits vor Eintritt in das Berufsleben von wenig und einseitiger Bewegung geprägt.

#### ■ Bewegungsmonotonie

Mit Bewegungsarmut geht eine Abnahme der Bewegungsvariabilität einher. Zahlreiche Tätigkeiten und Arbeitsplätze sind von Bewegungs- und Haltungsmonotonie gekennzeichnet, wie beispielsweise eine sitzende Berufstätigkeit am PC, Fließbandarbeit und lange Autofahrten.

Dies bedeutet eine häufige Wiederkehr gleichförmiger Bewegungsmuster.

Bewegungsmonotonie und Bewegungsarmut begünstigen die Entwicklung bestimmter Störfaktoren im menschlichen Organismus. Im Gegenzug wird verständlich, weshalb körperlich aktive Menschen im Allgemeinen weniger Störfaktoren entwickeln und daher weniger Schmerzen am Haltungs- und Bewegungsapparat verspüren.

➤ **Auch wenn man zwischen mehr und weniger geeigneten Sportarten unterscheiden kann, so spielt die Art der körperlichen Aktivität doch eine eher untergeordnete Rolle; den wichtigsten Aspekt stellt die Bewegung an sich dar.**

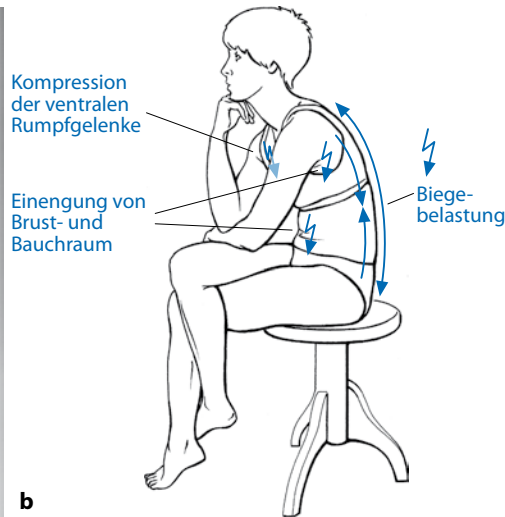
### 2.1.1 Häufig auftretende Arten von Störfaktoren

Die Störfaktoren, die durch Bewegungsarmut und Bewegungsmonotonie begünstigt werden, betreffen vorwiegend

- die Fehlbelastung des Skelettsystems infolge krummer Körperhaltung,
- muskuläre Kontrakturen und
- mechanische Überlastungsödeme von Muskeln und Gelenken.

#### Fehlbelastung des Skelettsystems infolge krummer Körperhaltung (s. auch ► Abschn. 2.4.1)

Analysiert man die Auswirkungen von Bewegungsarmut und -monotonie auf den menschlichen Haltungs- und Bewegungsapparat, so ist eine Verschiebung im ausgewogenen Verhältnis von Bewegungsmustern der aufrechten und krummen Körperhaltung hin zu **gehäuft auftretenden Bewegungselementen der krummen Körperhaltung** zu beobachten (vgl. ► Abschn. 3.1 und 3.2). Daraus resultiert eine Überlastung bzw. Fehlbelastung des Skelettsystems, die sich insbesondere auf den Rumpf auswirkt (■ Abb. 2.2):



■ **Abb. 2.2a, b** Typische Orte der Fehlbelastung des Skelettsystems infolge krummer Körperhaltung

- Für die Wirbelsäule bedeutet dies eine vermehrte **Biegebelastung**, die nozizeptiv erfasst wird.
- Im Bereich des ventralen Rumpfes führt eine verstärkte **Kompression der sternokostalen Verbindungen**, v. a. der Übergänge 5 und 6, der **Sternoklavikulargelenke** und der **Akromioklavikulargelenke** zur Stimulation der Nozizeptoren.
- Des Weiteren erfahren die **Brusthöhle** und der **Bauchraum** eine **Verkleinerung**, die die Funktion der inneren Organe beeinträchtigen kann. Die Vitalkapazität der Lunge ist beispielsweise bei gesenktem Brustkorb deutlich herabgesetzt.

### Muskuläre Kontraktur (s. auch ► Abschn. 2.4.2)

Das menschliche Muskelgewebe hat durch seine kontraktile Bestandteile die Fähigkeit, sich zu verkürzen (Kontraktionsfähigkeit) und zu verlängern (Dekontraktionsfähigkeit). Durch Bewegungsarmut und eine Konzentrierung von Bewegungsmustern der krummen Körperhaltung büßen zahlreiche Muskeln ihr Bewegungsausmaß ein.

- **Jedes Defizit eines Muskels, seine physiologische Länge zu erreichen, wird als muskuläre Kontraktur bezeichnet.**

Sie kann durch die Bewegung in einem eingeschränkten Ausmaß entstehen, bei der eine endgradige Verlängerung des Muskels unterbleibt; meist überwiegt seine konzentrische Aktivierung. Der Muskel verliert seine Dekontraktionsfähigkeit.

In der Praxis lassen sich **zwei Phänomene** häufig beobachten:

- Bereits wenige kurzfristige therapeutische Maßnahmen zur Beseitigung der muskulären Kontraktur, wie sie in der Funktionsanalyse (s. ► Abschn. 4.3.2 „Diagnostische Dekontraktionen“) verwendet werden, führen in der Mehrzahl der Fälle zu einer signifikanten Vergrö-

ßerung des Bewegungsausmaßes. Dies ist auch dann der Fall, wenn das Beschwerdebild schon viele Jahre besteht.

- Folgen keine weiteren muskelverlängernden Maßnahmen bzw. erfolgt keine Sicherung des hinzugewonnenen Bewegungsausmaßes durch dessen Integration in den Alltag, ist in kürzester Zeit ein Verlust der Dekontraktionsfähigkeit und eine Rückkehr in den Ausgangszustand zu beobachten.

Diesen Beobachtungen zufolge scheint ein **Längendefizit ohne gravierende strukturelle Veränderungen** auch über einen längeren Zeitraum hinweg bestehen zu können.

Unserer Hypothese zufolge wäre eine „**neuronale Abspeicherung**“ des Längendefizits denkbar. In Anlehnung an die neueren Erkenntnisse zur Plastizität des zentralen Nervensystems könnte die Einschränkung des Bewegungsausmaßes zu einer Sollwertverschiebung der zentral gespeicherten Muskelänge im Sinne einer Angleichung an den Istwert des aktuell genutzten Bewegungsausmaßes führen.

Bei **Fortdauer der Bewegungseinschränkung** kann es zu einer Anpassungsreaktion im Bereich der kontraktile Einheiten kommen.

### Exkurs

#### Fortdauer der Bewegungseinschränkung

Eine Anpassungsreaktion der Muskulatur an eine fortdauernde Bewegungseinschränkung wurde im Tierversuch bei Ruhigstellung im Gips bereits nach einer Versuchsdauer von wenigen Stunden beschrieben. Während sich an der in Verlängerung eingegipsten Muskulatur zusätzliche Sarkomere anlagerten, erfuhren die in Annäherung eingegipsten Muskelfasern einen **Abbau der in Serie geschalteten Sarkomere**.

Allerdings darf in Frage gestellt werden, ob dieses Phänomen bei nicht ruhig gestellten Personen mit variantenreichen Bewegungsmustern eine bedeutende Rolle spielt.

Am Ende einer längeren muskulären Annäherung steht der **bindegewebige Umbau des Muskelgewebes**. Das Bindegewebe des Endo-, Peri- und Epimysiums, das die kontraktilen Einheiten umgibt, befindet sich in einem steten Umbauprozess gemäß der stimulierenden Spannungsreize bei Kontraktion und Dekontraktion. Unterbleiben diese Belastungsreize beispielsweise bei einem Muskel, der nicht mehr endgradig verlängert wird, so hat dies einen **Abbau der Grundsubstanz** und in geringerem Ausmaß auch der **kollagenen Fasern** zur Folge. Darüber hinaus bilden die kollagenen Fasern, durch den Verlust von Grundsubstanz angenähert, Verknüpfungen untereinander, sog. **pathologische Crosslinks**, die die Muskelverkürzung manifestieren.

#### Tipp

Muskuläre Kontrakturen sind meist reversibel. Stark bindegewebige Verkürzungen müssen zahlreichen Dehnreizen einer höheren Intensität über einen langen Zeitraum hinweg ausgesetzt werden, um zu einer Verlängerung zu gelangen.

- **Wird der kontrakte Muskel auf Länge gefordert, sei es durch eine „passive“ Dehnung (vgl. ► Abschn. 1.1.5), sei es durch eine aktive Dekontraktion, werden die Nozizeptoren im Muskelgewebe stimuliert.**

#### ■ Häufig betroffene Muskeln

Da beim Bewegen in krummer Körperhaltung charakteristische Bewegungselemente wiederholt auftreten, gibt es bestimmte **Muskeln, die zu Kontrakturen neigen** und gehäuft zu Störfaktoren werden (vgl. ► Abschn. 3.4 „Muskelverbände“), wie z. B.

- die Bauchmuskulatur,
- die horizontal adduzierende Schultermuskulatur,
- die armsenkende, adduzierende und innenrotierende Muskulatur des Schultergelenks,
- die Nackenmuskulatur,
- die extendierende, adduzierende und innenrotierende Muskulatur des Hüftgelenks und
- die zehen- und fußflektierende Muskulatur.

Darüber hinaus gibt die Anamnese des Patienten bezüglich seiner Berufstätigkeit und anderer **in seinem Alltag vorherrschenden Bewegungsmuster** Aufschluss über die mögliche Lokalisation von Kontrakturen (vgl. ► Abschn. 4.1.1 „Anamnese“).

#### Beispiel

- Eine Person mit einem überwiegend stehenden Beruf wie ein Lagerist oder Schalterbeamter kann u. a. eine Kontraktur der hüftextendierenden Muskulatur entwickeln.
- Eine Person mit einem überwiegend sitzenden Beruf am Schreibtisch kann u. a. eine Kontraktur der ventralen Rumpfmuskulatur entwickeln.

- Eine Person, die vorwiegend Schuhe mit einem erhöhten Absatz trägt, kann u. a. eine Kontraktur der fußflektierenden Muskulatur entwickeln.

### Mechanisches Überlastungsödem (s. auch ► Abschn. 2.4.3)

Mechanische Überlastungsödeme finden sich vornehmlich

- im **Muskelgewebe** und
- in kleinen **gelenkigen Verbindungen**.

#### ■ Muskulatur

Mechanische Überlastungsödeme im Bereich der Muskulatur können hervorgerufen werden

- durch **intensiv repetierende Bewegungen** oder
- **kurzzeitige Maximalbelastungen**.

#### ■ ■ Intensiv repetierende Bewegungen

Haltungs- und Bewegungsmonotonie führen zu einer einseitigen Beanspruchung immer wieder gleicher Muskeln. Bereits 1926 wurde von Obolenskaja und Goljanitzki in einer Reihe von Untersuchungen festgestellt, dass nach **längerer Wiederholung rascher einförmiger Bewegungen**, die mit einer gewissen Muskelanspannung durchgeführt werden, entzündungsähnliche Zustände auftreten

- im Interstitium,
- im Bereich der Sehnen und Sehnenscheiden,
- im angrenzenden Bindegewebe und
- in den beteiligten Gelenken.

Es ließen sich **Ödeme der Faszien** in der Nähe von Sehnen und **Ödeme im Interstitium der Muskulatur** beobachten.

Zahlreiche Tätigkeiten des täglichen Lebens weisen entsprechend intensive, repetierende Belastungen auf.

#### Beispiel

Das längere Schreiben mit dem Stift oder an einer Tastatur, Fließbandarbeiten, diverse Arbeiten im Haushalt, wie z. B. das Bügeln, aber auch verschiedene Sportarten sowie Handarbeiten können zu einem mechanischen Überlastungsödem in der ausführenden Muskulatur führen.

**Hinweis:** In der Literatur wird diese Form des mechanischen Überlastungsödems auch als Obolenskaja-Goljanitzki-Effekt (OGE) bezeichnet.

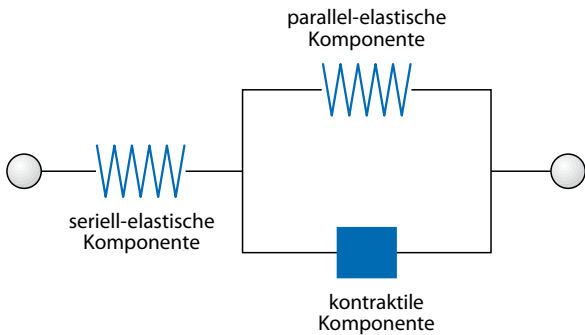
- **Besonders bei Muskeln, die in Annäherung von Ansatz und Ursprung arbeiten, besteht die Gefahr einer mechanischen Überlastung, da die unterstützende Wirkung der parallel- und seriell-elastischen Komponente bei der Muskelkontraktion herabgesetzt ist (► Abb. 2.3).**

#### ■ ■ Kurzzeitige Maximalbelastungen

Darüber hinaus können auch kurzzeitige Maximalbelastungen von Muskeln und ihren sehnigen Insertionen zu einer mechanisch bedingten Ödembildung führen. Dies ist der Fall bei

- **extremer Kontraktion** eines Muskels und





**Abb. 2.3** Schematische Darstellung der kontraktiven Komponente (Aktin-, Myosinfilamente), seriell-elastischen Komponente (Sehnen) und parallel-elastischen Komponente (bindegewebige Hüllen des Muskels), Modell nach Hill

- **unkontrolliert schneller Entfernung** der Gelenkpartner, wie beispielsweise bei einer Zerrung.

**Traumen** unterschiedlichster Genese, wie z. B. die Schleudererletzung der Halswirbelsäule (s. ► Abschn. 10.3.2), und Stürze können solche Maximalbelastungen darstellen, da sie häufig sowohl mit muskulären Zerrungen als auch mit atypischen Kontraktionsbelastungen durch entsprechende Schutzreaktionen verbunden sind.

