

# Okuläre Dysfunktionen bei WAD: Behandlungsmöglichkeiten und Effekte neuromuskuloskelettaler Therapie

Systematischer Review

## Ocular Dysfunctions in WAD: Treatment Modalities and Effects of Neuromusculoskeletal Therapy

Systematic Review

D. von Piekartz-Doppelhofer | H. von Piekartz | E.Hengeveld

eingereicht: 22.8.2011 | akzeptiert: 20.10.2011

### Zusammenfassung

Whiplash-associated Disorders (WAD) sind häufig vorkommende Symptomenkomplexe. Diese können akut wie chronisch vielerlei Symptome in verschiedensten Gewebetypen und Körperregionen hervorrufen, ohne dass die dahinter steckenden Mechanismen genau bekannt sind.

Dieser Artikel behandelt die Frage, ob bei WAD-Patienten auch okuläre Dysfunktionen vorkommen, und falls dies der Fall ist, um welche Störungen es sich handelt und ob neuromuskuloskelettale Therapie – im Speziellen Manuelle Therapie der kraniozervikalen Region – die Dysfunktionen positiv beeinflussen kann.

Aus den durch systematische Literatursuche in mehreren Datenbanken gefundenen Artikeln lässt sich der Schluss ziehen, dass es zu verschiedensten okulären Dysfunktionen bei WAD kommen kann. Dabei besteht momentan schwache Evidenz für Effekte neuromuskuloskelettaler Therapie bei okulären Dysfunktionen von WAD-Patienten.

Daher kann derzeit nur eine vorsichtige Empfehlung für neuromuskuloskelettale Therapiemaßnahmen zum Erkennen und Behandeln von okulären Dysfunktionen bei WAD-Patienten gegeben werden. Die Behandlung umfasst alle wichtigen Teilaspekte, wie z. B. Balance, Kopf-Augen-Koordination, Bewegungs- und Körpersinn, Schmerzmanagement und zervikale Range-of-motion-Übungen.

### Schlüsselwörter

WAD | okuläre Dysfunktionen | okulomotorische Störung | posturales Kontrollsystem | neuromuskuloskelettale Therapie

### Einleitung

Die Literatur beschäftigt sich schon seit mehreren Jahrzehnten mit der Frage, ob bei Whiplash-associated Disorders (WAD) neben den allgemein bekannten Kurz- und Langzeitsymptomen wie Schmerz, HWS- Dysfunktionen, Radikulopathien und Schwin-

### Abstract

Whiplash-associated disorders (WAD) are a common symptom complex. It can cause a variety of acute and chronic symptoms in various tissue types and body regions although the underlying mechanisms are not exactly known.

This article deals with the question whether ocular dysfunctions also occur in WAD patients and if so which dysfunctions are concerned and whether neuromusculoskeletal therapy – especially manual therapy in the cervico-cranial region – can positively influence these dysfunctions.

The articles found by using a literature research in several databases support the conclusion that various ocular dysfunctions may occur related to WAD. To date there is poor evidence concerning the effects of neuromuscular therapy on ocular dysfunctions of WAD patients.

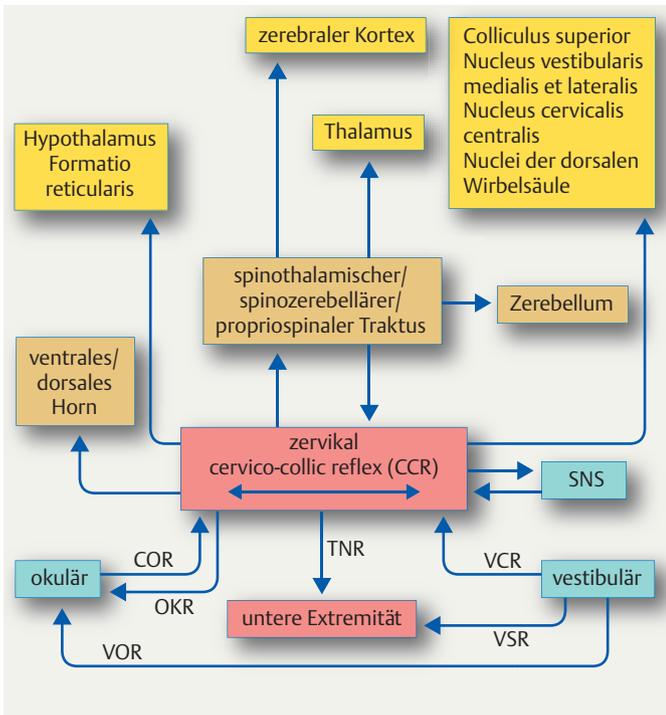
Therefore only a careful recommendation for the use of neuromuscular physiotherapy in the assessment and treatment of ocular dysfunctions in WAD patients can be given. Treatment may include aspects such as balance, head-eye-coordination, movement and body sense, pain management and cervical range of motion exercises.

### Key words

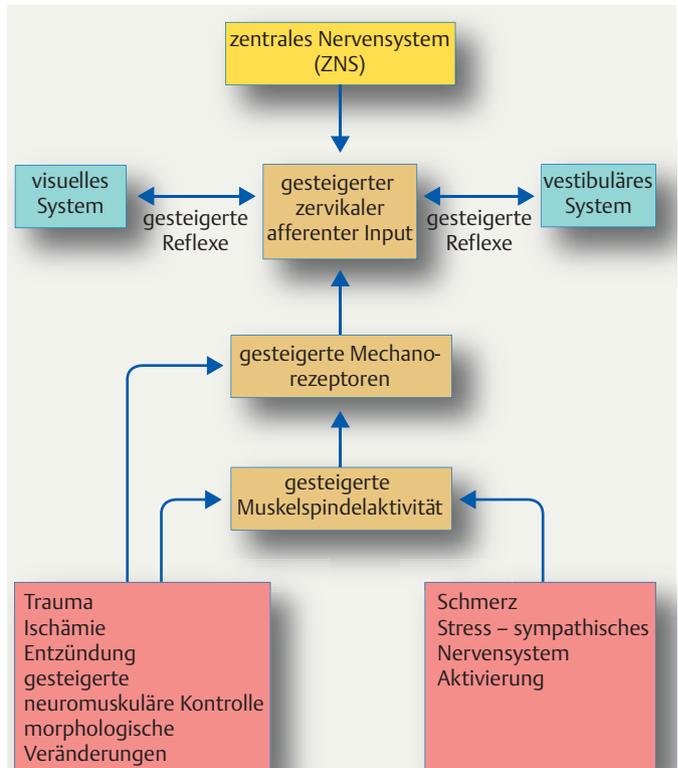
WAD | ocular dysfunction | oculomotor disorder | postural control system | neuromuskuloskelettale Therapie

del auch Störungen im okulomotorischen System entstehen. Die 1. Veröffentlichung zu dieser Fragestellung stammt von Billig aus dem Jahr 1953 [1].

Der Begriff WAD umfasst die klinischen Manifestationen von Whiplash-Verletzungen [7, 30]. Die **Quebec Task Force** beschreibt



**Abb. 1** Schema der Reflexverschaltung (frei übersetzt und modifiziert aus [35]; COR: zervikookulärer Reflex; OKR = optokinetischer Reflex; SNS = sympathisches Nervensystem; TNR = tonischer Nackenreflex; VCR: vestibulozervikaler Reflex; VOR = vestibulookulärer Reflex; VSR = vestibulospinaler Reflex).



