

**Aus der Kinderklinik und Poliklinik  
der Universität Würzburg  
Direktor: Prof. Dr. med. Ch. Speer**

**DIE LANGZEITPROGNOSE VON KINDERN MIT KONNATALER  
HÜFTGELENKSDYSPLASIE UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG  
DER MUSKELSONOGRAPHIE**

**Inaugural - Dissertation  
zur Erlangung der Doktorwürde der  
Medizinischen Fakultät  
der  
Bayerischen Julius-Maximilians-Universität Würzburg  
vorgelegt von  
Peter Oktabec  
aus Weinsberg**

**Würzburg, Oktober 2003**

**Referent: Prof. Dr. med. H.-M. Straßburg**

**Koreferent: Priv.-Doz. Dr. med. P. Raab**

**Dekan: Prof. Dr. med. S. Silbernagl**

**Tag der mündlichen Prüfung: 30. Januar 2004**

**Der Promovend ist Arzt.**

**Meinen Eltern in Dankbarkeit gewidmet**

**„Wende dich um und betrachte den Weg,  
den du zurückgelegt hast. Sei nicht verzagt.  
Ernte stets die Früchte deiner vergangenen  
Erfahrungen und mehre damit deinen Schatz.“**

*Drukpa Rinpoche, Nepal*



## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1. Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1. Angeborene Hüftgelenkdysplasie	1
1.2. Sonographische Beurteilung der Säuglinshüfte	2
1.3. Sonographie der Muskulatur	5
1.4. Fragestellung der Arbeit	8
<b>2. Patienten, Probanden und Methoden .....</b>	<b>9</b>
2.1. Patienten mit Hüft dysplasie	9
2.2. Kontrollgruppe	11
2.2. Methodik	11
2.2.1. Untersuchungsablauf	11
2.2.2. Anamnese und klinische Untersuchung	12
2.2.3. Die hochauflösende, zweidimensionale Sonographie	12
<b>3. Ergebnisse.....</b>	<b>18</b>
3.1. Anamnese und Klinik	18
3.1.1. Hüft dysplasie kollektiv	18
3.1.2. Gesundes Kontrollkollektiv	24
3.1.3. Vergleich der beiden Kollektive	26
3.1.3.1. Sportliche Aktivität	26
3.1.3.2. Angabe des „bevorzugten Beines“	27
3.2. Myosonographie	33
3.2.1. Echogenität	34
3.2.2. Schallpenetration im Muskelgewebe	35
3.2.3. Faszien darstellung	36
3.2.4. Subkutane Echogenität	37
3.2.5. Subkutane Fettschicht	38
3.2.6. Intramuskuläres Verteilungsmuster	39
3.2.7. Muskeldicke	40
3.2.8. Intramuskuläre Bindegewebszeichnung	41
3.2.9. Granulationen	42
3.2.10. Lamellen	43
3.2.11. Retikuläre Zeichnung	44
3.2.12. Spontanaktivität	45

3.2.13.	Verminderte Echotextur	46
3.2.14.	Seitendifferenz der Veränderungen	47
3.2.15.	Besonderheiten und Anmerkungen	48
3.3.	Beispielsonogramme	49
3.3.1.	Normalbefund	49
3.3.2.	Beispiele normabweichender Befunde	53
3.3.2.1.	Echogenität	53
3.3.2.2.	Schallpenetration/Fasziendarstellung	55
3.3.2.3.	Intramuskuläre Bindegewebszeichnung	56
3.3.2.4.	Mikrostrukturen	57
3.3.2.5.	Besonderheiten	58
3.4.	Sonographische Messdaten	28
3.4.1.	Messdatentabelle Hüftdysplasiegruppe	28
3.4.2.	Messdatentabelle kontrollkollektiv	31
<b>4.</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>60</b>
4.1.	Zur Langzeitprognose von Kindern mit konnataler Hüftdysplasie	60
4.2.	Beurteilung von Patienten und Methode	61
4.2.1.	Patienten und Kontrollgruppe	61
4.2.2.	Die Myosonographie als bildgebendes Verfahren unserer Studie	62
4.2.2.1.	Technische Voraussetzungen	63
4.2.2.2.	Untersuchungsmethodik	64
4.3.	Die Myosonographie in der klinischen Anwendung	66
4.4.	Vergleich von Anamnese und sonographischen Messdaten	69
4.5.	Hüftdysplasie und neuromuskuläre Erkrankungen	71
<b>5.</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>73</b>
<b>6.</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>75</b>
6.1.	Informationsschreiben	75
6.1.1.	Schreiben an die Schulen	75
6.1.2.	Schreiben an die Eltern	76
6.2.	Einverständniserklärung der Eltern	78
<b>7.</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>80</b>

# **1. EINLEITUNG**

## **1.1. ANGEBORENE HÜFTGELENKSDYSPLASIE**

Die Hüftdysplasie zählt in Deutschland mit 2 bis 4% zu den häufigsten angeborenen Fehlbildungen. Sie ist eine primäre Fehlanlage oder eine erworbene Fehlentwicklung des Hüftgelenkes, vorrangig der Hüftpfanne (Pfannendysplasie), mit begleitenden Fehlanlagen bzw. Fehlentwicklungen des koxialen (= proximalen) Femures im Sinne einer Steilstellung und /oder Vorwärtsdrehung des Schenkelhalses (Coxa valga antetorta). Es handelt sich um eine morphologische Diagnose (46). Angeborene Hüftgelenkluxationen und -dysplasien sind häufig für die Entwicklung sekundärer Koxarthrosen verantwortlich (47). Deshalb ist eine frühe Diagnostik sinnvoll. In den angloamerikanischen Ländern erfolgt die Diagnosestellung überwiegend durch die klinische Untersuchung, z.B. die Auslösung des Ortolani-Phänomens oder das Barlow-Manöver. Von einigen Pädiatern wird ein generelles Screening aller Neugeborenen möglichst bald nach der Geburt gefordert (73, 78).

Die diagnostischen Möglichkeiten wurden durch die Hüftsonographie von Graf bahnbrechend verbessert, da damit bereits beim Neugeborenen frühzeitig eine aussagekräftige Diagnostik ermöglicht worden ist (16, 17). Sie wird seit dem 1. Januar 1996 im Rahmen der U3-Früherkennungsuntersuchung in Deutschland von den gesetzlichen Krankenkassen übernommen.

Man unterscheidet neben der primären Fehlanlage die teratologisch bedingte Hüftdysplasie, z.B. bei Skelettanlagestörungen und Meningomyelozenen. Die Zahl der Kinder, die eine Hüftdysplasie aufgrund einer neuromuskulären Erkrankung haben, ist nicht genau bekannt. Im Zeitraum zwischen 1991 und 1997 wurde beispielsweise bei 18 Kindern mit angeborener Hüftfehlstellung in der Universitätskinderklinik bzw. im Frühdiagnosezentrum Würzburg eine neuromuskuläre Erkrankung diagnostiziert (78).

Entscheidend für die Beantwortung der Frage nach der Effizienz des Sonographie-Screenings ist die Langzeitprognose der früh erfassten und behandelten Kinder.

## 1.2. SONOGRAPHISCHE BEURTEILUNG DER SÄUGLINSHÜFTE

Die Ultraschalluntersuchung der Säulingshüfte wird in Deutschland spätestens seit dem 1.1.1996 bei der U3 durchgeführt. Es wird außerdem gefordert, klinisch und anamnestisch auffällige Kinder bereits bei der U2 oder im Entbindungs Krankenhaus einer Ultraschalluntersuchung zu unterziehen (47). Die Sonographie ist in relativ hohem Maße von der Befähigung und Erfahrung des Untersuchers, den verwendeten Geräten und verschiedenen anderen Variablen, bzw. dessen verwendeter Befundbezeichnung abhängig, was zu unterschiedlichen Befunden derselben Säulingshüfte führen kann.

Deutlich wird dies in der Beurteilung des Winkels  $\alpha$  aus dem sonographischen Bild und des daraus abgeleiteten Therapieansatzes. So wurden die Hüfttypen nach Graf (modifiziert nach Gohlke, Würzburg) wie folgt in Tab.1 dargestellt, eingeteilt.

Typ	Therapie	Kontrolle	Algorithmus
I		nach Klinik	Therapie entfällt
Ila+	Breit wickeln	6 Wochen	Wenn Typ I: Abschluß Wenn Typ Ila+: Kontrolle 12. Woche
Ila-	Spreizhose	4 Wochen	Vierwöchentliche Kontrolle bis Typ I
Iib	Spreizhose	2, später 4 Wochen	Vierwöchentliche Kontrolle bis Typ I
Iic stabil	Spreizhose	2, später 4 Wochen	Push-Test stabil. Wenn stabil: Behandlung wie Typ II
Iic instabil	Spreizhose	2, später 4 Wochen	<2. Lebenswoche: Push-Test instabil: Behandlung wie Typ II
Iic instabil	PAVLIK-Bandage	1, später 4 Wochen	>2. Lebenswoche: Push-Test instabil: Behandlung wie Typ D
D	PAVLIK-Bandage	1, später 4 Wochen	Falls keine Zentrierung, ggf. Arthrographie und Reposition
III	PAVLIK-Bandage	1, weiter 1 Woche	Falls keine Zentrierung, ggf. Arthrographie und Reposition
IV	PAVLIK-Bandage	1, weiter 1 Woche	Ggf. Arthrographie und Reposition

*Tabelle 1: Behandlungsschema der Säulinghüftdysplasie nach GOHLKE (Orthopädische Universitätsklinik Würzburg)*



Die in dieser Tabelle verwendeten Winkelbezeichnungen  $\alpha$  und  $\beta$  sind wie folgt definiert: Der Knochenwinkel  $\alpha$  ist das Maß für die Ausbildung des knöchernen Pfannendachs und wird gebildet vom Pfannendach und der Grundlinie. Er ist ein Gradmesser für den Ausprägungsgrad der Pfannendysplasie in Abhängigkeit von der Erkerverknöcherung. Das heißt, je größer der Winkel  $\alpha$ , desto besser die knöcherne Überdachung, bzw. je kleiner  $\alpha$ , desto dysplastischer ist die Hüftpfanne. Der Knorpelwinkel  $\beta$  ist ein Maß für die Ausbildung des knorpeligen Pfannendachs und wird zwischen Grund- und Ausstellungslinie gemessen. Je kleiner der Winkel  $\beta$ , desto besser ist die Ausbildung des knorpeligen Pfannendachs, bzw. je größer  $\beta$ , desto größer ist die Instabilität des Gelenks (32, 17, 19, 20, 46, 47).

