aus: Christoph WAGNER: Medizinische Probleme bei Instrumentalisten. Ursachen und Prävention, Laaber 1995

BIOMECHANISCHE ASPEKTE BEI MUSIKERN MIT BERUFSBEDINGTEN MUSKELKRÄMPFEN / FOKALER DYSTONIE[1]

Frank R. Wilson / Christoph Wagner / Volker Hömberg

Berufsbedingte Muskelkrämpfe sieht man heute als eine Form der fokalen Dystonie an, und zwar in erster Linie wegen der im dynamischen Elektromyogramm (EMG) nachweisbaren Kokontraktionen von Agonisten und Antagonisten (1–3, 7). Hinweise auf eine Zuordnung dieser Störung zur generalisierten Dystonie sind eher vage (6, 12); obwohl Fälle berufsbedingter Muskelkrämpfe mit Beeinträchtigung des instrumentalen Könnens bei Familienangehörigen beschrieben wurden, ging jedoch eine neue große genetische Studie über die Familien von Patienten mit fokaler Dystonie (einschließlich Schreibkrampf) nicht auf untersuchte Musiker mit ebenfalls betroffenen Familienangehörigen ein (8). Unter den Musikern scheinen Männer wesentlich häufiger betroffen zu sein als Frauen (5).Die Diagnose berufsbedingter Muskelkrampf / fokale Dystonie ist subjektiv. Bei Befall der oberen Extremität definieren wir die fokale Dystonie als einen dauerhaften und funktionell bedeutenden Verlust einer früher erlernten manuellen Fertigkeit, wobei die folgenden Umstände gegeben sind:

1. Die betroffene Fertigkeit ist durch Bewegungen beeinträchtigt, die durch Fehler im Timing, der Kraftentwicklung oder der Bewegungsrichtung in Verbindung mit stereotyper tonischer Haltung und /oder Krämpfen gekennzeichnet sind; diese Bewegungsmuster treten nicht in der Ruhestellung auf.
2. Die abnormen Bewegungen werden durch den Versuch hervorgerufen, eine spezifische motorische Fertigkeit innerhalb eines typischen Kontextes auszuüben und können unter Umständen völlig auf diesen Kontext beschränkt sein.
3. Der Verlust der Fertigkeit läßt sich in der Anfangsphase nicht durch ein vermindertes Übepensum erklären.
4. Trotz aller Versuche, das Problem zu maskieren oder zu umgehen, zwingen die beeinträchtigten Bewegungen den Betroffenen auf ein reduziertes Leistungsniveau.
5. Die pathologische Bewegung bleibt trotz Behebung aller vorausgegangenen entzündlichen, toxischen, traumatischen myopathischen und neuropathischen Störungen bestehen.

Methoden

Auswahl der Patienten

Die Teilnehmer der Studie wurden, beginnend im Sommer 1989, durch ein an fast alle westdeutsche Konservatorien und Musikhochschulen gerichtetes Rundschreiben gewonnen. Basierend auf schriftlichen oder telefonischen Rückantworten wurden 36 Personen (einschließlich zweier Nichtmusiker mit Schreibkrampf) zur Teilnahme an der Studie eingeladen. Nach Ausfüllen eines Fragebogens wurden 33 Personen befragt und untersucht. Bei 19 dieser Patienten (einschließlich eines Nichtmusikers mit Schreibkrampf) wurde durch jeden Autoren unabhängig die Diagnose berufsbedingter Muskelkrampf / fokale Dystonie gestellt. Wir führten quantitative biomechanische Auswertungen für 18 Personen durch, wovon die Fälle von 14 Musikern mit berufsbedingtem Muskelkrampf / fokaler Dystonie im folgenden dargestellt werden (Tabelle 1).

Vier Musiker mit berufsbedingtem Muskelkrampf / fokaler Dystonie wurden nicht biomechanisch ausgewertet; unter ihnen waren 2 Musikprofessoren, die eine Teilnahme an der Studie ablehnten, ein Klarinettist mit oromandibularer Dystonie und ein Schlagzeuger mit einer Dystonie des Fußes. Es wurden 12 Männer und 2 Frauen untersucht, die insgesamt 6 Instrumententypen spielten. Die einzelnen Instrumente waren: jeweils fünf mal Gitarre und Klavier, jeweils zwei mal Flöte und Saxophon und jeweils einmal Violine, Klarinette und Schlagzeug (3 Musiker spielten zwei Instrumente). Das Alter der Teilnehmer lag zwischen 27 und 50 Jahren mit einem Altersdurchschnitt von 34,5 Jahren. Die Spieldauer des Instrumentes vor Ausbruch der Krankheitssymptome lag zwischen 7 und 36 Jahren mit einer durchschnittlichen Spieldauer von 17,9 Jahren. Die klinische Diagnose stützte sich auf die oben genannten Kriterien.

Tabelle 1: Demographische Daten der vollständig biomechanisch untersuchten Musiker mit berufsbedingten Muskelkrämpfen / fokaler Dystonie

	Alter (Jahre)	Geschlecht	Instrument(e)	Spieldauer (Jahre) vor Beginn der Symptome	Beschwerden	Dauer (Jahre)
Person 3	29	M	Gitarre	16	Unabhängige Bewegung der Finger 1-3 rechts nicht kontrollierbar.	4
Person 6	38	M	Gitarre	7	Finger 2, 3, 4 rechts nicht kontrollierbar.	8
Person 7	37	M	Violine	19	Bei gebeugtem, auf dem Griffbrett aufgesetztem 2. Finger: keine Kontrolle der anderen Finger möglich.	14
Person 8	48	M	Gitarre	22	5. Finger links "wacklig"; 4. Finger links "bleibt kleben" bei Wechseln mit dem 5. Finger.	6
Person 13	35	M	Gitarre, Schlagzeug	19	Anhaltendes Gefühl, Hände/Arme seien "nicht locker"; Unabhängigkeit der Finger 2,3,4 beeinträchtigt.	2
Person 15	25	M	Klavier	12,5	Finger 4,5 rechts rollen sich in die Handfläche.	2,5
Person 17	30	M	Saxophon	16	Verlangsamte Wechselbewegung der Finger 2,3,4 links.	2
Person 23	42	M	Flöte, Saxophon, Klavier	22	Finger 4, 5 rechts rollen sich in die Handfläche.	14
Person 25	29	M	Klavier	15	Arme verspannt; Spielen schneller Passagen nicht möglich; Inkoordination der Finger 1, 2 rechts.	1
Person 27	28	M	Klavier	15	2. Finger rechts streckt sich, 3. Finger rechts "steckt fest".	1
Person 30	31	W	Flöte, Gitarre	17	Finger 2, 3 links "fallen von den Klappen".	5
Person 31	34	M	Saxophon, Klarinette	14	Keine Koordination der Finger 2,3,4 rechts.	1,5
Person 34	27	M	Klarinette	20	Bei Heben des 4. und 5. Fingers rechts unwillkürliche Streckung des 3. Fingers rechts.	2
Person 36	50	W	Klavier	36	Finger 4, 5 rechts rollen sich in die Handfläche.	10

Biomechanische Auswertung

Auf den ersten Blick mag nicht einleuchten, weshalb biomechanische Aspekte der Handfunktion in einer Studie über Musiker mit berufsbedingten Muskelkrämpfen / fokaler Dystonie Beachtung verdienen; Richard Jung wies jedoch 1976 darauf hin, daß man Biomechanik im Zusammenhang mit zentraler Motorik betrachten müsse (4): »*Die Muskel- und Gelenkmechanik* setzt ebenfalls bestimmte Grenzen der motorischen Leistung. Mechanisch-physikalische Gesetze sind Grundlagen jeder effektiven Bewegung und verlangen eine *Anpassung der zentral-motorischen Regulationen an die peripheren mechanisch gegebenen Eigenschaften der Muskeln und Gelenke.*«

Das Spielen von Musikinstrumenten stellt einzigartige Anforderungen an Hand und Finger, welche in wesentlicher Hinsicht anders sind als die Anforderungen im Alltag, und man kann nicht davon ausgehen, daß individuelle Unterschiede irrelevant für die Entwicklung einer musikalischen Fertigkeit auf einem bestimmten Instrument sind. Beispielsweise ist ganz offensichtlich jeder Pianist mit einer kleineren Daumen-Kleinfingerspanne als einer Oktave beim Spielen eines Großteils der Klavierliteratur benachteiligt gegenüber Pianisten, die über eine solche Spannweite verfügen.

