

F. Ch. Mooren<sup>1</sup>, K. Winter<sup>3</sup>, U. Neumann-Wedekindt<sup>1</sup>, C. Schröder<sup>2</sup>, A. Eisenkopf<sup>2</sup>, R. Liersch<sup>3</sup>, K. Völker<sup>1</sup>

## Effekt eines dreimonatigen Schwimmtrainings bei Kindern mit korrigierten Herzfehlern – Eine Pilot-Studie

*Effect of a 3 months swim training of children with corrected congenital heart disease – a pilot study*

1 Institut für Sportmedizin, Universitätsklinikum Münster;

2 Stadtsportbund Wuppertal e.V.;

3 Abteilung für Kinderkardiologie und –pulmonologie, Klinikum Wuppertal, Universität Witten/Herdecke

### Zusammenfassung

**Problemstellung:** Kinder mit angeborenen Herzfehlern zeigen deutliche Defizite im motorischen Entwicklungsstand und in ihrem Sozialverhalten. Dies ist bedingt durch die eingeschränkte Belastbarkeit infolge der Grunderkrankung, den häufig langen und rezidivierenden Krankenhausaufenthalten sowie das überprotektive Verhalten ihrer Bezugspersonen. Die Sportförderung im Rahmen von speziellen Kinderherzsportgruppen bietet die Möglichkeit, die Defizite der chronisch kranken Kinder zu beheben bzw. zu verbessern. Die vorliegende Studie untersuchte in diesem Zusammenhang Nutzen und Risiken der Disziplin Schwimmen bei Kindern mit operativ korrigierten Herzfehlern.

**Methoden:** Zur Beurteilung der allgemeinen und wasserspezifischen Belastbarkeit wurden vor dem 3 monatigen Schwimmkursus eine Ergospirometrie sowie eine EKG-Schwimmetelexmetrie durchgeführt. Die Verlaufsbeobachtung und Dokumentation der Belastungseffekte erfolgte durch periodische Herzfrequenzmessungen. Zur Beurteilung des motorischen Entwicklungsstandes und des Sozialverhaltens wurden der Körperkoordinationstest für Kinder nach Schilling sowie die „Marburger Verhaltensliste“ verwendet. Die Entwicklung der technischen Fähigkeiten wurde mit einem Schwimm-Technik-Index beschrieben.

**Ergebnisse:** Bei den Voruntersuchungen und während der Schwimmstunden traten keine relevanten klinischen Symptome oder Herzrhythmusstörungen auf. Die Auswertung des Sozialverhaltens ergab signifikante Hinweise auf eine Stabilisierung der Persönlichkeit der Teilnehmer. Die motorischen Defizite konnten deutlich verbessert werden.

**Diskussion:** Diese Resultate belegen, dass Schwimmen für Kinder mit operativ korrigierten Herzfehlern eine sinnvolle und bei Beachtung der Rahmenbedingungen, vertretbare, alternative Sportart darstellt, die helfen kann psycho-soziale und motorische Entwicklungsverzögerungen aufzuholen. Weitere Studien sind wünschenswert, die Aussagen über Langzeitverläufe zulassen.

**Schlüsselwörter:** Angeborene Herzfehler, Schwimmen, Kinder, motorische Defizite

### Einleitung

In der Bundesrepublik Deutschland werden jedes Jahr ca. 9.000 Kinder mit einem Herzfehler geboren. Ca. die Hälfte aller Fälle umfassen hierbei Ventrikel-Septum-Defekte (30%),

### Summary

Children with congenital heart disease show substantial deficiencies in motor control, coordinative abilities and social behaviour which are determined by both physical and psychological factors. Special cardiac rehabilitation programmes for children have been shown to be useful to improve motor control, coordinative abilities and fitness levels. The present study investigated whether children with congenital heart disease – exercising on a regular basis – will additionally benefit from 3-month swim training program.

Before training, a bicycle performance test and an ECG-swimming-telemetry were performed in order to determine individual performance and potential arrhythmic effects of swimming exercise, respectively. For determination of basic motor skills and of psychosocial behaviour the motion-coordination test for children by Schilling and the Marburger Verhaltensliste by Ehlers were used. For description of the technical abilities a self-designed technique-score was used.

During the pre-tests and swim training, no relevant clinical symptoms or cardiac arrhythmias were detected. The social behaviour of the participants showed a significant trend towards stabilisation of personality. The motoric and coordinative abilities demonstrated a substantial and significant improvement.

These results demonstrate that swimming may be a useful alternative discipline in exercise rehabilitation programmes for children with corrected congenital heart disease which may further help to improve social development and motor-coordinative abilities.

**Key words:** swimming, children, congenital heart disease, deficits in motor control

Vorhof-Septum-Defekte (10%) sowie den persistierenden Ductus-arteriosus Botalli (10%). Für die übrigen Herzfehler ergeben sich folgende Häufigkeiten – Pulmonalstenose (7%), Aortenisthmusstenose (7%), Aortenstenose (6%), Fallot-Tetralogie (6%), Transposition der großen Arterien (5%)(31).

Die azyanotischen Vitien überwiegen die zyanotischen Vitien im Verhältnis von ca. 7 : 3 (31). Die Fortschritte der interventionellen Kardiologie sowie der Kinderherzchirurgie haben in den letzten 15 Jahren zu verbesserten Behandlungsmöglichkeiten herzkranker Kinder geführt. Zwangsläufig hat sich dadurch auch der postoperative Bedarf an Rehabilitationsmaßnahmen erhöht (31). Deren Notwendigkeit wird durch eine Reihe von Studien unterstrichen, die bei Kindern mit angeborenen Herzfehlern neben den Defiziten ihrer kardiopulmonalen Belastbarkeit deutliche Einschränkungen ihrer psychosozialen und motorischen Entwicklung zeigten (4, 7, 30). Anfang der 90er Jahre wurden erstmalig daher auch Herzsportgruppen für Kinder eingerichtet. Die bisherigen Ergebnisse zeigen einen deutlichen Fortschritt der Kinder in ihrer physischen und psychischen Entwicklung durch die regelmäßige Bewegungstherapie (4, 26, 29). Durch den Sport konnten motorische Defizite teilweise ausgeglichen und motorisch retardierte Kinder näher an das Leistungsvermögen gesunder Altersgenossen herangeführt werden, was zu einer verbesserten Integration der Kinder führte. Darüberhinaus zeigte sich im Sozialverhalten eine Entwicklung vom Individualismus zum verantwortlichen Gemeinschaftsdenken (8).

