

2. Material und Methode:

2.1. Verwendete Messmethode:

Benutzt wurde ein Ultraschallvermessungssystem der Firma Zebris GmbH (System Zebris CMS 70P), das eine schnelle und reliable Bewegungsanalyse der HWS erlaubt.

Dabei beruht die Datenerfassung der Halswirbelsäulenbeweglichkeit (HWS-Beweglichkeit) auf dem Prinzip der Laufzeitmessung

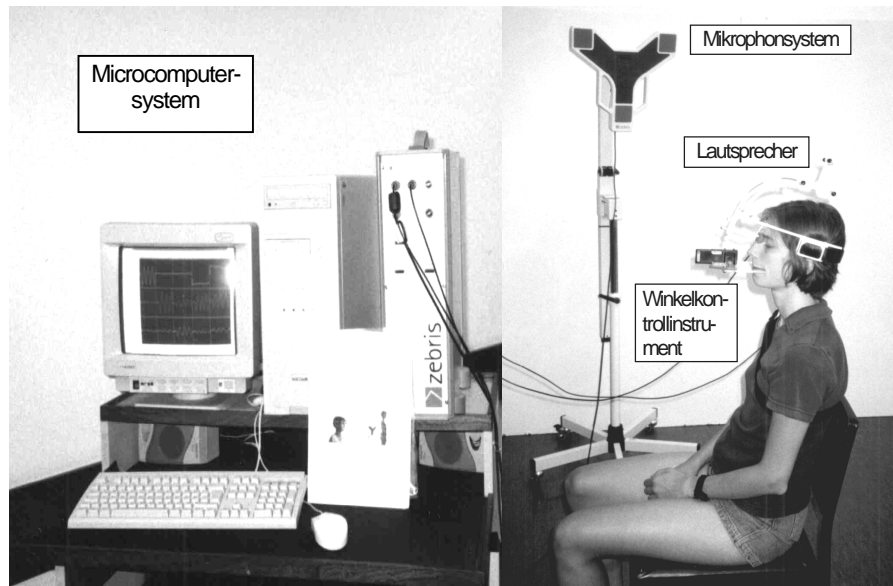


Photo 2.1.1
Versuchsanordnung mit Probandin und angeschlossenem Meßsystem.

von Ultraschallimpulsen. Dazu sind Lautsprecher auf einem Kopfgestell und einer Schulterkappe montiert, die Ultraschallimpulse emittieren und von einem Mikrophonsystem in ca. einem Meter Entfernung detektiert werden. In einem angeschlossenen Microcomputer werden anschließend in Echtzeit die gemessenen Laufzeitveränderungen der Ultraschallimpulse in Bewegungsänderungen umgerechnet und als dreidimensionales Modell auf dem Bildschirm dargestellt. Daraufhin kann die individuelle, maximale HWS-Beweglichkeit, angegeben in Grad, in allen Körperachsen interpretiert werden. Das abgebildete Winkelkontrollinstrument wurde zur Kontrolle der Neutralstellung des Kopfes benutzt (s. 2.3.).

2.2. Evaluierung der Messmethode:

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden zusätzlich acht gesunde Probanden im Alter von 20 bis 28 Jahren untersucht, die jeweils zehn komplette Bewegungszyklen durchführten. Ein Bewegungszyklus umfasste alle in Tab. 2.2.1-2 angegebenen Bewegungsebenen. Danach wurden Standardabweichung und Variationskoeffizient berechnet. Um auch den Fehler zu betrachten, der beim jeweiligen Aufsetzen der Messanordnung (d.h. Kopf- und Armsender) entsteht, sind zusätzlich an zwei gesunden Probanden an zehn verschiedenen Tagen die Werte der jeweiligen Messebenen verglichen worden.