#### Beispiel

- **Unkontrolliert schnelle Entfernung:** Ein Fußballspieler, dem auf dem feuchten Untergrund des Spielfeldes das Bein seitlich wegrutscht, kann ein mechanisches Überlastungs-ödem im Bereich des M. pectineus entwickeln.
- **Maximale Kontraktion als Schutzreaktion:** Ein Schlittschuhläufer spürt, dass er im Begriff steht, auf sein Gesäß zu fallen. Um im Gleichgewicht zu bleiben und den Sturz zu vermeiden, spannt er automatisch die Bauchmuskulatur an. Die unwillkürlich starke Kontraktion der Bauchmuskulatur kann zu einem mechanischen Überlastungsödem in ihrem Ansatzbereich an der Symphyse führen.
- **Maximale Kontraktion:** Das einmalige Heben einer schweren Last kann zu den typischen Überlastungsödem an den Ansätzen der Bauchmuskulatur oder des M. gluteus maximus führen (s. ► Abschn. 3.4.3 „Funktion der Bauchmuskulatur“).

Ein mechanisches Überlastungsödem wird als **Muskelbauchödem** oder **interstitielles Ödem** bezeichnet, wenn es im Muskelbauch lokalisiert ist. Im Bereich der Sehne, der Verankerung des Muskels am Knochen, spricht man von einem **Ansatzreiz**.

- **Das mechanische Überlastungsödem der Muskulatur führt sowohl bei Kontraktion als auch bei Dekontraktion des Muskels zu einem Anstieg nozizeptiver Impulse.**

## Gelenk

Gelenke benötigen als Grundlage für ihre ungestörte Funktion den Wechsel von physiologischer Belastung und Entlastung zur Ernährung des Gelenkknorpels. Die das Gelenk umgebende Kapsel und die Bänder erfahren durch Bewegungen ihre physiologischen Bildungsreize.

Mechanische Überlastungsödeme im Bereich der Gelenke können durch eine unphysiologische Gelenkbelastung entstehen wie u. a.

- durch **Traumen** oder
- durch **langfristige Scherbelastung**.

## Traumen

Die Verletzung der Gelenkkapsel durch ein Trauma geht mit der Bildung eines mehr oder weniger stark ausgeprägten Ödems einher. Hier stehen eine unphysiologische Traktion und Scherkräfte im Vordergrund, die zu **Mikrotraumen im Bereich der bindegewebigen Faserstrukturen** führen.

#### Beispiel

Ein Sturz beim Skifahren kann bei feststeckendem Skistock zu einer Zerrung mit nachfolgendem mechanischem Überlastungs-ödem des Akromioklavikulargelenks oder des Sternoklavikulargelenks führen.

## Langfristige Scherbelastung

Beindet sich der Brustkorb eines Menschen in vorwiegend gesenkter Stellung, so erfahren z. B. ventral liegende Rumpfgelenke wie die Sternoklavikulargelenke, die Akromioklavikulargelenke und die sternokostalen Verbindungen eine vermehrte Scherbelastung. Die ständige mechanische Belastung kann zur Ödembildung führen. Im Zusammenhang mit der krummen Körperhaltung sind daher nicht selten sichtbare Ödeme der am stärksten belasteten sternokostalen Verbindungen in Höhe der 5. und 6. Rippe zu beobachten, die zu Störfaktoren werden können.

#### Beispiel

Eine Näherin arbeitet im Akkord an einer Nähmaschine. Durch die Thoraxsenkung und den Einsatz der Arme beim Vorschieben des Stoffes entwickelt sie u. a. ein mechanisches Überlastungsödem der sternokostalen Verbindungen 5 und 6.

#### Tipp

In der Praxis findet man häufig eine Kombination aus

- langfristiger Scherbelastung der ventralen Rumpfgelenke infolge krummer Körperhaltung und
- intensiver repetierender Bewegungen der Arme in Adduktion, Innenrotation und horizontaler Adduktion der Schultergelenke mit entsprechender Ausprägung mechanischer Überlastungsödeme in der Muskulatur und in den Gelenken.

- **Besteht ein mechanisches Überlastungsödem in einem Gelenk, werden in der Mittelstellung des**

betreffenden Gelenks die geringsten nozizeptiven Afferenzen ausgelöst. Jede Bewegung, die mit einer verstärkten Traktion oder Kompression einhergeht, führt zu einem Anstieg der nozizeptiven Impulse.

Mechanische Überlastungsödeme sind im Bereich der Muskulatur und der Sehnen in der Praxis sehr viel häufiger zu finden als im Bereich von Gelenken.

#### Tipp

Muskuläre Kontrakturen und mechanische Überlastungsödeme der Muskulatur treten häufig in Kombination auf. Die Identifikation der Störfaktoren erfolgt durch die Funktionsanalyse, dem diagnostischen Verfahren im Brügger-Konzept (s. ► Kap. 4). Sie gibt im Einzelfall Aufschluss darüber, ob eine muskuläre Kontraktur oder ein mechanisches Überlastungsödem im Vordergrund steht und mit welcher therapeutischen Maßnahme daher begonnen werden muss.

## 2.2 Zentralnervöse Organisation des Schonprogramms

Der menschliche Organismus steht in ständiger Auseinandersetzung mit seinem Umfeld. Zahlreiche Regelprozesse und Abwehrmechanismen stehen ihm zur Verfügung, um schädigenden Einflüssen entgegenwirken zu können und funktionsfähig zu bleiben:

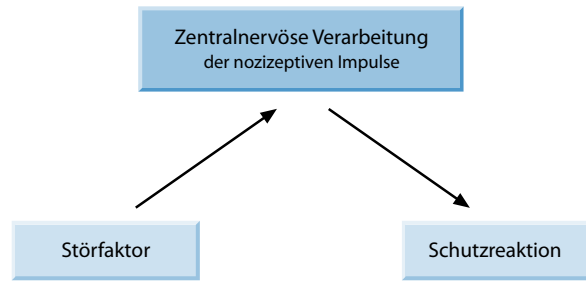
#### Beispiel

- Fieber bei bakterieller Infektion,
- Lidschlussreflex zum Schutz des Auges,
- Brechreiz bei verdorbenen Nahrungsmitteln,
- Vasokonstriktion und Blutgerinnung bei einer Wunde.

Die **Modulation von Bewegungsmustern**, um gewebschädigende Einflüsse zu vermeiden und bereits geschädigte Strukturen zu schonen, ist Bestandteil dieser globalen Abwehrmechanismen. Sie ist eine hohe adaptive Leistung des zentralen Nervensystems, dessen Arbeitsweise erst in Ansätzen erforscht ist.

Dem Modell Brüggers zufolge führt eine ausreichende Summation nozizeptiver Impulse eines oder mehrerer Störfaktoren supraspinal zu einer **Schutzreaktion** (Abb. 2.4). Diese kann mit **Schmerzen** einhergehen, die in der Regel am **Ort des wirksamsten Schutzes** und nicht im Störfaktor selber auftreten.

Für das Phänomen einer nozizeptiv induzierten Veränderung der Bewegungsmuster prägte Brügger 1962 den Begriff des **nozizeptiven somatomotorischen Blockierungseffekts (NSB)**.



■ Abb. 2.4 Schematische Darstellung der Schutzreaktion

### 2.2.1 Registrierung der Störfaktoren

Der menschliche Organismus verfügt über Empfangs- bzw. Aufnahmeeinrichtungen für bestimmte Reize, die aus seinem Inneren und aus seiner äußeren Umgebung auf ihn einwirken. Diese Rezeptoren bestehen aus **spezialisiertem Nervengewebe**, das durch spezifische Reize stimuliert wird. Dies hat eine Informationsweitergabe über die afferenten Fasern des peripheren Nerven zur Folge.

Rezeptoren, die sowohl bestehende als auch drohende Gewebeschäden registrieren, werden **Nozizeptoren** genannt. Die **Schädigung** ist meist

- thermischer,
- mechanischer oder
- chemischer Natur.

#### Exkurs

##### Nozizeption

Der Begriff der Nozizeption wird im Folgenden, wie auch in neuerer Literatur beschrieben, in seiner ursprünglichen Bedeutung der „Schadenserfassung“ (von lat. noxa Schaden; capere, captus nehmen, fassen) verwendet, wenn es zur Auflösung und Weiterleitung von nozizeptiven Impulsen kommt, die dem Individuum nicht zwangsläufig bewusst sein müssen.

##### Schmerzwahrnehmung

Von Schmerzwahrnehmung kann dagegen erst gesprochen werden, wenn die Erregung des nozizeptiven Systems die Großhirnrinde erreicht. Sie bezeichnet einen Bewusstseinszustand.

Nozizeptoren werden als freie Nervenendigungen oder nicht eingekapselte Endknäuel beschrieben, die in nahezu allen Strukturen des menschlichen Organismus vorkommen, mit wenigen Ausnahmen, wie z. B. dem Hirngewebe und dem Leberparenchym.

#### ■ Nozizeption im Muskelgewebe

- In einer muskulären Kontraktur wird eine **zu große Längenforderung** nozizeptiv erfasst.
- Bei ödematös verändertem Muskelgewebe nach mechanischer Überlastung bewirkt das veränderte **chemische Milieu** und der verstärkte **mechanische Druck** auf umliegende Strukturen eine erhöhte Nozizeption. Diese

kann sowohl durch einen Kontraktions- als auch einen Dekontraktionsimpuls zusätzlich verstärkt werden.

### 2 Tipp

Oft lässt sich beobachten, dass die Beschwerden erst mehrere Stunden nach der beschwerdeauslösenden Situation einsetzen, wie z. B. bei einem Schleudertrauma. Dies lässt sich mit der langsam steigenden Volumenzunahme des Ödems erklären.

### ■ Weiterleitung der nozizeptiven Afferenzen

Die nozizeptiven Afferenzen werden über zwei unterschiedliche Fasertypen weitergeleitet:

- Die Impulse der nicht eingekapselten Endknäuel werden über **leicht myelinisierte A-delta-Fasern** mit einer Leitungsgeschwindigkeit von 10–30 m/s zentralwärts geleitet; ihnen wird v. a. die Weiterleitung von Druck und Kältereizen und die der Nozizeption zugeordnet.
- Die dünneren **marklosen C-Fasern** der freien Endigungen leiten mit einer Geschwindigkeit von 0,5–2 m/s deutlich langsamer. Ihnen obliegt v. a. die Weiterleitung von nozizeptiven Afferenzen, Berührung sowie Wärme-, Kälte- und Juckreizen.

## 2.2.2 Funktion spinaler Strukturen

Zu jedem Zeitpunkt sind nozizeptive Afferenzen aus verschiedensten Geweben und unterschiedlichsten Ursachen nachweisbar, die als „**nozizeptives Grundrauschen**“ bezeichnet werden können. Gemäß der hierarchischen Ordnung des zentralen Nervensystems (s. ► Abschn. 1.2) werden nozizeptive Afferenzen erst dann zu höher gelegenen Zentren weitergeleitet, wenn ihre **Summation** entsprechend hoch ist, wenn Geweben also ein Schaden droht, der einer Bearbeitung auf höherer Ebene bedarf.

Mittels einer Reihe **inhibitorischer Systeme** verfügt der Organismus über eine Art „Filtersystem“, durch das u. a. die supraspinale Weiterleitung nozizeptiver Signale begrenzt wird.

Die stark myelinisierten A-beta-Fasern der **Mechanorezeptoren** haben beispielsweise eine **hemmende Wirkung auf die Nozizeption**. Langsamer leitende nozizeptive und schnell leitende mechanorezeptive Afferenzen treffen im Hinterhorn des Rückenmarks auf ein hochkomplexes neuronales System, das für ihre Weiterleitung in andere Teile des Nervensystems verantwortlich ist. Örtliche und zeitliche Summation der nozizeptiven Impulse müssen hierbei den Input der mechanorezeptiven Afferenzen überwiegen, damit die Weiterleitung der nozizeptiven Signale supraspinal erfolgen kann.

Die Reduzierung von Nozizeption durch Vergrößerung des mechanorezeptiven Inputs lässt sich vielerorts beobachten:

### Beispiel

- Durch Bewegen, Reiben, Klopfen, Hüpfen etc. wird die Schmerz Wahrnehmung subjektiv verringert.

- Der Muskeltonus erhöht sich automatisch bei Schmerzen z. B. während eines Zahnarztbesuchs.
- Der Volksmund sagt, man soll die „Zähne zusammenbeißen“, um Schmerz erträglicher werden zu lassen.
- Die schmerzverringende Wirkung von Bandagen, Tape-Verbänden, Epikondylitis-Spannen, TENS-Geräten etc. lässt sich zum Teil auf den vergrößerten mechanorezeptiven Input zurückführen.

## 2.2.3 Funktion supraspinaler Strukturen

Ist die Summation der nozizeptiven Afferenzen entsprechend hoch, erfolgt die Weiterleitung im Tractus spinothalamicus und im Tractus spinoreticularis.

Nozizeptive Impulse erreichen somit den Thalamus und die Formatio reticularis. Von hier erfolgt bei Bedarf die Weiterleitung zum sensomotorischen Kortex und zum Hypothalamus.

Unter dem Einfluss der nozizeptiven Afferenzen aus der Peripherie wird Brügger zufolge auf supraspinaler Ebene eine **Schutzreaktion** ausgelöst, die den drohenden Schaden abzuwenden bzw. den bestehenden Schaden zu minimieren versucht. Dadurch wird der Organismus in die Lage versetzt, trotz bestehender Störfaktoren handlungsfähig zu bleiben.

Diese Schutzreaktion beruht auf einer **Veränderung der Bewegungsprogramme**, die eine erhöhte Nozizeption hervorrufen. Sie wird daher auch als **Schonprogramm** oder **Modulationsprogramm** bezeichnet.

Durch die enge Verknüpfung von Somatomotorik und Infrastruktur (vgl. ► Abschn. 1.1.4) umfasst das supraspinal organisierte Schonprogramm

- eine **arthrotendomyotische Reaktion** und
- eine **infrastrukturelle Begleitreaktion**.

### Arthrotendomyotische Reaktion

Als Folge des nozizeptiven somatomotorischen Blockierungseffekts wird die Ausführung komplexer Bewegungsmuster dahingehend verändert, dass die nozizeptiven Afferenzen aus der Peripherie abnehmen. Die Modulationsprogramme wirken sich aus auf

- die Arbeitsweise der **Muskeln** („myo“) und **Sehnen** („tendo“) sowie
- die **Gelenkstrukturen** („arthro“).

Dies soll durch den Begriff der **arthrotendomyotischen Reaktion** (atmR) verdeutlicht werden.