In den therapeutischen Bewegungs- und Trainingsprogrammen sind unterschiedliche Sportarten wünschenswert, um vielfältige motorische Reize zu setzen. Die bisher in den Herzsportgruppen durchgeführten Sportarten umfassten überwiegend Gymnastik, Turnen sowie Mannschaftsspiele wie Fußball, Treibball oder Völkerball. Abgesehen von den in Auszügen publizierten Daten einer Leipziger Kinderherzsportgruppe sind keinerlei Daten über die Effekte von Schwimmsport bei herzkranken Kindern verfügbar (19). Dabei bietet Schwimmen neben den unterschiedlichen motorischen auch neue sensorische Reize mit einer veränderten Form der Körperwahrnehmung im Element Wasser. Da der Schwimmsport gegenüber anderen Sportarten für Herzpatienten jedoch auch mit vermehrten Risiken verbunden ist (16, 23), hatte die vorliegende Studie daher die folgenden beiden Ziele:

- mögliche negative Einflüsse des Schwimmens auf Herz und Herzkreislauffunktion bei Kindern mit operativ korrigierten Herzfehlern aufzuzeigen sowie

- den Einfluss der Schwimmtherapie auf Defizite in der Sportmotorik und des Sozialverhaltens der Kinder zu untersuchen.

## Methoden

### Untersuchungsgut und Untersuchungsgang

In die Studie eingeschlossen wurden insgesamt 10 Kinder (7 Jungen: Y1-7; 3 Mädchen: X1-3) einer bestehenden Kinderherzsportgruppe im Alter von 7 bis 16 Jahren mit 6 zyanotischen und 4 azyanotischen Vitien (zur genauen Diagnose siehe Tab.1). Ausgenommen Patientin X1 waren bei allen Kindern eine oder mehrere Korrekturoperationen durchgeführt worden. Bei allen Patienten mit Fallot'scher Tetralogie bestanden hämodynamisch relevante Restbefunde im Bereich des rechtsventrikulären Ausflusstraktes mit Druck- und Volumenbelastung der rechten Herzkammer. Bei dem Patienten Y5 lag postoperativ eine linksventrikuläre Funktionsstörung vor. Mit 15 bzw. 16 Jahren fielen die Teilnehmer Y7 und Y5 deutlich aus der Gruppe nach oben heraus. Sie wurden jedoch aufgrund einer bestehenden deutlichen Retardierung (Y7) bzw. mentaler Leistungsminderung (Y5) bei Verdacht auf Catch-22-Syndrom (Mikrodeletion Chromosom 22) in die Studie mit eingeschlossen. Bei Patient Y3 bestand als weitere Diagnose ein Kleinwuchs. Alle beteiligten Kinder nahmen bereits seit 2 Jahren am Sportförderunterricht teil. Zu Kursbeginn verfügten Kinder nur über minimale Schwimmkenntnisse und waren nicht in der Lage frei zu schwimmen. Der Schwimmkursus bestand aus 12 Einheiten à 45 Minuten in wöchentlichen Abstand und wurde in einem höhenverstellbaren Schwimmbecken bei einer Wassertemperatur von 30°C durchgeführt. Ein positives Votum zur Durchführung der Studie von der Ethikkommission der Universität Witten/Herdecke lag vor.

Zu Beginn des Schwimmtrainings erfolgte eine EKG-Schwimmtelemetrie, in der die kardiale Belastungsreaktion bei Immersion und Bewegung dokumentiert wurde.

Kursbegleitend (ca. jede 3. Übungsstunde) erfolgte eine Dokumentation der Herzfrequenz mit einem Pulsmessgerät (Polar) sowie die Beschreibung der motorisch-technischen Entwicklung mit einem selbstentwickelten Technikscore. Vor

Tabelle 1: Darstellung der anthropometrischen, leistungsphysiologischen und echokardiographischen Daten der Probanden sowie der vorherrschenden Vitien und ihrer Klassifikation. VSD – Ventrikelseptumdefekt, ASD – Vorhofseptumdefekt, ToF – Fallot-Tetralogie, TGA – Transposition der großen Arterien, TI – Trikuspidalinsuffizienz, CoA – Aortenisthmusstenose, V O<sub>2</sub>max – Maximale Sauerstoffaufnahmekapazität, FS – Verkürzungsfraktion.

| Proband       | Alter (Jahre) | Größe (cm) | Gewicht (kg) | Max. Leist. (Watt/kg KG) | VO <sub>2</sub> max (ml/min/kg KG) | Vitium                    | Klassifikation | FS/%     | Zeit nach Operation (Jahren) |
|---------------|---------------|------------|--------------|--------------------------|------------------------------------|---------------------------|----------------|----------|------------------------------|
| Y1            | 9             | 139        | 25           | 2                        | 35                                 | VSD                       | I2             | 45       | 8                            |
| Y2            | 9             | 134        | 32           | 1,5                      | 28,2                               | ToF                       | I3             | 28       | 7                            |
| Y3            | 9             | 119        | 20           | 1,5                      | 34,6                               | ToF                       | I2             | 31       | 6                            |
| Y4            | 9             | 141        | 41           | 2                        | 29,5                               | ToF                       | I2             | 37       | 8                            |
| Y5            | 19            | 147        | 32           | 1,5                      | 22,4                               | CoA,ASD,VSD               | I3             | 19       | 5                            |
| Y6            | 8             | 115        | 23           | 2                        | 37,4                               | TGA                       | I2             | 36       | 7                            |
| Y7            | 15            | 153        | 69           | 1,5                      | 17,9                               | ToF                       | I3             | 30       | 6                            |
| X1            | 9             | 139        | 29           | 2,5                      | 41,1                               | Komb. Mitralklappenfehler | II2            | 33       | -                            |
| X2            | 11            | 133        | 26           | 2,5                      | 33                                 | TGA                       | I2             | 30       | 5                            |
| X3            | 7             | 115        | 20           | 2                        | 37,3                               | VSD, TI                   | I2             | 33       | 5                            |
| Mittelwert±SD | 10,2±3,0      | 133,5±12,5 | 31,7±13,8    | 1,9±0,4                  | 31,6±6,8                           |                           |                | 32,2±6,7 | 6,3±1,2                      |

sowie nach dem dreimonatigen Schwimmkurs wurden der Körperkoordinationstest für Kinder (KTK) bzw. die Marburger Verhaltensliste eingesetzt.