Die quantitativen biomechanischen Untersuchungen wurden im Institut für Musikphysiologie der Hochschule für Musik und Theater Hannover durchgeführt. Die Messungen umfaßten Handgröße und -form, aktiven Bewegungsumfang und passive Beweglichkeit und wurden mit geschlechts- und altersentsprechenden Gruppen gesunder Musiker im Alter von 16–64 Jahren verglichen. Bei Klavier und Violine erfolgte auch ein instrumentenspezifischer Vergleich. Die Ausstattung und Untersuchungsverfahren ergaben präzise und reproduzierbare Meßwerte der einzelnen Gelenkfunktion. Bei der Untersuchung des jeweils zu messenden Gelenkes wurden Mitbewegungen in anderen Gelenken mechanisch blockiert. Die Gelenke wurden durch externe Drehmomente passiv bewegt, abgestuft im Verhältnis 1:2 beziehungsweise 1:4, um unterschiedliche Komponenten des Bewegungswiderstandes zu erfassen. Nach Wahl einer jeweils geeigneten Vergleichsgruppe wurden aus den Meßwerten Rangreihen gebildet und ein Diagramm für beide Seiten erstellt (das »Handprofil«). Dieses Diagramm erlaubt nicht nur die Analyse einer einzelnen Gelenkfunktion, sondern auch die Beurteilung, in welcher Weise Handgröße und verschiedene Gelenke bei bestimmten Bewegungen zusammenwirken. Das Handprofil veranschaulicht biomechanische Eigenschaften im Zusammenhang mit Instrument und Spielweise des Individuums.

Der Aufbau des biomechanischen Auswertungsbogens (Handprofil)

In Abbildung 1 sind die Ergebnisse eines typischen nichtbetroffenen Musikers dargestellt. Die anatomischen Messungen umfassen:
- Handgröße, einschließlich der Länge vom Handgelenk bis zur Mittelfingerspitze und der Fingerlängendifferenz (1–3, 5–3);
- Handbreite, gemessen von Zeigefingerbasis bis Kleinfingerbasis;
- Handgelenksbreite, gemessen an der breitesten Stelle des Handgelenkes.

Die Messungen der Beweglichkeit sind in zwei Gruppen unterteilt:
- Maximal erreichte Fingerspannweiten und maximal erreichte Flexion, Abduktion oder Rotation in bestimmten Gelenken bei maximaler willentlicher Anstrengung;
- Abduktion, Extension oder Rotation derselben Gelenke durch passive Bewegung unter Vorgabe definierter externer Drehmomente.

Zur Untersuchung des jeweiligen Gelenkes wurden Mitbewegungen in anderen Gelenken mechanisch blockiert. Folgende Gelenkbewegungen wurden untersucht:
- Rotation im Ellbogengelenk (Pronation und Supination) bei aktiver Bewegung und bei passiver Bewegung durch niedrige, mittlere und hohe Drehmomente;
- aktive Handgelenksbeweglichkeit (radiale und ulnare Abduktion);
- Beweglichkeit im Metacarpophalangealgelenk (seitliche Bewegung durch eine Drehmomentstufe, Extension durch zwei Drehmomentstufen);
- aktive Beweglichkeit im Daumengrundgelenk.

Das Handprofil wird jeweils für die rechte und linke Hand in drei Teile unterteilt. Im oberen Teil sind die Ergebnisse der Handformmessungen dargestellt, im mittleren die aktiven Bewegungsmaße und im unteren Teil die Messungen der passiven Beweglichkeit. Je weiter links eine spezifische Eigenschaft im Handprofil liegt, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, daß diese Eigenschaft ein potentielles Risiko darstellt. Die tatsächliche Auswirkung eines niedrigen Wertes hängt vom Zusammenwirken mit anderen Faktoren ab, einschließlich Instrumentenart und -größe und dem Vorhandensein oder Fehlen kompensatorischer biomechanischer Eigenschaften an anderen Gelenken. Beispielsweise bringt eine kleine, wenig bewegliche Hand für einen Pianisten mehr Hindernisse mit sich als – bei ansonsten gleichen Eigenschaften – eine große bewegliche Hand.

Im allgemeinen sind Größe und Form der Hand von geringer Bedeutung und tatsächlich lagen die Variationskoeffizienten bei Männern und Frauen sowohl bei Musikern wie auch bei Nichtmusikern deutlich unter 10 %. Im Hinblick auf die Gelenkbeweglichkeit finden sich jedoch wesentlich grö-

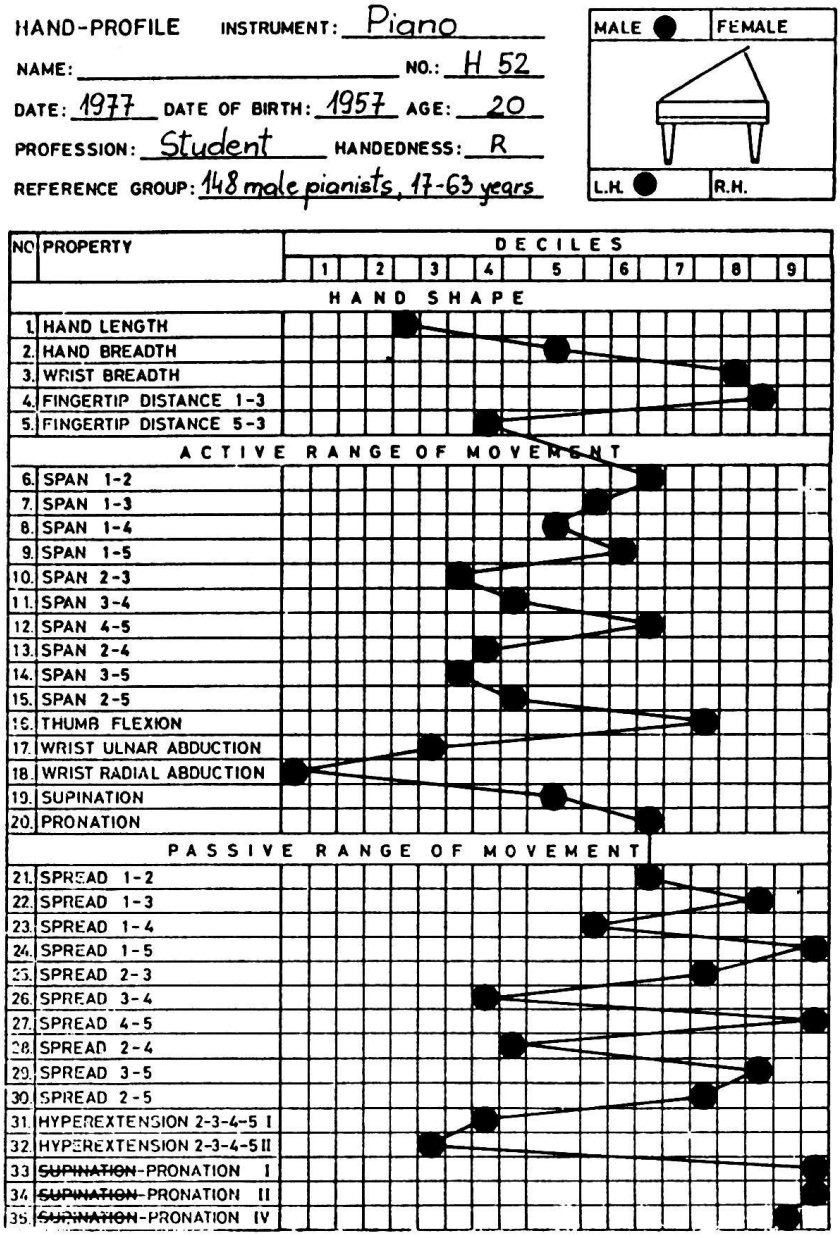

Abbildung 1: Biomechanisches Handprofil der linken Hand eines 20-jährigen Pianisten ohne Beschwerden. Die Vergleichsgruppe setzt sich zusammen aus 148 Pianisten im Alter von 17–63 Jahren. Man beachte die überdurchschnittlichen Fingerspreizungen (Zeilen 25–30) und sehr hohe Pronationswerte bei niedrigen, mittleren und hohen externen Drehmomentstufen. Die Hand ist verhältnismäßig kurz und breit; die laterale Handgelenksbeweglichkeit liegt unter dem Durchschnitt. Dies kommt einem »idealen« Handprofil für einen Pianisten nahe.

ßere indviduelle Unterschiede (bei manchen Gelenken 30 % oder mehr). Während Vergleichsstudien gezeigt haben, daß die Handgröße allein kaum von Bedeutung ist, kann jedoch die Handgröße in Verbindung mit anderen Faktoren einen Nachteil darstellen. Eine kleine Hand mit kurzem 5. Finger in Kombination mit geringer Supinationsmöglichkeit kann beispielsweise für einen Geiger eine schwerwiegende Behinderung darstellen.