➤ **Es kommt zu sog. Ausweich- oder Schonbewegungen bzw. Schonhaltungen, die dem Menschen unbewusst, gleichsam automatisch ablaufen.**

### Beispiel

- Eine Person streckt den Arm nach oben, um ein Glas in Kopfhöhe aus dem Schrank zu holen; hierbei zieht sie ihren gesamten Schultergürtel nach oben. Diese Elevationsbewegung des Schultergürtels stellt eine typische Ausweichbe-



wegung dar, da der physiologische Bewegungsablauf der Armhebung mit einer Gleitbewegung des Schultergürtels in dorsokaudaler Richtung einhergeht. Die Person verringert durch sie das Ausmaß der Elevation im Humeroglenoidalgelenk und bewirkt so einen Schutz für Strukturen, die bei einer vergrößerten Elevation mit vermehrter Nozizeption reagieren würden. Diese Bewegungsmodifikation könnte z. B. bei einer Kontraktur der schulteradduzierenden und -innenrotierenden Muskeln wie des M. subscapularis zu beobachten sein.

- Eine Person zeigt beim Gehen eine unterschiedliche Schrittlänge des rechten und linken Beines, ein „Schonhinken“; hierbei zieht sie das rechte Bein leicht nach. Sie verringert somit das Bewegungsausmaß der Flexion im rechten Hüftgelenk und der Dorsalextension im oberen Sprunggelenk und bewirkt so einen Schutz für Strukturen, die bei einer vergrößerten Hüftflexion oder Dorsalextension des Spielbeins mit vermehrter Nozizeption reagieren würden. Dies könnte z. B. bei einem mechanischen Überlastungsödem nach Zerrung der plantarflektierenden Muskulatur auftreten.

#### ■ Reflektorische Veränderung der muskulären Aktivität

Die Realisierung derartiger Schonprogramme bedarf der modifizierten Aktivität aller an dieser Bewegung beteiligten Muskeln.

- Muskelgruppen, die durch ihre Aktivität Gewebe schädigen bzw. einen bestehenden Gewebeschaden vergrößern würden, werden reflektorisch gebremst,
- Muskelgruppen, deren Aktivität einen Schutz des betroffenen Gewebes bedeutet, werden dagegen reflektorisch vermehrt aktiviert.

Muskulatur, deren Aktivität im Rahmen eines zentralnervös organisierten Schonprogramms eine **reflektorische Veränderung** erfährt, wird als **Tendomyose** bezeichnet (Brügger 1955/1958).

#### Exkurs

##### Tendomyose

Der Begriff Tendomyose wurde 1955 von Brügger geprägt und bezeichnete zunächst eine „reflektorische funktionsgebundene Schmerzhafteigkeit von Muskulatur“ zur Abgrenzung anderer muskulärer Schmerzzustände, wie sie beispielsweise bei einer Myalgie oder Myositis vorliegen. Darüber hinaus sollte er verdeutlichen, dass sowohl die Sehne als auch der Muskel gleichermaßen von der Schmerzhafteigkeit betroffen sind. Später beschrieb er sie umfassender als „reflektorische funktionelle Eigenschaftsveränderung der Muskulatur“, die nicht zwangsläufig mit Schmerzen verbunden sein muss.

- Die Muskeln, die durch ihre Annäherung die Nozizeption des Störfaktors verstärken würden, werden **hypoton tendomyotisch**; d. h. ihre Aktivität wird reflektorisch gedrosselt.

- Alle Muskeln, die durch ihre Annäherung die Nozizeption des Störfaktors reduzieren, werden vermehrt aktiviert; sie werden **hyperton tendomyotisch**. Ihre De- kontraktion wird zum Schutz des Störfaktors behindert.

#### Tipp

Da sich aktive und passive Bewegungen nur quantitativ voneinander unterscheiden (s. ► Abschn. 1.1.5), entstehen tendomyotische Schaltungen bei jeder Form der Verlängerung oder Verkürzung.

- Da unsere Bewegungen grundsätzlich in Bewegungsmustern ablaufen (s. ► Abschn. 3.3), wirken sich Störfaktoren generell auf die Ausführung komplexer Bewegungsabläufe aus. Das hat zur Folge, dass sich Modifikationen der Bewegungsabläufe nicht nur in der Nähe der Störfaktoren finden lassen, sondern ebenso weit vom Ort des Störfaktors entfernt.

#### Beispiel Störfaktor Kontraktur der hüftextendierenden Muskulatur

Eine Person zeigt deutliche Bewegungsmodifikationen beim Treppensteigen. Wird der Fuß auf die nächsthöhere Stufe gesetzt und das Körpergewicht auf das vordere Bein verlagert, geht das physiologische Bewegungsmuster mit einer Vorneigung des Rumpfes, einer Beckenkipfung, Abduktion und Außenrotation des Hüftgelenks sowie einer Dorsalextension und Pronation des oben stehenden Beines einher (vgl. ► Abschn. 3.3.4). Dieser Bewegungsablauf erfordert eine Verlängerung der kontrakten hüftextendierenden Muskulatur.

Die durch die Verlängerung ausgelöste Nozizeption führt bei entsprechender Summation supraspinal zu einer Modifikation des Bewegungsmusters, die z. B. mit einer verringerten Vorneigung des Rumpfes, einer Beckenaufrichtung, einer Adduktion, Innenrotation der Hüftgelenke und einer Supination der Füße sowie einer Flexion der Zehen (sichtbare Krallbewegung) einhergehen kann.

Die Realisierung dieses Modulationsprogramms führt zu einer Verringerung der Nozizeption der hüftextendierenden Muskulatur. Dazu werden die Muskeln, die durch ihre Annäherung zum Schonprogramm beitragen, hyperton tendomyotisch, wie z. B. die Bauchmuskulatur, die adduzierende Muskulatur des Hüftgelenks, die Supinatoren des Fußes und die zehenflektierende Muskulatur. Die Muskeln, die durch ihre Verkürzung das Schonprogramm gefährden würden, werden hypoton tendomyotisch, wie z. B. die Rückenmuskulatur, die beckenkippende Muskulatur und die Dorsalextensoren und Pronatoren des Fußes.

Ist diese Bewegungsmodifikation zentralnervös organisiert, lässt sie sich nicht ohne weiteres auflösen. Wird z. B. die Bewegungskomponente der unerwünschten Hüftadduktion vom Therapeuten auskorrigiert, so kann man die Realisierung des Schonprogramms verstärkt an anderer Stelle beobachten, wie beispielsweise an einer vermehrten Reklination der Halswirbelsäule oder an einer verstärkten Kyphosierung der Wirbelsäule (s. ► Abschn. 3.2).

**Tipp**

Eine Korrektur von Ausweichbewegungen, wie sie in der physiotherapeutischen Praxis üblich ist, wird fragwürdig, wenn es dem Patienten selbst nach mehrmaliger Wiederholung nicht gelingt, die Bewegung zu verändern. Dann liegt in der Regel ein supraspinal organisiertes Schonprogramm vor, das der Patient nicht ohne weiteres willkürlich beeinflussen kann.

- **Ein zentralnervös organisiertes Schonprogramm zum Schutze eines Störfaktors kann nur durch die Behandlung dieses Störfaktors nachhaltig beeinflusst werden, da er der Bewegungsmodifikation ursächlich zugrunde liegt.**

Tendomyosen stellen **keine dauerhaften Zustandsveränderungen** von Muskeln dar. Es handelt sich vielmehr um die unwillkürliche und regelhaft ablaufende Ansteuerung von Muskeln, die stets dem Ziel der Reduzierung von nozizeptiven Signalen aus einem oder mehreren Störfaktoren dient.

- ⚠ **Vorsicht**  
**Eine Tendomyose darf nicht mit einem muskulären Hypertonus oder Hypotonus gleichgesetzt werden!**

Gemäß einer Hypothese könnte die verstärkte bzw. verringerte Aktivierung tendomyotischer Muskeln durch supraspinale Strukturen auf einer Steigerung bzw. Drosselung der Impulse der Gamma-Motoneurone beruhen, die über die Muskelspindeln den Tonus der Muskulatur beeinflussen.

Nach Beseitigung des Störfaktors ist die Tendomyose zeitgleich nicht mehr feststellbar.

- **Eine Tendomyose weist kein pathomorphologisches Substrat auf.**

Sie kann bei längerfristigem Bestehen jedoch ein weiterer Störfaktor, eine sog. **Sekundärafferenz** werden (s. auch ► [Abschn. 2.2.4](#)).

## ■ ■ Unbewusste Bewegungsmodifikationen

Die Veränderung von Bewegungsmustern mit Hilfe tendomyotisch veränderter Muskeln erfolgt **unwillkürlich** und ist dem Individuum zunächst nicht bewusst.

**Tipp**

In der physiotherapeutischen Praxis begegnen wir häufig dem Phänomen, dass sich Patienten z. B. subjektiv gerade auf die Behandlungsbank legen, objektiv aber ganz schief sind. Ein Schulterhochstand, eine asymmetrische Kopfstellung oder eine unterschiedliche Schrittlänge sind sichtbare Befunde, die dem Patienten oft nicht bekannt sind.

Die Fähigkeit des menschlichen Organismus, Bewegungsmuster zum Schutz von Störfaktoren zu verändern, versetzt das Individuum oft über einen langen Zeitraum hinweg in die Lage, trotz bereits bestehender Gewebeschäden **handlungsfähig und dabei schmerzfrei** zu bleiben. Durch die veränderten Bewegungsmuster kann dem Störfaktor **Heilung** ermöglicht werden.

**Tipp**

Beobachten wir Menschen bei alltäglichen Aktivitäten, so findet sich eine Vielzahl von Bewegungsmustern, die scheinbar weder ökonomisch noch effektiv noch strukturschonend sind. Sie deuten auf bestehende Störfaktoren hin, ohne dass Schmerzen empfunden werden. Dazu gehören z. B.

- die oft zu beobachtende frühzeitige Elevation des Schultergürtels bei Anhebung des Armes und
- das mit Schwungholen verbundene, steile Aufstehen aus dem Sitz, das biomechanisch ungünstig ist (vgl. ► [Abschn. 3.3.3](#)).

Unter physiologischen Voraussetzungen wären zahlreiche zu beobachtende Bewegungsmuster unökonomisch, ineffektiv und strukturbelastend. Unter Einbeziehung der nozizeptiven Afferenzen aus den Störfaktoren stellen sie jedoch die für den Organismus **zurzeit schonendste Beanspruchung** dar.

- **Die realisierte Bewegungsmodifikation entsteht aus der Summe der nozizeptiven Afferenzen aller Gewebe.**

## ■ ■ Bewegungsmodifikationen durch bewusste Wahrnehmung von Schmerzen

Dieses hocheffiziente System erfährt eine Steigerung durch die **Einbeziehung des Bewusstseins auf kortikaler Ebene**, wenn die unbewusste Modulation des sensomotorischen Systems keinen ausreichenden Schutz mehr bei drohendem bzw. bestehendem Gewebeschaden gewährleisten kann. In diesem Fall bedarf es der **bewussten Einflussnahme auf die Bewegungsmuster** (vgl. ► [Abschn. 1.2](#), „Hierarchie des ZNS“).

Hierzu erfolgt die Weiterleitung nozizeptiver Afferenzen vom Thalamus zum Gyrus postcentralis der Großhirnrinde. Erst die kortikale Verarbeitung von nozizeptiven Impulsen geht mit der Wahrnehmung von Schmerz einher.

Die bewusste **Wahrnehmung von Schmerzen** veranlasst das Individuum, an der Schonung mitzuwirken, indem es die Haltungen und Bewegungen vermeidet, die die Nozizeption der Störfaktoren verstärken.

- **Der nozizeptive somatomotorische Blockierungseffekt unter Einbeziehung kortikaler Strukturen bedeutet in den meisten Fällen keine lokale Schmerzempfindung im geschädigten Gewebe. Vielmehr werden dem Individuum die reflektorisch modifizierten Bewegungsmuster jetzt schmerzhaft bewusst; die**

### **muskuläre Aktivierung tendomyotisch geschalteter Muskeln geht mit Schmerzen einher.**

- **Hypoton tendomyotisch geschaltete Muskeln** werden bei **Kontraktion** schmerzhaft wahrgenommen; es kann ein Gefühl der „muskulären Müdigkeit“, der „Schwere“ empfunden werden. Auch die Druckdolenz des hypoton tendomyotisch geschalteten Muskels nimmt bei Kontraktion zu.
- **Hyperton tendomyotisch geschaltete Muskeln** werden bei **Dekontraktion** schmerzhaft wahrgenommen; hier wird häufig ein Gefühl der „muskulären Steifigkeit“ beschrieben. Auch die Druckdolenz nimmt bei Dekontraktion zu.

Der Schmerz veranlasst das Individuum, die ursprünglich beabsichtigte Bewegung entweder dahingehend zu verändern, dass dem Störfaktor kein weiterer Schaden zugefügt wird, oder sie zu unterlassen, falls Ersteres nicht möglich ist. Das Handlungsziel muss dann in anderer Form realisiert werden.

#### **Beispiel Störfaktor Kontraktur der Bauchmuskulatur, subkortikale Ebene**

Eine Person muss aus beruflichen Gründen täglich lange Strecken mit dem Auto zurücklegen und entwickelt daher eine Kontraktur der Bauchmuskulatur. Sie sitzt auf einem Stuhl in krummer Körperhaltung und möchte aufstehen. Bei der hierzu erforderlichen Vorverlagerung des Rumpfes mit zunehmender Beckenkipfung (vgl. ► [Abschn. 3.3.3](#)) erhöht sich die Nozizeption in der kontrakten Bauchmuskulatur durch die zunehmende Dekontraktion. Die Muskelgruppen der Hüftextensoren und der Plantarflexoren des Fußes z. B. können dieser Verlängerung durch eine vermehrte Aktivierung entgegenwirken. Sie werden hyperton tendomyotisch geschaltet. Das Bewegungsmuster des Aufstehens wird dahingehend modifiziert, dass sich das Becken vermehrt aufrichtet und die Person mit nur geringer Vorlage steil aufsteht. Die kontrakte Bauchmuskulatur bleibt somit in einer angenäherten Position.