Bei der Sonographie der Säuglingshüfte ist auf korrekte Durchführung der von Graf angeführten Technik zu achten. Sowohl verdrehte als auch verkippte Positionierung des Transducers führt zu beträchtlichen Messfehlern für den knöchernen Überdachungswinkel  $\alpha$ . Eine kraniokaudale Verkipfung des Schallkopfes kann zu falsch positiven Fehldiagnosen führen. Ein mechanisches Transducerführungssystem kann Verkipfungsfehler durch Reduktion der Bewegungsfreiheitsgrade verhindern (42).

Zum besseren Verständnis der in der Literatur oft unterschiedlichen Definitionen folgt in Tabelle 2 eine Feindifferenzierung der Hüfttypen nach Graf.

<b>Hüfttyp</b>	<b>Subtyp</b>	$\alpha$	$\beta$	<i>sonograph. Kriterien</i>	<i>Beurteilung</i>
<b>I</b>	Ia	mind. 60°	≤55°	übergreifender, spitzzipfliger, nach unten ziehender Knorpelerker	ausgereifte, normale Hüfte (klassischer Typ)
<b>II</b>	Ib	mind. 60°	> 55°	kurzer, breitbasig aufsitzender Knorpelerker	ausgereifte, normale Hüfte (Übergangsform)
	IIa+	50°–59°	>55°	- bis 3.LM. - physiolog. Verknöcherungsverzögerung	physiolog. unreife Hüfte unter dem 3.LM, die sich im Alterslimit entwickelt
	IIa-				physiolog. unreife Hüfte unter dem 3. LM. Gegenüber ihrem Alterslimit zurück
	IIb			- ab 3.LM - patholog. Verknöcherungsverzögerung	
	IIg (≅IIc)	43°-49°	70°-77°	- knöcherne Formgebung mangelhaft - knöcherner Erker rund-flach - knorpel. Erker breit, noch übergreifend - sonographisch instabil	Gefährdungsbereich, altersunabhängig auftretend
<b>D</b>		43°-49°	>77°	- s. IIg - Differenzierung nur über $\beta$	Hüfte am Dezentrieren
<b>III</b>	IIIa	<43°	>77°	Dezentrierung ohne /	
	IIIb			Dezentrierung mit Strukturstörung am knorpeligen Erker	
<b>IV</b>		nicht bestimmbar		Diff. nach pathoanatomischem Verhalten des Pfannendachknorpels	

*Tabelle2: Feindifferenzierung der Hüfttypen nach Graf*

### 1.3. SONOGRAPHIE DER MUSKULATUR

Seit 1979 wird bei neuromuskulären Erkrankungen die Sonographie der Muskulatur eingesetzt, jedoch sehr zurückhaltend, da die Auswertung der gewonnenen Bilder umfangreiche Erfahrungen und Kenntnisse voraussetzt (37, 86, 87).

Zu Beginn einer jeden Diagnostik stehen selbstverständlich die Anamnese und die klinische Untersuchung. Die anamnestischen Angaben des Patienten sind zwar oft richtungsweisend, aber meist nicht ausreichend spezifisch. Muskelschmerzen und abnorme Ermüdbarkeit, die häufigsten anamnestischen Angaben, kommen sowohl bei organischen wie funktionellen Erkrankungen vor. Nur wenige körperliche Befunde sind unzweifelhaft Folge einer organischen neuromuskulären Erkrankung. Wichtige Hinweise auf eine organische neuromuskuläre Erkrankung bei der klinischen Untersuchung sind echte Paresen, eine abnorme Muskelkonsistenz, eine Myotonie, spezielle Formen muskulärer Hyperkinesen (z.B. ausgedehnte Faszikulationen und sog. „rippings“) und abgeschwächte Muskeleigenreflexe, wohingegen Muskelatrophien auch sekundäre Folgen von Inaktivität, z.B. bei schmerzhaften orthopädischen Erkrankungen, sein können. Die neuromuskuläre Diagnostik ist daher meist auf zusätzliche paraklinische Untersuchungen angewiesen. Üblich sind die Bestimmung der Aktivität von Muskelenzymen (v.a. der Kreatinkinase (CK) und Aldolase) und eine elektrophysiologische Untersuchung (Elektroneuro- und -myographie), wohingegen eine bildgebende Diagnostik der Muskeln derzeit außer in wenigen Zentren noch wenig berücksichtigt wird (65).

Mit der Muskelsonographie können Muskelmaße (z.B. Volumina), Muskelparenchymauffälligkeiten wie Fibrosen, Entzündungen und Fetteinlagerungen sowie muskuläre Spontanaktivität dargestellt werden. Untersuchungen haben eine Reihe typischer sonographischer Merkmale generalisierter neuromuskulärer Erkrankungen gezeigt, spezifische Befunde fehlen aber bisher noch (57). Bei akuten Erkrankungen zeigt beispielweise eine gleichmäßig erhöhte Muskel-Echointensität vermehrte Grenzflächen, wie sie bei Infiltraten und Schwellungen vorkommen können, an. Ein Muskelödem kann sich sowohl echoreich als auch echoarm darstellen. Man sieht es nur bei sehr akuten Erkrankungen, etwa Rhabdomyolysen (12, 35) oder akuten Myositiden (33), die auf diese Art von anderen Erkrankungen abgegrenzt (z.B. bei der Unterscheidung einer fokalen Myositis und eines Muskeltumors) oder genauer lokalisiert werden können (57).

Bei chronischen Erkrankungen dagegen spricht eine eher ungleichmäßige Erhöhung der Muskel-Echointensität am ehesten für eine fettige Degeneration. Die Differenzierung zwischen Muskelödem und Lipomatose bleibt schwierig und erfordert ausreichende Erfahrung (57, 65).

Subkutane und intramuskuläre Verkalkungen lassen sich aufgrund des Schallauslösch-Phänomens mit der Myosonographie relativ einfach darstellen. Intramuskuläre Verkalkungen werden bei Dermatomyositiden im Kindes- und Erwachsenenalter (4), bei der Myodysplasia ossificans progressiva sowie posttraumatisch beobachtet. Eine Fibrose besitzt keine markanten sonographischen Korrelate und bereitet deshalb unter Umständen Schwierigkeiten in der Darstellung.

Die Myosonographie ist eine sehr hilfreiche Methode, Muskelabnormitäten gezielt darzustellen, um geeignete Biopsiestellen zu finden. Bei der Registrierung von Muskel-Faszikulationen, d.h. spontanen Kontraktionen umschriebender Muskelareale, erweist sich die Myosonographie der Ableitung mit Oberflächen- und Nadel-Elektroden als überlegen (81, 84). Faszikulationen sind ein relativ häufiger Befund. Es kann sich dabei um eine harmlose Anomalie (z.B. benigne Faszikulationen) oder um eine ernst zu nehmende Erkrankung handeln (z.B. amyotrophe Lateralsklerose) (65). Sie werden in den Muskeln eines Myotoms bei radikulären Reizerscheinungen und ausgedehnter bei Motoneuronerkrankungen, hereditären motorischen-sensiblen Neuropathien, beim neurogenen Post-Poliomyelitis-Syndrom sowie selbstverständlich bei progressiven spinalen Muskelatrophien registriert. Hier kann die Myosonographie wichtige differentialdiagnostische Hinweise liefern (56, 57, 61, 65). Besonders reichliche Faszikulationen scheinen einen ungünstigen Verlauf anzuzeigen. Bei den hereditären spinalen Muskelatrophien sind sie seltener als bei den erworbenen Formen. Die Sonographie eignet sich zum Nachweis der Generalisation der vermuteten spinalen Muskelatrophie und vermutlich zur Verlaufseinschätzung. Fibrillationen als Ausdruck einer Denervierung können allerdings sonographisch nicht erfasst werden.

Es lassen sich für verschiedene neuromuskuläre Erkrankungen unterschiedliche morphologische myosonographische Auffälligkeiten festmachen (70, 65). Zur endgültigen Diagnosestellung benötigt der Arzt allerdings den Vergleich mit anderen Methoden, wie die Kernspintomographie, eine Muskelbiopsie mit Histologie und gegebenenfalls die Molekulargenetik (57, 60, 65, 72).

Entscheidende Vorteile der Ultraschalldiagnostik in der Pädiatrie sind die Nicht-Invasivität, die mobile Einsetzbarkeit, die relativ geringen Kosten und die fehlenden ionisierenden Strahlen (57, 89).

#### **1.4. FRAGESTELLUNG DER ARBEIT**

Wie die klinische Praxis zeigt, werden häufig nach Therapieabschluß einer Hüftgelenksfehlstellung Kontrolluntersuchungen im späteren Kindesalter vernachlässigt. Deshalb gibt es bis heute noch wenige Aussagen zur Langzeitprognose nach früh behandelte Hüftgelenksdysplasie.

Fraglich ist, ob und in wie weit die motorische und koordinative Entwicklung eines Kindes mit therapierter Hüftdysplasie der eines hüftgesunden Kindes desselben Alters und Geschlechts entspricht und ob es gehäuft Hinweise für Muskelerkrankungen gibt.

In diesem Zusammenhang stellt sich auch die Frage, ob Auffälligkeiten im myosonographischen Befund der Hüftdysplasie-Kinder im Vergleich zu hüftgesunden Kindern nachweisbar sind.