Bei einem Vergleich der Standardabweichungen zwischen Castro [11], Schöps [83], Youdas [103] und der aktuellen Studie ergaben sich folgende Verhältnisse:

Bewegungsebenen	Flexion	Extension	Rotation nach links	Rotation nach rechts	Lateralflexion nach links	Lateralflexion nach rechts	Rotation links in Flexion	Rotation rechts in Flexion	Rotation links in Extension	Rotation rechts in Extension	Flexion/ Extension	Rotation	Lateralflexion	Rotation in Flexion	Rotation in Extension
Youdas [103]	9,7	12,7	7,8	7,2	7,5	7,9	*	*	*	*					
Castro [11]							*	*	*	*	17,6	17,2	15,2	17,9	17,2
Aktuell	5,2	5,7	4,0	5,4	3,7	4,1	6,7	4,4	4,5	4,9	5,5	4,7	7,8	5,6	4,7

Tab.: 2.2.1

Vergleich Standardabweichungen der aktuellen Studie mit Literaturdaten. Bei leeren Feldern waren die Bewegungsebenen in den angegebenen Studien nicht berücksichtigt. Bei * liegen überhaupt keine Literaturdaten vor. Bei Youdas et al. [103] wurden Mittelwerte aller Altersgruppen und beider Geschlechter berechnet.

Nachfolgend ein Vergleich der Variationskoeffizienten zwischen Castro [11], Schöps [83], Youdas [103] und der aktuellen Studie:

Bewegungsebenen	Flexion	Extension	Rotation nach links	Rotation nach rechts	Lateralflexion nach links	Lateralflexion nach rechts	Rotation links in Flexion	Rotation rechts in Flexion	Rotation links in Extension	Rotation rechts in Extension	Flexion/ Extension	Rotation	Lateralflexion	Rotation in Flexion	Rotation in Extension
Youdas [103]							*	*	*	*					
Castro [11]							*	*	*	*	3,8	4,7	6,3	7,4	12,7
Aktuell	7,3	9,7	5,7	7,0	10,2	9,3	12,4	7,8	11,0	12,0	4,1	3,7	5,3	7,0	7,6

Tab. 2.2.2

Vergleich Variationskoeffizient der aktuellen Studie mit Literaturdaten. Bei * liegen überhaupt keine Literaturdaten vor. Bei leeren Feldern waren die Bewegungsebenen in den angegebenen Studien nicht berücksichtigt:

Eine alters- und geschlechtsspezifische Darstellung von Variationskoeffizienten hat der durchgeführten Literaturrecherche zufolge niemals stattgefunden.

Von Schöps et al. [83] und Youdas et al. [103] wurden Standardabweichungen angegeben, die sich jeweils auf die unterschiedlichen Geschlechter und Alter beziehen. Da im Rahmen unserer Bestimmung von Variationskoeffizient und Standardabweichung keine Unterscheidung von Alter oder Geschlecht durchgeführt wurde, ist eine Vergleichbarkeit durch die Errechnung von den jeweiligen Mittelwerten dennoch gegeben.

2.3. Messprotokoll:



Photo 2.3.1
Darstellung einer Probandin mit aufgesetzten Kopfsendern und Schulterkappe, die ebenfalls mit Sendern bestückt ist.

Die komplette Vermessung des Bewegungsausmaßes der HWS dauert bei unserer Methode ca. fünf Minuten. Dazu müssen die Probanden ein Gestell ähnlich einer Brille aufsetzen, auf dem ca. auf Höhe des Bregma (Zusammentreffen Sutura Coronaria und Sutura Sagittalis) drei Ultraschallsender montiert sind. Fixiert wird das Gestell über ein Klettband, das hinten am Kopf festgezogen werden kann, und einen Nasensteg, der über der Spina nasalis fixiert wird, so dass die Bügel über dem rechten und dem linken Ohr fest aufliegen (Photo 2.3.1). Als Referenzpunkte werden vom Gerät drei weitere Sender detektiert, die auf einer Plastikkappe montiert sind. Diese Kappe entspricht einem Negativabdruck der Area deltoidea sowie des proximalen Humerus und wird mittels Klettbändern am Rumpf sowie am Arm sicher fixiert

(siehe Photo 2.3.2).