#### **Beispiel Störfaktor Kontraktur der Bauchmuskulatur, kortikale Ebene**

Die oben beschriebene Kontraktur verstärkt sich im Laufe der Zeit und die Person gibt gelegentliche Rückenschmerzen an. Will sie aufstehen, reicht die unbewusste Bewegungsmodifikation des steilen Aufstehens mit aufgerichtetem Becken nicht mehr aus, um der kontrakten Bauchmuskulatur einen adäquaten Schutz zu gewährleisten. Die Person verspürt daher beim Aufstehen einen zunehmenden Kontraktionsschmerz der rückenstreckenden Muskulatur als Ausdruck ihrer hypoton tendomyotischen Schaltung. Darüber hinaus kann sie einen ziehenden Schmerz über eine Gesäßhälfte als Folge der hyperton tendomyotischen Schaltung der hüftextendierenden Muskulatur angeben. Das Aufstehen erfolgt z. B. über ein kräftiges Abstützen der Arme auf den Oberschenkeln, wobei die Bauchmuskulatur angenähert wird.

Die Person steht und möchte Wäschestücke in die sich über Kopfhöhe befindenden Schrankfächer legen. Die Nozizeption in der kontrakten Bauchmuskulatur wird durch die zunehmende

Längenforderung, die durch die Ausgangsstellung Stand und die Armposition verursacht wird, verstärkt; die reflektorische Beckenaufrichtung gewährleistet keinen ausreichenden Schutz. Es kommt zum Kontraktionsschmerz der hypoton tendomyotisch geschalteten armhebenden Muskulatur ab ca. 140° Elevation. Der Schmerz und das Schweregefühl in den Armen veranlassen die Person, die Wäsche unter Zuhilfenahme einer Trittleiter bei geringerer Elevation einzuräumen. Dadurch verringert sich die Dekontraktion der Bauchmuskulatur.

► **Schmerz hat unter diesen Voraussetzungen eine elementar bedeutsame Warn- bzw. Schutzfunktion. Therapeutische Maßnahmen, die die Schmerzwahrnehmung herabsetzen, ohne therapeutischen Einfluss auf die auslösenden Störfaktoren zu nehmen, sind daher äußerst fragwürdig. So muss z. B. die Indikation zur Narkosemobilisation bei schmerzhafter Schultersteife im Einzelfall überdacht werden; im physiotherapeutischen Bereich sollte auch aus diesem Grund auf längere Eiswendungen verzichtet werden.**

Da Störfaktoren zur Modulation ganzer Bewegungsmuster führen, können Schmerzen potenziell an all den Muskeln auftreten, die zum Schutz des Störfaktors tendomyotisch verändert sind. Dies erklärt den z. T. **großen Abstand** zwischen dem vom Individuum **wahrgenommenen Schmerz** und dem **zugrunde liegenden Störfaktor**.

#### **Tipp**

Häufig befinden sich tendomyotische Schmerzen in den Muskeln, die den Schonmechanismus bei einer bestimmten Bewegung am wirkungsvollsten gewährleisten können; d. h. Muskeln, die den „Motor“ für die nozizeptiv nicht akzeptierte Bewegung darstellen, sind dem Patienten schmerzhaft bewusst.

#### **■ ■ Steigerungsformen der Tendomyosen**

Ist die Summation der nozizeptiven Impulse aus dem geschädigten Gewebe extrem hoch, so erfährt die tendomyotische Schaltung eine Steigerung im Sinne einer Desorganisation des Kontraktionsablaufes (► [Tab. 2.1](#)).

- **Hypoton tendomyotische Muskeln** weisen faszikuläre Zuckungen und Krämpfe bei oftmals nur geringfügiger konzentrischer Aktivität des Muskels auf.
- **Hyperton tendomyotische Muskeln** dagegen zeigen faszikuläre Zuckungen bei Dekontraktion im Sinne eines Rigors.

#### **■ ■ Merkmale der Tendomyosen**

Im Gegensatz zu einer Hypotrophie bzw. Atrophie eines Muskels als Anpassung an seinen verringerten Gebrauch bzw. einer Hypertrophie infolge seiner verstärkten Beanspruchung handelt es sich bei einer Tendomyose um eine **zentralnervös organisierte Anpassung an eine Gefahr**.

■ **Tab. 2.1** Charakteristische Steigerungsformen der Tendomyosen. (Mod. nach Brügger)

	Hypotone Tendomyose	Hypertone Tendomyose
1. Bewegungshemmung, ohne bewusste Wahrnehmung	Bewegung geht mit verringerter Annäherung (Kontraktion) des Muskels einher	Bewegung geht mit verstärkter Annäherung (Kontraktion) des Muskels einher
2. Bewegungshemmung, mit bewusster Wahrnehmung	Kontraktionsschmerz: Zunehmender Schmerz bei Verkürzung des Muskels Zunehmender Druckschmerz bei Verkürzung des Muskels Subjektives Gefühl der (schmerzhaften) muskulären Müdigkeit	Dekontraktionsschmerz: Zunehmender Schmerz bei Verlängerung des Muskels Zunehmender Druckschmerz bei Verlängerung des Muskels Subjektives Gefühl der (schmerzhaften) muskulären Steifigkeit
3. Desorganisation des Kontraktionsablaufs	Faszikuläre Zuckungen bei Ermüdung des Muskels, häufig bei nur geringfügiger konzentrischer Aktivität sichtbar und spürbar u. U. schmerzhafter Muskelkrampf	Faszikuläre Zuckungen bei Dekontraktion des Muskels im Sinne eines Rigors sichtbar und spürbar u. U. schmerzhafter Muskelkrampf

### Tipp

Bei scheinbar geschwächten Muskeln, die sich einem Training hartnäckig widersetzen, kann eine hypoton tendomyotische Schaltung vorliegen.

### Beispiel

- Ragt Operationsmaterial wie eine Schraube in den Gelenkspalt des oberen Sprunggelenks, wird der M. tibialis anterior bei der Fußhebung z. B. hypoton tendomyotisch geschaltet und lässt sich nicht auftrainieren.
- Im Laufe einer seit vielen Jahren bestehenden Hüftgelenksarthrose hat sich das Gangbild verändert. Es haben sich mehrere Kontrakturen entwickelt, zu deren Schutz die abduzierenden Muskeln des Hüftgelenks in der Standbeinphase des Gangs hypoton tendomyotisch geschaltet werden. Ein positives Trendelenburg-Zeichen, das in der physiotherapeutischen Behandlung nach Totalendoprothese des Hüftgelenks auffällt, lässt sich daher durch ein Training der kleinen Glutäen nicht positiv beeinflussen. Störfaktor kann z. B. die zehen- und fußflektierende Muskulatur sein.

### ➤ Hypoton tendomyotische Muskeln lassen sich nicht auftrainieren!

### Tipp

Scheinbar verkürzte Muskeln, die sich einer Dehnung bzw. Dekontraktion auch über längere Zeiteinheiten hinweg hartnäckig widersetzen, sind häufig zentralnervös organisierte hypertone Tendomyosen.

### Beispiel

Die ischiokrurale Muskelgruppe mit hüftstreckender bzw. beckenaufrichtender Funktion ist häufig hypertone tendomyotisch.

### ➤ Hyperton tendomyotische Muskeln lassen sich nicht dekontrahieren bzw. dehnen!

### ■ ■ Dynamik der Tendomyosen

Da eine Tendomyose keine permanente Zustandsveränderung eines Muskels ist, sondern lediglich seine **reflektorische Funktionsänderung** beschreibt, kann eine Muskelgruppe von einem auf den anderen Moment hypertone oder hypoton tendomyotisch verschaltet werden und umgekehrt. Dies hängt ab

- von der auszuführenden Bewegung und
- von der Lokalisation und Nozizeption des vordergründigen Störfaktors.

Die Anpassung der tendomyotischen Schaltung an die aktuelle Bewegungssituation und ihre hieraus resultierende situationsabhängige Wandlungsfähigkeit wird als **Dynamik der Tendomyose** bezeichnet.

### Beispiel Störfaktor Kontraktur der schulteradduzierenden, innenrotierenden Muskulatur

Eine Sekretärin arbeitet überwiegend mit dem Computer. Aufgrund der permanenten Annäherung der schulteradduzierenden, innenrotierenden Muskulatur entwickelt sie hier eine Kontraktur.

Sie sitzt im Auto und möchte sich anschnallen. Während die Arme noch im Schoß liegen, ist die Nozizeption aus dem Störfaktor so gering, dass zentralnervös keine Tendomyosen organisiert werden.

Während die Hand sich in zunehmender Außenrotation und Abduktion des Schultergelenks auf den Gurt zu bewegt, steigt die Anzahl der nozizeptiven Signale, bis es zur Organisation einer Tendomyose kommt. Die Nackenmuskulatur wird hypertone tendomyotisch geschaltet; die Person zieht den Schultergürtel hoch und verringert dadurch die nozizeptiv nicht akzeptierte Außenrotation und Abduktion. Eventuell ist zusätzlich eine Mitbewegung des Rumpfes erforderlich (subkortikale Ebene).

Bei noch stärkerer Nozizeption des Störfaktors kann ein Kontraktionsschmerz des z. B. hypoton tendomyotischen M. deltoideus auftreten (kortikale Ebene).

Bei der nun folgenden Abwärtsbewegung führt die Hand das Gurtende zur Befestigung. Die Außenrotation und Abduktion der Schulter werden kontinuierlich verringert, parallel dazu verringert sich der nozizeptive Input aus der Kontraktur, sodass die tendomyotische Schutzschaltung ebenfalls abnimmt.

Desgleichen kann eine zunächst hypoton tendomyotisch geschaltete Muskelgruppe zu einer hypertonen Tendomyose werden oder umgekehrt, je nachdem, ob durch eine verstärkte Kontraktion oder Dekontraktion die Schutzfunktion optimiert wird.

#### Beispiel Störfaktor Ansatzreiz am Tuberculum minus

Die Sekretärin des obigen Beispiels spielt gelegentlich Tennis und entwickelt beim intensiven Üben des Aufschlags von oben einen Ansatzreiz am Tuberculum minus durch die Zerrung der Sehne des M. subscapularis. Bei Bewegungen des Armes in die Elevation gibt sie einen zunehmenden Kontraktionsschmerz der hypoton tendomyotisch geschalteten armhebenden Muskeln, wie z. B. des M. biceps brachii, an, ausgelöst durch die verstärkte Nozizeption des Ansatzreizes bei Verlängerung des M. subscapularis.

Bei der Abwärtsbewegung des Armes erfolgt ein augenblicklicher Wechsel der tendomyotischen Schaltung, denn auch hier erfährt der Ansatzreiz eine erhöhte Nozizeption. Durch das Ineinandergleiten der Muskelfasern des M. subscapularis wird auf die Sehne ein Zug ausgeübt, der mit einer hypertonen tendomyotischen Schaltung der armhebenden Muskulatur einhergeht.

Die tendomyotische Schaltung eines Muskels hängt auch von der Funktion ab, die er in verschiedenen Ausgangsstellungen hat.

#### Beispiel Störfaktor Kontraktur der Bauchmuskulatur

Beim Aufstehen aus dem Sitz wird die hüftextensorische Muskulatur hypertonen tendomyotisch geschaltet (s. oben: Beispiel „Störfaktor Kontraktur der Bauchmuskulatur, subkortikale und kortikale Ebene“). Die Person steht daher mit einem stark aufgerichteten Becken ohne nennenswerte Rumpfvorlage auf (subkortikal) und verspürt im Moment der größten Verlängerung der Bauchmuskulatur den **Kontraktionsschmerz der hypertonen tendomyotischen Hüftextensoren** (kortikal).

Dieselbe Person ist aufgestanden und möchte zügig gehen. Die kontrakte Bauchmuskulatur erfährt im letzten Teil der Standbeinphase kurz vor Ablösen des Vorfußes die höchste Nozizeption durch die starke Längenforderung. Die hüftextendierende Muskulatur würde hier die Nozizeption durch einen kräftigen Abdruck des Standbeins noch verstärken und wird folglich hypoton tendomyotisch. Die Person verlagert demzufolge ihren Schwerpunkt nach hinten. Es entsteht das Bild eines Menschen, der „hinter seinen Beinen hergeht“ (subkortikal); bei einem kräftigeren Abdruck mit erhöhter Nozizeption in der kontrakten Bauchmuskulatur kommt es zum **Kontraktionsschmerz der hypoton tendomyotischen Hüftextensoren** (kortikal).

Darüber hinaus kann die Schonbedürftigkeit unterschiedlicher Störfaktoren zu einer wechselnden tendomyotischen Schaltung derselben Muskelgruppe führen.

#### Beispiel Störfaktoren Kontraktur der Hüftextensoren und Biegespannung

Eine Person mit großer Körpergröße hat durch die beständige Einnahme der krummen Körperhaltung mit aufgerichtetem Becken eine Kontraktur der hüftextensorischen Muskulatur entwickelt.

Wenn die Person sich auf einen Stuhl an ihrem Schreibtisch setzt, werden nozizeptive Afferenzen aus der kontrakten hüftextensorischen Muskulatur durch die Hüftflexion ausgelöst und führen zu einer Schonhaltung in Annäherung. Die Person sitzt mit aufgerichtetem Becken bei leicht kyphosierter Wirbelsäule (subkortikale Ebene). Bei Greifbewegungen, die mit einer Vorverlagerung des Oberkörpers verbunden sind, verspürt sie den Kontraktionsschmerz der **hypoton tendomyotisch geschalteten Rückenmuskulatur** und nimmt eine verstärkt kyphotische Sitzposition ein (kortikale Ebene).

Verrichtet sie daraufhin eine Zeit lang ihre Schreibarbeiten in krummer Sitzhaltung, so nehmen die nozizeptiven Impulse aus den kontrakten Hüftextensoren durch die ausreichende Annäherung ab. Zunehmend melden jedoch nozizeptive Afferenzen aus den Wirbelkörpern die schädliche Biegebelastung, die auf die Wirbelsäule einwirkt. Ab einer gewissen Summation der nozizeptiven Signale kommt es zu einer **hypertonen Tendomyose der Rückenmuskulatur**. Die Person spürt einen ziehenden Dekontraktionsschmerz im Rücken, der dazu führt, dass sie sich aufrichtet und ihr Becken kippt.

Dies bedeutet zwar eine Abnahme der Biegespannung, provoziert jedoch nunmehr erneut die Kontraktur.