**Abb. 2** Schema der sensomotorischen Mechanismen und Störungen bei Nackenbeschwerden (frei übersetzt und modifiziert aus [35]).

Whiplash als einen Akzelerations-Dezelerations-Mechanismus mit einem Energietransfer zum Nacken [7, 39] der hauptsächlich als Folge eines Auffahrunfalls oder sonstiger Verkehrskollisionen, aber auch beim Tauchen oder anderen Unglücken entstehen kann. Die Kräfteinwirkung kann sowohl knöcherne Strukturen als auch Weichteile verletzen, was sich in vielfältigen klinischen Manifestationen zeigen kann. Die Einteilung von WAD erfolgt in Grad 0–IV (► **Tab. 1**).

WAD ist ein Symptomenkomplex ohne direkte pathologische und radiologische Korrelation (außer WAD Grad IV; ► **Tab. 1**). Die meisten lang anhaltenden Symptome sind Nackenschmerzen und -steifheit, Kopfschmerzen, Benommenheit und ausstrahlende Schmerzen in Arme und Hände, visuelle Störungen, Schwindel, Tinnitus sowie verschiedene Arten emotionaler und kognitiver Störungen [40]. WAD-Patienten nehmen häufig okulomotorische Störungen wahr, die in der Literatur systematisch beschrieben werden [3–5, 14, 18, 19, 31, 35]. Diese okulomotorischen Dysfunktionen äußern sich in der Regel als verschwommenes Sehen und defekte Akkommodation [3], visuelle Störungen [4], Konvergenzstörungen [31] sowie neurophysiologisch gestörte Reflexaktivitäten und deren veränderte Verschaltungen mit der zervikalen Wirbelsäule und dem vestibulären und visuellen System (► **Abb. 1**; [5, 14, 18, 19, 35]).

In der Mehrzahl der Fälle korrelieren die Symptome nicht mit den klinischen Befunden von Knochen oder Weichteilverletzungen, die vor allem mithilfe von Computertomografie (CT) und Magnetresonanztomografie (MRT) gefunden werden [32]. Manche Symptome sind auch objektiv nicht (gut) messbar wie etwa Flecken vor den Augen oder Übelkeit.

**Tab. 1** Grade der Whiplash-associated Disorders (freie Übersetzung aus [21]).

Grad	Symptome
0	<ul style="list-style-type: none"> <li>keine Nackenbeschwerden</li> <li>keine klinischen Zeichen</li> </ul>
I	<ul style="list-style-type: none"> <li>Schmerzen, Steifigkeitsgefühl oder Empfindlichkeit nur im Nacken</li> <li>keine klinischen Zeichen</li> </ul>
II	Beschwerden im Nackenbereich <b>und</b> muskuloskelettale klinische Zeichen (inkl. verringerte Range of motion und Triggerpunkte)
III	Beschwerden im Nacken <b>und</b> neurologische Zeichen (inkl. verringerter oder fehlender tiefer Sehnenreflex, Schwäche, Nacken- und sensorische Defizite)*
IV	Beschwerden im Nackenbereich <b>und</b> Fraktur oder Dislokation oder Verletzung des Rückenmarks

\*Armschmerz alleine reicht nicht für eine Diagnose von WAD Grad III aus

**Unfallmechanismus**

Der Unfallmechanismus ist viel untersucht, aber es ist immer noch unklar, welche Verletzungen durch die freiwerdenden Kräfte auftreten. Diese Verletzungen können zu den schon oben erwähnten Beschwerdebildern führen, liefern aber keine Erklärung für eventuell anwesende okuläre Dysfunktionen.

Dieses Dokument wurde zum persönlichen Gebrauch heruntergeladen. Vervielfältigung nur mit Zustimmung des Verlages.

Beim *Postural Control System* (PCS [34, 35]; ► **Abb. 1** u. ► **Abb. 2**) kann die Funktion der zervikalen Mechanorezeptoren durch ein direktes Trauma erhöht sein [35]. Außerdem können Schmerzen die Sensitivität der Muskelspindeln verändern und die kortikale Repräsentation und Modulation von zervikalen afferenten Impulsen erhöhen [6]. Auch psychosozialer Stress kann durch Aktivierung des sympathischen Nervensystems (SNS) zu erhöhter Aktivität von Muskelspindeln führen [23]. Unter normalen Umständen agieren die Stabilisationsreflexe wie zervikookulärer (COR), vestibulookulärer (VOR) und optokinetischer-Reflex (OKR) simultan, um die Stabilisation der Augen zu gewährleisten ([35]; ► **Abb. 1**). Ist einer dieser Reflexe z.B. durch Trauma oder Alter erhöht [13], können andere Reflexe eventuell noch kompensieren, um so eine optimale okulomotorische Kontrolle zu erhalten.

Aufgrund der in der Literatur und von Patienten immer wieder erwähnten okulären Dysfunktionen bei WAD, die sich klinisch vielfältig manifestieren können, versuchte die vorliegende Literaturstudie folgende Fragen zu klären:

1. Gibt es okuläre Dysfunktionen bei WAD?
2. Welche Effekte erzielt neuromuskuloskeletale Therapie der kraniozervikalen Region bei okulären Dysfunktionen im Falle von WAD?

## Methode

### Suchstrategie

Die Literatursuche im April 2011 erfolgte in den für Physio-/Manuelle Therapie geeigneten Datenbanken (PubMed, Pedro, Cinahl und Cochrane Collaboration). Die gesamte Suche lieferte insgesamt 765 Treffer.

### Einschlusskriterien

- In deutscher, englischer oder niederländischer Sprache verfügbare Artikel.
- Verfügbarkeit von Abstracts, aus denen hervorgeht, dass es sich um Whiplash-Verletzungen/WAD durch Autounfälle und okulomotorische Störungen im weiteren Sinne handelt.
- Studien mit Personen ab 18 Jahren.
- Ab 1985 veröffentlichte Studien (ab diesem Jahr sind die meisten Studien zum Thema Whiplash/WAD nach Unfällen verfügbar, bei denen die Autos mit den aktuellen Standardsicherheitsausrüstungen mit 3-Punktgurtsystem und Airbag ausgerüstet sind, um so eine bessere Vergleichbarkeit der Resultate zu erzielen).

### Ausschlusskriterien

- Andere Nackenverletzungen;
- Beschwerden im Kopf-Nacken-Bereich.

Nach Anpassung der Ein- und Ausschlusskriterien blieben 23 Artikel übrig. Diese beinhalteten auch 2 durch *Reference tracking* in den direkt gefundenen Artikeln [2, 12] erhaltene Arbeiten zu Fragestellung 1 (► **Tab. 2**). Als Endergebnis lieferte die Literatursuche 22 Artikel zur 1. Fragestellung, die Suche nach Artikeln zur 2. Fragestellung ergab 5 Artikel (► **Tab. 2**). 4 Artikel [19, 31, 37, 40] wurden für beide Fragestellungen gewertet.

Tab. 2 Übersicht der Literatursuche und Ergebnisse.