Unsere Studie befaßt sich demnach mit den folgenden Fragen:

1. Wie ist der klinische Langzeitverlauf von Kindern mit sonographisch erkannter und behandelte Hüftdysplasie nach über 7 Jahren?
2. Gibt es morphologische Auffälligkeiten im myosonographischen Befund von Kindern der Altersgruppe 7 bis 12 mit angeborener Hüftdysplasie?
3. In wie weit weichen die erhobenen myosonographischen Befunde von denen einer hüftgesunden Kontrollgruppe ab? Gibt es Gemeinsamkeiten oder Unterschiede?
4. Lassen sich Relationen zwischen der Anamnese bzw. körperbezogener Daten zu den myosonographisch erhobenen (Meß-)Daten herstellen?
5. Wie ist die motorische Entwicklung von 7- bis 12-jährigen Kindern mit therapierter Hüftdysplasie im Vergleich zu einem Hüftgesunden Normalkollektiv?
6. Wie ist die koordinative und muskuläre Leistungsfähigkeit der Hüftdysplasie-Kinder im Vergleich zur hüftgesunden Kontrollgruppe?

Zu den Ergebnissen der Punkte 5. und 6. wird auf die Dissertationsarbeit von Kasper, S., Universitätskinderklinik Würzburg, verwiesen.

## **2. PATIENTEN, PROBANDEN UND METHODEN**

### **2.1. PATIENTEN MIT HÜFTDYSPLASIE**

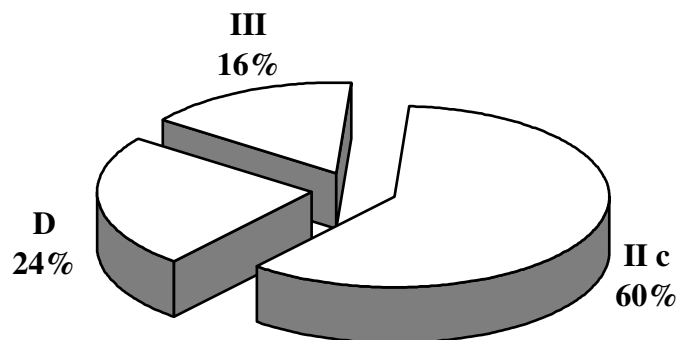
In der Universitäts-Frauenklinik werden seit 1985 alle Neugeborenen routinemäßig von einem Orthopäden in der 1. Lebenswoche im Rahmen eines Screenings hüftsonographiert. Bei allen Neugeborenen der Universitäts-Kinderklinik wird dieses Screening von einem Kinderradiologen durchgeführt.

Nach umfassender Aktenrecherche in der Orthopädischen Universitätsklinik Würzburg (König-Ludwig-Haus) wurden n=146 Patienten ermittelt, bei denen in der Neugeborenenzeit mittels Ultraschall eine Hüftgelenksanomalie festgestellt worden war. Diese Zahl entspricht ungefähr 3% der gesunden Neugeborenen der Universitäts-Frauenklinik. Einschlusskriterien waren die Geburtsjahrgänge 1987 bis 1992. Es sollte eine Hüftdysplasie IIc, IIg, D, oder IIIa vorgelegen haben und die sonographische Untersuchung sollte am 1. bis 8. Lebenstag stattgefunden haben.

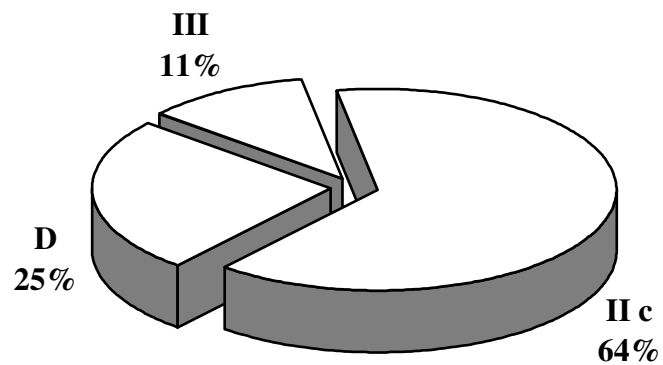
Ausschlußkriterien des Hüftdysplasiekollektivs waren Hüftgelenksdysplasien aufgrund anlagebedingter Ursachen, z.B. bei komplexen Fehlbildungssyndromen, sowie bereits bei Geburt manifeste neuromuskuläre oder sonstige schwere Erkrankungen, wie z.B. eine schwere chronische Polyarthritits, eine kongenitale neuromuskuläre Myopathie oder eine Meningomyelozele.

Es folgte die schriftliche Kontaktaufnahme mit den Eltern, die einen Fragebogen zur Entwicklung ihres Kindes zurücksenden sollten. Wir erhielten von n=81 Kindern Antwort und ermittelten im Losverfahren n=38 Kinder, die zu einer Nachuntersuchung im März/April 2000 in die Kinderklinik Würzburg eingeladen wurden. Die Hüftdysplasiegruppe bestand aus 10 Jungen und 28 Mädchen. Das mittlere Alter lag bei 10,0 Jahren.

### Hüftdysplasien rechts, n=25



### Hüftdysplasien links, n=28



Abbildungen 2.1. und 2.2.: Die IIc-Hüften waren prozentual am häufigsten vertreten, ebenso war die linke Seite in verstärktem Maße betroffen



## **2.2. KONTROLLGRUPPE**

Im Losverfahren ermittelten wir eine hüftgesunde Kontrollgruppe, bestehend aus Kindern derselben Jahrgänge von Grundschulen aus Würzburg. Das Kontrollkollektiv mit n=24 Kindern der Jahrgänge 1987 bis 1992 bestand aus 11 Jungen und 13 Mädchen bei einem mittleren Alter von 10,6 Jahren. Bei diesem Kollektiv wurden anamnestisch eine Hüftdysplasie im Säuglingsalter, sowie neuromuskuläre und andere schwerere Erkrankungen bzw. Entwicklungsstörungen ausgeschlossen. Diese Kinder wurden im Zeitraum von März bis April 2000 in der Universitäts-Kinderklinik Würzburg nach dem gleichen Schema wie die Gruppe der ehemaligen Hüftdysplasie-Patienten untersucht.

Ein Kind mussten wir aus der Kontrollgruppe ausschließen, da sich laut Angaben der Eltern in der Anamnese eine Hüftdysplasie unbekanntes Grades herausstellte und somit das Kriterium der Hüftgesundheit nicht erfüllt wurde.

## **2.2. METHODIK**

### **2.2.1. UNTERSUCHUNGSABLAUF**

Der Ablauf einer Untersuchung bestand im Wesentlichen aus fünf einheitlichen Programmpunkten:

1. Ausführliche Anamnese mit Berechnung des Body-Mass-Index aus Körpergröße und Gewicht, Erhebung von Daten zur motorischen Entwicklung und sportlicher Aktivität
2. Klinische Untersuchung (fokussierte neurologische, orthopädische und internistische Untersuchung)
3. Muskelsonographie beider Oberschenkel in 2 Ebenen
4. Teilbereiche des KTK (Körper-Koordinationstest für Kinder nach KIPHARD und SCHILLING 1973)
5. Fahrrad-Ergometrie, speziell auf dem Einbein-Rad

In dieser Arbeit werden vor allem die Ergebnisse der Punkte 1.-3. vorgestellt.

Zu Ergebnissen der Punkte 4. und 5. wird auf die Dissertationsarbeit von KASPER, S., Universitätskinderklinik Würzburg, verwiesen.

### **2.2.2. ANAMNESE UND KLINISCHE UNTERSUCHUNG**

Am Beginn unserer Untersuchung stand ein ausführliches Anamnesegespräch, in dem insbesondere Daten zur Krankheitsvorgeschichte, zur motorischen Entwicklung, zu sportlicher Aktivität und zur Familienanamnese erhoben wurden. Ferner wurde nach Stoffwechselerkrankungen sowie Medikamenteneinnahme gefragt.

Die Kinder wurden anschließend fokussiert neurologisch-orthopädisch untersucht, das heißt, es wurde besonders auf Haltungsanomalien, Gang- und Bewegungsmuster, Beweglichkeit, Reflexstatus, Muskelatrophie und Muskeltonus geachtet. Die Untersuchung wurde schonend durchgeführt, um nicht durch unnötige Belastung das Ergebnis der anschließenden Muskelsonographie zu beeinflussen. Zusätzlich wurde bei jedem Kind aus Körpergewicht und Körpergröße der Body-Mass-Index ermittelt [ $BMI=kg:m^2$ ].

### **2.2.3. DIE HOCHAUFLÖSENDE, ZWEIDIMENSIONALE SONOGRAPHIE**

Wir führten die Myosonographie mit dem Gerät SONOLINE ELEGRA der Firma SIEMENS Medical Systems durch. Es wurde im Vorfeld auf der Basis des Geräteprogramms für den Bewegungsapparat in Zusammenarbeit mit der Firma SIEMENS ein Programm gestaltet, das unseren Anforderungen an die Myosonographie entsprach. Verwendet wurde ein Linearschallkopf 7,5 Megahertz der Bezeichnung L40, bei dem das Bilddarstellungsformat „Sektorfeld“ gewählt wurde, um eine bessere Übersicht zu erhalten. Die Betriebsfrequenz betrug 8 MHz, die Sendeleistung 40% bei einer Gesamtverstärkung (Gain) von 10dB. Bei einer Zeilendichte von ZD 5 und einer Bildrate von 9-11 B/s wurden 3 Fokuszonen von je 3,0 Einheiten Länge gewählt, um die Muskulatur möglichst im vollen Querschnitt darzustellen. Der Tiefenausgleich wurde konstant gehalten, um insgesamt eine Standardisierung der Untersuchung zu erreichen. Beim sogenannten B-Scan-Verfahren (B=Brightness, engl. Helligkeit) wird eine Helligkeitsverteilung auf dem Monitor dargestellt, indem jedem

Amplitudenwert in einer bestimmten Tiefe ein Helligkeitswert, auch Grauwert genannt, zugeordnet wird. Die speziellen Einstellungen im B-Mode-Register werden im folgenden erläutert. Der Dynamikbereich (bei uns: 60 dB) stellt die Beziehung zwischen der Echoamplitude und dem zugeordneten Grauskalenwert dar. Die Kontrastauflösung kann durch Einstellen des Dynamikbereiches auf einen zwischen Minimal- und Maximalwert liegenden Wert eingestellt werden. Dabei wird mit dem Maximalwert (70 dB) die maximale Anzahl, mit dem Minimalwert (30 dB) die kleinste Anzahl an Graustufen eingestellt. Die Korrelation (unsere Einstellung: 3) ist ein Verfahren zur Bildglättung durch die Kombination von alten und neuen Bilddaten. Bei maximalem Korrelationswert (4) werden hauptsächlich ältere Bilddaten, bei minimalem (0) nur neue Bilddaten angezeigt. Die Konturverstärkung erhöht bzw. erniedrigt die Echofilterung, um so die Unterschiede zwischen verschiedenen Gewebestrukturen an deren Berührungsstellen zu verstärken. Wir stellten bei einer Auswahl von 4 Stufen auf „hoch“, d.h. auf größte Konturverstärkung. Die Kurveneinstellung ermöglicht eine Auswahl aus sieben werksseitig eingestellten Kurven. Die gewählte Kurvenart legt das Verhältnis zwischen Echoamplitude und Grauskalenwerten fest. Wir wählten Kurve 2, d.h. eine moderate Unterdrückung von schwachen Signalen. Die gesamten Einstellungen wurden unter einem neuen Programmnamen gespeichert, so dass bei jeder neuen Untersuchung dieselben Bedingungen vorherrschten.