Zweifellos ist eine adäquate Gelenkbeweglichkeit von großer Bedeutung für die beim professionellen Instrumentalspiel erforderlichen schnellen, exakten und ausdauernden Bewegungen. Nicht so klar war bisher die große Bedeutung höherer Bewegungsumfänge bei *niedrigen* externen Drehmomenten. Diese Messungen offenbaren wichtige individuelle Unterschiede, die sich bei Anwendung höherer Drehmomente nicht zeigen. Durch sie wird speziell der Teil des Gelenkbereiches isoliert dargestellt, in welchem niedrige Kräfte (die die förderlichsten Kräfte für schnelle, repetitive Fingerbewegungen sind) den höchsten Ausschlag erzielen können. Wenn bei niedrigem Widerstand nur ein geringer Umfang einer wichtigen Gelenkbeweglichkeit gegeben ist, wird die Anpassung an ein Musikinstrument wahrscheinlich Schwierigkeiten mit sich bringen. Bei dieser Gruppe von Musikern wurden die meisten chronischen und rezidivierenden Beschwerden der Skelettmuskulatur beobachtet.Weitere Ausführungen über die Methode, die Beschreibung eines »normalen« Handprofils und Gedanken zu dessen Anwendung sind in einer Reihe englischsprachiger Publikationen erschienen (9–11). Das Gerät zur Messung der passiven Fingerspreizung (Zeilen 25–30 des Handprofils) ist in Abbildung 2 gezeigt.

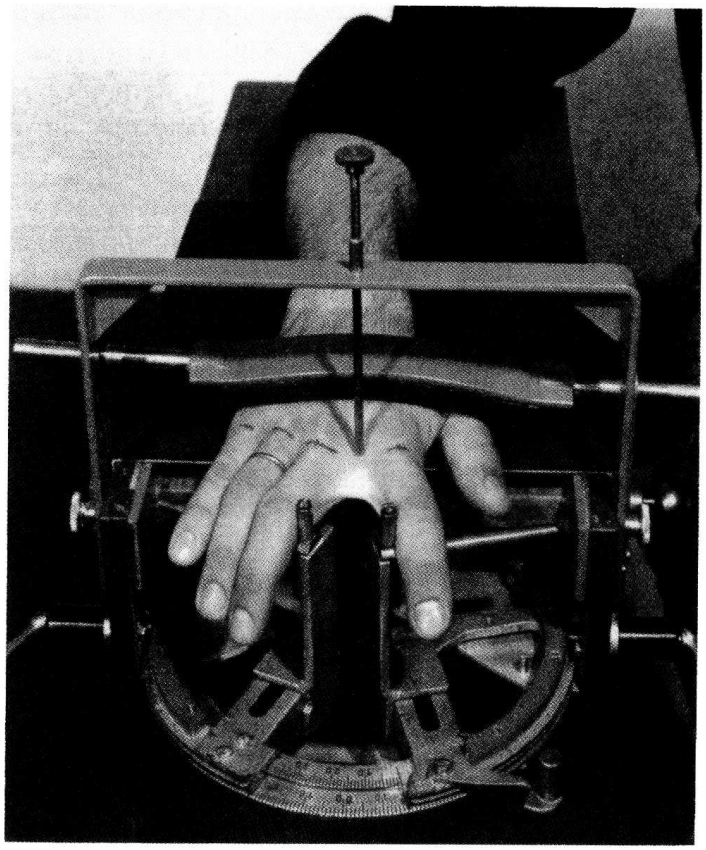

Abbildung 2: Gerät zur Messung der passiven Spreizfähigkeit der Finger 2 – 5 bei fixierter Hand. Das am Innenrand eines Fingers angreifende Drehmoment beträgt 25 Ncm. (Mit Genehmigung übernommen aus: Wagner C: Determination of finger flexibility. Eur. J. Appl. Physiol. 32:259–278, 1974.)

Ergebnisse

Bei allen 14 Musikern dieser Studie wurden die kompletten biomechanischen Eigenschaften der linken und rechten oberen Extremität erfaßt. Die genannten Beispiele verdeutlichen, daß das Handprofil als Hilfsmittel in Bezug auf das spezifische Instrument des Musikers Bedeutung erlangt. Es zu interpretieren und zu verstehen erfordert eine gewisse Vertrautheit mit der spezifischen Instrumententechnik wie auch detaillierte Kenntnisse der Übe- und Spielgewohnheiten des Patienten.

Fallbeispiele

Person 3. Ein 26-jähriger Gitarrist mit Konzertabschluß an einem größeren Konservatorium spielte während des ersten Jahres nach Studienende als Straßenmusiker in Italien. Nach seiner Rückkehr nach Deutschland übte und spielte er für ein weiteres Jahr nur sehr wenig. Unter selbst auferlegtem Druck nahm er das ernsthafte Arbeiten wieder auf (was er nach seiner Meinung zur Wiedererlangung eines professionellen Niveaus brauchte) und setzte sich das Ziel, innerhalb weniger Monate ein Gitarrentrio auf Schallplatte einzuspielen. Als er während der Probe ein sogenanntes Tremolo mit dem Daumen übte, verspürte er Schmerzen im rechten Daumenmetacarpalgelenk. Wegen des Plattenvertrages intensivierte er das Üben trotz zunehmender Schmerzen. Dann bemerkte er, daß jeder Daumenschlag mit einem Widerstand gegen die Streckung des Zeigefingers einherging und manchmal vorab eine unwillkürliche Beugung des Zeigefingers erfolgte. Seine Plattenaufnahme konnte zwar noch abgeschlossen werden, aber die Fähigkeit, Beugebewegungen von Daumen und Zeigefinger beim Gitarrenspiel getrennt voneinander auszuführen, hatte er vollkommen verloren. Kein anderer Bewegungsablauf war beeinträchtigt. Ein Behandlungsversuch mit Botulinustoxin erwies sich als unwirksam.

Das biomechanische Handprofil (Abbildung 3) zeigte verschiedene interessante Merkmale:

- Die rechte Hand ist extrem lang (Zeile 1).
- Alle aktiven und passiven Fingerspreizungen mit Ausnahme der Daumenspreizung und der aktiven Spannweite 3–4 links sind im oder unter dem Bereich des 1. Dezils (Zeile 10–15 und 25–30).
- Während die Spannweite Daumen – Zeigefinger beim rechten Daumen über dem Durchschnitt liegt (Zeile 6), ist der Daumenbeugewinkel rechts im Bereich zwischen 1. und 2. Dezil gegenüber dem Bereich zwischen 7. und 8. Dezil auf der linken Seite (dies bedeutet, daß in einem der beiden an der eingeübten Tremolobewegung beteiligten Gelenke eine deutliche Einschränkung vorliegt).

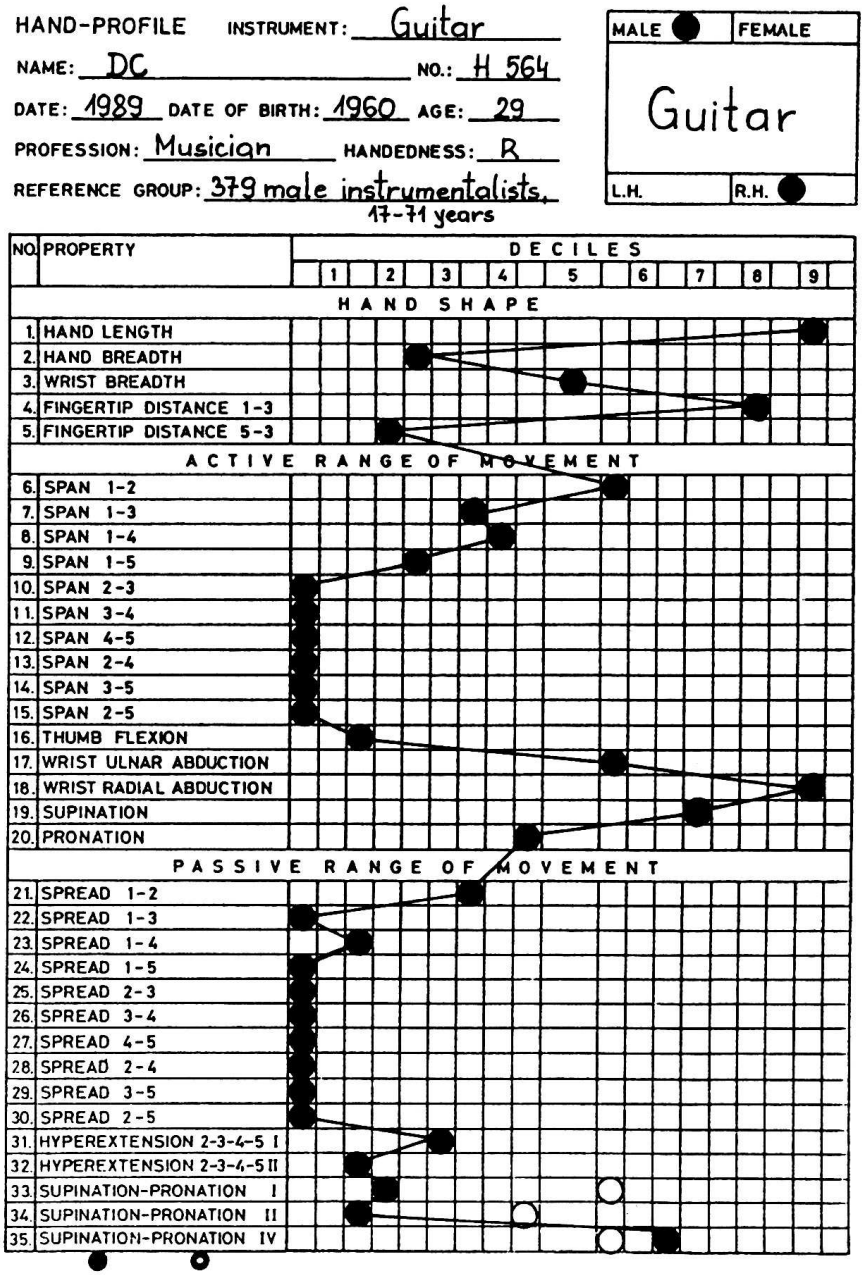

Abbildung 3: Biomechanisches Handprofil der rechten Hand von Person 3 (Gitarre, männlich). Die Vergleichsgruppe setzt sich zusammen aus 379 Instrumentalisten im Alter von 17–71 Jahren.