Die gesendeten Impulse einer definierten Frequenz werden von einem Empfänger ausgewertet, der sich etwa 80 cm vom Sender entfernt befindet. Die korrekte Position des Empfängers wird mit Hilfe einer integrierten Libelle in der Horizontalachse und durch ein mitgeliefertes, transportables Inklinometer in der Neigung kontrolliert. Außerdem wird vom Empfänger durch ein akustisches Signal angezeigt, sobald sich ein Sender außerhalb des Empfangsbereichs befindet oder ein Sender durch ein Hindernis verdeckt wird. Um bei allen Probanden eine annähernd gleiche „Kopfneutralhaltung“ zu gewährleisten, haben wir ein Winkelmessinstrument konstruiert, das die Patienten zwischen den Zähnen halten sollten und eine definierte Nulllage in der

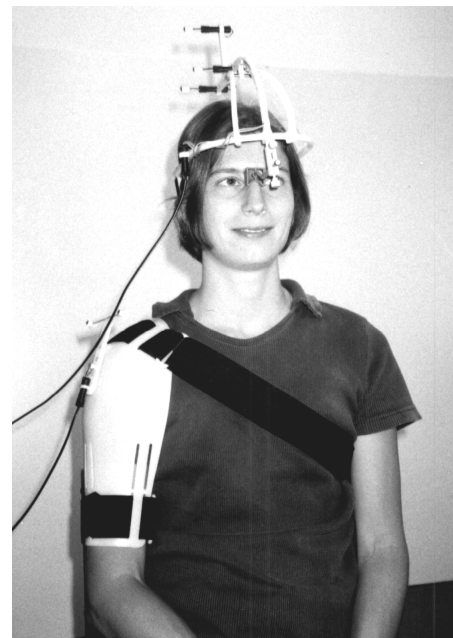


Photo 2.3.2
Darstellung der Fixierung der Schulterkappe mit Klettband. Dies gestattete ein schnelles und sicheres Auf- und Absetzen der Referenzmarker auf der Schulter. Zusätzlich aufgesetzte Kopfsender.

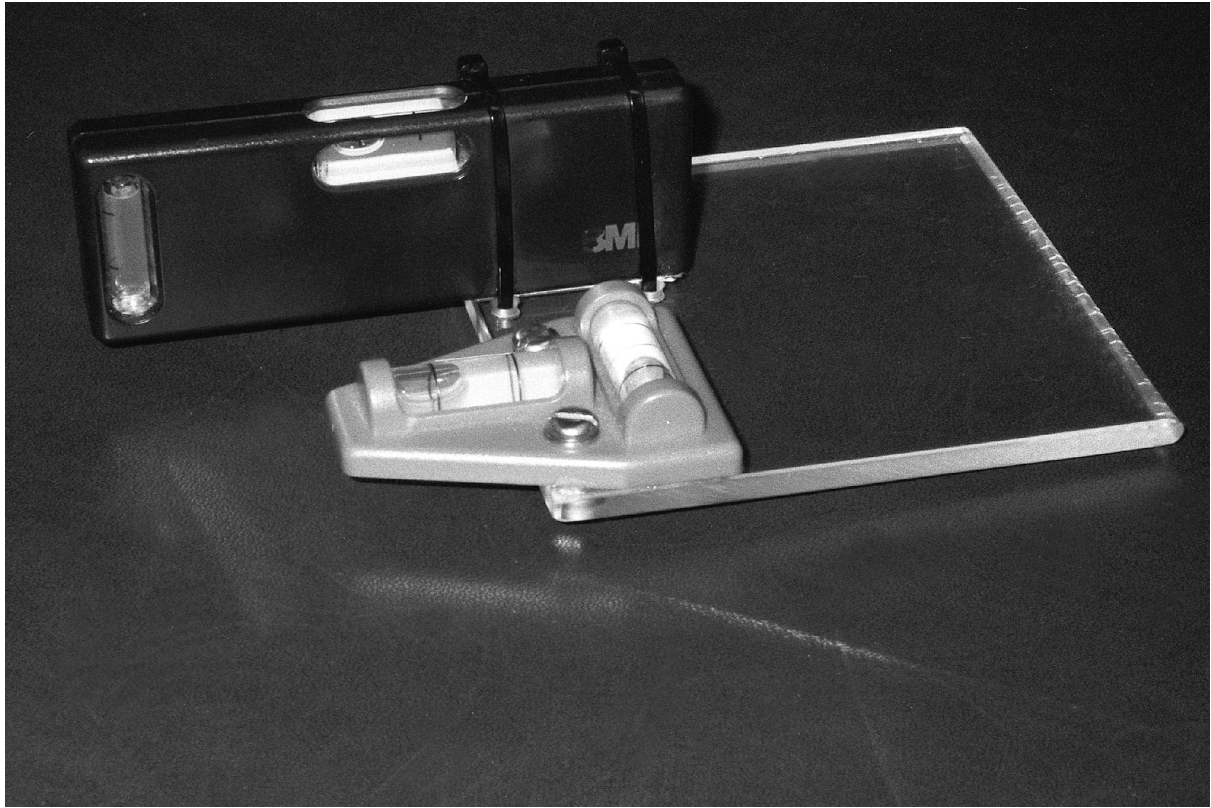
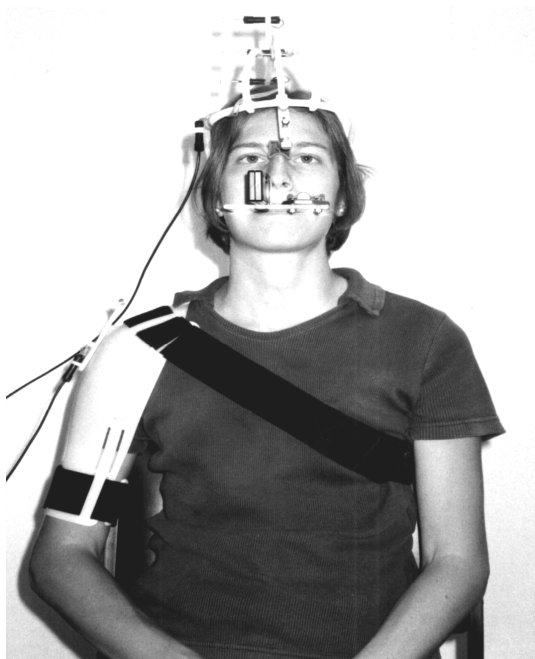