#### Ergospirometrie und EKG-Schwimmetrie

Vor Aufnahme des Schwimmkurses wurde eine Fahrradergometrie in halbliegender Position mit stufenweiser Belastungssteigerung von 0,5 Watt/kg/2 min mit ventilatorischer Bestimmung der anaeroben Schwelle durchgeführt. In der EKG-Schwimmetrie wurde die kardiale Belastungsreaktion während eines standardisierten Belastungsschemas im Wasser protokolliert. Das Belastungsschema bestand aus Gehen im hüfttiefem Wasserstand und halstiefem Wasserstand für 2 Minuten, Wassergymnastik für 2 Minuten, Schwimmen bzw. schwimmähnliche Bewegungen mit Unterstützung für 1 bzw. 2 Minuten und 2-minütige Erholungsphase sowie freies Spielen mit Ball im Wasser und einer 1-minütigen Erholungsphase an Land. Das subjektive Belastungsempfinden wurde nach 2-minütigem Gehen, nach der 2-minütigen Wassergymnastik und nach dem 2-minütigen Schwimmen mit der modifizierten RPE-Skala (RPE – Received Perception of Exertion) vom Probanden bewertet.

#### Testverfahren

**Körperkoordinationstest für Kinder (KTK):** Der Körperkoordinationstest für Kinder (KTK) testet grundlegende motorische Funktionen und eignet sich zur Feststellung des motorischen Entwicklungsstandes eines Kindes. Der KTK enthält vier Aufgaben: Rückwärts balancieren (BR), Monopedaes Überhüpfen (MÜ), Seitliches Hin- und Herhüpfen (SH) sowie Seitliches Umsetzen (SU). Aus den in den einzelnen Aufgaben erhaltenen Punkten erhält man Rohwerte für die jeweilige Aufgabe, die anhand entsprechender Tabellen in Motorische Quotienten (MQ) umgewandelt werden (28). Die Bewertung erfolgte anhand der folgenden Klassifikation: Motorik gestört MQ 56-70, auffällig MQ 71-85, normal MQ 86-115, gut MQ 116-130.

**Marburger Verhaltensliste:** Zur Beurteilung des Sozialverhaltens wurde die Marburger Verhaltensliste (MVL) für Kinder zwischen 6 und 12 Jahren verwendet. Dieser Fragebogen wird von den Eltern ausgefüllt und erfasst verschiedene Bereiche des kindlichen Problemverhaltens anhand der Verhaltenskategorien: Emotionale Labilität (EL), Kontaktangst (KA), Unrealistisches Selbstkonzept (SK), Unangepasstes Sozialverhalten (US) und Instabiles Leistungsverhalten (IL). Die Ergebnisse für die 5 Verhaltenssubkategorien sowie für den Gesamtwert werden mittels Prozentrangnormen (PR) den Bereichen „Problemkind“, „zweifelhaft, eher auffällig“, „zweifelhaft, eher unauffällig“ und „unauffällig“ zugeordnet (6).

**Schwimm-Technik-Index:** Die technischen Fähigkeiten wurden mit einem selbstentwickelten Technikindex beschrieben, in dem die Anteile Bewegungsfluss, Beherrschungsgrad der Technik (Armbewegung), Beherrschungsgrad der Technik (Beinbewegung) sowie die Lage im Wasser subjektiv auf einer Skala von 1 –10 von der betreuenden

Sportlehrerin mehrfach im Laufe des Kurses bewertet wurden.

#### Statistik

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgte als Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung. Für die statistische Auswertung wurde der gepaarte Student-t-test verwendet. Die Ergebnisse wurden als signifikant voneinander verschieden betrachtet bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit  $p < 0,05$ .

### Ergebnisse

Insgesamt nahmen 10 Kinder (7 Jungen, 3 Mädchen) an der Studie teil. Das mittlere Alter betrug  $9,2 \pm 2,8$  Jahre (Tab.1). Die Kinder der Gruppe wiesen 6 zyanotische und 4 azyanotische Vitien auf. Die Klassifikation der Patienten erfolgte anhand der aktuellen Empfehlung zur Leitung ambulanter Kinderherzgruppen (5). Während bei einem Kind ein nicht operationsbedürftiger Herzfehler mit unbedeutendem Klappenfehler vorlag (II2), waren bei den übrigen Teilnehmern herzchirurgische Eingriffe erfolgt, bei denen zum Untersuchungszeitpunkt keine (I1; n=1), geringe (I2; n=5) sowie bedeutungsvolle (I3; n=3) Restbefunde vorlagen (5). Zwei Patienten der letzten Gruppe (Y2, Y5) zeigten echokardiographisch als Ausdruck der eingeschränkten, ventrikulären Pumpfunktion eine eingeschränkte Verkürzungsfraction, während die Werte für die übrigen Teilnehmer im Normbereich lagen. Die maximale Leistung der Teilnehmer auf dem Fahrrad-Ergometer betrug  $1,9 \pm 0,4$  Watt/kg, die maximale Sauerstoffaufnahme betrug  $31,6 \pm 6,8$  ml/min/kg. Normwerte aus früheren, eigenen Untersuchungen für altersentsprechende, gesunde Kinder lagen bei  $40,3+5,9$  ml/min/kg (Jungen) bzw.  $37,2+4,6$  (Mädchen).