Bei der Myosonographie wird eine Standardisierung angestrebt, so dass nur die untersuchten Muskeln die veränderliche Variable darstellen und die Rahmenbedingungen wie Gerät, Programm, Untersucher und Untersuchungsablauf möglichst konstant bleiben. Erst so wird ein qualitativer Vergleich der Sonographieergebnisse sinnvoll.

<i>Gerät: SONOLINE ELEGRA</i>
<i>Schallkopf: Linearschallkopf 7,5 L40</i>
<i>Bilddarstellungsformat: „Sektorfeld“</i>
<i>Betriebsfrequenz: 8 MHz</i>
<i>Sendeleistung: 40 %</i>
<i>Gesamtverstärkung: 10 dB</i>
<i>Zeilendichte: ZD 5</i>
<i>Abbildungstiefe: 4,0 cm</i>
<i>Bildrate: 9-11 B/s</i>
<i>Dynamikbereich (30 dB – 70 dB): 60 dB</i>
<i>Korrelation (0 – 4): 3</i>
<i>Fokuslänge: 3,0</i>
<i>Fokuszonen: 3</i>
<i>Konturverstärkung: hoch (=größte Verstärkung)</i>
<i>Kurveneinstellung: 2= moderate Unterdrückung von schwachen Signalen</i>

*Tabelle 2.2.: Einstellungen am SONOLINE ELEGRA*

Die Kinder lagen während der Myosonographie entspannt auf einer Untersuchungs-  
 liege. Eltern und/oder Geschwister befanden sich ebenfalls im Raum, um den Kindern die  
 Nervosität und Anspannung zu nehmen. Der Schallkopf wurde jeweils in der Mitte zwischen  
 oberer Patellakante und Spina iliaca anterior superior positioniert und unter Verwendung

eines Kontaktgels ohne Ausübung von Druck gleitend über die Haut bewegt.

Gemäß den Grundprinzipien der Ultraschalldiagnostik sollte jeder (pathologische) Befund in 2 Ebenen dargestellt werden. Aus diesem Grund fertigten wir von jedem Oberschenkel Schnittbilder sowohl in der Longitudinal- als auch in der Transversalebene. Die Glutealmuskulatur zeigte sich in der Darstellung aufgrund des subkutanen Fettgewebes als schwierig darstellbar, weshalb wir unsere Befunderhebung auf die Oberschenkel konzentrierten.

Im Transversalschnitt erfolgten die Bestimmung der Echogenität, der subkutanen Fettschicht, der Muskelfläche, des Muskelumfanges und der Muskeldicke. Im Longitudinalschnitt wurde ebenfalls die Subkutanschicht und Muskeldicke gemessen und aufgezeichnet.

Für das Aufsuchen muskulärer Hyperkinesen hat es sich bewährt, die einzelnen Muskeln etwa 10 s im B-Mode-Bild zu betrachten (61). Für die Dokumentation bieten sich ein M-Mode-Bild oder Video an.

Ein beispielhafter Normalbefund eines Oberschenkel-Muskelsonogrammes ist in Kapitel 3.3.1. zu sehen.

Wir erstellten einen Befundbogen, der die genaue Dokumentation der Myosonographie erlaubte. Die folgende Seite zeigt exemplarisch unseren Befundbogen.



Die Dokumentation der myosonographischen Befunde erfolgte digital auf Magneto-optical Disks und parallel dazu auf einem feststehenden digitalen Archivierungssystem. Optional wurden Befunde auf einem Sony Videoprinter ausgedruckt.

### 3. ERGEBNISSE

#### 3.1. ANAMNESE UND KLINIK

##### 3.1.1. HÜFTDYSPLASIEKOLLEKTIV

Insgesamt wurden n=38 Kinder mit therapeutisch abgeschlossen behandelter Hüftdysplasie ab Grad IIc untersucht. Es kamen sowohl unilaterale als auch bilaterale Hüftdysplasien unterschiedlicher Ausprägung vor. Bei der Häufigkeitsverteilung nach der Seite sind manche Kinder aus diesem Grund in beiden Verteilungsstatistiken enthalten. Die Ergebnisse werden im Folgenden in der Reihenfolge des Untersuchungsablaufs vorgestellt.

	II C	D	III
<b>Hüftdysplasien rechts, n=25</b>	60 % n=15	24 % n=6	16 % n=4
<b>Hüftdysplasien links, n=28</b>	64 % n=18	25 % n=7	11 % n=3

Tabelle 3.1.: Seitenverteilung der Hüftdysplasien

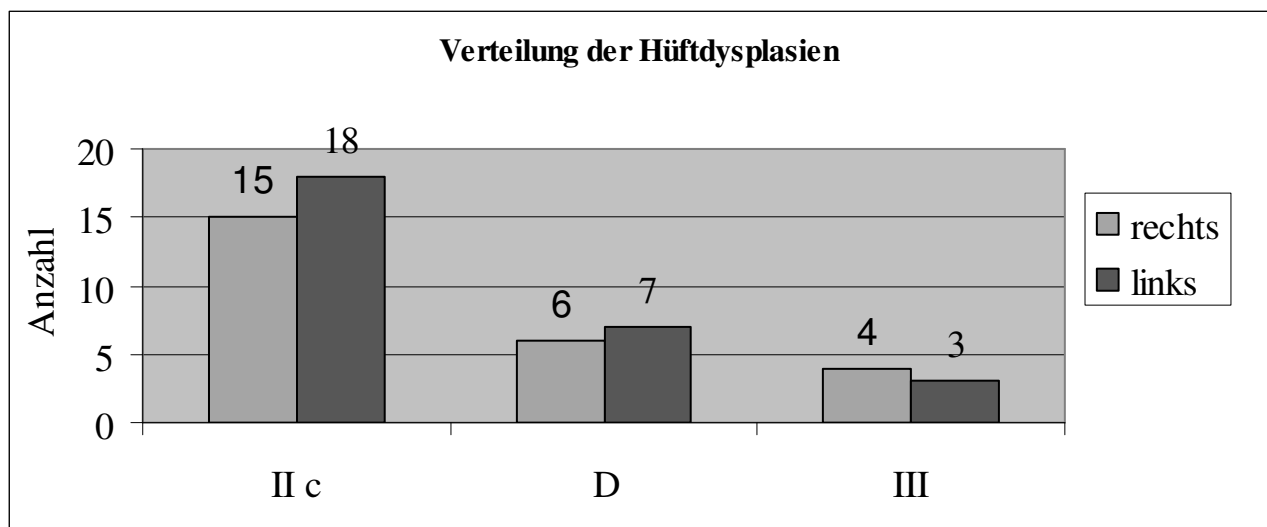


Abbildung 3.1.: Graphische Darstellung von Tabelle 3.1.

Von den insgesamt 38 Kindern der Hüftdysplasiegruppe wurden 37 lege artis, d.h. je nach



Ausprägung der Dysplasie entweder mit einer Spreizhose, einer PAVLIK-Bandage oder der Kombination beider Möglichkeiten behandelt.

1 Kind tolerierte die Spreizhosenbehandlung nicht und wurde trotz bestehender Hüftdysplasie Typ IIc nur breit gewickelt.

Die 37 behandelten Hüftkinder lassen sich nach Behandlungsart und Behandlungsdauer wie folgt einteilen:

<b>Therapie</b>	<b>Anzahl</b>	<b>durchschnittl. Therapiedauer</b>
nur Spreizhose	19	4,3 Monate
nur PAVLIK-Bandage	3	2,7 Monate
Spreizhose und PAVLIK-Bandage	15	3,5 Monate + 2,4 Monate

*Tabelle 3.2.: Behandlungsart und durchschnittliche Behandlungsdauer der Hüftdysplasie*

Im Verlauf des Anamnesegesprächs wurden auch Daten zur Körpergröße und Körpergewicht ermittelt. Bei allen Kindern wurde der Body-Mass-Index (BMI) aus Gewicht [in kg] und Größe [in m<sup>2</sup>] berechnet. Bei Erwachsenen lässt sich der BMI über ein Body-Mass-Nomogramm ermitteln und in Kategorien einordnen. Untergewicht zeigt ein BMI von 15 bis 18,9 an, Normalgewicht ein BMI von 19 bis 24,9, Übergewicht wäre ein BMI von 25 bis 29,9 und Fettsucht ein BMI zwischen 30 und 39,9.

Der BMI lässt sich zwar nicht ohne weiteres auf die kindlichen Körpermaße übertragen, jedoch stellte er für uns einen Anhaltspunkt dar, sich rasch über die Körpermaße des Kindes zu informieren.

Wir ermittelten BMI-Werte zwischen 11 und 31, der Durchschnitt lag bei 17,3.

Des Weiteren interessierte uns die Familienanamnese der Kinder. Wir wollten wissen, ob Geschwister, Mutter, Vater oder Großeltern ein Hüftleiden hatten.

Es zeigte sich bei 23 von 38 Kindern eine positive Familienanamnese, das entspricht 61 %.