Suchbegriffe	Datenbanken und Treffer			
	CINAHL	Cochrane	PEDro	PubMed
Whiplash AND eye motility	1	0	0	6
AND eye movement dysfunction	0	0	0	22
AND eye movement disturbances	1	1	0	11
AND smooth pursuit eye movements	2	0	0	11
AND oculomotor dys/function	1/1	0	0	10/11
AND accommodation	0	0	0	3
AND visual dys/function	0	0	2/1	46/10
AND ocular dys/function	0	0	0	17/21
AND musculoskeletal therapy	0	0	45	404
AND manipulative therapy	0	0	6	13
Mesh: whiplash AND musculoskeletal manipulations	–	–	–	11
Mesh: whiplash AND physical therapy modalities	–	–	–	69
Mesh: whiplash AND ocular physiological processes	–	–	–	24
Mesh: whiplash AND ocular motility disorders	–	–	–	14
Mesh: whiplash AND ocular physiological processes AND musculoskeletal manipulations	–	–	–	0
Mesh: whiplash AND ocular motility disorders AND musculoskeletal manipulations	–	–	–	0
Mesh: whiplash AND ocular physiological processes AND physical therapy modalities	–	–	–	1
Mesh: whiplash AND ocular motility disorders AND physical therapy modalities	–	–	–	–
Total Treffer	6	1	54	704
Total Treffer insgesamt	765			
gefundene Artikel nach Anpassung aller Ein- und Ausschlusskriterien	19/5 (Fragestellung 1/2)			
Artikel Reference Tracking	2/0 (Fragestellung 1/2)			
Total Artikel	22/5 (Fragestellung 1/2)			

## Methodologische Bewertung

Alle relevanten Artikel wurden ausschließlich vom Autor gefunden und mithilfe der international gültigen Einteilung der *Level of Evidence* [25, 26] beurteilt (► **Tab. 4**). Sie sind jeweils nach Evidenzstärke von stärker nach schwächer aufgelistet.

## Ergebnisse

### Fragestellung 1: Gibt es okuläre Dysfunktionen bei WAD?

In den vorliegenden 22 Studien werden an einer oder mehreren Studiengruppen verschiedene Tests des okulomotorischen und des visuellen Systems sowie der vestibulookulären Reflexaktivität des Nackens (PCS; [35]) ausgeführt, um so Veränderungen oder Störungen zu messen (► **Tab. 3**). Außer bei 4 Studien [19, 31, 37, 40]) fanden keine Behandlungen, sondern nur Testungen statt (nähere Beschreibung siehe Fragestellung 2).

### Messkriterien und -methoden

4 Studien [5, 14, 18, 19] testeten das okuläre Stabilisationsreflexsystem ([35]; ► **Abb. 1**). Dabei ging es vor allem um die Adaptation von COR [9] und VOR [18, 19] sowie von VOR und Hyperventilation [5]. Die Testung erfolgte unter anderem nach bei Kelders et al. [13] und Montfoort et al. [18] beschriebenen Testverfahren.

Bei 13 Studien [4, 8, 10–12, 16, 17, 20, 22, 24, 31, 34, 40] war die direkte Augenbeweglichkeit nach Whiplash-Verletzungen das Hauptthema. Sie wurde meist mithilfe des *Smooth Pursuit Neck Torsion Test* (SPNT; [35]) und zahlreichen nur teilweise beschriebenen anderen ophthalmologischen und okulomotorischen Testverfahren gemessen.

3 Studien untersuchten anhand einer Reihe von Tests die Augen-Kopf-Koordination und Blickstabilität bei einer WAD- und einer asymptomatischen Gruppe ebenso wie deren Reproduzierbarkeit bei asymptomatischen Versuchspersonen [9, 37, 38]. 3 weitere Studien maßen unter anderem die Akkommodation der Augen [2–4].

### Resultate

Bis auf 2 [16, 17] kamen alle Studien zu dem Ergebnis, dass Whiplash-Verletzungen das visuelle System stören und verschiedene okuläre Dysfunktionen zur Folge haben können. Kongsted et al. [16, 17] fanden keine Unterschiede der Smooth-Pursuit-Augenbewegungen bei WAD-Patienten [16] und einer Kontrollgruppe [17].

Die meisten Studien schlussfolgerten, dass die Störungen der okulomotorischen Funktion durch Hirn- oder Hirnstammläsionen [11, 12, 20, 22, 40], eingeschränkte Beweglichkeit der zervikalen Wirbelsäule [4, 5, 10, 14, 19, 24] mit Schmerzen [5] und veränderte Propriozeption des Nackens [8, 10, 14, 18, 22] verursacht werden. Zudem können Störungen der sympathischen Innervation des Auges auftreten [2, 3] und auch Verhaltens- und emotionaler Stress eine Rolle spielen [5].

In 3 Studien wiesen die Autoren bei WAD-Patienten mithilfe verschiedener Tests Störungen der Augen-Kopf-Koordination und Blickstabilität nach [9, 37, 38]. Weitere statistische Werte finden sich in ► **Tab. 5**.

Die Resultate zeigen, dass bei WAD verschiedene okuläre Dysfunktionen auftreten. Dies bestätigt den vermuteten Zusam-

Tab. 3 Evidenzgrade [25, 26].

Grad der Evidenz	Studienart
1 A	systematischer Review von RCT
1 B	RCT mit engem Konfidenzintervall
1 C	all or none Fallserien
2 A	systematischer Review von Kohortenstudien
2 B	Kohortenstudie/RCT von niedriger Qualität
2 C	Effektstudie
3 A	systematischer Review von Fall-Kontroll-Studien
3 B	Fall-Kontroll-Studie
4	Fallstudie, schwache Kohorten-Fall-Kontrollstudie
5	Expertenmeinung

RCT = randomisierte kontrollierte Studien

menhang zwischen zervikaler Wirbelsäule und okulärem System, der wiederum neue Ansatzpunkte für effektive Therapiemaßnahmen bei den betroffenen Patienten bietet (siehe 2. Fragestellung).

### Fragestellung 2: Welche Effekte erzielt neuromuskuloskelettale Therapie der kraniozervikalen Region bei okulären Dysfunktionen im Falle von WAD?

Obwohl in der Fachliteratur in den letzten Jahren zunehmend der Begriff *neuromuskuloskelettale Therapie* vorkommt, gibt es bislang noch keine allgemeingültige Definition [15]. Verwendet man die Definition für muskuloskelettale Therapie (engl.: Musculoskeletal manipulations) der *National Library of Medicine, National Institutes of Health, United States* aus dem Jahr 2002 (Musculoskeletal Manipulations: Various manipulations of body tissues, muscles and bones by hands or equipment to improve health and circulation, relieve fatigue, promote healing) und bezieht auch Nervenstrukturen mit in die Beschreibung ein, beinhaltet sie frei übersetzt „verschiedene Therapiemaßnahmen (mit Händen, Hilfsmitteln oder Apparaten), die Funktionsverbesserungen sowohl des Nervensystems (Gehirn, Rückenmark und Nerven) als auch der Muskeln, Knochen, Knorpel und Gelenke des Körpers zu erreichen versuchen“. In diese weit gefasste Umschreibung fallen daher viele Therapieformen aus der Schul- und der Alternativmedizin. Die vorliegende Literaturstudie verwendete den Begriff *neuromuskuloskelettale Therapie* wie von der IFOMPT vorgegeben synonym zu Manueller Therapie.