Person 27. Ein 27-jähriger Konservatoriumsstudent berichtete über ein ihm unerklärliches technisches Problem, seit er angefangen habe Klavier zu spielen; dieses Problem hindere seine Hände, auf dem seiner musikalischen Vorstellung entsprechenden Niveau zu funktionieren – d.h. er wußte mehr, als er *zu tun vermochte*. Während der Arbeit an der d-Moll Fantasie von Mozart und an Beethovens Opus 14 begann sich sein rechter Zeigefinger unwillkürlich zu strecken, so daß dieser Finger dazu tendierte, die Taste verspätet anzuschlagen. Kurze Zeit später begann sich der Mittelfinger während der Zeigefingerstrekung unwillkürlich zu beugen. Versuche, das Problem durch Entspannen des Armes zu lösen, schlugen nicht an. Der Professor, bei dem er 8 Jahre lang studiert hatte, hatte selbst plötzlich bei Übungen zur Verbesserung der Fingerunabhängigkeit berufsbedingte Muskelkrämpfe / fokale Dystonie entwickelt. Dieser Lehrer konnte bei dem Problem nicht behilflich sein. Er fragte eine andere Dozentin um Rat, die *ebenfalls* unter berufsbedingtem Muskelkrampf / fokaler Dystonie litt; sie teilte ihm mit, daß man nichts dagegen tun könne. Der Student übte weiterhin zwei bis vier Stunden täglich und erfand Fingerübungen zum Versuch, das Problem zu kontrollieren, jedoch ohne Erfolg. Nach der Untersuchung in Hannover lehnte er den Vorschlag ab, die Bewegungsabläufe umzulernen und gab das Klavierspielen auf.

Das Handprofil (Abbildung 4) zeigt mehrere interessante Punkte:

- Die Hand ist klein im Verhältnis zu einer Vergleichsgruppe von 148 männlichen Pianisten (Bereich zwischen 1. und 2. Dezil).
- Die aktiven Fingerspannweiten im mittleren Handbereich sind extrem gering (unterhalb des 1 Dezils), obwohl die passiven Werte derselben Fingergruppe nur leicht unter dem Durchschnitt liegen (Zeile 25–28). Dies weist darauf hin, daß der Weichteilwiderstand (einschließlich des Muskels) während der frühen Abduktion gering ist, jedoch starrer Widerstand gegen weitere Spreizung frühzeitig in der Abduktionsbewegung auftritt.
- Die Überstreckung in den Fingergrundgelenken und die Pronations- und Supinationswerte liegen relativ hoch.

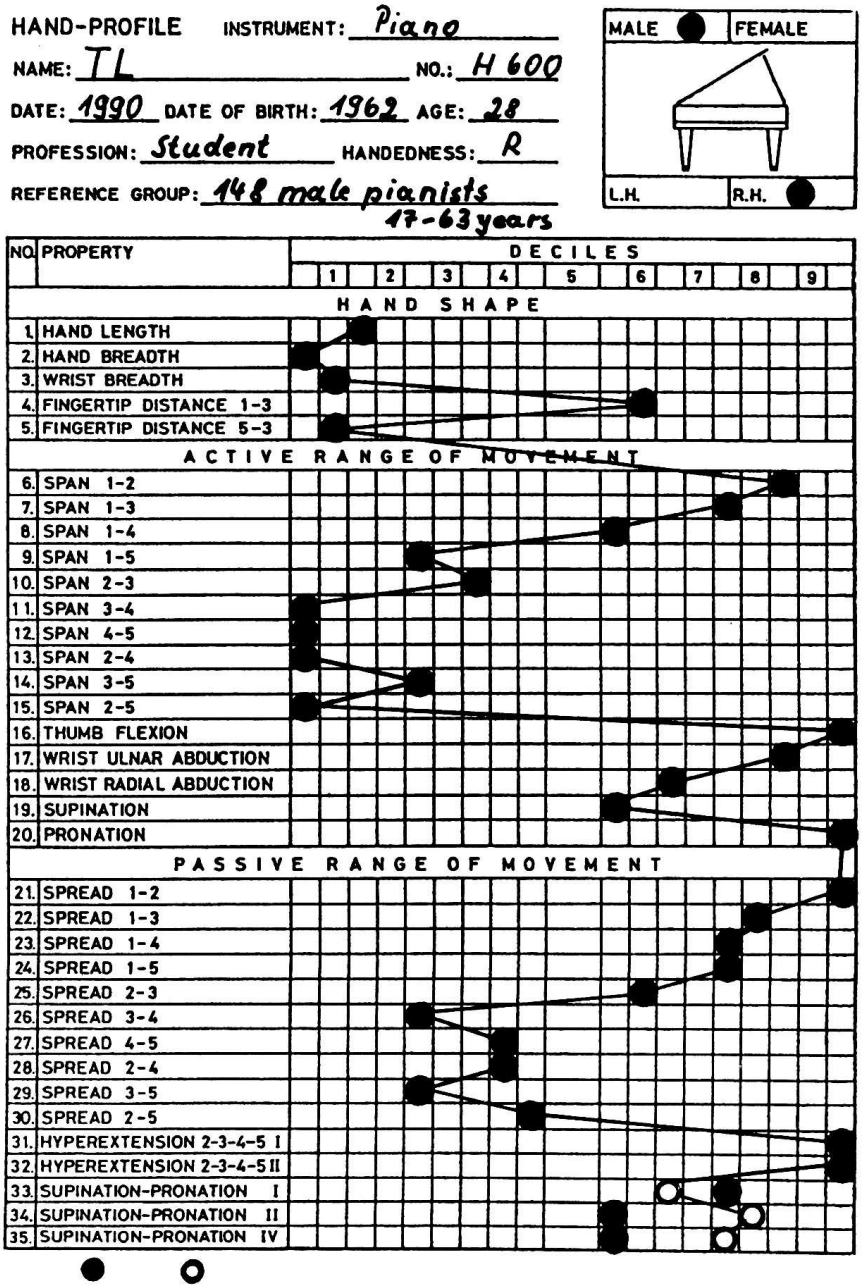

Abbildung 4: Biomechanisches Handprofil der rechten Hand von Person 27 (Klavier, männlich). Die Vergleichsgruppe setzt sich zusammen aus 148 Pianisten im Alter von 17 bis 63 Jahren.

Person 30. Eine 31-jährige Musikerin war im Alter von 17 Jahren an das Konservatorium gekommen und hatte 5 Jahre später ihren pädagogischen Abschluß mit dem Instrument Gitarre gemacht. Als Zweitinstrument spielte sie sowohl Klavier wie auch Blockflöte und hatte auch seit dem frühen Teenageralter Querflöte gespielt. Unmittelbar nach ihrem Gitarrenabschluß begann sie an einem anderen Konservatorium ein Flötenstudium für das Instrumental- und Pädagogikexamen. Das Problem begann, als sie nur sechs Monate vor dem geplanten Flötenexamen von ihrer bisherigen Flöte mit Deckelklappen auf eine Flöte mit Ringklappen wechselte, um eine sensiblere Tonkontrolle zu entwickeln. Mit ihren langen und schmalen Fingern empfand sie das neue Instrument von Beginn an als problematisch. Es schien, als sei ihre linke Hand nicht leicht in eine korrekte Haltung zu bringen, und bei bestimmten Positionen konnte der Mittelfinger die Löcher nicht exakt abdecken. Im Laufe der nächsten drei Monate empfand sie es als zunehmend schwerer zu spielen, je mehr sie auch übte. Sie spielte zu dieser Zeit fünf bis sechs Stunden täglich, aus Furcht ihr Examen sonst nicht zu bestehen. Dennoch »fiel der Mittelfinger einfach vom Loch«, wenn sie versuchte, ihn aufzusetzen. Obwohl sie ihr Examen bestand, war es ihr dann nicht mehr möglich, irgendein Instrument auf dem früheren Niveau zu spielen.