#### EKG-Schwimmetrie

Der Anstrengungsgrad der Übungen Gehen, Wassergymnastik sowie Spielen wurde von den Kindern mit RPE-Werten um 10 bewertet (Gehen  $10,4 \pm 1,9$ ; Wassergymnastik  $10,5 \pm 1,7$ ; Spielen  $10,3 \pm 0,9$ ), während das 2-minütige Schwimmen im Durchschnitt schon als deutlich höhere Anstrengung mit einem Punktwert von  $14,1 \pm 2,9$  bewertet wurde. Im Telemetrie-EKG traten keine höherwertigen Rhythmusstörungen auf (Couplets, Salven etc.). Im einzelnen fanden sich bei den Probanden folgende Rhythmusstörungen: Y1- einmalige kurze Sinuspause (ca. 1,2 sec); X1- kurzfristige (ca.20 sec) Sinusbradykardie in der Erholungsphase nach der Schwimmübung ohne klinisches Korrelat (40er Frequenz); Y4- 3 monomorphe, ventrikuläre Extrasystolen während des halstiefen Standes im Wasser; X2- je eine supraventrikuläre Extrasystole während der Wassergymnastik und der Erholungsphase nach dem Schwimmen sowie eine ventrikuläre Extrasystole während der Wassergymnastik; Y7- vereinzelte SVES sowie monomorphe ventrikuläre Extrasystolen während aller Übungen; Y5- in Ruhe überwiegend bekannter HIS-Rhythmus, während der Belastungsphasen Wechsel zum regelmäßigen Sinusrhythmus, vereinzelte monomorphe, ventrikuläre Extrasystolen während der Wassergymnastik. Damit fanden sich bei der

Schwimmetechnik bei keinem der Patienten abweichende EKG-Befunde gegenüber den routinemäßig durchgeführten Fahrradergometrien.

Während des laufenden Schwimmkurses wurden zu insgesamt 5 Terminen die Herzfrequenzen mittels eines Pulsters aufgezeichnet. Während der Übungen lagen die jewei-

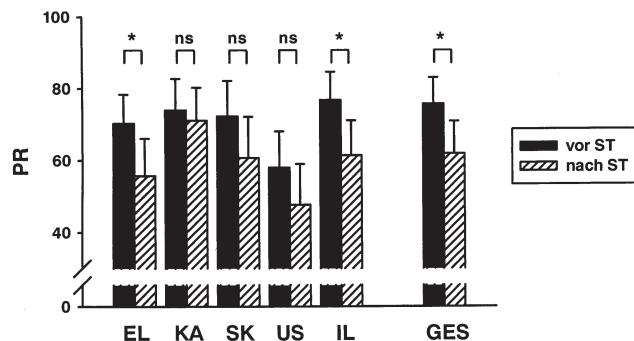


Abbildung 1: Ermittlung der Verhaltensauffälligkeiten der in die Studie eingeschlossenen herzkranken Kinder vor (schwarze Säulen) bzw. nach (schraffierte Säulen) dem 3-monatigen Schwimmkurs, ermittelt mit Hilfe der Marburger Verhaltensliste. Dargestellt sind die Prozentrangnormen (PR) der Verhaltenssubkategorien emotionale Labilität (EL), Kontaktangst (KA), unrealistisches Selbstkonzept (SK), unangepasstes Sozialverhalten (US) und instabiles Leistungsverhalten (IL) sowie das Gesamtergebnis (GES).

\* -  $p < 0,05$ ; ns - nicht signifikant.

ligen Herzfrequenzen bei sechs Probanden (X1, X2, Y1, Y2, Y5, Y6) unterhalb bzw. an, bei zwei Probanden (Y3, Y4) an bzw. leicht oberhalb und bei einem Patienten (X3) oberhalb der ventilatorisch bestimmten anaeroben Schwelle. Es ergaben sich keine systematischen oder signifikanten Verschiebungen der Herzfrequenzen innerhalb des dreimonatigen Kursverlaufes (Daten nicht gezeigt).

Die Auswertung der Marburger Verhaltensliste klassifizierte das Verhalten der Kinder entsprechend den Normtabellen als „zweifelhaft, eher auffällig“. Nach Abschluss des dreimonatigen Schwimmkurses ergab sich eine signifikante Absenkung der Prozentrangnormen in der Gesamtauswertung mit Einteilung in die Verhaltenskategorie „zweifelhaft, eher unauffällig“. Darüberhinaus kam es zu einer statistisch signifikanten Absenkung der Prozentrangnormen (PR) auf den Subskalen emotionale Labilität und instabiles Leistungsverhalten (Abb. 1).

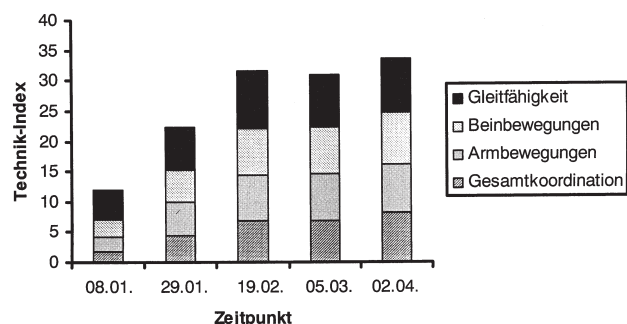


Abbildung 2: Entwicklung der technischen Fähigkeiten der Gesamtgruppe anhand der Subkategorien Gleitfähigkeit, Beinbewegung, Armbewegung, Gesamtkoordination im Verlauf des 3-monatigen Schwimmkurses.

Mit dem selbstentwickelten Schwimm-Technik-Index wurden anhand der Parameter Gleitfähigkeit, Beinbewegung, Armbewegung und Gesamtkoordination die Entwicklung der sportartspezifischen, technischen Fähigkeiten der Gesamtgruppe im zeitlichen Verlauf dokumentiert (Abb. 2). Es zeigte sich, dass der größte Lernfortschritt während der ersten 4-6 Wochen auftrat. Danach kam es nur noch zu einem moderaten Zugewinn an technischen Fähigkeiten.

Zu Beginn der Studie lagen die motorischen Fähigkeiten im unteren Bereich der KTK-Kategorie „auffällig“. Nach Ende des dreimonatigen Schwimmkurses ergab sich im KTK eine signifikante Verbesserung des Gesamtmotorikquotienten (GMQ). Für die 4 Einzelaufgaben zeigten sich darüberhinaus noch signifikante Verbesserungen für das Rückwärtsbalancieren (BR), das monopedale Überhüpfen (MÜ) sowie für das seitliche Hin- und Herspringen (SH) (Abb. 3).