Die Eigenanamnese der Kinder beinhaltete Fragen nach Stoffwechselerkrankungen, Medikamenteneinnahme, sportlichen Aktivitäten, Besonderheiten bzw. Auffälligkeiten in

Wachstum und Entwicklung, insbesondere motorischer und muskulärer Art sowie etwaige Fehlstellungen des Bewegungs- und Stützapparates.

Auch interessierte uns, wie viele der Kinder Physiotherapie zur Nachbehandlung in Anspruch genommen hatten.

An Stoffwechselerkrankungen bzw. chronischen Erkrankungen litten nur 2 der 38 Kinder, eines davon hatte Asthma bronchiale, das andere Kind allergisches Asthma und Neurodermitis. Demzufolge war bei diesen Kindern nur eine Bedarfsmedikation mit inhalativen Sympathikomimetika zu verzeichnen. Weitere regelmäßige Medikamenteneinnahmen wurden verneint.

Es konnte ansonsten bei keinem der Kinder eine Erkrankung neuromuskulärer Art aus der Anamnese festgestellt werden.

Insgesamt zeigte sich bei den sportlichen Aktivitäten der Hüftdysplasiegruppe ein erfreuliches Gesamtergebnis. In die Statistik wurde nur die aktive Vereinstätigkeit mit mindestens einmal wöchentlichem Training aufgenommen. Dabei kamen auch Mehrfachbelegungen einzelner Sportarten vor, wie z.B. „Fußball und Tischtennis“. „Freizeitsport“, wie z.B. Fahrradfahren, Inlinerskaten, etc. wurde nicht gezählt. Alle Kinder nahmen regelmäßig und ohne Einschränkungen am Schulsport teil.

Eine genauere Häufigkeitsverteilung stellt die nachfolgende Tabelle dar.

<b>Sportart</b>	<b>Anzahl bei n = 38</b>	<b>Angabe in Prozent</b>
<i>Kein Sport</i>	7	18 %
Turnen	11	29 %
Gardetanz	7	18 %
Fußball im Verein	6	16 %
Reiten	5	13 %
Ballett/Tanz	4	11 %
Tischtennis	3	8 %
Kampfsport	2	5 %
Schwimmen	2	5 %
Handball	1	3 %
Tennis	1	3 %
Bogenschießen	1	3 %
Bauchtanz	1	3 %
<b><i>Sportlich aktiv</i></b>	<b>31</b>	<b>82 %</b>

*Tabelle 3.3.: Sportliche Aktivität der Hüftdysplasiegruppe*

In Zusammenhang mit der Frage nach der sportlichen Aktivität wurde auch die Frage nach dem „bevorzugten“ Bein gestellt, d.h. welches Bein zum Treppensteigen oder Fußballspielen eher von den Kindern belastet wird. Dies wurde dann auch exemplarisch an einer Stufe bzw. einem Ball mit den Kindern getestet.

Wir teilten das Kollektiv dann in „Rechtsfüßer“ und „Linksfüßer“ ein.

29 der 38 Kinder konnten das rechte Bein, 5 der 38 Kinder das linke Bein als das dominante Bein angeben. Das entspricht 76 % rechts bzw. 13 % links.

4 der 38 Kinder konnten keine eindeutigen Angaben zur bevorzugten Nutzung eines Beines machen oder nutzten beide Beine gleichwertig. Das entspricht einem Prozentanteil von 11 %.

<b>Dominantes Bein</b>	<b>Anzahl bei n = 38</b>	<b>Angabe in Prozent</b>
rechts	29	76 %
links	5	13 %
gleichwertig	4	11 %

*Tabelle 3.4.: Bevorzugtes bzw. dominantes „Gebrauchsbein“ der Hüftdysplasiegruppe*

Gezielt fragten wir in der Anamnese nach Auffälligkeiten in der kindlichen Entwicklung. Insbesondere richteten wir unser Augenmerk auf motorische bzw. koordinative Entwicklungsverzögerungen, die den Eltern womöglich aufgefallen waren.

Fehlstellungen sowie Deformitäten waren auch Bestandteil unserer Anamnesefragen. Mehrfachantworten kamen vor.

28 der 38 Kinder, das entspricht 74 % vom Kollektiv, zeigten anamnestisch keine Besonderheiten. 4 von 38 (=11 %) berichteten über belastungsabhängige Muskelschmerzen.

1 Kind (=3 %) wies eine austherapierte Fußdeformität, Sichelfüße beidseits, auf. 1 weiteres Kind (=3 %) zeigte in Kombination Zustand nach Sichelfußstellung, ausgeprägte Genua valga und Coxae varae und Innenrotationsstellung der Füße.

2 der 38 Kinder (=6 %) entwickelten sich nach Angaben der Eltern im Vergleich zu Altersgenossen verzögert, davon hatte ein Kind noch leichte Koordinationsschwierigkeiten.

1 Kind des Kollektivs wies eine Beinlängendifferenz bei Zustand nach Tibiafraktur auf, 1 Kind bekam intensives gezieltes Quadricepstraining aufgrund einer traumatischen Bandläsion. Anamnestisch ließ sich bei 1 Kind im Vergleich zu den Altersgenossen ein rasches Höhenwachstum feststellen, jedoch ohne signifikante Beeinträchtigung der Motorik sowie der Koordination.

<b>Anamnestiche Besonderheiten</b>	<b>Vorkommen bei n = 38</b>	<b>Angabe in Prozent</b>
<i>keine</i>	28	74 %
unspezif. Muskelschmerzen in den Beinen bei körperl. Anstrengung	4	11 %
Fußfehlstellungen (Sichelfuß, Innenrotation)	3	8 %
„entwicklungsverzögert“	2	6 %
Beinlängendifferenz	1	3 %
Gezieltes Quadriceps-Aufbautraining	1	3%
rasches Größenwachstum	1	3 %

*Tabelle 3.5.: Anamnestiche Besonderheiten der Hüftdysplasiegruppe*

Uns interessierte auch, wie viele der Kinder nach Abschluß der Spreizhosen- bzw. Pavlikbandagenbehandlung eine gezielte Physiotherapie-Weiterbehandlung in Anspruch genommen hatten.

Es waren dies lediglich 8 von 38 Kindern. Das entspricht einem Anteil von 21 % des Kollektivs.

### 3.1.2. GESUNDES KONTROLLKOLLEKTIV

Als hüftgesundes Kontrollkollektiv wurden n=24 Kinder vergleichbarer Jahrgänge herangezogen. Diese durften anamnestisch weder eine therapierte Hüftdysplasie, neuromuskuläre oder sonstige schwere chronische Erkrankungen aufweisen.

Auch bei diesem Kollektiv benutzten wir denselben Fragen- bzw. Anamnesebogen.

Wir ermittelten bei den 24 Kindern aus Körpergewicht und Körpergröße den Body-Mass-Index (BMI). Dieser nahm Werte zwischen 14 und 30 an, der Mittelwert lag bei 18,2.

Chronische Stoffwechselerkrankungen und regelmäßige Medikamenteneinnahmen ließen sich in der Kontrollgruppe anamnestisch nur bei einem Kind feststellen. Dieses Kind nahm regelmäßig Methylphenidat (Ritalin ®) aufgrund eines Aufmerksamkeitsdefizit-Syndroms (ADS).

Wie in der Hüftdysplasiegruppe interessierte uns bei den Kontrollkindern die sportliche Aktivität. Es wurde nur die aktive Vereinstätigkeit mit mindestens einmal wöchentlichem Training gezählt. Dabei kamen Mehrfachnennungen einzelner Sportarten vor. Alle Kinder nahmen regelmäßig und ohne Einschränkungen am Schulsport teil.

Die nachfolgende Tabelle listet die Verteilung der Sportarten auf die Kontrollgruppe auf.

<b>Sportart</b>	<b>Anzahl bei n = 24</b>	<b>Angabe in Prozent</b>
<i>Kein Sport</i>	8	33 %
Fußball	8	33%
Kampfsport	4	17 %
Schwimmen	2	8 %
Turnen	1	4 %
Tischtennis	1	4 %
Ballett/Tanz	1	4 %
Kegeln	1	4 %
<b><i>Sportlich aktiv</i></b>	<b>16</b>	<b>67 %</b>

*Tabelle 3.6.: Sportliche Aktivität der Kontrollkinder*

Wir stellten diesen Kindern ebenso die Frage nach dem bevorzugt benutzten Bein beim Treppensteigen oder Fußballspielen. Zur Veranschaulichung testeten wir die Kinder

exemplarisch an einer Stufe und beim Ballspiel.

Eindeutige „Rechtsfüßer“ waren 19 der 24 Kinder. Das entspricht 79 %. Eher „Linksfüßer“ waren 3 von 24 (=13 %). Keine eindeutigen Angaben bzw. Tendenz zur gleichberechtigten Benutzung der Beine gaben 2 der 24 Kinder an (=8 %). Dieses Ergebnis deckt sich weitestgehend mit der Rechts- bzw. Linkshändigkeit der Kinder.

<b>Dominantes Bein</b>	<b>Anzahl bei n = 24</b>	<b>Angabe in Prozent</b>
rechts	19	79 %
links	3	13 %
gleichwertig	2	8 %

*Tabelle 3.7.: Bevorzugtes Bein bzw. dominantes „Gebrauchsbein“ der Kontrollgruppe*

Ein wichtiger Punkt der Eigenanamnese war die Frage nach Entwicklungsauffälligkeiten, Besonderheiten, vergangenen Traumata und motorischen bzw. koordinativen Besonderheiten. 20 der 24 Kinder hatten diesbezüglich eine unauffällige Anamnese, das entspricht 83 %.

Bei einem Kind bestand der Zustand nach einer Achillessehnenruptur und anschließende achtwöchige Gipsbehandlung drei Jahre zuvor.

Die Eltern eines Kindes berichteten ferner über eine leichte Feinmotorikproblematik ihres Kindes und das späte Erlernen des Fahrradfahrens im Alter von 10 Jahren.

1 Kind klagte über leichte linksbetonte belastungsabhängige Knieschmerzen. Ein Termin beim Orthopäden war von den Eltern bereits ausgemacht worden.