Das biomechanische Handprofil (Abbildung 5) zeigt verschiedene interessante Merkmale:

- Die Hand ist recht lang und die Handbreite im Bereich der Fingergrundgelenke groß, während das Handgelenk schmal ist (Zeile 1–3). Diese Handform ist von Nachteil bei einer Flöte, deren Klappen »in line« liegen, statt unter den Fingerkuppen plaziert zu sein.
- Die passiven Fingerspreizungen sind beidseits sehr gering, mit einer leicht höheren lateralen Beweglichkeit des linken Zeigefingers; die aktiven Spannweiten sind besonders links etwas besser.
- Die Patientin hat ein ungewöhnliches Profil in der lateralen Handgelenksbeweglichkeit. Die radiale Abduktionsmöglichkeit liegt über dem Bereich des 9. Dezils; die ulnare Abduktion ist unter dem Bereich des 1. Dezils. Daher muß sie ihren ganzen Arm nach rechts bewegen (d.h. den Ellbogen strecken), um mit der linken Hand die Klappen der ulnaren Seite der Hand erreichen zu können; ebenso muß sie die Extension des Ellbogens verwenden (oder die Schulterabduktion), um ihre rechte Hand nach rechts zu bewegen.
- Die passiven Supinationswerte sind bei niedrigen Drehmomenten sehr gering; sie erreichen normale Werte bei Anwendung hoher Drehmomente oder bei maximaler aktiver Supination.

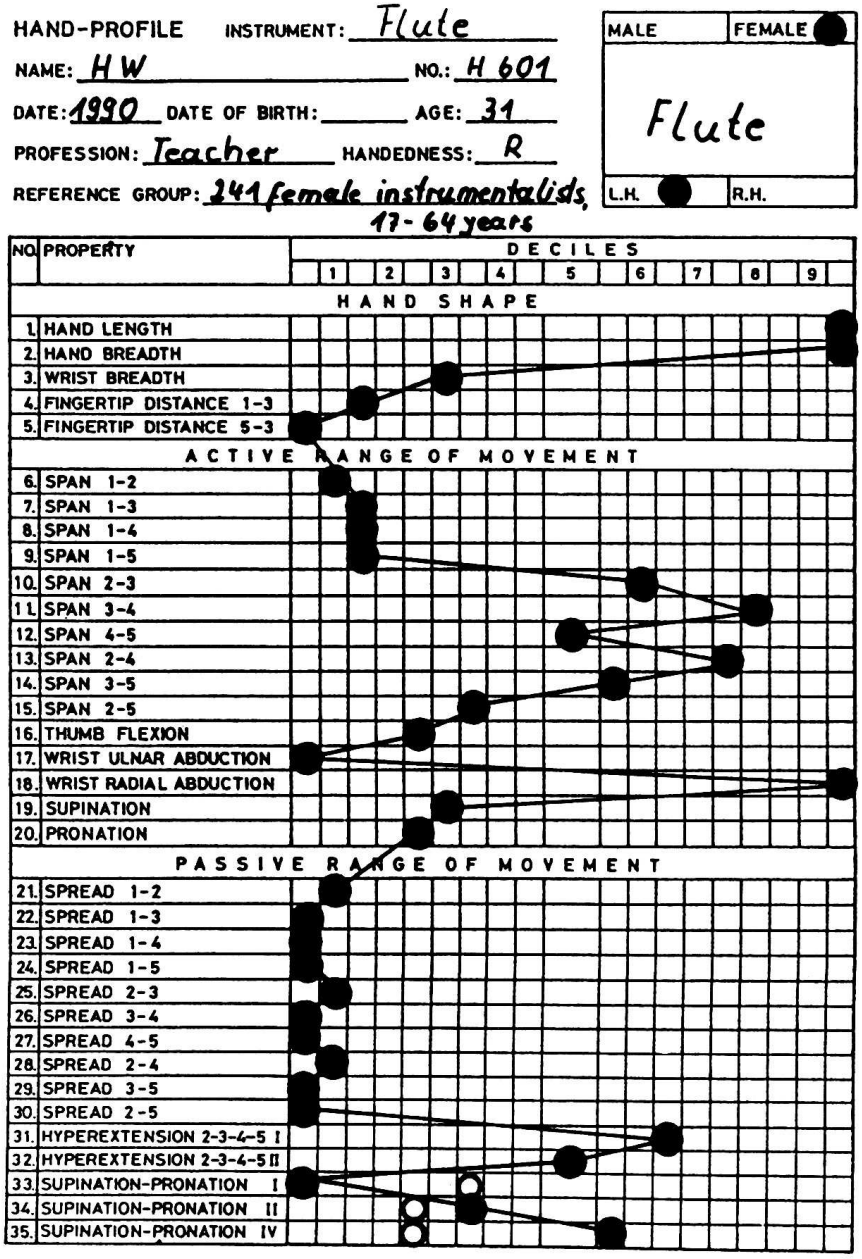

Abbildung 5: Biomechanisches Handprofil der linken Hand von Person 30 (Flöte, weiblich). Die Vergleichsgruppe setzt sich zusammen aus 241 Instrumentalisten im Alter von 17–64 Jahren.

Person 36. Eine 40-jährige Pianistin, international anerkannte Solistin und aktive Konzertspielerin, hatte begonnen, Tennisunterricht zu nehmen und sich innerhalb weniger Monate eine Bursitis in der rechten Schulter zugezogen. Sie brach das Tennisspielen ab; der Schulterschmerz verging jedoch nur sehr langsam. Trotz der Schulterschmerzen spielte sie weiter Rundfunkaufnahmen ein und gab Konzerte. Obwohl sie Hilfe bei Orthopäden, Physiotherapeuten und bei Ärzten außerhalb der Schulmedizin suchte, verschwanden die Schmerzen nicht vollständig. Binnen 5 Jahren bemerkte sie beim Klavierspiel eine Inkoordination des rechten Ring- und Kleinfingers und war überzeugt, daß ihre rechte Hand kleiner wurde. Sie konsultierte einen Neurologen, der ihr eine fokale Dystonie bescheinigte und zu einem Wunderheiler riet. Sie verbarg das Problem vor ihren Kollegen und spielte weiter, indem sie ihr Repertoire auf Literatur beschränkte, bei der die Schwierigkeiten nur geringfügig auftraten.

Das biomechanische Handprofil (Abbildung 6) zeigte verschiedene interessante Merkmale:

- Die Finger sind lang und sowohl die Handbreite wie auch die Handgelenksbreite sind groß (Zeile 1–3). Der Daumen ist recht kurz und in der Handebene hypermobil (Zeile 4 und 6–9). Diese Meßwerte geben klar vor, daß die Patientin *gezwungen* ist, ihre Hand beim Spielen in extremer ulnarer Deviation zu halten (was bei uns zu beobachten war). Ihre ulnare Abduktionsmöglichkeit ist rechts durchschnittlich und links leicht über dem Durchschnitt.
- Die aktive Abduktion der mittleren Finger ist beidseits durchschnittlich, während jedoch die entsprechenden passiven Werte unter dem Bereich des 2. Dezils liegen. Für die ihr möglichen Spannen benötigt sie viel Kraft; außerdem wird der Daumen von der Tastatur weggezogen, wenn das Handgelenk bei weiter Spanne zwischen Zeige- und Kleinfinger nach radial abgewinkelt wird.
- Rechts ist die Pronationsmöglichkeit im Ellbogen sehr hoch, was für einen Pianisten von großem Vorteil ist.