Die „**Wechselmeldung**“ aus verschiedenen Störfaktoren kann zu gegensätzlichen tendomyotischen Schaltungen führen, je nachdem, welche Schonbedürftigkeit zu einem bestimmten Zeitpunkt im Vordergrund steht.

#### Tipp

Häufig beschreiben Patienten genau dieses Phänomen, wenn längere Zeit die krumme noch die aufrechte Körperhaltung einnehmen zu können. Charakteristischerweise bleiben sie in ständiger Bewegung, empfinden sich selbst als „unruhig“. In schweren Fällen wird eine starke Minderung der Lebensqualität angegeben.

Diese Beschwerden können in manchen Fällen auch durch ein mechanisches Überlastungsödem verursacht werden. Gehen die Beschwerden mit Dysästhesien und Parästhesien der Beine einher, wird gelegentlich die Diagnose idiopathischer „Restless Legs“ gestellt.

#### ■ ■ Polytope Beschwerdebilder

Da ganz unterschiedliche Bewegungen die Nozizeption ein und desselben Störfaktors auslösen können, variieren häufig auch die supraspinal organisierten Schonprogramme. Man spricht von

- **polytopen klinischen Erscheinungsbildern**, wenn mehr als ein Schmerzort beschrieben wird,
- im Gegensatz zum seltener auftretenden **monotopen Beschwerdebild** an nur einem Schmerzort.

#### Beispiel Störfaktor Kontraktur der Bauchmuskulatur: polytopes Beschwerdebild bei einem Störfaktor

- Bei bestehendem Längendefizit in der Bauchmuskulatur können vermehrte nozizeptive Afferenzen bei der Elevation



des Armes mit einer hypotonen Tendomyose der armhebenden Muskeln beantwortet werden; der Patient gibt einen entsprechenden Kontraktionsschmerz an.

- Bei einer Räkelbewegung mit Wirbelsäulenextension kann bei gleicher Ursache die hypotone Tendomyose der Rückenmuskulatur zu einem stechenden Schmerz in der Brustwirbelsäule oder einem Gefühl des „Durchbrechens“ in der Lendenwirbelsäule führen.
- Ebenso typisch ist ein Dekontraktionsschmerz der hypertontendomyotischen Brustmuskulatur, der sich bei der Ausholbewegung des Armes beim Tennisspiel bemerkbar machen kann.

#### Tipp

In der Praxis sind schmerzhafte hypotone Tendomyosen häufiger zu beobachten als schmerzhafte hypertone Tendomyosen.

Variierende Schonprogramme können auch durch mehrere zeitgleich bestehende Störfaktoren verursacht werden: In Abhängigkeit von der beabsichtigten Bewegung steigt die Schutzbedürftigkeit der verschiedenen Störfaktoren in unterschiedlichem Maße. Durch diese ständig wechselnde Rangfolge der Störfaktoren, die eines spezifischen Schonprogramms bedürfen, ergibt sich fast zwangsläufig ein polytopes Beschwerdebild (s. auch ► Abschn. 2.2.4 „Hierarchie der Störfaktoren“).

#### Beispiel Störfaktoren Kontraktur der Bauchmuskulatur und der Hüftextensorischen Muskulatur: polytopes Beschwerdebild bei zwei Störfaktoren

Hängt eine Person im Stehen Wäsche auf und muss sich bücken, um ein Wäschestück aus dem Waschkorb zu holen, so hat diese Bewegung eine Verlängerung der kontrakten Hüftextensoren zur Folge, wogegen die Bauchmuskulatur in Annäherung gebracht wird. Ein ziehender Rückenschmerz als Ausdruck der hypertontendomyotisch geschalteten Rückenmuskulatur kann beim Vorbeugen zum Schutz der Hüftextensoren auftreten. Dieser lässt nach, sobald die Person sich aufrichtet, da sich nun die Nozizeption der Hüftextensoren durch die erfolgte Annäherung verringert hat.

Wird das Wäschestück jetzt an der über Kopfhöhe befindlichen Leine befestigt, erhöht sich durch die Verlängerung die Nozizeption der kontrakten Bauchmuskulatur. Es kann zu Schulterschmerzen durch die hypotone Tendomyose der armhebenden Muskeln kommen. Die Hüftextensoren erfahren in dieser Position keine nennenswerte Nozizeption.

#### ■ Reflektorische Veränderungen an Gelenkstrukturen

Neben der zentralnervös organisierten Einflussnahme auf die Arbeitsweise von Muskeln und Sehnen werden im Rahmen der arthrotendomyotischen Reaktion auch Gelenkstrukturen in das reflektorische Geschehen mit einbezogen.

- **Gelenkkapselstrukturen können infolge des NSB (druck)schmerzhaft werden, ohne dass eine Gelenkaffektion vorliegt.**

Die Behandlung der ursächlichen Störfaktoren führt zu einem Rückgang der Gelenksymptomatik.

#### Tipp

Die reflektorischen Gelenkiritationen aufgrund von Störfaktoren anderer Lokalisation sind deutlich von autochthonen Gelenkreizzuständen abzugrenzen, die einen eigenständigen Störfaktor bilden, wie beispielsweise bei einem traumatisierten Akromioklavikulargelenk oder einem mechanisch überlasteten Sternoklavikulargelenk; hier stellt das Gelenk die behandlungsbedürftige Struktur dar. Die Differenzierung erfolgt in ► Kap. 4 „Funktionsanalyse“.

### Infrastrukturelle Begleitreaktion

Unter dem Begriff der Infrastruktur werden alle logistischen Leistungen des vegetativen Nervensystems zusammengefasst, die mit den somatomotorischen Leistungen des animalen Nervensystems koordiniert werden müssen (s. ► Abschn. 1.1.4).

Bedingt durch die enge funktionelle Verknüpfung beider Nervensysteme wird unter dem Einfluss von Störfaktoren auch die Steuerung vegetativer Funktionen modifiziert.

#### ■ Anamnestische Angaben

Anamnestisch werden im Zusammenhang mit funktionellen Beschwerdebildern häufig angegeben:

- zeitweise, oft nachts geschwollene Finger oder Hände,
- kalte Extremitäten und/oder
- ein allgemeines Kältegefühl.

Subjektiv wird häufig eine allgemein **herabgesetzte Leistungsfähigkeit** beschrieben sowie eine **schnelle Ermüdbarkeit**.

Funktionelle Beschwerdebilder können mit Übelkeit, Atemnot und Schwindel einhergehen.

#### ■ Inspektion

Im Inspektionsbefund finden sich im Rahmen der arthrotendomyotischen Reaktion

- reflektorische Ödeme und
- trophische Veränderungen.

#### ■ Reflektorische Ödeme

Reflektorische Ödeme entstehen in Gelenken und tendomyotisch geschalteten Muskeln.

#### Beispiel

- Ein reflektorisches Ödem im Bereich der tendomyotischen **finger- und handextendierenden Muskulatur** (Schonprogramm) kann z. B. infolge eines mechanischen Überlastungsödems der **finger- und handflektierenden Muskulatur** (primärer Störfaktor) entstehen. Durch die Behandlung des Störfaktors wird es beseitigt (s. ► Abschn. 10.3.4 „Epikondylitis“).
- Ebenso kann es zu einer reflektorischen Ergussbildung z. B. im Kniegelenk kommen, die nach Behandlung des mechani-

schen Überlastungsödems der zehen- und fußflektierenden Muskulatur, ausgelöst durch eine ungewohnte, intensive Step-Aerobic, nicht mehr zu beobachten ist.

➤ **Reflektorische Ödeme sind Bestandteil des Schonprogramms und daher nicht behandlungsbedürftig.**

Versucht der Therapeut, reflektorische Ödeme lokal zu behandeln, erreicht er meist nur vorübergehende oder gar keine Behandlungserfolge; in manchen Fällen tritt sogar eine Verstärkung der Beschwerden auf. Durch Behandlung der ursächlichen Störfaktoren werden sie langfristig beseitigt. Die Differenzierung zwischen einem reflektorischen Ödem und einem mechanischen Überlastungsödem erfolgt in ► **Kap. 4** „Funktionsanalyse“.

**Tipp**

Erst durch die unterlassene Behandlung des primären Störfaktors kann das vormals reflektorische Ödem z. B. im Bereich der finger- und handextendierenden Muskulatur zu einem sekundären Störfaktor werden, der neben der Behandlung der primären Störfaktoren u. U. lokal behandelt werden muss.

■ **Trophische Veränderungen**

Trophische Veränderungen der Haut treten vorzugsweise im Bereich der Hände und Füße auf. Hier lassen sich beobachten:

- zyanotische Verfärbungen,
- rot-weiß marmorierte oder weiße Areale, die häufig nur Teilbereiche der Gliedmaßen, wie z. B. einzelne Finger, betreffen.

■ **In der Therapie**

Die Einflussnahme auf Störfaktoren kann schon bei geringer Dosierung lokal oder allgemein zu Schweißausbrüchen, häufig zu Kaltschweißigkeit, führen, die nicht durch die Intensität der therapeutischen Maßnahme zu erklären sind.

**Tipp**

In der Praxis zeigt sich eine deutlich verstärkte thermische Wahrnehmung von Hitzeapplikationen im Bereich der Störfaktoren.

**NSB-Zeichen**

Alle Modifikationen, die im Rahmen der arthrotendomyotischen Reaktion und infrastrukturellen Begleitreaktion auftreten, werden Zeichen des nozizeptiven somatomotorischen Blockierungseffektes (NSB-Zeichen) genannt. Diese NSB-Zeichen umfassen **kortikale und subkortikale Modifikationen** wie u. a.

- Bewegungsbehinderungen und Ausweichbewegungen,
- Schmerzen,
- schmerzhafte muskuläre Müdigkeit oder Steifigkeit,

- faszikuläre Zuckungen und
- vegetative Sensationen wie eine verstärkte Schweißsekretion.

Sie finden in der Therapie besondere Beachtung (s. auch ► **Kap. 6** „Therapeutische Maßnahmen“).

## 2.2.4 Hierarchie der Störfaktoren

In der Mehrzahl der Fälle liegt dem pathophysiologischen Reflexgeschehen mehr als nur ein auslösender Faktor zugrunde.

Es liegt in der Natur der Bewegungsmuster, dass Bewegungsmonotonie sich grundsätzlich auf **mehrere Bewegungselemente** auswirken muss.

**Beispiel**

Bewegt sich eine Person in vorwiegend krummer Körperhaltung, so können parallel z. B. Kontrakturen der Bauchmuskulatur, der Hüftextensoren, der Adduktoren und Innenrotatoren von Schulter und Hüftgelenk in unterschiedlicher Ausprägung entstehen.

Hinzu kommt, dass Schonprogramme, die über einen gewissen Zeitraum hinweg ausgeführt werden, zur **Entstehung sekundärer Störfaktoren** beitragen können.

**Beispiel**

Eine Schneiderin, die im Sitzen viel an ihrer Nähmaschine arbeitet, hat eine Kontraktur der horizontal adduzierenden Schultermuskulatur. Sie leidet an Schmerzen zwischen den Schulterblättern, wenn sie sich streckt und dabei den Brustkorb hebt. Die Mm. rhomboidei und der M. erector trunci sind in dieser Situation hypoton tendomyotisch geschaltet. Die Bauchmuskulatur, die durch ihre konzentrische Aktivität die Nozizeption in den horizontal adduzierenden Muskeln herabsetzen kann, wird hypertont tendomyotisch geschaltet.

Die Schneiderin bevorzugt daher eine Sitzposition mit gesenktem Brustkorb und aufgerichtetem Becken. Wird die hypertont tendomyotische Aktivierung der Bauchmuskulatur über einen gewissen Zeitraum hinweg gefordert, so kann aus der vormals reflektorisch hypertonen Tendomyose eine weitere Kontraktur als Sekundäräfferenz werden.

➤ **In den seltensten Fällen kann man von einem einzelnen Störfaktor ausgehen; in der Regel liegen den Beschwerdebildern mehrere Störfaktoren zugrunde.**

In manchen Fällen bildet sich im Laufe vieler Jahre über den oben beschriebenen Weg eine regelrechte **Hierarchie der Störfaktoren** aus:

Der ursprüngliche Störfaktor wurde durch das Modulationsprogramm ausreichend geschützt, sodass jetzt die Nozizeption des sekundär oder auch tertiär entstandenen Störfaktors in den Vordergrund rückt. Dies bedeutet die zentralnervöse Organisation eines neuen Schonprogramms, das zusätzlich den Schutz des hinzugekommenen Störfaktors gewährleisten muss.

**Tipp**

Klinisch zeigt sich häufig eine Verlagerung der Beschwerdesymptomatik.

**Beispiel**

Die Schneiderin, die vormals über Schmerzen zwischen den Schulterblättern klagte, gibt nun einen stechenden Rückenschmerz bei Bewegungen in die Körperaufrichtung an. Die jetzt im Vordergrund stehende Schonbedürftigkeit der sekundär entstandenen Kontraktur der Bauchmuskulatur findet einen wirkungsvollen Schutz durch die hypotone Tendomyose der rückenstreckenden Muskulatur.

Für die **Therapie** bedeutet das, dass eine Verringerung der Beschwerdesymptomatik zu Beginn häufig nicht durch die Beseitigung des primären Störfaktors zu erreichen ist. In diesen Fällen muss der Therapeut durch Behandlung der vordergründigen Störfaktoren für einen schrittweisen Abbau der Schonprogramme und somit für die Verringerung bis Beseitigung der Beschwerden Sorge tragen.

**Tipp**

Im Therapieverlauf ist es daher nicht ungewöhnlich, dass der Patient, wenn die akute Beschwerdesymptomatik bereits abgenommen hat, über Beschwerden klagt, die er aus länger zurückliegender Zeit bereits kennt.

In vielen Fällen ist die Rangfolge der Störfaktoren nicht so starr ausgeprägt, sodass der im Vordergrund stehende Störfaktor je nach Situation wechseln kann (vgl. auch ► Abschn. 2.2.3, „Dynamik der Tendomyosen“).

► **Die Identifikation der im Vordergrund stehenden Störfaktoren erfolgt durch die Funktionsanalyse.**

Die individuell an den Befund des Patienten angepasste Behandlung wird durch eine enge Verknüpfung von **diagnostischen und therapeutischen Maßnahmen** erzielt.

## 2.3 Funktionskrankheiten

Brügger bezeichnet **Schmerzzustände des Bewegungssystems**, die auf ein supraspinal organisiertes Schonprogramm für einen Krankheitsherd an ganz anderer Stelle zurückzuführen sind, als **Funktionskrankheiten**.