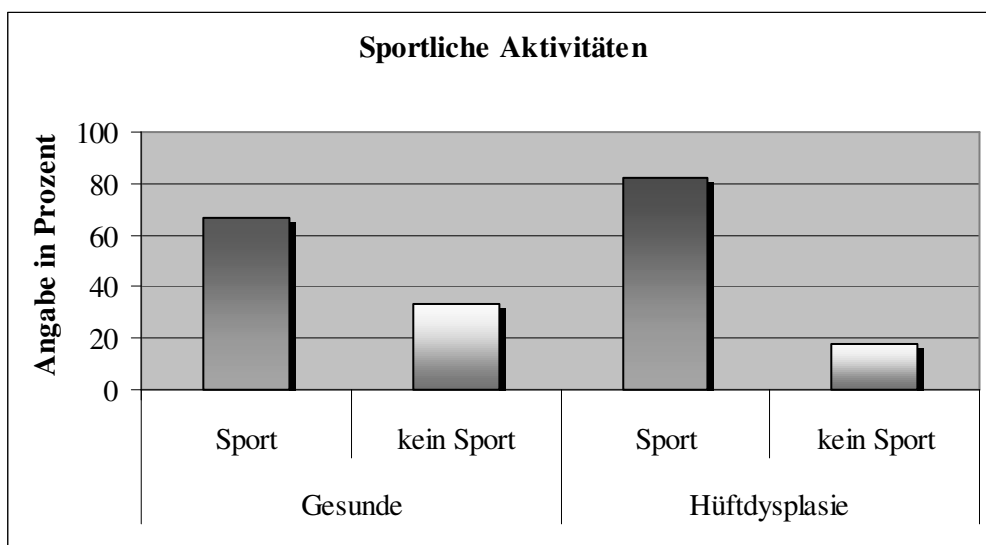
1 Kind zeigte anamnestisch ein Wolff-Parkinson-White-Syndrom (WPW) mit anfallsartigen Tachykardien, sowie ein Aufmerksamkeitsdefizit-Syndrom (ADS), es befand sich im Zeitraum unserer Untersuchungen in regelmäßiger ärztlicher Behandlung. Für unsere Fragestellungen stellten diese Erkrankungen jedoch keine Einschränkungen dar. Im Vergleich zu seinen Altersgenossen sei dieses Kind im letzten halben Jahr nach Angaben der Eltern sehr schnell gewachsen.

Anamnestiche Besonderheiten	Anzahl bei n = 24	Angabe in Prozent
keine	20	83%
Z.n. Achillessehnenruptur und Gipsbehandlung	1	4 %
Feinmotorikschwierigkeiten, spätes Radfahren mit 10 J.	1	4 %
WPW, ADS	1	4 %

*Tabelle 3.8.: Anamnestiche Besonderheiten im Kontrollkollektiv*

### 3.1.3. VERGLEICH DER BEIDEN KOLLEKTIVE

#### 3.1.3.1. SPORTLICHE AKTIVITÄT



*Tabelle 3.9.: Vergleich sportlicher Aktivitäten beider Kollektive bezüglich aktiver Vereinsmitgliedschaft*



### 3.1.3.2. ANGABE DES „BEVORZUGTEN BEINES“

Wir verglichen die Angaben zum bevorzugten Bein mit den sonographisch erhobenen Messwerten.

<b>Hüftdysplasien</b>	<b>„Rechtsfüßer“</b>	<b>„Linksfüßer“</b>	<b>gleichberechtigt</b>
<b>Subkutanfett</b>	Li = Re + 0,44 mm	Re = Li +/- 0 mm	Li = Re + 0,40 mm
<b>Muskelumfang</b>	Re = Li + 3,45 mm	Li = Re + 10,66 mm	Li = Re + 5,33 mm
<b>Muskelfläche</b>	Re = Li + 0,56 cm <sup>2</sup>	Li = Re + 1,02 cm <sup>2</sup>	Li = Re + 0,10 cm <sup>2</sup>
<b>Muskeldicke</b>	Re = Li + 0,44 mm	Re = Li + 0,92 mm	Li = Re + 0,25 mm

*Tabelle 3.10.: Direkter Vergleich der Angabe „bevorzugtes Bein“ und der sonographisch erhobenen Messwerte der Hüftdysplasiegruppe*

<b>Kontrollen</b>	<b>„Rechtsfüßer“</b>	<b>„Linksfüßer“</b>	<b>gleichberechtigt</b>
<b>Subkutanfett</b>	Li = Re + 0,34 mm	Re = Li + 0,17 mm	Li = Re + 0,10 mm
<b>Muskelumfang</b>	Re = Li + 3,75 mm	Li = Re + 12,53 mm	Re = Li + 1,50 mm
<b>Muskelfläche</b>	Re = Li + 0,66 cm <sup>2</sup>	Li = Re + 1,85 cm <sup>2</sup>	Re = Li + 0,29 cm <sup>2</sup>
<b>Muskeldicke</b>	Re = Li + 0,59 mm	Re = Li + 0,73 mm	Li = Re + 1,35 mm

*Tabelle 3.11.: Direkter Vergleich der Angabe „bevorzugtes Bein“ und der sonographisch erhobenen Messwerte der Kontrollgruppe*

Die Messergebnisse zeigen, dass die subkutane Fettschicht des bevorzugten Beines kleiner ist als die Fettschicht des nicht dominanten Beines. Bei Linksfüßern ergibt sich am rechten Bein eine dickere Fettschicht und umgekehrt bei Rechtsfüßern am linken Bein.

Die übrigen Muskelmaße entsprechen der Bevorzugung des jeweiligen Beines.

### 3.2. SONOGRAPHISCHE MESSDATEN

#### 3.2.1. MESSDATENTABELLE HÜFTDYSPLASIEGRUPPE

Nr	Alter	Sport außer Schule/Freizeit (bevorzugtes Bein)	BMI Geschlecht	Seite	s.c.Fett	U [mm]	A [cm <sup>2</sup> ]	d Kno- Haut [mm]
					[mm]			
1.	8	.-. (R)	18 w	R	13,5	105,5	6,59	47,7
				L	12,5	93,6	5,57	44,4
2.	8	Kinderturnen (R)	19 w	R	14,7	97,8	5,39	48,0
				L	15,3	94,2	5,26	50,9
3.	8	Gardetanz (R), sehr „aktiv“	15 w	R	4,3	104,6	6,07	33,3
				L	4,3	94,9	5,10	30,6
4.	8	.-. (?)	11 w	R	5,1	80,4	3,40	29,4
				L	4,6	91,5	4,12	30,9
5.	8	Reiten, Kindergymnastik (R)	16 w	R	8,1	100,1	6,36	37,7
				L	9,0	97,6	5,32	37,7
6.	8	.-. (R)	14 w	R	5,6	73,7	3,22	36,6
				L	5,6	77,9	3,21	34,3
7.	8	Gardetanz (R)	15 w	R	8,9	101,6	5,74	37,1
				L	7,4	90,9	4,29	35,5
8.	8	.-. (R)	15 w	R	6,3	105,1	5,81	40,5
				L	6,9	101,2	5,18	40,7
9.	9	Fußball, Schwimmen (R)	14 m	R	3,1	86,8	3,89	31,0
				L	4,0	88,5	4,38	39,1
10.	9	Fußball (L)	15 m	R	5,6	92,2	5,12	37,9
				L	6,3	107,2	6,91	38,9
11.	9	Judo, Kinderturnen (R)	17 w	R	12,2	95,5	5,39	46,2
				L	10,8	103,0	6,05	43,0
12.	9	Tennis (R)	15 m	R	4,9	110,2	6,52	33,0
				L	4,2	102,3	5,35	31,7

13.	9	Ju-Jutsu, Ballett (RL)	17	R	8,3	127,7	10,10	53,3
			w	L	10,8	129,7	9,79	53,1
14.	9	Bauchtanz (R)	15	R	6,3	101,8	5,73	39,1
			w	L	8,3	105,4	6,25	40,1
15.	9	Gardetanz, Turnen (R)	17	R	5,1	109,2	6,02	44,9
			w	L	5,2	105,6	5,72	42,1
16.	10	Kinderturnen, Ballett (R)	20	R	12,9	135,8	6,69	48,4
			w	L	10,0	114,6	7,33	44,4
17.	10	Tischtennis (L)	16	R	7,6	83,4	4,07	38,6
			m	L	7,9	106,4	6,20	37,5
18.	10	Reiten, Gardetanz (RL)	17	R	6,4	89,9	4,73	38,9
			w	L	6,6	93,0	4,78	37,8
19.	10	Gardetanz (RL)	18	R	8,3	97,4	5,44	43,4
			w	L	7,7	102,5	5,38	44,2
20.	10	Kinderturnen (R)	18	R	11,6	107,8	6,82	44,2
			w	L	11,5	106,3	6,53	45,2
21.	10	-.- (L)	14	R	6,6	101,1	5,27	36,4
			w	L	5,5	114,5	6,52	35,3
22.	10	Turnen, Tischtennis (R)	14	R	7,0	88,0	4,54	40,1
			w	L	8,6	83,1	3,87	37,4
23.	10	Ballett (L)	18	R	9,2	103,3	6,21	42,7
			w	L	10,2	97,9	5,36	40,8
24.	10	Gymnastik, Turnen (R)	18	R	8,0	100,9	5,38	40,0
			w	L	7,8	96,8	5,50	39,9
25.	11	Kinderturnen (R)	14	R	5,3	96,8	5,15	33,3
			w	L	5,9	102,7	5,35	35,9
26.	11	Fußball, Tischtennis (R deutlich)	22	R	12,3	142,5	12,20	55,8
			m	L	15,7	130,8	9,34	54,7
27.	11	Geräteturnen, Fußball (R)	24	R	18,4	148,5	12,11	66,6
			w	L	19,9	141,8	11,00	67,3
28.	11	Handball (R)	15	R	7,6	95,5	5,18	33,0
			w	L	5,7	107,7	6,76	35,1