Photo 2.3.3
Winkelkontrollinstrument, bestehend aus Plexiglasplatte mit aufgeschraubten Wasserwaagen, um die Transversal- und Sagittalachse zu kontrollieren.

Sagittalachse und in der Transversalachse kontrolliert (Photo 2.3.3).

Die Rotationsachse wurde vom hinter dem Probanden stehenden Untersucher kontrolliert.



Gemessen wurden die maximale Flexion und Extension, axiale Rotation nach rechts und links, Lateralflexion nach rechts und links, maximale Rotation nach rechts und links in maximaler Flexion und maximaler Extension. Eine Kalibrierung der Messanordnung erfolgte jeweils zu Beginn einer Messungen sowie jeweils vor den Rotationsmessungen in maximaler Flexion und Extension – jeweils mit Hilfe des von uns konstruierten Winkelmeßinstruments. So haben

Photo 2.3.4
Probandin mit Winkelkontrollinstrument vor Beginn eines Messzyklus



Photo 2.3.5

Ansicht von seitlich auf eine Probandin mit aufgesetzten Kopfsendem mit Winkelkontrollinstrument, wie es zur Kontrolle der Kopfneutralstellung verwendet wurde.

alle Probanden ihre Bewegungen aus der gleichen Ausgangslage ausgeführt (Photo 2.3.4). Das Programm wertet die gemessenen maximalen Winkel und die jeweilige Winkelgeschwindigkeit (Grad pro Sekunde) aus und ermöglicht die graphische Darstellung der gemessenen Werte auf dem Computer, so dass auf einen Blick erkennbar wird, bei welchen Probanden gravierende Bewegungseinschränkungen bestehen und wo eventuell Ausweichbewegungen durchgeführt werden, ohne dass dies sofort bei der physischen Untersuchung ersichtlich wäre. Die Sitzposition der Probanden ist bei allen dieselbe: Ein Stuhl mit Rückenlehne, an der die Wirbelsäule abgestützt werden kann (Photo 2.3.5). Diese Position wurde in der Studie von Smolenski et al. [82] als die optimalste bezeichnet. Nach Mellin et al. [57] sind zwar trotz unterschiedlicher Ausgangslagen bei den einzelnen Messversuchen zu vernachlässigende Messabweichungen aufgetreten, dennoch wurden Armlehnen am Stuhl angebracht (nicht abgebildet), um eine zusätzliche Fixierung des Schultergürtels zu erreichen. Eine totale Immobilisierung des Schultergürtels wurde nicht für geeignet gehalten, da dadurch auch eine Einschränkung der Bewegungsfreiheit möglich wäre.