Für die Fragestellung 2 ergab die Literatursuche 5 passende Artikel ([19, 31, 36, 37]; ► **Tab. 4**), deren statistische Auswertung in ► **Tab. 5** dargestellt ist.

### Messkriterien und -methode

Treleaven [36, 37] beschreibt anhand von 3 (WAD-)Patientenfällen ein maßgeschneidertes sensomotorisches Programm zum Retraining von Balance, zervikaler Propriozeption und Augen-Hand-Bewegungskontrolle bei Nackenbeschwerden. In einer früheren Arbeit hatte der Autor bereits das PCS (► **Abb. 1**), das klinische Assessment von sensomotorischer Kontrolle (Joint position sen-

Tab. 4 Kurzbeschreibung der Artikel.

Autor/Evidenzlevel/ Studiendesign	Probanden	Messkriterien/Follow-up	Ergebnisse
Wenngren et al. [40] 1B RCT	40 Patienten mit WAD Grad II u. III (QTFC) 8 Stunden nach Unfall	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hirnstammdysfunktionen und Augenbewegungsstörungen</li> <li>Intervention: Physiotherapie, Schmerzmittel, Halskrause, Methylprednisolon/Placebo</li> <li>Follow up: 2 Jahre, neurologische Untersuchung und VAS: 2 + 6 Wo., 6 + 24 Mon.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>moderates Derangement</li> <li>signifikant niedrigerer SPVG bei schweren WAD</li> <li>kein Zusammenhang zwischen ABR und okulomotorischer Dysfunktion</li> <li>kein Unterschied Methylprednisolon/Placebo</li> </ul>
Kongsted et al. [17] 1B prospektive Kohortenstudie	245/188 akute WAD-Patienten	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evaluation, ob frühe SP-Testung chronische WAD vorhersagen kann</li> <li>Evaluation, ob anormale SP-Augenbewegungen nach 1 J. zusammen mit anderen Symptomen auftreten</li> <li>Follow-up: 1 J.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>kein Zusammenhang zwischen Ergebnissen früher Augenbewegungstests und Prognose</li> <li>verminderte SP-Augenbewegungen in statischer Rotationsposition nach 1 J. korrelieren mit höherer Nackenschmerzintensität</li> </ul>
Montfoort et al. [18] 1B prospektive Kohortenstudie	<ul style="list-style-type: none"> <li>13 WAD-Patienten (QTFC)</li> <li>18 gesunde Probanden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bestehen bei gesteigertem COR bei WAD auch Veränderungen in VOR und OKR?</li> <li>Follow-up: 1 J.</li> </ul>	Bestätigung von gesteigertem COR bei WAD, VOR und OKR gleichbleibend
Heikkilä et al. [10] 1B prospektive Kohortenstudie	<ul style="list-style-type: none"> <li>27 WAD-Patienten II u. III (QTFC)</li> <li>39 gesunde Probanden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zervikozephalische kinesthetische Sensibilität</li> <li>aktive Nackenbeweglichkeit</li> <li>okulomotorische Funktion</li> <li>Follow-up nach 2 Mon. post-traumatisch und 2 J.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>WAD schlechtere aktive Repositionierung (mit Schwindel noch schlechter)</li> <li>Korrelation zwischen SP-Test und aktiver Nackenbeweglichkeit (2-mal häufiger bei Frauen)</li> <li>WAD mit Radikulopathie mehr Fehler bei Kopfrepositionierung</li> </ul>
Hildingsson et al. [12] 1B prospektive Kohortenstudie	<ul style="list-style-type: none"> <li>38 WAD-Patienten</li> <li>25 gesunde Probanden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dysfunktion der Augenbewegung</li> <li>Follow-up: 8–28 Mon. nach Trauma (Durchschnitt: 15 Mon.)</li> </ul>	8 von 38 WAD nach Follow-up noch symptomatischen und 5 von Baseline noch asymptomatische WAD
Prushansky et al. [24] 2C Outcome-Kontrollstudie	<ul style="list-style-type: none"> <li>26 Patienten mit chronischen WAD II u. III (QTFC)</li> <li>23 gesunde Probanden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SP- und Sakkaden-Augenbewegungen in Neutralposition u. Rotation rechts u. links</li> <li>kein Follow-up</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SPVG signifikant höher bei Kontrollgruppe</li> <li>Haupt-CV bei Kontrollgruppe signifikant niedriger</li> <li>kein Unterschied in Nackenposition, Alter od. Geschlecht</li> </ul>
Kongsted et al. [16] 2C Outcome-Kontrollstudie	<ul style="list-style-type: none"> <li>34 chronische WAD-Patienten</li> <li>60 gesunde Probanden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SP-Augenbewegungen</li> <li>kein Follow-up</li> </ul>	SP-Augenbewegungen bei beiden Gruppen gleich, ungeachtet der Nackenposition
Brown et al. [3] 2C prospektive Outcome-Studie	<ul style="list-style-type: none"> <li>19 WAD-Patienten</li> <li>43 gesunde Probanden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Akkommodation</li> <li>kein Follow-up</li> </ul>	verkleinerte Amplitude der Akkommodation beider Augen bei WAD und im Alter bei WAD und Kontrollgruppe
Storaci et al. [31] 2C prospektive Outcome-Studie	<ul style="list-style-type: none"> <li>40 WAD-Patienten Grad II (QTFC) mit okulomotorischen Dysfunktionen</li> <li>40 WAD-Patienten Grad II (QTFC) ohne Dysfunktionen</li> <li>40 gesunde Probanden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inzidenz von okulomotorischen Störungen u. Defekt der okulären Konvergenz durch Hypofunktion der Augenmuskeln bei WAD-II-Patienten</li> <li>Vergleich der Messungen nach okulomotorischer Rehabilitation</li> <li>kein Follow-up</li> <li>Messung nach okulomotorischer Rehabilitation ohne Zeitangabe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>bei beiden WAD-II-Gruppen okulomotorische Dysfunktionen</li> <li>okulomotorische Dysfunktion korreliert nicht mit Schmerz (VAS)</li> <li>nach okulomotorischer Rehabilitation alle Werte im Normbereich, aber bei späterem Therapiestart mehr Einheiten nötig</li> </ul>

Dieses Dokument wurde zum persönlichen Gebrauch heruntergeladen. Vervielfältigung nur mit Zustimmung des Verlages.

Tab. 4 Fortsetzung.