Damit wird den in der Medizin bekannten Schmerzphänomenen wie

- den Rezeptorschmerzen,
- den übertragenen und
- den projizierten Schmerzen,

der **tendomyotische Schmerz funktioneller Beschwerdebilder** hinzugefügt (■ Abb. 2.5).

**Rezeptorenschmerz**

Lokaler Schmerz bei

- Wunde
- Arthritis
- Kontusion
- Reizzustand bei degenerativer Gelenkerkrankung u.a.

**Übertragener Schmerz**

Infolge des viszerocutanen Reflexes werden bei Erkrankungen innerer Organe die Hautareale schmerzhaft, die aus dem selben Rückenmarkssegment innerviert werden wie das erkrankte Organ (Headache Zonen)

**Schmerzmechanismen****Projizierter Schmerz**

Neuropathischer Schmerz infolge einer Schädigung des peripheren oder zentralen Nervensystems wie bei

- Neuralgien
- Nervenwurzelirritationen (radikuläre Schmerzen)
- Phantomschmerzen u.a.

**Tendomyotischer Schmerz**

Funktionsabhängige Schmerzen eines Muskels in Form einer schmerzhaften Kontraktions- oder Dekontraktionsbehinderung zum Schutze von Störfaktoren

■ **Abb. 2.5** Überblick über Schmerzphänomene am Bewegungssystem des Menschen

In der Nomenklatur Brüggers wird der Krankheitsherd, der Ort, von dem die Nozizeption ausgeht, auch **Afferenz** genannt. Das zentralnervös organisierte Schonprogramm wird dementsprechend als **Efferenz** bezeichnet (■ Abb. 2.6).

► **Es gilt: „Efferenz schützt Afferenz!“**

Im Rahmen der arthrotendomyotischen Reaktion und infrastrukturellen Begleitreaktion des Organismus können **stark variieren**:

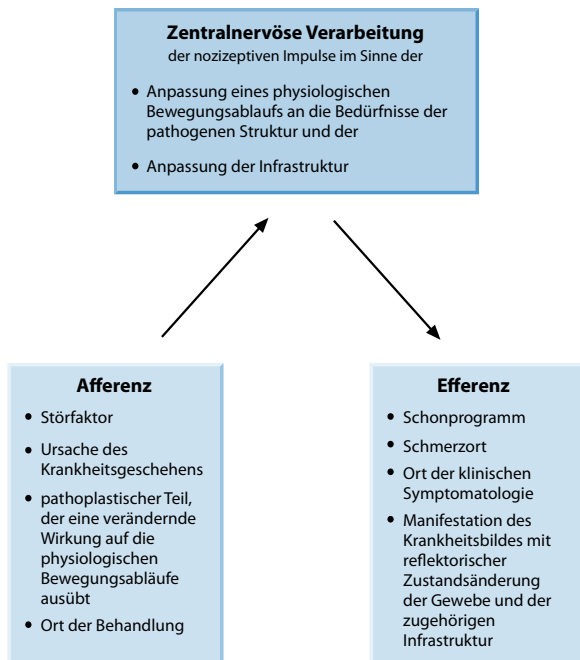
- Schmerzlokalisierung und
- Schmerzqualität und -quantität

**Beispiel**

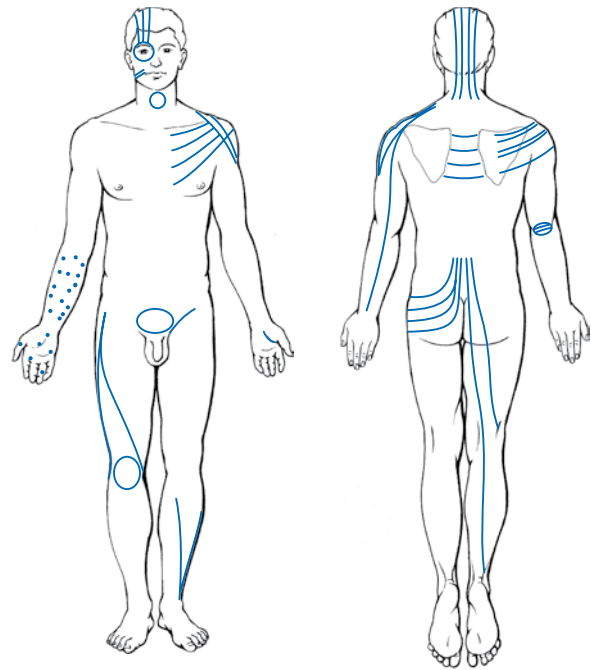
Funktionskrankheiten gehen häufig mit „ziehenden muskulären Schmerzen“, aber auch scheinbaren „Gelenkschmerzen“ einher; gelegentlich werden „bohrende“ und „stechende“ Beschwerden sowie „Nervenschmerzen“ angegeben. In Einzelfällen werden nicht dermatombezogene Sensibilitätsstörungen wie Hypästhesien und Parästhesien beschrieben.

► **Schmerzqualität und Schmerzquantität lassen keinen eindeutigen Ausschluss eines funktionellen Beschwerdebildes zu! (Vgl. ► Abschn. 4.1.1.)**

Funktionskrankheiten gehen oft mit **Symptomen** einher, die üblicherweise degenerativen Veränderungen zugeordnet werden, und mit Beschwerdebildern, die den Bereich der physiotherapeutischen Einflussnahme zu verlassen scheinen.



■ **Abb. 2.6** Schematische Darstellung des nozizeptiven somatomotorischen Blockierungseffektes (NSB)



■ **Abb. 2.7** Typische Schmerzlokalisationen funktioneller Beschwerdebilder

In der folgenden **Aufzählung** werden **typische Angaben** von Patienten, die unter Funktionskrankheiten leiden, zusammengestellt (■ **Abb. 2.7**).

Viele der aufgelisteten Beschwerden stellen Leitsymptome klassischer Diagnosen dar. Ihre Bewertung unter Berücksichtigung des NSB bedeutet eine Erweiterung der diagnostischen und therapeutischen Möglichkeiten (s. ► **Kap. 10** „Diagnosen“).

#### ■ **Ziehende Nacken- oder Kopfschmerzen**

Sie gehen oft vom Nacken aus, können bis über das Schädeldach reichen, und sind evtl. verbunden mit

- Sehstörungen und dem Gefühl, die Augen nur mit großer Mühe öffnen zu können,
- Schmerzen der Kiefergelenke oder
- Übelkeit und Erbrechen.

Sie sind häufig Ausdruck der tendomyotischen Schaltung der Nackenmuskulatur wie dem M. trapezius, der mimischen Muskulatur des Schädeldachs wie dem M. occipitofrontalis und der Kaumuskulatur wie dem M. masseter und dem M. temporalis.

#### ■ **Tinnitus und Schwindel**

Die Ohrgeräusche können unterschiedlichster Intensität und Anamnese sein.

#### ■ **Globussymptom**

Das Gefühl eines im Rachen steckenden Kloßes, häufig mit Schluckzwang, kann durch die tendomyotische Schaltung

der ventralen Halsmuskulatur wie des oberen Rektussystems auftreten.

#### ■ **Stechender Schmerz zwischen den Schulterblättern**

Dieser Schmerz ist häufig Ausdruck der tendomyotischen Verschaltung der Mm. rhomboidei.

#### ■ **Ziehende, z. T. stechende Schmerzen der Brustwand**

Sie treten v. a. im Bereich des Herzens auf und können einhergehen mit

- einem Engegefühl beim Atmen oder
- dem Gefühl, nicht ausreichend Luft zu bekommen.

Solche Beschwerden können Ausdruck der tendomyotischen Verschaltung der ventralen Thoraxmuskulatur wie den Mm. pectorales major et minor und der Interkostalmuskulatur sein.

#### ■ **Lokale und ausstrahlende Schulterschmerzen**

Zusätzlich zu ihnen können auftreten

- ein Schweregefühl des Arms bei Elevation und
- einschießende Schmerzen in den ganzen Arm, v. a. bei Abduktion und Außenrotation.

Die Schmerzen können Ausdruck der tendomyotischen Schaltung der meist abduzierenden, außenrotierenden und flektierenden Muskulatur des Schultergelenks wie des M. deltoideus und der Mm. supraspinatus et infraspinatus sein.

### ■ Schmerzen im Bereich des proximalen dorsalen Unterarms

Sie treten v. a. bei Dorsalextension der Hand auf und sind oft verbunden mit dem Gefühl der Kraftlosigkeit bei Greifaktivitäten.

Häufig sind sie Ausdruck der tendomyotischen Schaltung der extendierenden Muskulatur der Hand- und Fingergelenke, wie des M. extensor carpi radialis.

### ■ Einschlafen, Kribbelmissempfindungen und Gefühlsminderung in verschiedenen Körperregionen

Sie treten im Zusammenhang mit einer arthrotendomyotischen Reaktion häufig in den Gliedmaßen oder in Teilbereichen der Gliedmaßen auf, wie z. B. einzelner Finger oder der Fußsohle, und sind meist nicht dermatombezogen.

### ■ Schmerzen im Daumensattelgelenk

Sie können im Rahmen der arthrotendomyotischen Reaktion bei verschiedensten Afferenzen auftreten.

### ■ Rückenschmerzen

Ziehende oder stechende Rückenschmerzen (wie „Messerstiche“) oder das Gefühl des „Durchbrechens“,

- lokal im LWS-Bereich,
- ausstrahlend in den oberen Rücken,
- seitlich ausstrahlend in die Taille oder
- dorsal über das Gesäß ins Bein ausstrahlend,

sind häufig Ausdruck der tendomyotischen Schaltung der Rückenmuskulatur, der seitlichen Rumpfmuskulatur wie dem M. transversus abdominis, der hüftextendierenden Muskulatur wie dem M. gluteus max. und der ischiokruralen Muskelgruppe und der plantarflektierenden Muskulatur des M. triceps surae.

### ■ Chronische Obstipation und/oder Unterbauchbeschwerden unklarer Genese

Bei ihnen wird häufig zunächst ein gynäkologisches oder internistisches Krankheitsbild vermutet. Sie können z. B. Ausdruck der tendomyotischen Schaltung der Bauchmuskulatur sein.

### ■ Leistenschmerzen

Ziehende oder stechende Leistenschmerzen, die

- lokal auftreten,
- in den Oberschenkel ausstrahlen,
- bei Männern z. T. einhergehen mit Samenstrangneuralgien, schmerzhaftem Hodenziehen besonders bei hüftextendierenden Bewegungen,

können Ausdruck der tendomyotischen Schaltung der beckenkippenden und hüftflektierenden Muskulatur wie des M. iliopsoas und des M. rectus femoris sowie beim Mann des M. cremaster als Fortsetzung des M. obliquus internus abdominis sein.

### ■ Knieschmerzen

Einschießende, ziehende oder stechende Schmerzen und manchmal das Gefühl, „keine Gewalt“ über das Knie zu haben, werden angegeben

- seitlich, medial oder lateral,
- auf oder unterhalb der Patella oder
- als dorsaler, „tiefer“ Knieschmerz.

Sie können Ausdruck der tendomyotischen Schaltung der beckenkippenden und kniestreckenden oder -beugenden Muskulatur wie des M. rectus femoris, des M. tensor fasciae latae und des M. sartorius sein; ebenso kann die beckenaufrichtende und kniebeugende Muskulatur, wie z. B. der M. semimembranosus, der z. T. in die Kapsel des Kniegelenks einstrahlt, tendomyotisch geschaltet sein.

### ■ Laterale und mediale Schienbeinschmerzen und rezidivierende Supinationsdistorsionen

Diese können Ausdruck der tendomyotischen Schaltung der pronierenden und dorsalextendierenden Fußmuskulatur sein, wie z. B. der Mm. peronei und des M. tibialis anterior.

### ➤ Die schmerzhaft wahrgenommene tendomyotische Muskulatur des Schonprogramms stellt in der Regel die Efferenz dar und entspricht somit nicht dem Ort der Behandlung!

#### Tipp

Betrachtet man wechselnde polytope Beschwerdebilder unter dem Aspekt zentralnervös organisierter Modulationsprogramme, können zahlreiche unerklärlich, z. T. widersprüchlich scheinende Schmerzphänomene aus einem neuen Blickwinkel beurteilt, diagnostiziert und therapiert werden. Sie rücken in einen plausiblen Gesamtkontext:

- **Bildgebende Verfahren** korrelieren häufig in keiner Weise mit dem vorliegenden Beschwerdebild. Gravierende degenerative Veränderungen können bei einem Patienten ohne klinische Symptomatologie bestehen. Ein anderer Patient klagt über schwerste Schmerzzustände ohne das geringste pathomorphologische Korrelat im Gewebe. Das bedeutet, dass lokal am Schmerzort befindliche röntgenologische Auffälligkeiten wie ein verschmälertes Bandscheibenraum oder eine Verschmälerung des Gelenkspaltes nicht zwangsläufig die Ursache der Beschwerden sein müssen.
- **Vielfältige Beschwerden** oft schon junger Patienten lassen sich oft auf wenige Störfaktoren zurückführen und stellen nicht verschiedene Erkrankungen mit gänzlich unterschiedlichem Therapieansatz dar.
- **Scheinbar unstimmmige Angaben des Patienten** bezüglich der Verstärkung bzw. Abschwächung seiner Beschwerden durch verschiedene Ausgangsstellungen und Tätigkeiten erhalten eine nachvollziehbare Erklärung. Aus der unterschiedlich hohen Nozizeption eines Störfaktors in verschiedenen Situationen resultiert ein



unterschiedlich stark ausgeprägtes Schonprogramm. Auch **wechselnde Beschwerdeorte** sind nachvollziehbar.

- **Lokale Therapieansätze** bleiben häufig erfolglos oder haben eine hohe Rezidivrate. Setzt die Therapie in dem schmerzhaft bewussten efferenten Teil des pathophysiologischen Reflexgeschehens an, so unternimmt man den Versuch, den Organismus seines zentralnervös organisierten Schonprogramms zu berauben. Dies bedeutet bestenfalls eine nur kurzfristige Beschwerdelinderung, führt jedoch häufig sogar zu einer Verstärkung des Beschwerdebildes, wie z. B. dem Auftreten von Kopfschmerzen und evtl. Übelkeit nach einer Massage hypertontendomyotisch geschalteter Nackenmuskulatur.