2.4. Untersuchungsdurchführung:

Durchgeführt wurden die Messungen in der Bundesdruckerei Berlin in Zusammenarbeit mit dem dort verantwortlichen Betriebsarzt. Einschlusskriterien aller Probanden waren folgende Faktoren:

- Vergleichbare Arbeitsplätze, so dass vergleichbare tägliche Anforderungen angenommen werden konnten.

- Mindestens einmal im letzten halben Jahr an einer Schmerzsymptomatik im Hals-Nackens-Bereich gelitten zu haben, die nicht durch unmittelbare Einflüsse (z.B. traumatisch) erklärbar war oder auffällig episodenhaft auftrat.
- Sich zum Zeitpunkt der Studiendurchführung wegen der Hals- und Nackenschmerzen nicht in ärztlicher Behandlung zu befinden.
- Bereitschaft, die zu evaluierenden Übungen drei mal täglich durchzuführen und vorher eine Messung der Halswirbelsäulenbeweglichkeit zur Definition der persönlichen Ausgangswerte sowie nach Studienende durchführen zu lassen.
- Keine an der HWS voroperierte Probanden wurden in die Studie aufgenommen.

Nach Rücksprache mit den jeweiligen Abteilungsleitern wurden Listen ausgelegt, in die sich Freiwillige eintragen konnten. Die Tätigkeitsmerkmale der angesprochenen Personen entsprachen denen eines Bildschirmarbeitsplatzes im Sinne der Bildschirmarbeitsverordnung [25]. Dabei handelte es sich um Arbeitsplätze mit einem Bildschirmgerät, die ausgestattet sein konnten mit

- Einrichtungen zur Erfassung von Daten,
- Software, die den Beschäftigten bei der Ausführung ihrer Arbeitsaufgabe zur Verfügung stand,
- Zusatzgeräten und Elementen, die zum Betreiben oder Benutzen des Bildschirmgerätes gehören oder
- Sonstigen Arbeitsmitteln.

Ferner zählen dazu Beschäftigte, die „gewöhnlich bei einem nicht unwesentlichen Teil ihrer Arbeit ein Bildschirmgerät benutzen“ [25].

Aus der täglichen Praxis des Arbeitsmediziners war bekannt, dass ein Großteil der dort Beschäftigten regelmäßig den Sanitätsbereich des Betriebes aufsuchte und über rezidivierende Hals- und Nackenbeschwerden klagte. Somit konnte mit relativ großer Gewißheit sichergestellt werden, dass ein ausreichendes Patientenkollektiv zur Verfügung stand. Zu Studienbeginn waren 52 Teilnehmer an den spezifischen Dehnungs- und Entspannungsübungen (s. Anlage 1) beteiligt. Zum Zeitpunkt der zweiten Messung jedoch waren nur noch 50 Studienteilnehmer erschienen, die regelmäßig an der Durchführung der Mobilisationsübungen teilgenommen hatten. Ein randomisiertes Auswählen der Studienteilnehmer ist von uns nicht durchgeführt worden. Jeder,

der Interesse an der Teilnahme signalisierte und den Einschlußkriterien entsprach, wurde in die Auswertung aufgenommen.

Insgesamt nahmen neun Männer und 41 Frauen im Alter von 29 - 57 Jahren an der Studie teil. Der Altersdurchschnitt lag bei den Frauen bei 40,8 Jahren, bei den Männern bei 42,1 Jahren. Insgesamt ergab der Gesamtersdurchschnitt 41,5 Jahre.

Zunächst wurde in der ersten Woche (13. – 16.06.2000) bei allen Teilnehmern der Studie eine komplette Bewegungsanalyse der HWS durchgeführt, um die Ausgangswerte für jeden Teilnehmer festzulegen. Dafür kamen die Mitarbeiter der einzelnen Abteilungen sukzessive in den medizinischen Bereich der Bundesdruckerei, wo die Messungen immer vom gleichen Untersucher durchgeführt wurden. Zusätzlich wurde mit jedem Teilnehmer ein Anamnesegespräch geführt (ca. 10 – 20 Minuten) und der Patient gebeten, sein im Moment empfundenes Schmerz- bzw. Spannungsgefühl in der HWS auf einer VAS-Skala anzugeben.