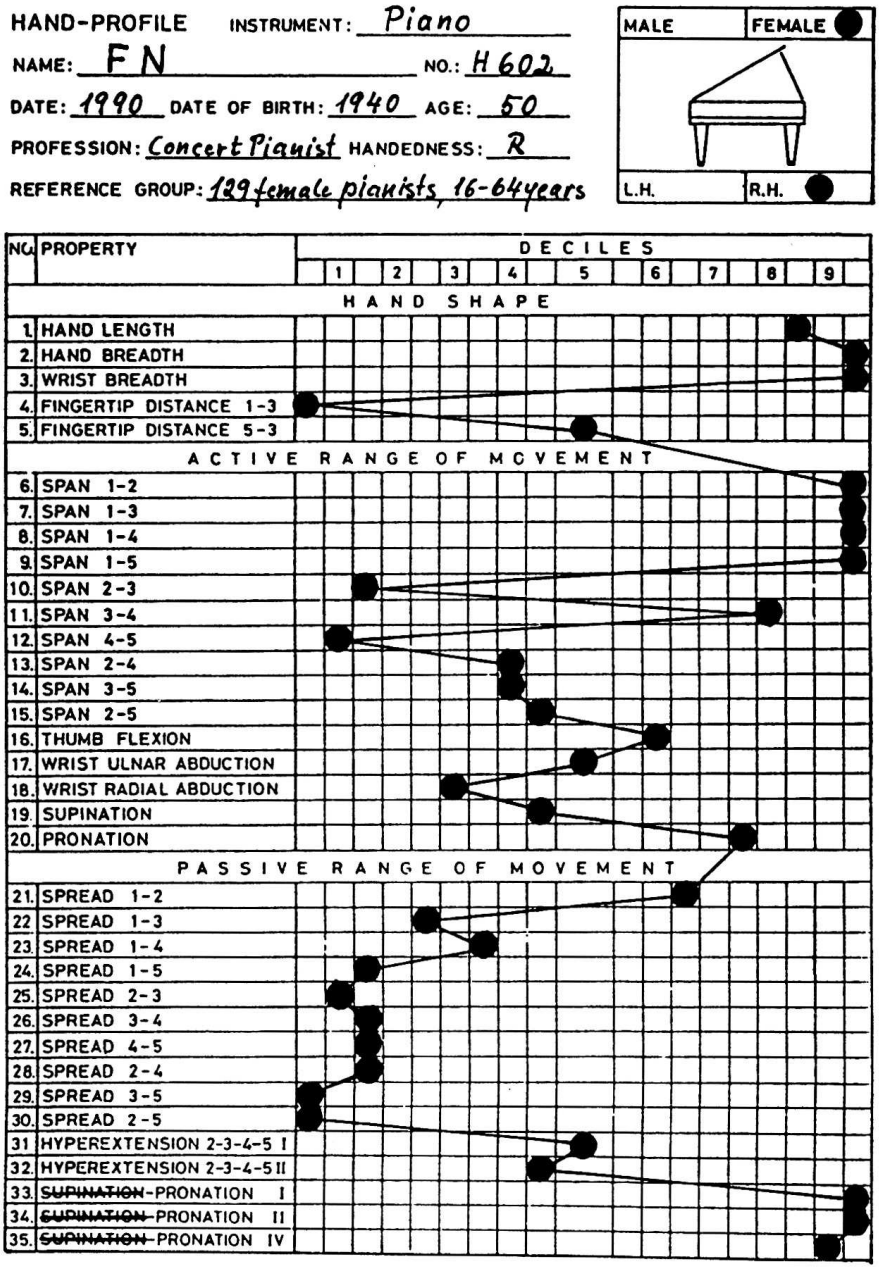

Abbildung 6: Biomechanisches Handprofil der rechten Hand von Person 36 (Klavier, weiblich). Die Vergleichsgruppe setzt sich zusammen aus 129 Pianisten im Alter von 16–64 Jahren.

Bei der Auswertung der Untersuchungsergebnisse dieser Gruppe fiel sofort auf, daß die meisten Patienten mit berufsbedingten Muskelkrämpfen / fokaler Dystonie eine spezifische, auffallende biomechanische Eigenschaft gemeinsam aufwiesen: extrem niedrige Werte für den passiven Abduktionsbereich der Finger. Zwei Drittel unserer Patienten lagen bei dieser Messung unter dem 20. Perzentil und 46 % und 42 % (respektive rechte und linke Hände) lagen auf oder unter dem 5. Perzentil. Abbildungen 7 und 8 vergleichen die Ergebnisse der linken und rechten Hände. Diese Histogramme wurden erstellt, indem die Perzentilwerte der Finger 2–5 (Zeile 25–30 im Handprofil) aller 14 Personen mit berufsbedingten Muskelkrämpfen / fokaler Dystonie zusammengelegt wurden. 46 % aller dieser Punkte für die rechte Hand lagen auf dem 5. Perzentil im Vergleich zu 42 % für die linke Hand. Bei den meisten dieser Personen war der aktive Abduktionsbereich vergleichsweise vermindert.

Aufgrund dieser Ergebnisse betrachteten wir retrospektiv die in den letzten 10 Jahren in Hannover untersuchten Musiker. Wir fanden nur zehn Handprofile mit ähnlich eingeschränkter Fingerabduktion und nahmen mit all diesen betroffenen Musikern Kontakt auf. Ein Musiker berichtete über Symptome, die mit großer Sicherheit einen berufsbedingten Muskelkrampf / eine fokale Dystonie darstellen, und die übrigen hatten entweder das Spielen vollkommen aufgegeben oder sowohl ihre Aufführungen wie auch die zu spielende Literatur deutlich eingeschränkt. Sehr bedeutend ist, daß zwei Musiker dieser Gruppe extrem hohe Werte der passiven Fingerabduktion hatten. Einer ist Pianist mit einer sehr langen Hand und auffallender Hypermobilität aller Gelenke der Hand; der andere ist ein Klarinettist, der auch unter einer Kompression des N. ulnaris litt. Es scheint, daß eine extreme Abweichung von der Norm in jedem Fall problematisch ist, obwohl bei sehr eingeschränkter Beweglichkeit wahrscheinlich ein anderer Mechanismus vorliegt als bei sehr hoher Beweglichkeit.

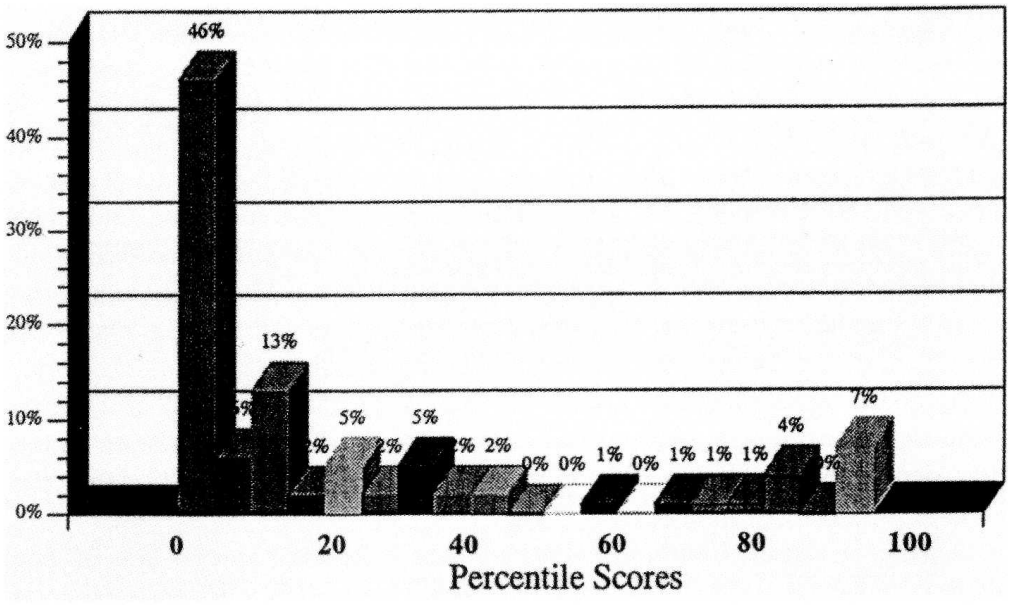

Abbildung 7: Histogram mit Perzentilverteilung der passiven Fingerspreizungen, Finger 2–5, rechte Hand von 14 Musikern mit berufsbedingten Muskelkrämpfen / fokaler Dystonie.

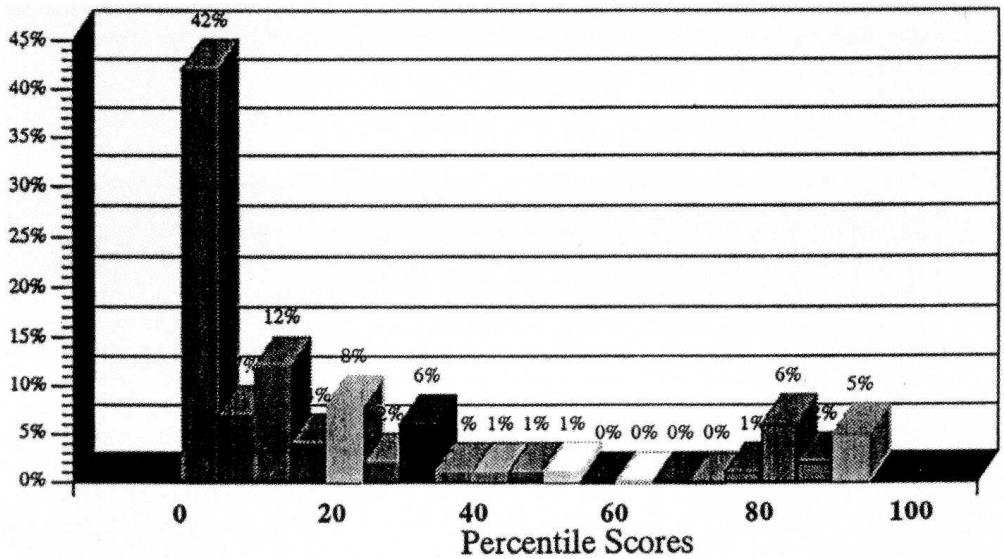

Abbildung 8: Histogramm mit Perzentilverteilung der passiven Fingerspreizungen, Finger 2–5, linke Hand von 14 Musikern mit berufsbedingten Muskelkrämpfen / fokaler Dystonie.