Somit liefert das Brügger-Konzept ein erweitertes Verständnis für Beschwerden und vermittelt neue kausale Therapieansätze, die darauf beruhen, die Störfaktoren aufzufinden, die dem Krankheitsbild ursächlich zugrunde liegen.

Es bietet hierzu ein diagnostisches Verfahren, das in seiner Gesamtheit als **Funktionsanalyse** bezeichnet wird. Ihm folgt die **Behandlung der Störfaktoren** und die **Prophylaxe** ihrer neuerlichen Entstehung.

## 2.4 Beispiele funktioneller Beschwerdebilder

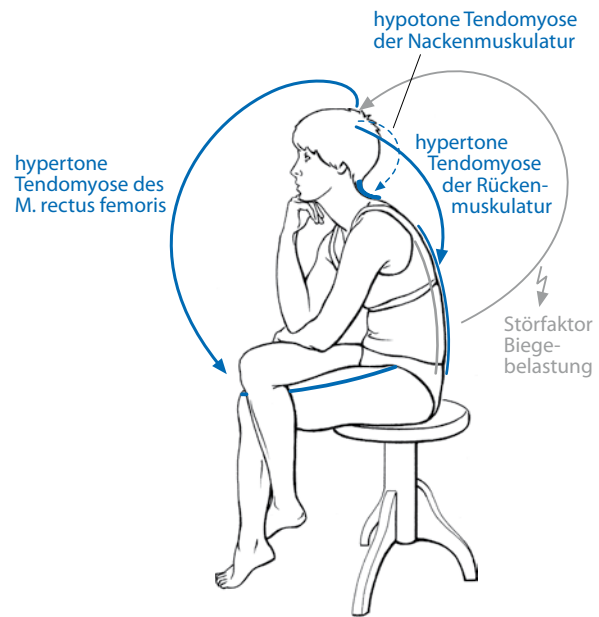
Selbst hochkomplexe Beschwerdebilder lassen sich häufig auf muskuläre Störfaktoren zurückführen und sollten daher neben dem Ausschluss einer lokalen oder radikulären Krankheitsursache stets mitbedacht werden. Auch bei degenerativen Krankheitsbildern können die ursächlichen Faktoren für die schmerzhaften Bewegungseinschränkungen in sekundär entstandenen muskulären Störfaktoren liegen (s. ► Kap. 10).

Im Folgenden wird an charakteristischen Beispielen die Wirkungsweise des nozizeptiven somatomotorischen Blockierungseffekts mit typischen tendomyotischen Schaltungen dargestellt.

### 2.4.1 Störfaktor Fehlbelastung des Skelettsystems infolge krummer Körperhaltung (KKH)

Wie in ► Abschn. 2.1.1 erläutert, gefährdet die **krumme Körperhaltung** zahlreiche Strukturen unseres Organismus. Beispielsweise wird an der Wirbelsäule die einwirkende **Biegebelastung** nozizeptiv registriert. Supraspinal organisierte Modulationsprogramme mit dem Ziel, die nozizeptiven Afferenzen zu reduzieren, wirken daher der Biegebelastung entgegen.

- Der den Körper aufrichtende Muskelverband wird **hyperton tendomyotisch geschaltet**,
- während Muskeln, die durch ihre konzentrische Aktivität die Einnahme der aufrechten Körperhaltung



■ **Abb. 2.8** Tendomyotische Schaltung bei transitorischer arthrotendomyotischer Reaktion

behindern würden, **hypoton tendomyotisch geschaltet** werden (► Abb. 2.8).

Da Störfaktoren, die auf einer kurzzeitigen Fehlbelastung des Skelettsystems beruhen, vorübergehender Natur sind und bei Einnahme der aufrechten Körperhaltung gehoben sind, wird das von ihnen ausgelöste Schonprogramm auch als **transitorische arthrotendomyotische Reaktion** bezeichnet.

**Anamnestic** geben Patienten **längere Tätigkeiten in krummer Körperhaltung** als beschwerdeauslösendes bzw. schmerzverstärkendes Moment an. Subjektiv wird die Einnahme der aufrechten Körperhaltung als entlastend und wohltuend empfunden.

#### Beispiel

- Eine Person hat während der Nacht in krummer Körperhaltung auf der Seite geschlafen. Am Morgen schmerzt ihr Rücken, und sie verspürt das Bedürfnis, sich zu strecken. Hier ist die Rückenmuskulatur hypertontendomyotisch geschaltet. Nach Räkkelbewegungen ist der Rückenschmerz nicht mehr da.
- Eine Person verspürt nach einer mehrstündigen Autofahrt Nacken- und Rückenschmerzen und möchte Wirbelsäule und Nacken strecken. Hier ist die Rückenmuskulatur hypertontendomyotisch und die Nackenmuskulatur hypoton tendomyotisch geschaltet. Nach einer kleinen Pause mit Streckbewegungen sind die Beschwerden weg.
- Eine Person verspürt nach längerem Sitzen in krummer Körperhaltung einen zunehmenden Schmerz über der Knie- scheibe. Hierbei kann es sich um die hypertontendomyotische Schaltung des M. rectus femoris in seiner Funktion als Beckenkipper handeln; der Schmerz tritt nach mehreren Bewegungen in aufrechter Körperhaltung nicht mehr auf.



Schmerzen, die Teil des reflektorischen Schonprogramms sind. Erst bei fortwährender Bewegung führen die Dekontraktionsimpulse zu einer Reduzierung der nozizeptiven Afferenzen aus der Kontraktur und somit zu einer Verringerung der arthrotendomyotischen Reaktion.

In diesem Zusammenhang lässt sich auch die für Kontrakturen typische „**Morgensteifigkeit**“ verstehen. Eine nächtliche Schlafposition in Annäherung der Störfaktoren bedeutet häufig Schmerzfreiheit während der Nachtruhe. Die erhöhte Nozizeption bei Bewegung am Morgen führt jedoch zu den häufig von Patienten nach dem Aufstehen geschilderten Beschwerden, die sich im Laufe des Tages verflüchtigen.

Patienten beschreiben eine **Beschwerdeverschlechterung bei nasskaltem Wetter**; häufig werden Klimaanlagen als Beschwerdeauslöser angegeben.

### Exkurs

#### Thermoregulation

Da die durch Muskelarbeit freiwerdende Energie zu nahezu zwei Dritteln in Wärmeenergie umgesetzt wird, stellen die Muskeln die „Wärmelieferanten“ unseres Organismus dar. Die Thermoregulation geht vom Hypothalamus aus, der durch Warm- und Kallsensoren der Haut Informationen aus dem Umfeld des Organismus erhält, und dient der Homöostase, d. h. dem Erhalt der vom Organismus benötigten „Betriebstemperatur“.

- Bei von außen zugeführter Kälte reagiert der Organismus folglich mit einer allgemeinen Erhöhung des Muskeltonus, um die Körpertemperatur konstant halten zu können. Da dies zwangsläufig mit einer Tonisierung der kontrakten Muskeln einhergeht, führt Kälte zu einer Verstärkung des Längendefizits im kontrakten Muskel; die erhöhte Nozizeption bei Bewegung führt allgemein zu einer Verstärkung der Beschwerden, da das Schonprogramm früher und stärker ausgelöst wird.
- Von außen zugeführte Wärme dagegen bewirkt eine Herabsetzung des allgemeinen Muskeltonus und hat somit einen positiven Effekt auf muskuläre Kontrakturen. Das supraspinal ausgelöste Schonprogramm wird später und in geringerer Ausprägung auftreten.

Der Patient empfindet **Wärme** subjektiv als **wohltuend**. Häufig werden als beschwerdelindernd angegeben:

- warme Vollbäder,
- Saunabesuche und
- Aufenthalte in warmen Ländern.

### Tipp

Die positive Wirkung muskelrelaxierender Medikamente ist z. T. auf die allgemeine Tonussenkung zurückzuführen, die auch die Kontrakturen erreicht.

Im **Inspektionsbefund** zeigen sich gelegentlich **Einziehungen bzw. Einschnürungen der Haut** über kontrakten Muskeln; hier ist nicht selten der Turgor der Haut erhöht.

### Tipp

Sowohl kontrakte als auch tendomyotisch geschaltete Muskeln können druckdolent sein, sodass die Palpation allein keine differenzialdiagnostischen Informationen liefert.

## 2.4.3 Störfaktor mechanisches Überlastungsödem

Bei einem Muskelbauchödem oder Ansatzreiz führt im Gegensatz zur Kontraktur jede Verlängerung, aber auch jede Verkürzung der betreffenden Muskulatur zu erhöhter Nozizeption im mechanisch überlasteten Gewebe. Ein mechanisch überlastetes Gelenk erfährt eine erhöhte Nozizeption bei verstärkter Traktion, Kompression oder Scherbelastung. Das supraspinal organisierte Schonprogramm wird daher zu einer Mittelstellung des Gelenks führen. Die tendomyotische Verschaltung ist, dem Schonbedürfnis des Störfaktors angepasst, hier sehr wechselhaft (■ Abb. 2.10a, b).

Mechanische Überlastungsödeme entstehen in den Muskeln, die

- im Alltag immer wieder **gleichförmig beansprucht** werden bzw.
- **kurzzeitigen Maximalbelastungen** ausgesetzt sind (s. ► Abschn. 2.1.1).

Ihre **Lokalisation** kann in Abhängigkeit von der jeweiligen **Anamnese** sehr unterschiedlich sein.

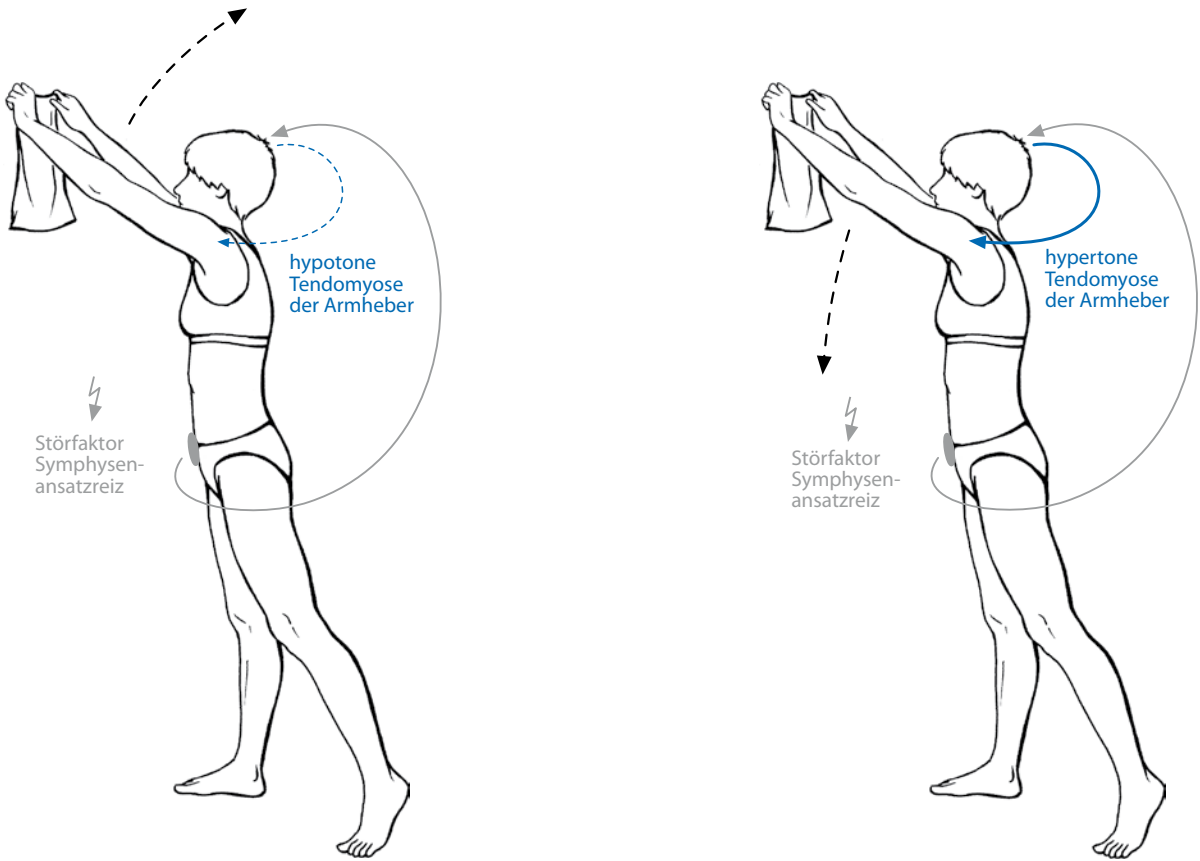
### Beispiel

Eine Friseurin mit vorwiegend stehender Tätigkeit hat eine Kontraktur der hüftextendierenden Muskulatur mit gelegentlich auftretenden Rückenschmerzen. Nach einem Wochenende mit intensiver Gartenarbeit leidet sie an einer akuten Lumboischialgie. Die zahlreichen Tätigkeiten in gebückter Stellung haben zu einem mechanischen Überlastungsödem des M. gluteus maximus durch Zerrung des verkürzten Muskels geführt.

Die Patientin steht leicht gebeugt und kann sich weder aufrichten noch krümmen. Sie gibt heftigste Rückenschmerzen an, die in das Bein ausstrahlen. Sobald sie sich weiter beugt, erhöht sich durch die Verlängerung des M. gluteus maximus die Nozizeption im ödematösen Gewebe. Die Rückenmuskulatur und hüftstreckende Muskulatur, wie z. B. die ischiokrurale Muskelgruppe, werden **hyperton tendomyotisch** geschaltet. Es kommt zum einschießenden Dekontraktionsschmerz dieser Muskulatur.

Richtet sich die Patientin dagegen auf, erhöht die Kontraktion des ödematösen Muskels die Nozizeption und bewirkt eine **hypotone Tendomyose** der Rückenmuskulatur und der Hüftstrecker, wie z. B. der ischiokruralen Muskulatur. Der Kontraktionsschmerz der hypoton tendomyotischen Rückenmuskulatur wird häufig mit einem „Gefühl des Durchbrechens“ im Bereich der Lendenwirbelsäule beschrieben.