In der gleichen Woche unterrichtete der Betriebsmediziner die Teilnehmer in der richtigen Durchführung der Dehnungs- und Stabilisierungsübungen (s. Anlage 1). Diese Unterweisung fand in jeder Abteilung zweimal statt. Danach wurde ein Mitglied der Teilnehmergruppe ausgewählt, das die Übungen besonders gut und sicher beherrschte sowie in der Führung und im Umgang mit den anderen Teilnehmern souverän war, und ihm die regelmäßige Durchführung und Überwachung der Übungen aufgetragen. Die Teilnehmer führten während der regulären Arbeitszeit ihre Übungen durch, da dieses Projekt im Rahmen der Gesundheitsvorsorge des Betriebes von Geschäftsleitung und Betriebsrat genehmigt worden war. Somit war gewährleistet, dass die Patienten immer anwesend waren und ohne professionelle Anleitung ihre Übungen durchführen konnten.

In den nächsten vier Wochen fand daraufhin drei mal täglich die abteilungsinterne Durchführung der Bewegungsübungen statt. Die genauen Zeiten schwankten täglich je nach Arbeitsauslastung, waren jedoch zeitlich immer am Vormittag, am frühen Nachmittag und kurz vor Feierabend angesiedelt. Während dieser Zeit wurden vom Betriebsarzt pro Woche mindestens zwei Kontrollen in jeder Abteilung durchgeführt und getestet, ob die Patienten immer noch richtig und effektiv ihren Übungen zur Kräftigung und Dehnung der HWS-Muskulatur nachkamen. Natürlich stand es den Mitarbeitern frei, bei Fragen oder Beschwerden jederzeit den betreuenden Betriebsarzt aufzusuchen bzw. ohne Angabe von Gründen jederzeit die Studie abzubrechen.

Vier Wochen später, vom 17. – 20.07.2000, fand die abschließende zweite Messung der HWS-Beweglichkeit bei allen Teilnehmern der Studie statt. Dabei wurde wieder ein Anamnesegespräch zum dann vorherrschenden körperlichen Zustand geführt, und die Probanden gaben wieder ihre

subjektiv empfundene Schmerzsymptomatik auf einem Schmerzfragebogen (VAS-Skala) an, wobei sie Gelegenheit hatten, ihre zu Beginn der Übungen gemachten Einschätzung als Vergleichsmöglichkeit einzusehen.

2.5. Statistik:

Im Rahmen der statistischen Auswertung der gewonnenen Bewegungsveränderungsdaten der HWS wurden die Statistikprogramme SPSS für Windows und Excel 97 benutzt. Die statistische Analyse wurde mit Beratung des Instituts für medizinische Statistik, Biometrie und klinische Epidemiologie der Freien Universität Berlin durchgeführt.

Für alle in dieser Studie gemessenen Bewegungen der HWS wurden der Mittelwert sowie die Standardabweichungen bzw. Variationskoeffizienten berechnet.

Zur Prüfung, ob vor und nach den Bewegungsübungen statistisch signifikante Unterschiede der Messwerte vorhanden waren, wurde ein zweiseitiger Wilcoxon-Test durchgeführt. Die Frage der Korrelation zwischen Schmerz und Bewegungsveränderung wurde durch die Berechnung des Pearson-Korrelationskoeffizienten beantwortet.

Das Signifikanzniveau wurde bei allen statistischen Testverfahren mit $p=0,05$ festgelegt.

Eine Schmerzerfassung wurde durch die Benutzung von visuellen Analog-Skalen erreicht. Dabei wurde die Schmerzempfindung vor und nach den Bewegungsübungen abgefragt und ein Mittelwert aus den jeweiligen Differenzen angegeben.

Die graphische Darstellung erfolgte in Tabellen und Diagrammen, die mit Hilfe von Excel 97 erstellt wurden.