Autor/Evidenzlevel/ Studiendesign	Probanden	Messkriterien/Follow-up	Ergebnisse
Burke et al. [4] 2C Outcome-Studie	39 WAD-Patienten	<ul style="list-style-type: none"> <li>visuelles System</li> <li>Follow-up: 3–12 Mon.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>10 Patienten mit okulomotorischen Veränderungen u. Symptomen</li> <li>bis auf 3 Genesung innerhalb von 2 (3) u. 9 (4) Mon.</li> </ul>
Mosimann et al. [20] 2C Outcome-Studie	<ul style="list-style-type: none"> <li>11 symptomatische WAD-Patienten (QTFC)</li> <li>10 asymptomatische WAD-Patienten</li> <li>16 gesunde Probanden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>horizontale Augenbewegungen</li> <li>emotionales Assessment</li> <li>kein Follow-up</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Unterschied zwischen symptomatischer WAD- u. asymptomatischer Kontrollgruppe bei Verzögerung der korrekten Antisakkaden, der erinnerungsgeleiteten Sakkaden (u. deren Fehlerprozent in Amplitude)</li> <li>keine Depression in allen 3 Gruppen</li> <li>symptomatische WAD-Gruppe mit höheren BDI-Werten</li> </ul>
Fischer et al. [5] 2C Outcome-Studie	32 WAD-Patienten	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evaluation okulomotorischer Reflexe u. COR bei WAD</li> <li>mögliche abnormale VOR-Werte in Zusammenhang mit WAD u. Hyperventilation</li> <li>kein Follow-up</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>okulomotorische Tests und COR normal</li> <li>VOR hyperaktiv u. oft zusammen mit Hyperventilation</li> <li>meiste Veränderungen bei Frauen</li> </ul>
Gimse et al. [8] 2C Outcome-Studie	<ul style="list-style-type: none"> <li>26 Whiplash-Patienten</li> <li>26 gesunde Probanden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Probleme beim Lesen</li> <li>kein Follow-up</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>alle Messungen der Lesefähigkeit schlechter bei WAD-Gruppe</li> <li>auch Unterschied in SP-Augenbewegungen mit Kopf in Neutralposition u. in Rotation rechts u. links</li> <li>keine Verletzungen des vestibulären Systems od. ZNS</li> </ul>
Brown [2] 2C Outcome-Studie	<ul style="list-style-type: none"> <li>35 Whiplash-Patienten</li> <li>20 Patienten mit Nackenverletzungen</li> <li>70 gesunde Probanden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pupillenfunktion</li> <li>visuelle Funktion</li> <li>kein Follow-up</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>verlängerte PCT, kein Unterschied der Pupillengröße zw. WAD- u. Kontrollgruppe</li> <li>Reduktion von Konvergenzpunkt, Akkomodationsfähigkeit und Kontrastsensitivität</li> <li>Gruppe mit Nackenverletzungen ähnelt Kontrollgruppe</li> </ul>
Kelders et al. [14] 2C Outcome-Studie	<ul style="list-style-type: none"> <li>8 WAD-Patienten (QTFC)</li> <li>8 gesunde Probanden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>COR bei WAD</li> <li>kein Follow-up</li> </ul>	COR ist bei WAD erhöht
Montfoort et al. [19] 2C Outcome-Studie	<ul style="list-style-type: none"> <li>20 Patienten WAD I u. II (QTFC)</li> <li>28 gesunde Probanden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Klärung des Mechanismus von gesteigertem COR bei WAD</li> <li>Mangel an Synergie zwischen COR und VOR</li> <li>Intervention: Halskrause bei gesunden Probanden für 2 Std.</li> <li>kein Follow-up</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>COR nach 2 Std. auch bei Gesunden gesteigert</li> <li>mit Nackenkrause nach weiteren 2 Std. wieder normal</li> <li>keine Korrelation zw. Muskulatur und COR bei Gesunden</li> <li>visuelle und zervikale Stimulation führt zu gesenkter COR bei Gesunden, keine Veränderung bei WAD</li> <li>gesenkter VOR bei visueller u. vestibulärer Stimulation bei Gesunden, nicht bei WAD</li> </ul>
Hildingsson et al. [11] 2C Outcome-Studie	<ul style="list-style-type: none"> <li>39 WAD-Patienten (20 chronisch, 19 asymptomatisch)</li> <li>25 gesunde Probanden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>okulomotorische Funktion</li> <li>kein Follow-up</li> </ul>	Geschwindigkeit, Genauigkeit u. Muster der Augenbewegungen waren bei 18 von 20 WAD-Patienten gestört
Oosterveld et al. [22] 2C Outcome-Studie	262 WAD-Patienten	<ul style="list-style-type: none"> <li>verschiedene Nystagmusarten</li> <li>okulomotorische Störungen</li> <li>Follow-up: bei 41 Patienten 1 u. 2 J. nach Unfall</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>bei 42 % Positionsnystagmus</li> <li>bei 79 % zervikaler Nystagmus, wovon 80 % Propriozeptions- u. 20 % vaskulärer Typ</li> <li>bilateraler Blicknystagmus in 26 %, Störungen der Visual-pursuit-Bewegungen in 43 %</li> <li>bei 37 % zentrale Pathologie durch Visual-suppression-Test</li> <li>bei 38 % keine zentrale Pathologie</li> <li>21 % ohne Pathologie</li> <li>bei 41 Patienten 1 und 2 J. nach Unfall dieselbe Pathologie</li> </ul>

Tab. 4 Fortsetzung.

Autor/Evidenzlevel/ Studiendesign	Probanden	Messkriterien/Follow-up	Ergebnisse
Treleaven et al. [34] 3A Case control study	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 100 Patienten mit WAD II (QTFC)</li> <li>■ 40 gesunde Probanden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ CJPE</li> <li>■ Augenbewegungsstörungen</li> <li>■ Balance</li> <li>■ kein Follow-up</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ signifikante (schwach bis moderat) Korrelation zw. allen 3 Tests</li> <li>■ schwache Korrelation zw. SPNT und CJPE rechts</li> <li>■ abnormaler CJPE-Score zeigt hohe positive vorher-sagbare Werte, aber zu geringe Sensitivität u. Spe-zifizität, um Abweichungen in Balance u./od. SPNT-Tests festzustellen</li> </ul>
Treleaven et al. [38] 3A Case study	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 20 asymptotische Probanden</li> <li>■ 20 WAD-Patienten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Testung von Augen-Kopf-Koordination u. Blickstabilität bei WAD- und Kontrollgruppe</li> <li>■ Untersuchung von Test- u. Retest-Reliabilität der Testmethoden bei der Kontrollgruppe</li> <li>■ Follow-up: 1 Wo. bei 10 asympto-matischen Probanden, kein Follow-up bei WAD-Patienten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ höherer Score bei NDI, DHISF u. VSI in WAD-Gruppe</li> <li>■ Wiederholbarkeit der Testergebnisse bei Blickstabi-lität in Kontrollgruppe (10) moderat bis hoch, bei sequenziellen Kopf-Augen-Bewegungen hoch</li> <li>■ WAD-Gruppe signifikant weniger zervikale Range of motion bei Blickstabilität u. geringere maximale Augenwinkelbewegungen bei Blick nach rechts</li> <li>■ WAD-Gruppe signifikant langsamere Kopf-bewegung bei sequenziellen Kopf-Augen-Bewegungen</li> <li>■ geringe Korrelation von Alter, DHISF u. VSI mit Mes-sergebnissen</li> <li>■ signifikante Korrelation von NDI u. zervikaler Range of motion mit Geschwindigkeit bei sequenziellen Kopf-Augen-Bewegungen</li> </ul>
Grip et al. [9] 3A Outcome-Studie	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 20 asymptotische Probanden</li> <li>■ 6 WAD-Patienten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Beschreibung einer Methode zur Feststellung von Kopf-Augen-Koordination während Kopfbewegungen u. Evaluation der Reproduzierbarkeit bei einer asymptotischen Gruppe</li> <li>■ Aufstellen von Indikationen zur Qualifizierung von Kopf-Augen-Koordination bei WAD-Patienten</li> <li>■ kein Follow-up</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Reproduzierbarkeit moderat bis hoch für die meis-ten Variablen in asymptotischer Gruppe</li> <li>■ in WAD-Gruppe Range of motion bei neutraler Blickstabilisierung verringert, durchschnittliche Geschwindigkeit d. Kopfbewegung geringer, NDI und VSI höher</li> </ul>
Treleaven [37] 3B Einzelfallstudie	1 WAD-Patient	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ JPE, SNPE</li> <li>■ Follow-up: initial, 4 Wo., 6 Mon.</li> <li>■ Intervention: JPE-Extension und -Rotation, Retraining Bewegungs-sinn, Balancetraining, Augen-Kopf-Koordinationstraining, Blickstabi-litätstraining, Augenbewegungs-kontrolle, SPNF, nach 2 und 4 Wo. Schwierigkeitsgrad erhöht</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Verbesserung der Symptome von Nackenschmer-zen, Muskelverspannung, Schwindel, visuelle Stö-rungen u. funktionelle Fähigkeiten</li> <li>■ Verbesserung von JPE, Balance, SPNT, klinische Tests der Augenbewegungskontrolle, Bewegungssinn u. Blickstabilität nach 4 Wo. und 6 Mon.</li> </ul>
Treleaven [36] 4A Fallstudie	4 Probanden, davon 2 WAD-Patienten	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ sensomotorische Kontrolle, Balan-ce, zervikale Propriozeption, Augen-Hand-Bewegungskontrolle</li> <li>■ kein Follow-up</li> <li>■ Intervention: Manuelle Therapie, Balancetraining, Augenfolgetrai-ning, Blickstabilität, Sakkaden-Trai-ning, zervikaler JPE, Schmerzma-nagement (medikamentös), Au-gen-Kopf-Koordination, alle Übungen als Hausübungspro-gramm mit Progression</li> </ul>	keine