Diskussion

Nach unserer Erfahrung mit der hier vorgestellten Gruppe von Musikern wie auch mit anderen, leider nicht quantitativ biomechanisch ausgewerteten Patienten, können berufsbedingte Muskelkrämpfe bei Musikern unter den folgenden fünf besonderen Umständen auftreten:

- Ein qualifizierter Musiker ohne vorherige Schwierigkeiten entwickelt bei intensivem Üben Schmerzen in Hand oder Arm und übt weiter (oder erhöht sogar das Übepensum), wobei dann der Schmerz von einer fehlerhaften Koordination in der betroffenen Hand begleitet wird (oder von ihr ersetzt wird). Schließlich verschwindet der Schmerz, aber das Problem der Kontrolle bleibt bestehen (Person 3).
- Ein qualifizierter Musiker ohne vorherige Schwierigkeiten verletzt sich *unabhängig* vom Instrument und erleidet anschließend einen Verlust der Koordinationsfähigkeit in der verletzten Extremität; wenn die unmittelbaren / lokalen Auswirkungen der Verletzung überstanden sind, bleibt das Problem dennoch bestehen (Person 36).
- Ein qualifizierter Musiker (häufig ein Student oder ein Dozent des Konservatoriums) läßt sich auf ein technisches Übeprogramm ein, um größere Schnelligkeit zu erzielen – dieses Bemühen kann Teil der normalen Übungsarbeit sein oder der Lösungsversuch eines bestimmten, lange bestehenden und unerklärlich hartnäckigen Problems. Die Arbeit geschieht mit höchster Konzentration und Intensität und häufig besteht ein fast zwanghaftes Bestreben, eine bestimmte Geschwindigkeit zu erreichen (Person 27).
- Ein qualifizierter Musiker, meistens ein Student oder talentierter Autodidakt, wechselt das Instrument oder erlernt ein neues Instrument (z.B. von der Flöte mit Deckelklappen zur Flöte mit Ringklappen; Gitarre und Banjo) und erwartet oder versucht, das neue Instrument sehr schnell auf hohem Niveau spielen zu können. Während zu Beginn die Erfahrungen mit dem neuen Instrument positiv verlaufen, kann es dann abrupt und unerwartet zum Verlust der Kontrollfähigkeit der Finger kommen. Zur Lösung des Problems wird das Übepensum erhöht und schließlich gibt man das Instrument auf. Der Musiker stellt dann fest, daß er nun auch das alte Instrument nicht mehr spielen kann (Person 30).
- Ein qualifizierter Musiker entwickelt im Zusammenhang mit dem Instrumentalspiel Schwäche, Schmerzen und ein Taubheitsgefühl, es kommt zu einer fehlerhaften Koordination und bei der neurologischen Abklärung zeigt sich in der betroffenen Extremität eine Nervenkompression. Unabhängig von der Art der ergriffenen Maßnahmen geht die

Wiederherstellung der normalen Nervenfunktionsparameter nicht mit einer Wiedererlangung der Funktion einher (Person 34, welche jedoch eine operative Behandlung abgelehnt hatte).

Bei erster Betrachtung dieser Studienergebnisse hatten wir die Befürchtung, eine *Auswirkung* der Dystonie zu beobachten; denn würde man nicht erwarten, daß ein Muskelkrampf die Hand fester werden läßt? Diesen Einwand konnten wir aus mehreren Gründen leicht verwerfen: erstens zeigten sich bei allen Personen mit eingeschränkten Fingerspannweiten die erniedrigten Werte beidseits (nahezu symmetrisch), während jedoch die Bewegungsstörung auf eine Hand beschränkt war; zweitens wurden die Messungen an der ruhenden Hand vorgenommen, aber bei unseren Patienten traten die Muskelkrämpfe nur auf, wenn die Hand eine musikalische Aufgabe erfüllte und in direktem physischen Kontakt mit dem Instrument war; und drittens zeigten zwei Musiker mit berufsbedingten Muskelkrämpfen extrem *hohe* Fingerspannweiten. Bedeutsamer war die Frage, wie wir die Dinge unseren eigenen neurologischen Kollegen darlegen sollten, denn es war unklar, welche Verbindung mechanische Eigenschaften der Hand mit der Entwicklung einer offensichtlichen neurologischen Störung haben könnten. Kurzgefaßt mußten wir fragen: kann Inflexibilität (oder sogar Hyperflexibilität) der Hand die Ursache der fokalen Dystonie sein?

Die Antwortet lautet nein, denn wir fanden in der Tat Musiker mit anscheinend ähnlich »schlechten« biomechanischen Eigenschaften, jedoch ohne Anzeichen einer Dystonie. Wenn man jedoch die Frage etwas anders formuliert, nämlich stattdessen fragt, ob ein *Zusammenhang* zwischen biomechanischen Eigenschaften und dieser Störung bestehen kann, dann lautet die Antwort ja.

Ungünstige biomechanische Eigenschaften, besonders eine Inflexibilität der Hand, stellen einen sehr potenten Risikofaktor für die Entstehung berufsbedingter Muskelkrämpfe dar, und zwar nicht nur für Musiker, sondern auch für andere Personen, deren Beruf einen sehr schnellen und akkuraten Hand- und Fingergebrauch erfordert. Aber dies ist *nur* ein Risikofaktor. Es ist die Wechselwirkung ungünstiger biomechanischer Eigenschaften mit einer Reihe anderer Faktoren, einschließlich der Form und Physik des Instruments, was den katastrophalen Zusammenbruch auslöst.

Wenn wir das »Arbeitsprofil« des Musikers mit berufsbedingten Muskelkrämpfen betrachten, finden wir andere Zusammenhänge, die auch als Risikofaktoren einzustufen sind. Erstens handelt es sich fast immer um sehr talentierte und ehrgeizige Menschen. Auch neigen sie in ihren Arbeitsgewohnheiten zu einem gewissen Fanatismus. Weiterhin sind sie üblicherweise in der Phase des Beginns ihrer Schwierigkeiten in besonderer Eile oder

arbeiten ungewöhnlich viel; ein bestimmter Termin für ein wichtiges Konzert, eine Aufnahme oder eine Konzertprüfung mag anstehen. Bei einigen kommt es zu einem solchen Aktivitätsschub, weil ein bestimmter Punkt der Laufbahn erreicht ist und nun sehr intensiv technisch gearbeitet wird, um den »Durchbruch« zu einem höheren Niveau zu schaffen. Kurz gefaßt stellen also extremer Druck und Ungeduld auch Risikofaktoren dar.

Wir haben zwar nicht versucht, instrumentale Spieltechniken systematisch zu untersuchen, doch können wir diesen Aspekt des Problems zweifellos nicht außer acht lassen. Musiker mit ungünstigen biomechanischen Eigenschaften zahlen einen besonders hohen Preis für ungeeignete technische Ratschläge. Wenn Lehrer von ihren Studenten verlangen, Fingersätze oder Bewegungsabläufe zu übernehmen, die für sie nicht ohne Aufwendung hoher Muskelkräfte oder Bildung von Kokontraktionsmustern auszuführen sind, so kann dies den Anfang vom Ende bedeuten, sofern der Student nicht ablehnt, die Anweisungen zu befolgen.

Es ist eine tragische Ironie, daß vor Ausbruch der berufsbedingten Muskelkrämpfe einige unserer Patienten sich Spieltechniken erarbeitet hatten, mit deren Hilfe sie ihre Schwierigkeiten gut minimieren konnten. Wie andere ernsthafte Musiker auch suchten sie immer nach Antworten auf Probleme und waren nicht abgeneigt oder experimentierten gerne, wenn ein neuer Lehrer oder ein anderer Musiker ihnen zur Änderung einer Technik oder Anwendung bestimmter Tricks beim Spielen bestimmter Stücke riet. Wenn sie dann begannen, die Kontrolle über ihr Spiel zu verlieren, hofften und glaubten sie noch weiter, daß ihr Fleiß sich auszahlen würde.

Wir glauben, daß der Rat derjenigen Lehrer sehr ernst genommen werden sollte, die bestimmte Praktiken zum Gebrauch der Hände als von Natur aus gefährlich betrachten. Uns wurde gesagt, daß es falsch sei, die Hand ständig in extremer ulnarer Deviation zu halten; daß es am besten sei, Hand, Handgelenk und Finger möglichst immer neutral auszurichten und daß man langdauernde weite Spannen der Hand vermeiden solle. Einige Lehrer betonen, daß man das distale Fingergelenk entspannt halten solle, da der Gebrauch der tiefen Flexoren eine gleichzeitige Kontraktion der Extensoren mit sich bringe. Offensichtlich nehmen manche Lehrer diese Dinge sehr ernst und sind über die der Handbewegung zugrundeliegenden Mechanismen extrem gut informiert. Umgekehrt kann der Rat des Lehrers ein Risikofaktor sein, da durch ihn unbeabsichtigt der Musiker bestraft werden kann, dessen biomechanische Eigenschaften eine besondere Spielweise notwendig machen.