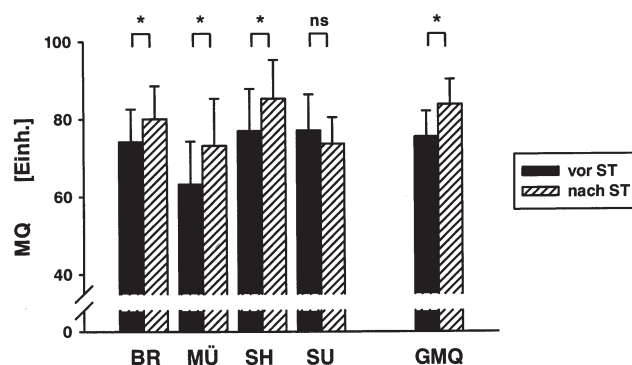


Abbildung 3: Bestimmung der motorischen Fähigkeiten der herzkranken Kinder vor (helle Säulen) bzw. nach (graue Säulen) einem 3-monatigen Schwimmkurs, ermittelt mit Hilfe des Körperkoordinationstests für Kinder (KTK). Dargestellt sind die Ergebnisse der motorischen Quotienten (MQ-Wert) für die Einzelkategorien Rückwärtsbalancieren (BR), monopedaless Überhüpfen (MÜ), seitliches Hin- und Herspringen (SH), seitliches Umsetzen (SU) sowie der Gesamtmotorische Quotient (GMQ). Neben einer signifikanten Verbesserung von BR, MÜ und SH zeigte sich auch ein signifikanter Anstieg des Gesamtmotorischen Quotienten. \* -  $p < 0,05$ ; ns - nicht signifikant.

## Diskussion

Zunächst war es das Ziel des vorliegenden Pilotversuches, mögliche, negative Einflüsse und Komplikationen einer Teilnahme von herzkranken Kindern am Schwimmsport zu untersuchen, da der Schwimmsport gegenüber anderen Sportarten für Herzpatienten mit vermehrten Risiken verbunden ist (16, 23). Einerseits kommt es zu hämodynamischen Veränderungen mit einer Volumenbelastung des Herzens aufgrund des durch die Immersion bedingten Druckanstieges (1,35 cm ~ 1mm Hg) (17, 24). Daher ist ein Mindestmaß an Belastbarkeit zu fordern, welches in der vorliegenden Untersuchung in vorab durchgeführten Ergospirometrien festgestellt wurde (14). Gegenüber einer normalen altersgerechten maximalen Belastbarkeit von 3 Watt/kg Körpergewicht war der Durchschnittswert der Untersuchungsgruppe deutlich reduziert. Im Vergleich zur Kölner Untersuchung mit herzkranken Kindern fand sich eine jedoch ähnliche Verteilung der maximalen Belastbarkeit. 90% der Kinder, die an dieser

Untersuchung teilnahmen, hatten eine maximale Belastbarkeit im Bereich von 1,5 bis 2,5 Watt/kg Körpergewicht wie die Teilnehmern der vorliegenden Untersuchung (27). Vergleichbares gilt für die maximale Sauerstoffaufnahme-fähigkeit, die aktuell ebenfalls eingeschränkt war. Normwerte aus früheren Untersuchungen für altersentsprechende, gesunde Kinder lagen bei  $40,3 \pm 5,9$  ml/min/kg (Jungen) bzw.  $37,2 \pm 4,6$  (Mädchen).

Ein weiterer Belastungsfaktor ist die Wassertemperatur. Sowohl zu hohe als auch zu niedrige Temperaturen führen thermoregulatorisch zu erhöhten Kreislaufbelastungen. Im vorliegenden Fall wurde eine Temperatur um 30°C gewählt, über die bereits in der Literatur positive Erfahrungen berichtet wurden (16, 20). Sie liegt damit etwas niedriger als der thermoneutral empfundene Bereich um 35°C, wobei die Temperaturdifferenz dem erhöhten Metabolismus beim Schwimmen Rechnung trägt (3, 12). Im sportartspezifischen Belastungstest ergaben sich keine Abweichungen von den in den Fahrradergometrien beobachteten, bereits bekannten Rhythmusstörungen. Dies wurde auch durch den weiteren Verlauf während des Kurses bestätigt. In den Pulstester-Aufzeichnungen fanden sich keine Hinweise auf bradykarde oder tachykarde Herzrhythmusstörungen. Das Herzfrequenzniveau bewegte sich beim überwiegenden Teil der Kinder im Bereich der ventilatorisch bestimmten anaeroben Schwelle und damit in einem moderaten Intensitätsbereich. Die individuellen Aufzeichnungen der Herzfrequenzverläufe während der Stunde zeigten bei gleichbleibender Belastungsintensität überwiegend einen horizontalen und keinen deszendierenden Verlauf, der im Sinne einer Ermüdung interpretiert werden könnte. Dies ist sicherlich auch dadurch erklärt, dass von der Übungsleiterin immer wieder systematische Phasen der Ruhe bzw. moderater Aktivität eingefügt wurden. Darüberhinaus musste keines der Kinder die Übungsstunde vorzeitig abbrechen, was ebenfalls als ein Hinweis auf ein adäquates Belastungsniveau gewertet werden kann. Es soll an dieser Stelle betont werden, dass es nicht das Ziel der Intervention war, die kardiopulmonale Leistungsfähigkeit der Kinder zu verbessern. Dafür war die Trainingshäufigkeit zu gering als auch der Inhalt der Übungsstunden darauf ausgerichtet, in dem für die Kinder neuen Medium Wasser Schwimmfertigkeiten, d.h. neue motorische und koordinative Fähigkeiten, zu erlernen. Im Verlauf des 3-monatigen Schwimmkurses kam es daher zu keiner signifikanten Veränderung der durchschnittlichen Pulsfrequenzen während der Übungsstunden. Dieses Ergebnis geht konform den Erfahrungen der Leipziger Herzsportgruppe (20). Eine Abnahme der mittleren Trainingsherzfrequenz als Ausdruck einer möglichen Verbesserung der allgemeinen Ausdauerleistung wäre innerhalb eines solchen kurzen Zeitraumes auch nicht zu erwarten gewesen, da die Trainingshäufigkeit zu gering war (1; 10). In der Leipziger Untersuchung fanden sich Herzfrequenzsenkungen als Ausdruck einer verbesserten Ausdauer erst nach einem längeren Übungszeitraum von ca. 6 Monaten bis zu einem Jahr bei einer Trainingsfrequenz von 1/Woche (20). *Schickendantz et al.* fanden nach einer achtmonatigen Interventionsstudie weder eine Verbesserung der

körperlichen Leistungsfähigkeit noch der Herzfrequenz unter Belastung. Andere Untersuchungen zeigen dagegen eine Verbesserung der kardiopulmonalen Leistungsfähigkeit bei Kindern nach operativer Korrektur eines angeborenen Herzfehlers. Allerdings war in diesen Studien die Übungsfrequenz deutlich erhöht (8, 10, 18, 19). Vereinzelt kam es in der vorliegenden Untersuchung zu einem leichten Anstieg der durchschnittlichen Trainingsherzfrequenz, was am ehesten als Ausdruck einer verminderten Angsthaltung interpretiert werden kann (13). Die verbesserten techno-motorischen Fertigkeiten und auch eine eventuell verbesserte, kardiopulmonale Leistungsadaption wurden zu erhöhter Pulsbelastung genutzt.