ABR = Auditory Brainstem Response; BDI = Back Depression Inventory; CJPE = Cervical joint position error; COR = zervikookulärer Reflex; CV = Coefficient of variation; DHISF = Dizziness Handicap Inventory Short Form; NDI = Neck Disability Index; OKR = optokinetischer-Reflex; PCT = Pupil cycle time; QTFC = Quebec Task Force Classification of Grades of WAD; SP = Smooth Pursuit; SPVG = Smooth Pursuit Velocity Gain; VAS = Visual Analogue Scale; VOR = vestibulookulärer Reflex; VSI = Visual Symptom Index; WAD = Whiplash-associated disorders

se, JPS), das okulomotorische System und die posturale Stabilität mit eventuellen zusätzlichen Tests sowie das Management sensorischer Kontrollstörungen bei Nackenbeschwerden je nach den Ergebnissen des Assessments dargestellt. Diese Inhalte bilden wichtige Basisinformationen für die gefundenen Artikel und müssen daher an dieser Stelle erwähnt werden.

Die Intervention bei Storaci et al. [31] beinhaltete ein okulomotorisches Rehabilitationsprogramm, bei Montfoort et al. [19] das Tragen einer Halskrause und bei Wenngren et al. [40] neben einer Basisbehandlung (Halskrause, Physiotherapie und Schmerzmedikamente) zusätzlich in einem doppelt verblindeten Verfahren Methylprednisolon (entzündungshemmendes Mittel) oder Placebo.

## Resultate

Laut Storaci et al. [31] sollte das Tragen einer Halskrause nur kurzfristig erfolgen und beim Auftreten okulomotorischer Dysfunktionen rasch mit einem okulomotorischen Rehabilitationsprogramm gestartet werden.

Bei Montfoort et al. [19] zeigte sich zwar eine kurzfristige Veränderung der Reflexaktivität von COR und VOR bei der WAD- und der Kontrollgruppe, jedoch ohne langfristige signifikante Beeinträchtigungen. Wenngren et al. [40] fanden keinen Unterschied zwischen den Gruppen aktiv/Placebo und aktiv/Medikamente. Laut Treleaven [36, 37] kann ein multimodaler Therapieansatz gute Erfolge liefern. Die Resultate der 5 Studien zur 2. Fragestellung werden mittels mehr oder minder fundierten Testergebnissen bestätigt (siehe Diskussion).

## Diskussion

### Gibt es okuläre Dysfunktionen bei WAD?

Die in dieser Arbeit beschriebenen Studien zeigen mit 2 Ausnahmen [16, 17], dass das visuelle System bei WAD in vielerlei Hinsicht gestört werden kann. Nur Kongstet et al. [16, 17] fanden keine Unterschiede der SP-Augenbewegungen bei WAD-Patienten und einer Kontrollgruppe [16, 17], was zum Teil auf einer anderen Standardisierung des Testverfahrens des SPNT beruht und nur bei Ausführung nach Tjell und Rosenhall [33] mit Einschränkungen als diagnostischer und prognostischer Test bei WAD-Patienten verwendet werden kann.

Auffällig ist, dass bei den Teilnehmern der WAD-Gruppe mehr Frauen als Männer zu finden waren (► **Tab. 5**). Dies scheint die in der Fachliteratur beschriebene erhöhte Anfälligkeit von Frauen für WAD und das höhere Risiko der Chronifizierung [29] zu bestätigen. Heikkilä et al. [10] stellten zudem fest, dass okulomotorische Testergebnisse 2 Jahre nach dem Trauma signifikant mehr Symptome bei Frauen als bei Männern zeigten.

### Vergleichbarkeit der Studien

Die vorliegenden Studien lassen sich nur schwer vergleichen, da sie methodologisch unterschiedlich aufgebaut sind und sich auch darin unterscheiden, was bzw. wie dies gemessen wird und wie die Messergebnisse interpretiert werden.

Versucht man, die Studien hinsichtlich der Evidenzgrade ([26; ► **Tab. 3**) zu vergleichen, ergibt sich die Schlussfolgerung, dass auch dies nur in sehr geringem Maße möglich ist.

Zu erwähnen ist hier der von Treleaven [37, 38] vorgestellte **Visual Symptom Index (VSI)**, der zwar bei WAD-Patienten noch nicht validiert, aber im praktischen Sinne viel versprechend ist. Der Fragebogen betrifft das vestibuläre und visuelle System und ermittelt 15 von WAD- und anderen Nackenpatienten häufig genannte Symptome. Die Symptome werden bezüglich ihrer Häufigkeit (0–3) und Frequenz (0–4) beurteilt, was pro Symptom einen Maximal-Score von 12 und somit einen maximalen Test-Score von 180 Punkten ergeben kann (hoher Score entspricht mehr Störungen).

### Welche Effekte erzielt neuromuskuloskelettale Therapie der kraniozervikalen Region bei okulären Dysfunktionen im Falle von WAD?

Bei der direkten Literatursuche fanden sich nur 5 Artikel. Bei den beiden Studien von Treleaven [36, 37] handelt es sich um Fallstudien mit kleiner Probandenzahl (1 und 2 Personen) ohne eine Kontrollgruppe und ohne WAD-Klassifizierung.

Storaci et al. [31] führten nur bei der WAD-Gruppe mit okulomotorischen Störungen ein okulomotorisches Rehabilitationsprogramm durch, dessen Ausführung, Dauer und Inhalt wenig beschrieben ist. Aus dem Text geht nicht hervor, wie lange das Follow-up dauerte und es gab keinen Vergleich zur WAD-Gruppe ohne okulomotorische Störungen oder der Kontrollgruppe.