Die meisten neueren Publikationen über fokale Dystonie bei Musikern beschreiben »periphere« Faktoren (Nervenkompression oder »Overusesyn-

drom«) als bedeutende Vorläufer der berufsbedingten Muskelkrämpfe / fokalen Dystonie, aber es ist nicht bekannt, wie solche Faktoren in Bezug auf eine mutmaßliche »neurologische« Ursache dieser Störung zu interpretieren sind. Ein Trauma gab keiner unserer Patienten als mögliche Ursache an, doch ist diese Anamnese so reichlich in der Literatur beschrieben, daß sie als Risiko angesehen werden muß.

Schließlich kommen in Diskussionen mit betroffenen Musikern immer wieder psychologische Fragen auf. Manchmal sagt man im Spaß, daß Musiker mit berufsbedingten Muskelkrämpfen oder einer Dystonie einfach hysterisch seien. Dies konnten wir bei unseren Patienten nicht feststellen. Sie waren allerdings aus dem Gleichgewicht gebracht, so wie wir selbst es wohl auch wären, wenn wir plötzlich die Fertigkeiten verloren hätten, von denen unser Lebensunterhalt abhing.

Vielleicht wegen ihres großen Talents, vielleicht wegen ihres blinden oder sogar magischen Vertrauens in die eigenen Fähigkeiten, geraten die Musiker bei der Konfrontation mit dem drohenden physischen Zusammenbruch meistens in Panik. Und der Ausfall ist ja auch nicht nur eine Frage des Einkommens, obwohl auch dies bereits genügend ernst wäre. Für den Musiker kann der Verlust seiner Fähigkeiten eine unerträgliche Bedrohung des Selbstwertgefühls darstellen. Mit dem Zusammenbruch der Hand kann auch der Mittelpunkt seiner Existenz einstürzen. Dies bedeutet, daß selbst die Leidenschaft zur Musik ein Risiko sein kann!

Wenn wir die Situation der meisten Musiker, einschließlich derer mit ungünstigen biomechanischen Eigenschaften betrachten, so ist doch beeindruckend, daß sie im allgemeinen erreichen, was sie sich vorgenommen haben. Wie auch die großen Athleten demonstrieren sie alles, was mit erfolgreichem kognitiven und motorischen Lernen zu erreichen ist.

Und was ist mit den hier vorgestellten Patienten? Wie erklärt sich der andersartige Ausgang? Ungünstige biomechanische Eigenschaften bilden die Grundlage. Wenn sie kombiniert werden mit der Topographie und Mechanik des Musikinstruments (einer ergonomischen Uneinheit), ungeeignetem Unterricht und übermäßigen oder negativen Emotionen beim Erlernen der Techniken, dann kann ein gesundes Nervensystem pflichtgetreu diese chaotische Choreographie der Dystonie erzeugen und reproduzieren.

Wenn der Musiker die gewünschten Bewegungen im Spieltempo einfach nicht ausführen oder automatisieren kann und weiter übt (oder die Bemühungen verdoppelt) um das Unmögliche zu schaffen, wird dieses paradoxe Überesultat entstehen: das Erlernen unerwünschter und unwillkürlicher Bewegungsrichtungen. Beim Versuch den Erfolg zu erzwingen, hat hier der Musiker unkoordinierte Bewegungen durch das Üben geradezu stabilisiert.

Mit dieser Studie stellt sich die Frage, ob berufsbedingte Muskelkrämpfe / fokale Dystonien jemals bei Musikern entstehen, wenn kein stereotypes Üben von Bewegungen erfolgt. Wenn nicht, dann ist die Bedeutung für die Prävention dieser Erkrankung offensichtlich. Berufsbedingte Muskelkrämpfe / fokale Dystonien sind schwerwiegende aber potentiell vermeidbare Störungen. Jeder Musiker mit entsprechenden Risikofaktoren, egal auf welcher Entwicklungsstufe, kann dieses Problem bekommen. Die Warnsignale sind sehr spezifisch und können erkannt werden, wenn man das Empfinden in der eigenen Hand und die eigene körperliche Reaktion auf das Üben aufmerksam beobachtet. Zunehmende Muskelspannung in Hand oder Arm; Schmerzen mit oder ohne Verkrampfungszustände; das Gefühl, daß die zeitliche Abstimmung ungenau geworden ist – dies alles sind symptomatische Vorboten berufsbedingter Muskelkrämpfe / fokaler Dystonie und müssen sehr ernst genommen werden.

Zwei wichtige Punkte bezüglich der individuellen biomechanischen Unterschiede bei Musikern sollten deutlich genannt werden: Erstens ist die Variabilität nicht die Ausnahme, sondern die Regel. Bei gesunden Musikern waren die Variationskoeffizienten der Handbeweglichkeitsmessungen hoch – bis zu 30 % bei einigen Gelenken. Außerdem sind die Interkorrelationen bei den einzelnen Personen gering: Werte an einem Gelenk bilden keine Vorhersage für Werte irgendeines anderen Gelenkes. So kann jeder Musiker ein latentes biomechanisches Risiko haben, welches aufgrund seiner einzigartigen Wechselwirkung mit irgendeinem oder auch allen verschiedenartigen externen Faktoren zum Ausdruck kommen kann: ergonomische Aspekte der Technik, der Musik oder des Instruments. Selbstverständlich läge der ideale Zeitpunkt für die Information des Musikers über seine biomechanischen Eigenschaften in der Anfangsphase der weiterführenden Ausbildung.

Biomechanische Extremfälle wie in der vorliegenden Studie sind zwar relativ ungewöhnlich, doch sollte man bei allen Musikern auf geringe Fingerspannweiten (oder extreme Hypermobilität) achten, die in einer Phase intensiver Arbeit unerklärliche Probleme des Timings, Muskelkrämpfe oder eine Beeinträchtigung der motorischen Kontrolle entwickeln. Eine optimale Anpassung und Ansprache des Instruments und eine korrekte und individuell angepaßte technische Ausbildung sind für Musiker mit beeinträchtigter Handbeweglichkeit von größter Wichtigkeit.

In den zur Zeit so begrenzten biomechanischen Untersuchungsmöglichkeiten für Musiker sehen wir einen Mangel, denn diese Untersuchungen können die Ursache technischer Schwierigkeiten in Fällen aufdecken, wo andere Erklärungsmöglichkeiten fehlen. Wir hoffen darauf, daß es zukünftig

noch mehr quantitative biomechanische Untersuchungsmöglichkeiten geben wird, denn ihre Rolle zur Prävention wird von den Personen, die sich mit Musikerpatienten befassen, als große Hilfe angesehen.

Anmerkungen

Die hier vorgestellten Studien wurden durchgeführt, als einer der Autoren (F.W.) als Gastprofessor für Neurologie an der Universitätsklinik Düsseldorf tätig war; die Förderung erfolgte durch den Sonderforschungsbereich 200.

1 Nachdruck aus: Journal of Hand Therapy Oct.–Dec. 1993, mit freundlicher Genehmigung des Verlages HANLEY & BELFUS, INC., Philadelphia. Übersetzung aus dem Englischen von Dr. Maria Schuppert.

Literaturhinweise

1. Cohen, L., M. Hallett: Hand cramps: Clinical features and electromyographic patterns in focal dystonia. Neurology 38 (1988), 1005.
2. Fahn, S., C. D. Marsden, D. Calne: Classification and investigation of dystonia. In: Marsden, C. D., S. Fahn (Hrsg.): Movement Disorders 2. Boston, Butterworths, 1987.
3. Jancovic, J., H. Shale: Dystonia in musicians. Semin. Neurol. 9(2) (1989), 131.
4. Jung, R.: Einführung in die Bewegungsphysiologie. In: Gauer, O. H., K. Kramer, R. Jung (Hrsg.): Physiologie des Menschen Band 14, Sensomotorik. München / Berlin / Wien, Baltimore, Urban & Schwarzenberg, 1976, 1–97.
5. Lederman, R. J.: Occupational cramp in instrumental musicians. Med. Prob. Perform. Art. 3 (1988), 45.
6. Marsden, C. D., M. P. Sheehy: Writer's cramp. Trends Neurosci. 13 (1990), 148.
7. Sheehy, M. P., C. D. Marsden: Writer's cramp – A focal dystonia. Brain 105 (1982), 461.
8. Waddy, H. M., N. A. Fletcher, A. E. Harding, C. D. Marsden: A genetic study of idiopathic focal dystonias. Ann. Neurol. 29 (1991), 320.
9. Wagner, Ch.: Determination of finger flexibility. Eur. J. Appl. Physiol. 32 (1974), 259.
10. Wagner, Ch.: The pianist's hand: Anthropometry and biomechanics. Ergonomics 31 (1988), 97.
11. Wagner, Ch.: Success and failure in musical performance: Biomechanics of the hand. In: Roehmann, F., F. Wilson (Hrsg.): The Biology of Music Making: Proceedings of the 1984 Denver Conference. St. Louis, MMB Music, 1988, 154–179.
12. Wilson, F.: Acquisition and loss of skilled movement in musicians. Semin. Neurol. 9(2) (1989), 146.