Nebenbefundlich zu vermerken ist, dass, obwohl der Schwimmkurs in den Wintermonaten stattfand, keinerlei schwerwiegende Infektionen auftraten. Dies kann als indirekter Hinweis auf eine adäquate Belastungsintensität gewertet werden, da Überanstrengungen mit einer verminderten Immunkompetenz assoziiert sein können (22). Aufgrund der niedrigen Studienteilnehmerzahlen sowie des Fehlens einer Kontrollgruppe musste es jedoch bei dieser subjektiven Beschreibung bleiben.

Das zweite Untersuchungsziel war es, den möglichen Einfluss der für die Herzkinder neuen Sportart Schwimmen auf eventuell vorhandene Defizite im Sozialverhalten und bei den motorischen Fähigkeiten zu bestimmen.

Die besondere Aufmerksamkeit, die herzkranken Kinder infolge ihrer Krankheit erfahren, und die teilweise verständlichen Abschirmungsreaktionen durch die Bezugspersonen sind mit Auffälligkeiten im Sozialverhalten assoziiert (13, 15, 24). Herzkranken Kinder sind emotional labiler, häufiger ängstlich gegenüber Veränderungen eingestellt und in ihrem Leistungsverhalten instabiler als gesunde Kinder (24, 29). Dies wurde auch in der vorliegenden Untersuchung nochmals mit Hilfe der Marburger Verhaltensliste bestätigt. Diese Einschränkungen sind häufig bis zum Erwachsenenalter nachweisbar und können aufgrund bestehender Lernschwierigkeiten die Schulausbildung und Berufswahl beeinflussen (13, 15, 24). Dies unterstreicht die Notwendigkeit einer früh einsetzenden Förderung der Kinder. Von den untersuchten Verhaltenssubkategorien konnte aktuell gezeigt werden, dass sich die Parameter „emotionale Labilität“ und „instabiles Leistungsverhalten“ sowie die Gesamtauswertung signifikant verbesserten. Auch die anderen 3 Parameter des Testes - Kontaktangst, unrealistisches Selbstkonzept und unangepasstes Sozialverhalten - zeigten eine tendenzielle Verbesserung. Die Ergebnisse der MVL vor und nach dem Schwimmkurs zeigen eine Verschiebung innerhalb des Bereiches „zweifelhaft“ von „eher auffällig“ hin zu „eher unauffällig“ (6). Angesichts der Kürze des Untersuchungszeitraumes ist dies sicherlich als wesentliches Ergebnis zu betrachten und dokumentiert vor allem auch in den Subkategorien die deutliche Stabilisierung der Persönlichkeit der Kinder. Diese Ergebnisse gehen konform mit einer kürzlich veröffentlichten norwegischen Studie. Bei Kindern mit angeborenen Herzfehlern konnte mit der „Child Behavior Checklist“ nach *Achenbach* eine Abnahme der Ichbezogenheit nach regelmäßigem, körperlichem Training festgestellt

werden (8). Der Untersuchungszeitraum betrug hierbei 5 Monate mit einer Übungsfrequenz von zwei Einheiten pro Woche (alternativ ein zweiwöchiger Intensivkurs), wobei möglichst viele Sportarten eingesetzt wurden. *Sticker et al.* fanden in der Kölner Interventionsstudie nach acht Monaten (Förderumfang 1 Übungseinheit/Woche für 90 min) eine verminderte Kontaktangst, ein erhöhtes Auffassungstempo sowie ein realistischer werdendes Selbstwertgefühl der Kinder (29). Auch eine Reduktion der sportbezogenen Ängstlichkeit wurde beschrieben. Schließlich konnten *Calzolari et al.* bei neun Kindern mit Fallot'scher Tetralogie nach einem dreimonatigem Training (3 Einheiten/Woche bei 60–70% der maximalen Herzfrequenz) eine Stärkung der Persönlichkeit der Kinder feststellen (2). Damit belegen die vorhandenen Daten, dass Kinder mit angeborenen Herzfehlern durch motorische Förderprogramme krankheitsbedingte Defizite ihrer sozialen Entwicklung verbessern bzw. normalisieren können.

Der zur Beurteilung des motorischen Entwicklungsstandes eingesetzte KTK bestätigte die bereits aus früheren Untersuchungen bekannten motorischen Defizite bei Kindern mit angeborenen Herzfehlern (4, 30, 32). Gegenüber dem altersbezogenen, mittleren Normwert des motorischen Quotienten von 100 zeigte sich eine Absenkung des Wertes auf ca. 75, der die Untersuchungsgruppe als auffällig klassifiziert. Andere Arbeitsgruppen konnten mit verschiedenen Testverfahren (Bewegungskoordinationstest nach *Bös/Mechling*; KTK nach *Schilling*; Zielpunktiertest) übereinstimmend Störungen in der Grob- und Feinmotorik bei Kindern mit angeborenen Herzfehlern feststellen, die mit der Schwere des zugrundeliegenden Herzfehlers korrelierten (4, 30, 32). Eine differenzierte Auswertung der aktuellen KTK-Ergebnisse z. B. hinsichtlich Art und Schweregrad der Herzfehler, Geschlecht etc. ergab keine weiteren Aufschlüsse, was angesichts des geringen Stichprobenumfangs auch nicht weiter verwundert. Dass das motorische Defizit der Kinder gemäß der KTK-Klassifikation nur als „auffällig“ bewertet wurde, ist sicherlich auch als Effekt der bereits seit 2 Jahren bestehenden Förderung der Kinder im Rahmen der Herzsportgruppe zu interpretieren. Eine Reihe von Studien belegt die Verbesserung motorischer Fähigkeiten bei chronisch kranken Kindern nach entsprechender motorischer Förderung (4, 9, 11, 21). Dennoch war das dreimonatige Schwimmtraining augenscheinlich in der Lage, die motorischen Fähigkeiten weiter zu verbessern. Der Zuwachs von ca. 8 MQ-Punkten im Verlauf von drei Monaten liegt in der gleichen Größenordnung wie die beschriebenen Effekte anderer Studien. *Dordel et al.* fanden bei ihren Untersuchungen an herzkranken Kindern einen Zuwachs von ca. 9 MQ-Punkten allerdings nach einem Zeitraum von 8 Monaten (4). Studien bei Kindern mit Atemwegserkrankungen wiesen Zunahmen von ca. 11 MQ-Punkten schon nach einem Zeitraum von 6 Wochen auf (9, 11). Sicherlich schränkt das Fehlen einer Kontrollgruppe, die aus organisatorischen Gründen nicht in die Untersuchung miteinbezogen werden konnte, die Aussagekraft der aktuellen Untersuchung ein. Dennoch ist angesichts der Kürze des Interventionszeitraumes eine Verbesserung der koordinativen Fähigkeiten im gezeigten Ausmaß allein aufgrund der