Bei Montfoort et al. [19] trugen 16 gesunde Probanden 2 Stunden lang eine Halskrause. Direkt nach Entfernen der Halskrause war der COR deutlich gesteigert und sank 2 Stunden später wieder auf den Basiswert. Der Test fand in der WAD-Gruppe nicht statt, sodass unklar ist, ob der Effekt hier auch auftritt und sich im gleichen Zeitraum wieder normalisieren kann. Dies wäre sicher interessant gewesen, da in vielen Ländern trotz kontroverser Diskussion [28] als Standardbehandlung bei WAD noch immer eine Halskrause für 2 Wochen oder länger verordnet wird [27].

Bei Wenngren et al. [40] erhielten alle Patienten dieselbe Behandlung mit Halskragen, Physiotherapie und Schmerzmittel, nur die Hälfte der WAD-Gruppe bekam doppelt verblindet Methylprednisolon, die andere Placebo. Die Behandlungsergebnisse sind nicht eindeutig, und es wird nur vermerkt, dass keine Korrelation zwischen Medikamenten- und Placebogabe und den Testergebnissen bestand. Die Schlussfolgerung der Autoren, dass die Gabe von Methylprednisolon zu besseren Testergebnissen führt, ist somit nicht unterbaut.

Bekanntermaßen kann der Pupillenzklus bei Lichtreaktion (Edge light pupil cycle time, ELPT) durch **High velocity low amplitude manipulation (HVLA)** am atlantoaxialen Gelenk zu kurzzeitigen Verlängerungen des Pupillenzklus führen. Der dahinterstehende Mechanismus ist zwar noch unklar, eine Beteiligung des autonomen Nervensystems (ANS) – speziell des SNS – aber unumstritten [8].

### Schlussfolgerungen

Zum jetzigen Zeitpunkt legt die gefundene Literatur eine Tendenz zu moderater Evidenz nahe, die bestätigt, dass es zu verschiedenen okulären Dysfunktionen bei WAD kommen kann und die möglichen Mechanismen dahinter zum Teil erklärbar sind.

Tab. 5 Statistische Werte aller gefundenen Studien.

	Fragestellung 1	Fragestellung 2
Baseline-Testung	22 Studien	5 Studien
Follow-up	9 Studien [4, 10, 12, 17, 18, 22, 37, 38, 40]	2 Studien [37, 40]
Follow-up-Intervall	1 Woche bis 28 Monate	6 Monate bis 2 Jahre
WAD-Patientengruppe	9 Studien nach QTFC (► <b>Abb. 1</b> ) davon: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 5 Studien WAD II und III [10, 24, 31, 34, 40]</li> <li>■ 2 Studien WAD I und II [18, 19]</li> <li>■ 2 Studien WAD I-III [14, 20]</li> </ul>	3 Studien nach QTFC [19, 31, 40] in Grad I-III
Studien/Probanden	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ WAD-Gruppe: 6 Studien [4, 5, 17, 22, 37, 40]</li> <li>■ WAD-Gruppe (bei 5 Studien geteilt in symptomatisch/asymptomatisch [4, 8, 20, 31, 34] und Kontrollgruppe: 15 Studien [3, 8-12, 14, 16, 18-20, 24, 31, 34, 38])</li> <li>■ WAD-Gruppe, Kontrollgruppe, Gruppe mit Nackenverletzungen: 1 Studie [2]</li> </ul>	WAD- und Kontrollgruppe: 2 Studien [19, 31], wobei 1 Studie [40] mit Unterscheidung der WAD-Gruppe zwischen mit/ohne okulomotorische Dysfunktionen
Studien/Probanden/ Chronifizierung	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ chronische WAD-Probanden: 12 Studien [8-12, 16, 20, 22, 24, 34, 37, 38]</li> <li>■ akute WAD-Probanden: 3 Studien [4, 17, 40]</li> <li>■ akute und chronische WAD-Probanden: 4 Studien [3, 5, 14, 31]</li> <li>■ 3 Studien unbekannt [2, 18, 19]</li> </ul>	-
Berechnung Sample size	2 Studien [9, 22]	-
Probandenzahl	1 [37] bis 262 [22]	von 1 [37] bis 120 [31]
Geschlecht	bei 19 Studien bekannt (nicht: [3, 18, 19]) Verhältnis Frauen zu Männer gerundet 1,85 : 1 (648 Frauen, 350 Männer)	bei 4 Studien bekannt (nicht bei [19]) Verhältnis Frauen zu Männer gerundet 1,5 : 1 (50 Frauen, 33 Männer)

QTFC = Quebec Task Force Classification of Grades of WAD; WAD = Whiplash-associated disorders

Aufgrund der Ergebnisse der vorliegenden Literaturstudie gibt es jedoch wegen der geringen Anzahl und Evidenzstärke der gefundenen Artikel momentan nur schwache Evidenz für die Effektivität von neuromuskuloskelettaler und besonders Manueller Therapie der kraniozervikalen Region bei eventuell vorhandenen Augendysfunktionen im Falle von WAD.

Laut der existierenden Literatur ist bei bestimmten Beschwerdebildern in Bezug auf WAD ein ausführliches Assessment mit abgestimmtem multimodalen Management zu empfehlen. Dieses können Manualtherapeuten schon mit einfachsten klinischen Messmethoden und Maßnahmen wie dem SPN-Test, Balancetests, Fragebögen (z. B. VSI, NDI), Propriozeptionstestung und -training des gesamten Körpers, der HWS und auch der okulären Funktion in der täglichen Praxis durchführen [9, 34, 38]. Die klinische Wirksamkeit muss aber noch durch weitere qualitativ hochwertigere Fallstudien bestätigt werden.

#### Literatur

1. Billig H. Traumatic neck, head, eye syndrome. *Journal of the International College of Surgeons* 1953; 20: 335-339
2. Brown S. Ocular dysfunction associated with whiplash injury. *Australian Journal of Physiotherapy* 1995; 41: 59-60
3. Brown S. Effect of whiplash injury on accommodation. *Clinical Experimental Ophthalmology* 2003; 31: 424-429
4. Burke JP, Orton HP, West J et al. Whiplash and its effect on the visual system. *Graefes Archive for Clinical Experimental Ophthalmology* 1992; 230: 335-339
5. Fischer AJ, Huygen PL, Folgering HT, Verhagen WI, Theunissen EJ. Hyperactive VOR and hyperventilation after whiplash injury. *Acta Otolaryngologica Suppl* 1995; 520: 49-52
6. Flor H. Cortical reorganisation and chronic pain: implications for rehabilitation. *Journal of Rehabilitation Medicine* 2003; 41: 66-72
7. Freeman MD, Croft AC, Rossignol AM. "Whiplash-associated disorders: redefining whiplash and its management" by the Quebec Task Force. A critical evaluation. *Spine* 1998; 23: 1043-1049
8. Gimse R, Tjell C, Bjørgen IA, Saunte C. Disturbed eye movements after whiplash due to injuries to the posture control system. *Neuropsychology Development Cognition Section A Journal of Clinical Experimental Neuropsychology* 1996; 18: 178-186
9. Grip H, Jull G, Treleaven J. Head eye co-ordination using simultaneous measurement of eye in head and head in space movements: potential for use in subjects with a whiplash injury. *Journal of Clinical Monitoring and Computing* 2009; 23: 31-40
10. Heikkilä H, Wenngren BI. Cervicocephalic Kinesthetic Sensibility, Active Range of Cervical Motion, and Oculomotor Function in Patients with Whiplash Injury. *Arch Phys Med Rehabil* 1998; 79: 1089-1094
11. Hildingsson C, Wenngren BI, Bring G, Toolanen G. Oculomotor problems after cervical spine injury. *Acta Orthopaedica Scandinavica* 1989; 60: 513-516