29.	11	Tanzen, Fußball (R)	16	R	7,1	121,0	8,78	45,0
			m	L	8,1	115,4	7,99	42,2
30.	11	Fußball (R)	16	R	5,5	114,8	7,56	38,8
			m	L	5,6	101,0	5,79	35,9
31.	12	Kinderturnen (R)	22	R	14,1	107,9	6,76	50,5
			w	L	15,5	108,2	6,20	48,1
32.	12	-- (R)	31	R	21,0	167,0	16,33	73,8
			w	L	21,7	158,7	14,34	71,9
33.	12	Reiten; ehem. Gardetanz (R)	20	R	8,1	130,3	9,85	56,0
			w	L	10,9	127,9	9,54	60,4
34.	12	Garde (L)	16	R	5,3	124,2	7,93	44,8
			w	L	4,4	131,5	8,73	43,3
35.	12	Bogenschießen, Turnen, Judo (R)	18	R	5,9	138,8	11,76	52,8
			m	L	7,3	140,4	10,99	51,8
36.	12	Fußball (R)	20	R	8,4	132,6	10,01	45,2
			m	L	10,2	119,2	7,64	44,3
37.	12	Schwimmen, Reiten (R)	22	R	15,3	119,7	7,62	53,2
			w	L	15,9	118,6	7,23	54,2
38.	12	-- (R)	17	R	6,4	119,8	9,40	46,5
			w	L	6,9	128,3	9,50	46,6

*Tabelle 3.12.: Sonographische Messdaten der Hüftdysplasiegruppe*

## 3.2.2.

## MESSDATENTABELLE KONTROLLKOLLEKTIV

Nr	Alter	Vereinssport außer Schule/Freizeit (bevorzugtes Bein)	Geschlecht	BMI	Seite	s.c. Fett [mm]	U [mm]	A [cm <sup>2</sup> ]	d Kno- Haut [mm]
1.	8	-.- (R)	30 w	R L	27,4	136,9	10,31	70,5	
					25,6	133,2	8,93	66,7	
2.	9	Fußball (RL)	17 m	R L	9,0	97,2	5,83	44,3	
					9,0	96,8	5,50	44,9	
3.	9	Schwimmen, Fußball (R)	18 w	R L	8,0	106,0	6,88	44,8	
					10,9	108,5	6,76	44,7	
4.	9	-.- (R)	15 w	R L	5,3	100,9	5,61	33,5	
					5,2	95,9	4,58	32,4	
5.	9	-.- (R)	16 w	R L	10,1	98,1	5,82	44,3	
					11,1	96,4	5,48	46,9	
6.	9	-.- (R)	15 m	R L	6,5	105,4	6,46	39,8	
					6,5	109,6	6,37	39,2	
7.	10	-.- (L)	18 m	R L	8,2	108,1	7,08	50,7	
					8,5	122,7	8,49	51,0	
8.	10	Schwimmen (RL)	23 w	R L	18,4	128,3	8,38	60,5	
					18,2	125,7	8,14	62,6	
9.	10	Aerobic (R)	17 w	R L	11,3	109,5	6,78	43,0	
					11,6	98,5	5,68	41,8	
10.	10	-.- (R)	17 w	R L	9,8	124,5	8,49	44,3	
					9,9	115,3	7,06	40,3	
11.	11	Judo (R)	20 w	R L	10,9	110,3	7,56	54,3	
					10,9	116,9	7,75	54,1	
12.	11	Fußball (R)	15 m	R L	6,6	101,6	5,60	36,0	
					7,5	103,5	5,28	37,7	
13.	11	Geräteturnen (R)	17 w	R L	9,8	111,8	7,16	48,8	
					11,0	116,9	7,61	50,5	

14.	11	Fußball	19	R	11,4	120,5	8,99	52,2
		(R)	w	L	11,3	117,3	8,64	49,9
15.	11	Fußball	14	R	4,6	114,7	6,78	32,0
		(R)	m	L	4,7	110,1	6,63	34,0
16.	11	Fußball	30	R	21,2	159,4	13,93	70,0
		(R)	m	L	23,1	138,0	10,90	69,6
17.	11	Ju-Jutsu, Fußball	17	R	7,3	121,4	7,95	41,2
		(L)	m	L	7,1	135,7	10,12	42,0
18.	11	Kickboxen	18	R	11,3	123,8	8,60	47,6
		(R)	w	L	11,4	119,2	7,62	46,9
19.	12	.-	17	R	7,1	114,2	7,10	42,0
		(R)	w	L	8,6	110,1	6,80	38,2
20.	12	Kegeln	17	R	6,0	125,7	8,27	36,0
		(R)	m	L	6,5	119,6	7,10	35,8
21.	12	Fußball	18	R	11,3	110,6	6,28	44,8
		(R)	m	L	10,2	111,9	6,60	43,6
22.	12	Ju-Jutsu	24	R	11,9	138,3	10,35	57,5
		(L)	m	L	10,8	147,0	12,31	58,6
23.	12	.-	27	R	21,6	143,0	11,04	64,9
		(R)	w	L	19,5	131,0	9,94	64,0
24.	13	Tischtennis	17	R	6,1	116,4	7,03	37,3
		(R)	m	L	7,3	110,1	6,37	38,5

*Tabelle 3.13.: Sonographische Messdaten der Kontrollgruppe*

Obwohl die Aussagekraft des Body-Mass-Indexes (BMI) nicht ohne weiteres auf die kindlichen Maße übertragbar ist, lässt sich dennoch ein Zusammenhang zwischen diesem und den sonographischen Messdaten herstellen. So sind bei extrem hohen bzw. niedrigen BMI-Werten die Muskelmaße für subkutanes Fett sowie Muskelfläche und -umfang im Vergleich zum Kollektiv ebenso signifikant erhöht bzw. erniedrigt. Somit kann der BMI-Wert durchaus als Anhaltspunkt für die kindlichen Körpermaße in Betracht gezogen werden.

### **3.3. MYOSONOGRAPHIE**

Bei der Myosonographie wurden anhand eines eigens für unsere Studie entworfenen Befundbogens (siehe Kapitel 2.2.3.) verschiedene myosonographische Parameter festgehalten. Der Befundbogen basiert auf einem Befundbogen der Kinderradiologischen Abteilung der Universität Magdeburg und wurde uns mit freundlicher Genehmigung von Herrn Priv.-Doz. Dr. L. v. Rohden als Grundlage zur Verfügung gestellt.

Wir fassten unter dem Überbegriff „Makrostruktur“ Veränderungen, die in der Regel größer als 1mm waren, zusammen und untersuchten die Parameter Echogenität, Schallpenetration, Faziendarstellung, subkutane Echogenität sowie subkutane Dicke, Verteilungsmuster und Muskeldicke.

Unter dem Überbegriff „Mikrostruktur“ erfassten wir Veränderungen, die kleiner als 1mm waren. Die myosonographischen Parameter der Granulationen, Lamellen und der retikulären Zeichnung wurden festgehalten.

Zusätzlich achteten wir auf Besonderheiten, wie auf Faszikulationen, also sichtbare, regellose, blitzartige Kontraktionen von Muskelbündeln ohne Bewegungseffekt und ob uns die Strukturen verwaschen bzw. schleierartig getrübt erschienen (Echotextur).

Wir beurteilten den Ausprägungsgrad der Veränderungen und stellten die Seitendifferenz fest. Abschließend hielten wir unter dem Begriff „Anmerkungen“ etwaige Besonderheiten des Untersuchungsablaufes, der Myosonographie und des untersuchten Kindes während der Untersuchung fest.

### 3.3.1. ECHOGENITÄT

Die Echogenität der Muskulatur wurde in vier Stufen beurteilt. Wir unterteilten in verminderte, normale, leicht erhöhte und deutlich erhöhte Echogenität.

Im Hüftdysplasiekollektiv war eine verminderte Echogenität bei 1 von 38 Kindern festzustellen, das entspricht 3% des Kollektivs. 24 Kinder (= 63 %) hatten eine normale, bei 13 Kindern (= 34 %) war eine erhöhte Echogenität festzustellen. Eine „stark erhöhte“ Echogenität ließ sich bei keinem der Kinder feststellen.

Im Kontrollkollektiv stellten wir bei 19 von 24 Kindern eine normale Echogenität fest, das entspricht 79 %. 4 von 24 Kindern (= 17 %) hatten eine leicht erhöhte, 1 Kind (= 4 %) eine stark erhöhte Echogenität der Muskeln. Bei keinem der Kinder konnte eine verminderte Echogenität festgestellt werden.

Echogenität	HDs, n=38	Angabe in Prozent	Kontrollen, n=24	Angabe in Prozent
vermindert	1	3 %	0	0 %
normal	24	63 %	19	79 %
erhöht	13	34 %	4	17 %
stark erhöht	0	0 %	1	4 %

Tabelle 3.14.: Echogenitätsunterschiede

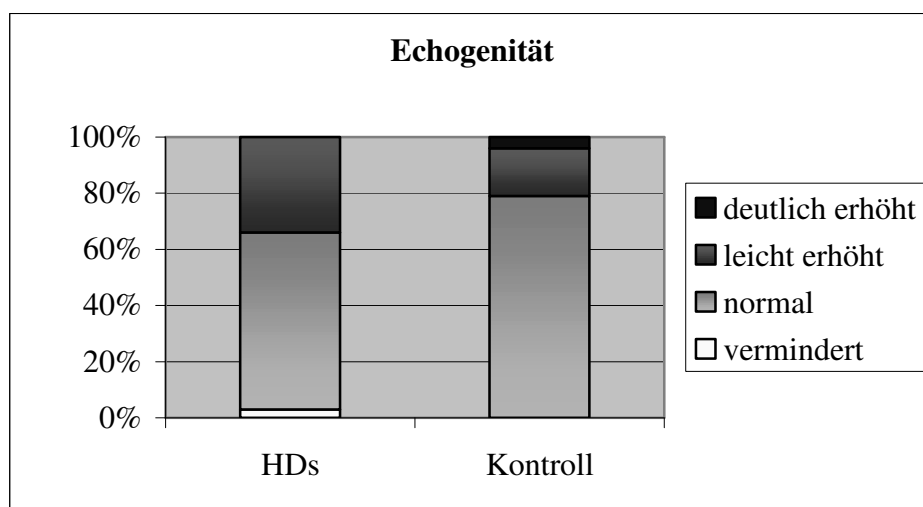


Abbildung 3.2.: Graphische Darstellung von Tabelle 3.14.