Da die Bewegungsmuster der krummen Körperhaltung bei den meisten Menschen überwiegen, finden sich in be-



■ Abb. 2.10a, b Tendomyotische Schaltung der armhebenden Muskulatur bei Symphysenansatzreiz. a Armhebung, b Armsenkung

stimmten Muskelverbänden, die in krummer Körperhaltung einer vermehrten mechanischen Belastung ausgesetzt sind (vgl. ► Abschn. 3.4), häufig mechanische Überlastungsödeme. Hinzu kommen **einseitige Tätigkeiten der Hände und Füße**:

- Im Bereich der Hände wird oft die fingerflektierende Muskulatur durch die vielfältigen Greifaktivitäten überbeansprucht,
- paralleles bzw. innenrotiertes Gehen hat häufig eine Überlastung der supinierenden Muskeln des Fußes zur Folge.

Mechanische Überlastungsödeme gehen in der Regel mit **besonders starken, alltagsbestimmenden Beschwerden** einher. Meist treten die Beschwerden plötzlich akut auf, und der **auslösende Faktor** ist dem Patienten geläufig.

#### Tipp

Manchmal jedoch werden auslösendes Moment und Beschwerden vom Patienten nicht als zusammengehörig empfunden und müssen vom Therapeuten erfragt werden.

#### Beispiel

Ein Patient leidet seit drei Wochen an einer akuten Lumbalgie. Den zwei Monate zurückliegenden grippalen Infekt mit ungewöhnlich starkem, auch nächtlichem Husten, der zu einem Symphysenansatzreiz bei mechanisch überlasteter Bauchmuskulatur führte, bringt er mit seinen Rückenschmerzen nicht in Zusammenhang (vgl. ► Kap. 9 „Behandlungsbeispiel“).

Kurzzeitige Maximalbelastungen der Muskeln, Sehnen und Gelenke liegen häufig bei **Traumen** vor. Unfälle und Stürze müssen genauestens rekapituliert werden, um Hinweise auf mechanisch überbeanspruchte Strukturen zu bekommen.

#### Beispiel

Schleuderverletzung der Halswirbelsäule s. ► Abschn. 10.3.2.

Ebenso bedeuten **Operationen** eine Traumatisierung auch des umliegenden Gewebes und eine Überdehnung muskulärer und kapsulärer Strukturen. Aufschluss über potenzielle Störfaktoren geben:

- die Operationslagerung und die Schnittführung,
- die postoperative Lagerung und
- eine postoperativ auftretende Schonhaltung.

**Beispiel**

Eine Strumektomie geht mit einer Traumatisierung der ventralen Halsmuskulatur einher. In kürzerem oder längerem Abstand zur Operation können Kopf- und Nackenschmerzen, z. T. auch Schulterschmerzen auftreten, die durch Behandlung des mechanischen Überlastungsödems der ventralen Halsmuskeln beseitigt werden können.

**Tipp**

- Je stärker ein mechanisches Überlastungsödem ausgeprägt ist, umso mehr bevorzugen die Patienten **Ruhe** in bestimmten Ausgangsstellungen. Der Wechsel von Positionen, besonders nach längerem Verharren in einer Ausgangsstellung, und der Bewegungsbeginn nach einer Pause kann äußerst schmerzhaft sein. Weitere stärkere Bewegung und Belastung verstärken die Beschwerden.
- Einzig ein **leichtes, wiederholtes Bewegen** ohne nennenswerte Belastung, wie z. B. Schüttelbewegungen der Hand bei mechanisch überlasteten Finger- und Handflexoren, wird häufig als beschwerdelindernd angegeben, da über die Anregung der Infrastruktur der Abtransport des Ödems beschleunigt wird.
- Charakteristisch sind **zunehmende Beschwerden im Tagesverlauf**, da das Überlastungsödem durch weitere gleichförmige Bewegungen unterhalten wird.

Im **Inspektionsbefund** finden sich meist **Ödeme am Ort der mechanischen Überlastung**, der nicht mit dem Schmerzort identisch ist.

Im Zusammenhang mit ausgeprägten mechanischen Überlastungsödem wird manchmal ein **lokaler Schmerz** angegeben.

**Tipp**

Der Muskelkater, der neben der Übersäuerung im Muskel auch mit einer Zerstörung der Z-Scheiben und einem mechanischen Überlastungsödem einhergehen kann, wird beispielsweise am Ort der Überlastung empfunden.

Weitaus häufiger jedoch lösen mechanische Überlastungsödeme vehemente Schonprogramme aus, deren Lokalisation nicht identisch mit dem ursächlichen Störfaktor ist.

Mechanische Überlastungsödeme weisen eine **hohe Druckdolenz** auf, die sich weder durch Veränderung der Körperhaltung noch durch Dekontraktionen verringern lässt.

### 2.4.4 Störfaktor Narbengewebe

Nicht selten sind Narben Störfaktoren funktioneller Beschwerdebilder. Daher gilt ihnen im Inspektionsbefund ein

besonderes Augenmerk. Das gilt auch dann, wenn die Narbe reizlos abgeheilt ist, ihr Ursprung viele Jahre zurückliegt und sie vom Patienten nicht mehr als störend empfunden wird.

Die Bildung von Narbengewebe ist Teil des Wundheilungsprozesses. Jede Wundheilung bewirkt die stufenweise Abdichtung der Wunde gegenüber der Außenwelt mit einem Ersatz des zerstörten Gewebes. Dabei können nur Bindegewebe und Knochen durch gleichartige Gewebe ersetzt werden. Alle anderen Gewebsdefekte werden durch Bindegewebe aufgefüllt.

➤ **Querdurchtrennungen von Muskelgewebe sind problematischer als Längsschnitte.**

In der **Proliferationsphase** der Wundheilung erfolgt die **Bildung von Kollagen** durch Fibroblasten und die Einsprossung von Gefäßen. Es entsteht das **Granulationsgewebe**, ein zell- und gefäßreiches, faserarmes Bindegewebe, das dem Schutz vor eindringenden Erregern dient.

In der **Reparationsphase** erfolgt durch die Umwandlung des Granulationsgewebes die eigentliche Narbenbildung. Dabei kommt es zu einer ausgeprägten **Kollagensynthese**. In den neu einwachsenden Fibroblasten bilden sich Aktinketten, die sich mit der Zellmembran verbinden, sodass sich die Zelle kontrahieren kann. Parallel hierzu produziert die Zelle Fibronektin, wodurch sie sich mit anderen Zellen und extrazellulären Bestandteilen verbinden kann. Die Funktion der sog. **Myofibroblasten** besteht darin, die Wunde so klein wie möglich zu halten und möglichst schnell mit neuem Gewebe zu füllen.

➤ **Die Aktivität der Myofibroblasten, das gesamte Gewebe zusammenzuziehen und zu stabilisieren, wird als Wundkontraktion bezeichnet. Das Gewebe schrumpft bis zu 30%.**

Die Vaskularisation vermindert sich, und aus dem früher gefäßreichen, roten Granulationsgewebe wird weißes, zellarmes und straffes Bindegewebe.

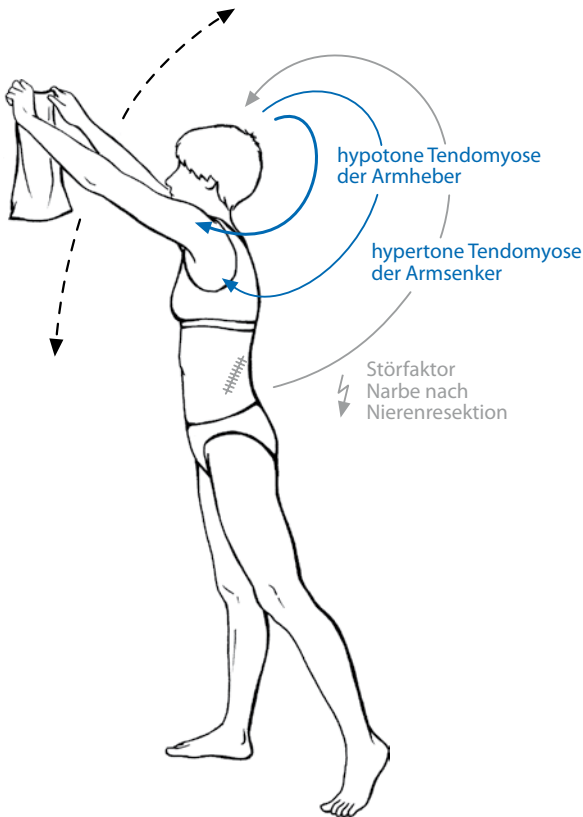
➤ **Dem Heilungsprozess abträgliche Dehnreize bedeuten eine Stimulierung von Nozizeptoren. Dies hat eine reflektorische Schonhaltung des Patienten zur Folge, die in einer Annäherung des Wund- bzw. Operationsgebietes besteht.**

Bewegungen, die das Narbengewebe unter Dehnungsstress bringen, können daher im Rahmen des nozizeptiven somatomotorischen Blockierungseffekts mit Schmerzen verbunden sein (■ Abb. 2.11).

**Beispiel Störfaktor dorsolaterale Narbe bei Nierenresektion**

Ein Patient klagt über zunehmende Schulterschmerzen im Bereich der armhebenden Muskulatur bei der Schulterelektion und -außenrotation nach einer sechs Monate zurückliegenden Nierenoperation.





■ **Abb. 2.11** Hypotone Tendomyose der Armheber und hypertone Tendomyose der Armsenker bei Zustand nach Nierenresektion

Im Inspektionsbefund zeigt sich eine großflächige Narbe im Taillenbereich sowie eine Rumpfverkürzung der gleichen Seite. Die Nozizeption des Operationsgebietes und der Narbe erfordert eine Annäherung mittels u. a. einer hypertonen Tendomyose des M. latissimus dorsi und des M. quadratus lumborum. Bei Elevation des Armes bewirkt die vermehrte Nozizeption eine hypotone Tendomyose der armhebenden Muskeln, wie z. B. des M. biceps brachii, Teilen des M. deltoideus und des M. pectoralis major, mit entsprechender Schmerzsymptomatik.

Die therapeutische Beeinflussung des Narbengewebes bewirkt automatisch die Auflösung des nunmehr überflüssig gewordenen Schonprogramms.

#### Tipp

Oft sind Narben die Ursache sekundärer Störfaktoren in Form von muskulären Kontrakturen bzw. mechanischen Überlastungsödemen.

#### Beispiel

In obigem Beispiel könnten sich sekundäre Störfaktoren in arm-senkenden Muskeln als Folge der hypertonen Tendomyose manifestieren, wie z. B. im M. latissimus dorsi und im M. triceps brachii.

## 2.4.5 Weitere Störfaktoren

Da jeder drohende bzw. bestehende Schaden nozizeptiv registriert wird und supraspinal zur Auslösung eines Schonprogramms führt, gäbe es unzählige Störfaktoren, die hier zu nennen wären.

#### Beispiel

- Ein **lumbaler Bandscheibenvorfall** mit starker Nervenwurzelreizung wird eine Schonhaltung zur Folge haben, die die Nozizeption der Nervenwurzel durch eine Raumvergrößerung deutlich herabsetzt. In der Praxis sehen wir zum Teil bizarre „Schmerzskoliosen“, die willkürlich in dieser Form nicht zu leisten wären.
- Ebenso wird eine **subkapitale Humerusfraktur** reflektorisch eine Ruhigstellung erfahren. Armbewegungen, die die Nozizeption im Bereich der Frakturstelle vergrößern, werden schmerzhaft gebremst.
- Eine verstärkte Kompression auf einen **entzündeten Schleimbeutel** durch eine abduktorisches Bewegung des Arms führt bei einer Bursitis subdeltoidea zu einer hypotonen Tendomyose der schulterabduzierenden Muskeln, wie z. B. des M. deltoideus und des M. supraspinatus.
- Eine **operative Versorgung einer Weber-B-Fraktur**, bei der unbeabsichtigt Operationsmaterial in den Gelenkspalt hineinragt, führt durch die hohe Nozizeption und Gefährdung der Gelenkstrukturen bei Bewegung zu so ausgeprägt schmerzhafter tendomyotischer Verschaltung, dass eine krankengymnastische Mobilisierung ausgeschlossen ist. Die Revision mit Beseitigung der Störfaktoren ermöglicht sofort eine angemessene Rehabilitation.
- Die Subluxation des Radiusköpfchens beim plötzlichen Hochreißen von Kindern am Arm führt zur sog. **Chassaig-nac-Lähmung**, einer Pseudoparese des Unterarms, die nach Reposition sofort behoben ist. Hier wird die durch Bewegung drohende Gefäß- und Nervenschädigung nozizeptiv registriert und ein adäquates Schonprogramm in Form der vollständigen Fixation des Unterarms in Pronation ausgelöst.
- Auch **degenerative Veränderungen** werden ab einem gewissen Schweregrad supraspinale Schonprogramme auslösen. Man denke an das völlig veränderte Gangbild eines Patienten mit schwerer Coxarthrose.

Die Liste potenzieller Störfaktoren ließe sich beliebig erweitern, da der nozizeptive somatomotorische Blockierungseffekt (NSB) ein **allgemein gültiges Funktionsprinzip der Motorik** darstellt.

#### Tipp

Einer überraschend hohen Zahl funktioneller Schmerzphänomene liegen jedoch die oben beschriebenen Funktionsbeeinträchtigungen der Muskulatur und Fehlbelastungen des Skelettsystems zugrunde, die auf Bewegungsarmut

und Bewegungsmonotonie als Folge unserer kulturellen Entwicklung zurückzuführen sind. Der Stellenwert dieser Störfaktoren als Ursache von Schmerzen am Haltungs- und Bewegungsapparat ist ungleich höher als der anderer ursächlicher Faktoren.

Da sich ein Großteil dieser Störfaktoren auf die beständige Einnahme der krummen Körperhaltung zurückführen lässt, ist es für Diagnostik und Therapie im Brügger-Konzept unerlässlich, die komplexen Bewegungsmuster der aufrechten und krummen Körperhaltung dezidiert zu kennen.

Funktionsabhängige Beschwerdebilder des  
Bewegungssystems

Brügger-Therapie - Reflektorische Schmerztherapie

Kubalek-Schröder, S.; Dehler, F.

2013, XVII, 334 S. 296 Abb., 250 Abb. in Farbe.,

Softcover

ISBN: 978-3-642-35150-1