physiologischen, motorischen Entwicklung bzw. aufgrund eines Lerneffektes sehr unwahrscheinlich (28). Dies zeigte auch eine kürzlich veröffentlichte Studie von *May et al.*, die den Einfluss von Judotraining auf die Körperkoordination von mehrfach behinderten Jugendlichen untersuchte. In der Kontrollgruppe von lern- und geistigbehinderten Schülern kam es nur zu einem moderaten, nicht signifikanten Zuzugewinn des KTK Summenwertes (21).

Der subjektive Index der technischen Fähigkeiten in der Sportart Schwimmen zeigte den Verlauf einer Sättigungskurve und ermöglicht eine Aussage zur Kinetik der beschriebenen motorischen Verbesserungen. Sowohl in der individuellen Betrachtung als auch in der Gesamtgruppe ergaben sich die größten Technikfortschritte innerhalb der ersten 4–6 Trainingswochen. Danach kam es nur noch zu einer langsameren Verbesserung der technischen Fähigkeiten. Dieser Zeitverlauf wird gestützt durch Untersuchungen von *Grosse bzw. Georg/Luchtenberg*, die im Verlauf eines sechswöchigen Rehabilitationsaufenthaltes bereits deutliche motorische Verbesserungen anhand des KTKs feststellten (9, 11). Dies scheint darauf hinzudeuten, dass der wesentliche Lernzuwachs an motorischen Fähigkeiten in der Initialphase des Förderunterrichts auftritt. Weitere Studien wären wünschenswert, um die Kinetik der motorischen Verbesserungen genauer zu untersuchen sowie ihre Abhängigkeit von den Inhalten bzw. der Variabilität des Förderunterrichts zu bestimmen. Die Validität des Schwimm-Technik-Index ist sicherlich aufgrund der subjektiven Kriterien bzw. Einordnung durch die Übungsleiterin beeinträchtigt. In Zusammenschau mit den Ergebnissen für den Körperkoordinationstest für Kinder lässt sich jedoch auch eine objektive Verbesserung der motorischen Fähigkeiten der Kinder vermuten (18, 32). Nochmals sei hervorgehoben, dass die in der vorliegenden Studie untersuchte Gruppe bereits seit ca. 2 Jahren systematisch am Sportförderunterricht in der Halle teilgenommen hat, was zu der Folgerung führt, dass durch die Umstellung der Sportdisziplin eine weitere zusätzliche Verbesserung der motorischen Fähigkeiten erfolgt. Bewegung im Wasser mit seinen andersartigen physikalischen Bedingungen stellt einen intensiven Entwicklungs- und Trainingsstimulus für viele Funktionssysteme dar. Dies gibt Anlass zu der Anregung, die Sportdisziplin Schwimmen durchaus in bestehende Projekte von Kinderherzsportgruppen zu integrieren, da hierdurch synergistische bzw. additive Effekte bezüglich der motorischen und sozialen Entwicklung der Kinder zu erwarten sein sollten.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass bei Beachtung entsprechender Rahmenbedingungen Schwimmen für herzkranken Kinder medizinisch verantwortbar erscheint und motorische und soziale Defizite teilweise ausgleichen kann, und somit einen Beitrag zur gesellschaftlichen Integration und zur Verbesserung der Lebensqualität dieser chronisch kranken Patienten leisten kann.

#### Anmerkungen:

Die Studie wurde gefördert durch den Landessportbund und das Ministerium für Städtebau und Wohnraum, Kultur und Sport des Landes Nordrhein-Westfalen.