12. Hildingsson C, Wenngren BI, Toolanen G. Eye motility dysfunction after soft-tissue injury of the cervical spine. A controlled, prospective study of 38 patients. *Acta Orthopaedica Scandinavica* 1993; 64: 129–132
13. Kelders WP, Kleinrensink GJ, van der Geest JN et al. Compensatory increase of the cervico-ocular reflex with age in healthy humans. *Journal of Physiology* 2003; 553(Pt 1): 311–317
14. Kelders WP, Kleinrensink GJ, van der Geest JN et al. The cervico-ocular reflex is increased in whiplash injury patients. *Journal of Neurotrauma* 2005; 22: 133–137
15. Kiekens C, van Rie K, Leys M et al. Organisatie en Financiering van Musculoskeletale en Neurologische Revalidatie in België. *Het Federaal Kenniscentrum voor de Gezondheidszorg. KCE Reports* 2007; 57A
16. Kongsted A, Jørgensen LV, Bendix T, Korsholm L, Leboeuf-Yde C. Are smooth pursuit eye movements altered in chronic whiplash-associated disorders? A cross-sectional study. *Clinical Rehabilitation* 2007; 21: 1038–1049
17. Kongsted A, Jørgensen LV, Leboeuf-Yde C et al. Are altered smooth pursuit eye movements related to chronic pain and disability following whiplash injuries? A prospective trial with one-year follow-up. *Clinical Rehabilitation* 2008; 22: 469–479
18. Montfoort I, Kelders WPA, van der Geest et al. Interaction between Ocular Stabilization Reflex in Patients with Whiplash Injury. *Investigative Ophthalmology & Visual Science* 2006; 47: 2881–2884
19. Montfoort I, van Der Geest JN, Slijper HP, de Zeeuw CI, Frens MA. Adaptation of the cervico- and vestibulo-ocular reflex in whiplash injury patients. *Journal of Neurotrauma* 2008; 25: 687–693
20. Mosimann UP, Müri RM, Felblinger J, Radanov BP. Saccadic eye movement disturbances in whiplash patients with persistent complaints. *Brain* 2000; 123: 828–835
21. Motor Accidents Authority (MAA) of New South Wales (Australia). MAA whiplash guidelines. [www.maa.nsw.gov.au/default.aspx?MenuID=115](http://www.maa.nsw.gov.au/default.aspx?MenuID=115)
22. Oosterveld WJ, Kortschot HW, Kingma GG, de Jong HAA, Saatci MR. Electro-nystagmographic findings following cervical whiplash injuries. *Acta Otolaryngologica* 1991; 111: 201–205
23. Passatore M, Roatta S. Influence of sympathetic nervous system on sensorimotor function: whiplash-associated disorders (WAD) as a model. *European Journal of Applied Physiology* 2006; 98: 423–449
24. Prushansky T, Dvir Z, Pevzner E, Gordon CR. Electro-oculographic measures in patients with chronic whiplash and healthy subjects: a comparative study. *Journal of Neurology, Neurosurgery Psychiatry* 2004; 75: 1642–1644
25. Rich N. Levels of Evidence. *Journal of Woman's Health Physical Therapy* 2005; 29: 19–20
26. Sackett DL, Strauss SE, Richardson WS, Rosenberg W, Haynes RB. *Evidence-Based Medicine: How to Practise and Teach EBM*. Edinburgh: Churchill Livingstone, 2000
27. Schnabel M, Ferrari R, Vassiliou T, Kaluza G. Randomised, controlled outcome study of active mobilisation compared with collar therapy for whiplash injury. *Emergency Medicine Journal* 2004; 21: 306–310
28. Scholten-Peeters GG, Bekkering GE, Verhagen AP et al. Clinical practice guideline for the physiotherapy of patients with whiplash-associated disorders. *Spine* 2002; 27: 412–422
29. Scholten-Peeters GG, Verhagen AP, Bekkering GE et al. Prognostic factors of whiplash-associated disorders: a systematic review of prospective cohort studies. *Pain* 2003; 104: 303–322
30. Spitzer WO, Skovron ML, Salmi LR et al. Scientific monograph of the Quebec Task Force on Whiplash-Associated Disorders: redefining “whiplash” and its management. *Spine* 1995; 20 (Suppl 8): 1S–73S
31. Storaci R, Manelli A, Schiavone N et al. Whiplash injury and oculomotor dysfunctions: clinical-posturographic correlations. *European Spine Journal* 2006; 15: 1811–1816
32. Sturzenegger M, Radanov BP, Winter P et al. MRI-based brain volumetry in chronic whiplash patients: no evidence for traumatic brain injury. *Acta Neurologica Scandinavica* 2008; 117: 49–54
33. Tjell C, Rosenhall U. Smooth pursuit neck torsion test: a specific test for cervical dizziness. *American Journal of Otolaryngology* 1998; 19: 76–81
34. Treleaven J, Jull G, LowChoy N. The relationship of cervical joint position error to balance and eye movement disturbances in persistent whiplash. *Manual Therapy* 2006; 11: 99–106
35. Treleaven J. Sensorimotor disturbances in neck disorders affecting postural stability, head and eye movement control. *Manual Therapy* 2008; 13: 2–11
36. Treleaven J. Sensorimotor disturbances in neck disorders affecting postural stability, head and eye movement control. Part 2: Case studies. *Manual Therapy* 2008; 13: 266–275
37. Treleaven J. A tailored sensorimotor approach for management of whiplash associated disorders. A single case study. *Manual Therapy* 2010; 15: 206–209
38. Treleaven J, Jull G, Grip H. Head eye co-ordination and gaze stability in subjects with persistent whiplash associated disorders. *Manual Therapy* 2011; 16: 252–257
39. Versteegen GJ, van Es FD, Kingma J, Meijler WJ, ten Duis HJ. Applying the Quebec Task Force criteria as a frame of reference for studies of whiplash injuries. *Injury* 2001; 32: 185–193
40. Wenngren BI, Pettersson K, Lowenhielm G, Hildingsson C. Eye motility and auditory brainstem response dysfunction after whiplash injury. *Acta Otolaryngologica* 2002; 122: 276–283

**AUTORIN**

Daniela von Piekartz-Doppelhofer, PT OMT  
 Stobbenkamp 10  
 7631 CP Ootmarsum  
 Niederlande  
 D.vonPiekartz-Doppelhofer@gmx.de

**BIBLIOGRAFIE**

DOI 10.1055/s-0032-1304759  
 manuelletherapie 2012; 16: 42-51  
 © Georg Thieme Verlag KG  
 Stuttgart · New York · ISSN 1433-2671