**Literatur**

1. Bradley LM, Galioto FM Jr, Vaccaro P, Hansen DA, Vaccaro J: Effect of intense aerobic training on exercise performance in children after surgical repair of tetralogy of Fallot or complete transposition of the great arteries. *Am J Cardiol* 56 (1985) 816-818.
2. Calzolari A, Turchetta A, Biondi G, Drago F, De Ranieri C, Gagliardi G, Giambini I, Giannico S, Kofler AM, Perrotta F: Rehabilitation of children after total correction of tetralogy of Fallot. *Int J Cardiol* 28 (1990) 151-158.
3. Craig AB, Dvorak M: Thermal regulation during water immersion. *J Appl Physiol* 21 (1966) 1577-1583.
4. Dordel S, Bjarnason-Wehrens B, Lawrenz W, Leurs S, Rost R, Schickendanz S, Sticker E: Zur Wirksamkeit motorischer Förderung von Kindern mit (teil-)korrigierten angeborenen Herzfehlern. *Dtsch Z Sportmed* 50 (1999) 41-47.
5. Dt. Arbeitsgemeinschaft f. kardiol. Prävention u. Rehabilitation, Dt. Sportärztebund, Dt. Ges. f. Kardiologie: Empfehlung zur Leitung ambulanter Kinderherzgruppen (KHG), 1997.
6. Ehlers B, Ehlers T, Makus H: Die Marburger Verhaltensliste. Verlag für Psychologie Dr CJ Hogrefe, Göttingen, 1978.
7. Fredriksen PM, Ingjer F, Nystad W, Thaulow E: A comparison of  $VO_2$ (peak) between patients with congenital heart disease and healthy subjects, all aged 8-17 years. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 80 (1999) 409-416.
8. Fredriksen PM, Kahrs N, Blaasvaer S, Sigurdson E, Gundersen O, Roek O, Norgaard G, Vik JT, Soerbye O, Ingjer E, Thaulow E: Effect of physical training in children and adolescents with congenital heart disease. *Cardiol Young* 10 (2000) 107-114.
9. Georg S, Luchtenberg J: Auswirkungen eines erkrankungsspezifischen Sondersportprogramms während einer sechswöchigen stationären Rehabilitationsmaßnahme bei Kindern mit Atemwegserkrankungen. Möglichkeiten und Grenzen von Sporttherapie an Rehabilitationskliniken für Kinder. Diplomarbeit Köln 1993.
10. Goldberg B, Fripp RR, Lister G, Loke J, Nicholas JA, Talner NS: Effect of physical training on exercise performance of children following surgical repair of congenital heart disease. *Pediatrics* 68 (1981) 691-699.
11. Grasse A: Die motorische Leistungsfähigkeit von asthmatischen Kindern und Jugendlichen am Beginn und am Ende eines stationären Rehabilitationsaufenthaltes. Diplomarbeit Köln 1992.
12. Jungmann H: Wassertemperatur in Schwimmbädern. *Z Phys Med Baln Med Klin* 11 (1982) 151-156.
13. Kammerer H, Tinter H, König U, Fritsch T, Sechtem U, Höpp WH: Psychosoziale Probleme Jugendlicher und Erwachsener mit angeborenen Herzfehlern. *Z Kardiologie* 83 (1994) 194-200.
14. Kienast W, Wagner G, Bock K, Bartel J, Schmidt H, Syska J: Empfehlungen zur sportlichen Belastung von Kindern und Jugendlichen mit Herz-Kreislauf-Erkrankungen. *Med Sport* 30 (1990) 156-158.
15. Kokkonen J, Paavilainen T: Social adaptation of young adults with congenital heart disease. *Int J Cardiol* 36 (1992) 23-29.
16. Lehmann M, Samek L: Recreational swimming in CHD patients and healthy control subjects in relation to left heart function. *Clin Cardiol* 13 (1990) 547-554.
17. Löllgen H, von Nieding G, Kopenhagen K, Kersting F, Just H: Hemodynamic response to graded water immersion. *Klin Wochenschr* 59 (1981) 623-627.
18. Longmuir PE, Rowe RD, Olley PM, Goode RC: Postoperative exercise rehabilitation benefits children with congenital heart disease. *Clin Invest Med* 8 (1985) 232-238.
19. Longmuir PE, Tremblay MS, Goode RC: Postoperative exercise training develops normal levels of physical activity in a group of children following cardiac surgery. *Pediatr Cardiol* 11 (1990) 126-130.
20. Mangold G: Zur Eignung von Bewegungsprogrammen im Wasser als ein Teil rehabilitativer Maßnahmen für herzkranken Kinder und Jugendliche. *Leipz Sportwiss Beitr* 38 (1997) 68-84.
21. May TW, Baumann C, Worms L, Koring W, Aring R: Effekte eines Judotraining auf Körperkoordination und Standschwankungen bei mehrfach behinderten und anfallskranken Jugendlichen. *Dtsch Z Sportmed* 52 (2001) 245-251.
22. Nieman DC, Pedersen BK: Exercise and immune function. Recent developments. *Sports Med* 27 (1999) 73-80.
23. Pall E: Todesfälle an einer Rehabilitationsklinik für Herz- und Kreislaufkrankheiten. *Münch Med Wschr* 117 (1975) 1911-1915.
24. Ratzmann UM, Schneider P, Richter H: Psychologische Familien-Studien über Kinder und Heranwachsende nach operativem Eingriff bei angeborener Herzerkrankung. *Kinderarzt Prax* 59 (1991) 107-110.
25. Risch WD, Koebeneck HJ, Beckmann U, Lange S, Gauer GH: The effect of graded immersion on heart immersion, on heart volume, central venous pressure, and heart rate in man. *Pflügers Arch* 374 (1978) 115-118.
26. Ruttenberg HD, Adams TD, Orsmond GS, Conlee RK, Fisher AG: Effects of exercise training on aerobic fitness in children after heart surgery. *Pediatr Cardiol* 4 (1983) 19-24.
27. Schickendanz S, Emmel M, Wetzling M, Sticker EJ, Leurs S, Bjarnason-Wehrens B, Dordel S, Rost R: Kölner Modell „Sport mit herzkranken Kindern“ Ergebnisse der kardiologischen Untersuchungen, in: Bjarnason-Wehrens B, Dordel S (Hrsg): Motorische Förderung von Kindern mit angeborenen Herzfehlern, Academia Verlag, Sankt Augustin, 2001, 79-88.
28. Schilling F: Körperkoordinationstest für Kinder. KTK-Manual. Verlag Beltz-Test, Weinheim, 1974.
29. Sticker EJ, Bjarnason-Wehrens B, Dordel S, Lawrenz W, Leurs S, Schickendanz S: Kölner Modell „Sport mit herzkranken Kindern“. Ergebnisse der psychologischen Untersuchungen, in: Bjarnason-Wehrens B, Dordel S (Hrsg): Motorische Förderung von Kindern mit angeborenen Herzfehlern, Academia Verlag, Sankt Augustin, 2001, 89-100.
30. Stieh J, Kramer HH, Harding P, Fischer G: Gross and fine motor development is impaired in children with cyanotic heart disease. *Neuropediatrics* 30 (1999) 77-82.
31. Traeckner K, Berg A, Jüngst B-K, Halhuber M-J, Rost R: Therapie und Rehabilitation herzkranker/herzoperierter Kinder und Jugendlicher, in: Traeckner K, Berg A, Jüngst B-K, Halhuber M-J, Rost R (Hrsg): Prävention und Rehabilitation im Kindes- und Jugendalter. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart, 1997, 44-59.
32. Unverdorben M, Singer H, Trägler M, Schmidt M, Otto J, Singer R, Vallbracht C: Reduzierte koordinative Leistungsfähigkeit herzkranker Kinder – nicht nur ein medizinisches Problem? *Herz Kreisl* 29 (1997) 181-184.

**Korrespondenzadresse**

**PD Dr. Frank Ch. Mooren**  
**Institut für Sportmedizin**  
**Universitätsklinikum Münster**  
**Horstmarer Landweg 39**  
**48129 Münster**  
**Fax: 49-251-8335387**  
**e-mail: mooren@uni-muenster.de**