### 3.3.2. SCHALLPENETRATION IM MUSKELGEWEBE

Die Schallpenetration konnte entweder verstärkt, normal oder herabgesetzt sein.

Im Hüftdysplasiekollektiv fanden wir bei 33 von 38 Kindern (= 87 %) eine normale, bei 5 von 38 Kindern (= 13 %) eine herabgesetzte Schallpenetration.

Im Kontrollkollektiv stellten wir bei 20 von 24 Kindern (=83 %) eine normale Schallpenetration und bei 4 von 24 (= 17 %) eine herabgesetzte Schallpenetration fest.

Bei keinem der Kinder konnte entweder eine verstärkte oder eine stark herabgesetzte Schallpenetration festgestellt werden.

Schallpenetration	HDs, n= 38	Angabe in Prozent	Kontrollen, n=24	Angabe in Prozent
<i>verstärkt</i>	0	0 %	0	0 %
normal	33	87 %	20	83 %
herabgesetzt	5	13 %	4	17 %
<i>stark herabgesetzt</i>	0	0 %	0	0 %

Tabelle 3.15.: Schallpenetrationsunterschiede

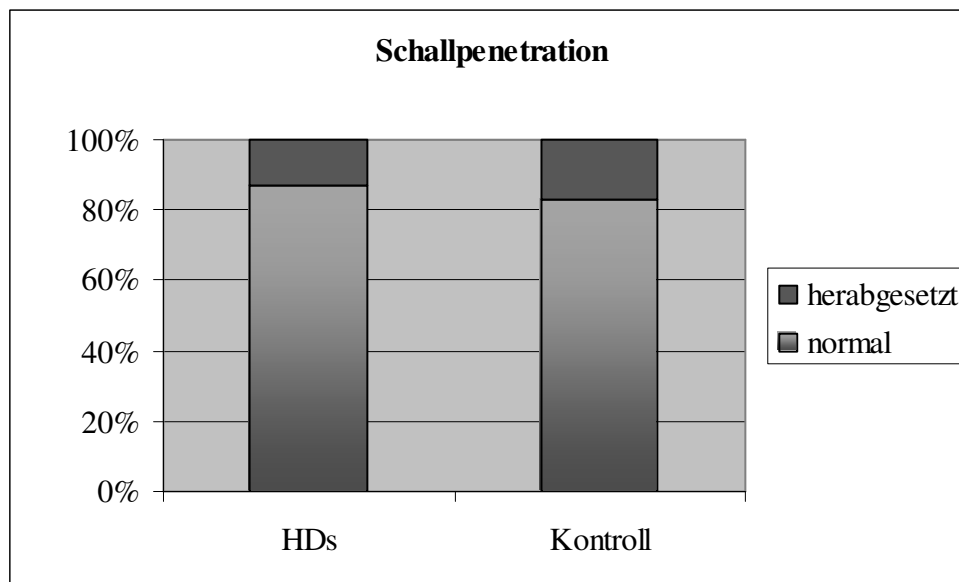


Abbildung 3.3.: Graphische Darstellung von Tabelle 3.15.

### 3.3.3. FASZIENDARSTELLUNG

Die Beurteilung der muskulären Faszien erfolgte nach den Kriterien „normal“, „unscharf“ und „verschleiert“.

Bei 32 von 38 Kindern des Hüftdysplasiekollektivs, das entspricht 84 %, fand sich eine normale Darstellung der Faszien. Bei 6 von 38 (= 16 %) zeigte sich eine leichte Unschärfe.

Im Kontrollkollektiv fanden wir bei 20 von 24 Kindern, das entspricht 83 %, normale und gut abgrenzbare Muskelfaszien. Bei 4 von 24 Kindern (= 17 %) stellten wir eine leichte Unschärfe fest.

Eine „verschleierte“ Fasziendarstellung ließ sich bei keinem der Kinder beider Kollektive nachweisen.

Fasziendarstellung	HDs, n = 38	Angabe in Prozent	Kontrollen, n=24	Angabe in Prozent
normal	32	84 %	20	83 %
unscharf	6	16 %	4	17 %
verschleiert	0	0 %	0	0 %

Tabelle 3.16.: Fasziendarstellung

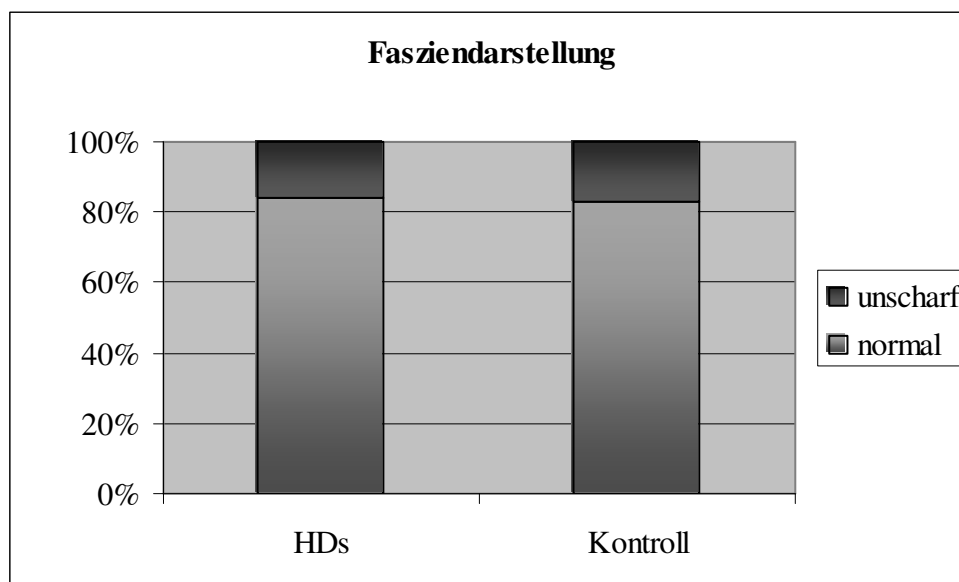


Abbildung 3.4.: Graphische Darstellung von Tabelle 3.16.

### 3.3.4. SUBKUTANE ECHOGENITÄT

Die subkutane Echogenität wurde vergleichbar der Muskelechogenität beurteilt. Wir teilten ein in eine verminderte, normale, vermehrte und stark vermehrte subkutane Echogenität.

Im Hüftdysplasiekollektiv zeigte sich bei 31 von 38 Kindern (= 82 %) eine normale, bei 7 von 38 (= 18 %) eine vermehrte subkutane Echogenität.

Im Kontrollkollektiv fanden wir bei 22 von 24 Kindern, das entspricht einem prozentualen Anteil von 92 %, eine normale, bei 2 von 24 Kindern (= 8 %) eine vermehrte subkutane Echogenität.

Eine verminderte oder stark vermehrte subkutane Echogenität wurde in keinem der Fälle festgestellt.

Subkutane Echogenität	HDs, n =38	Angabe in Prozent	Kontrollen, n=24	Angabe in Prozent
<i>vermindert</i>	0	0 %	0	0 %
normal	31	82 %	22	92 %
vermehrt	7	18 %	2	8 %
<i>stark vermehrt</i>	0	0 %	0	0 %

Tabelle 3.17.: Subkutane Echogenität

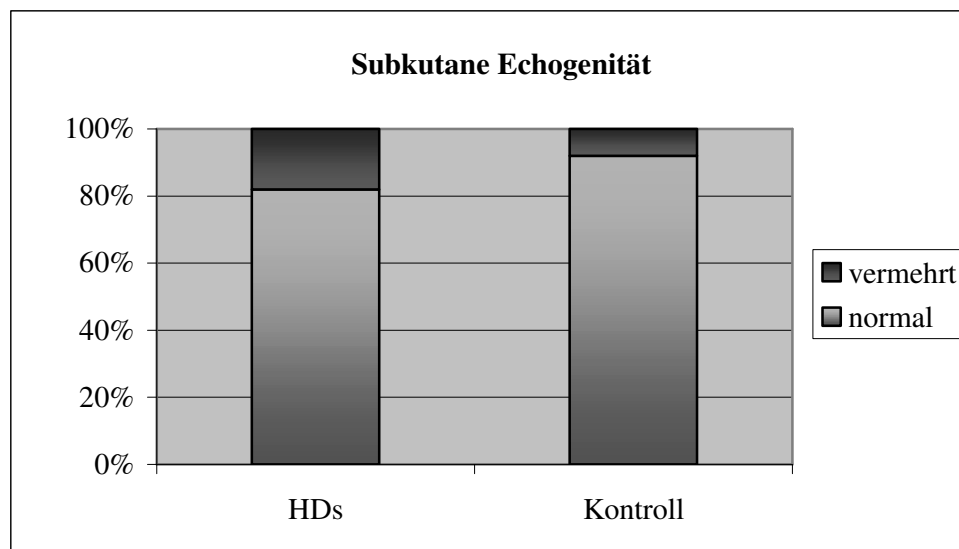


Abbildung 3.5.: Graphische Darstellung von Tabelle 3.17.

### 3.3.5. SUBKUTANE FETTSCHICHT

Bei der Dicke des Subkutanfettes unterschieden wir lediglich zwischen normal und vermehrt. Bei 28 von 38 Kindern (= 74 %) des Hüftdysplasiekollektivs stellten wir eine normale, bei 10 von 38 (= 26 %) eine vermehrte Subkutanfettschicht fest.

15 von 24 Kindern (= 62 %) des Kontrollkollektivs besaßen eine normale, 9 von 24 Kindern (= 38 %) eine vermehrte Dicke des Subkutanfettes.

Die genaueren Messwerte werden am Ende des Ergebnisteils zusammengefasst dargestellt.

Subkutane Fettschicht	HDs, n =38	Angabe in Prozent	Kontrollen, n=24	Angabe in Prozent
normal	28	74 %	15	62 %
vermehrt	10	26 %	9	38 %

Tabelle 3.18.: Dicke der subkutanen Fettschicht

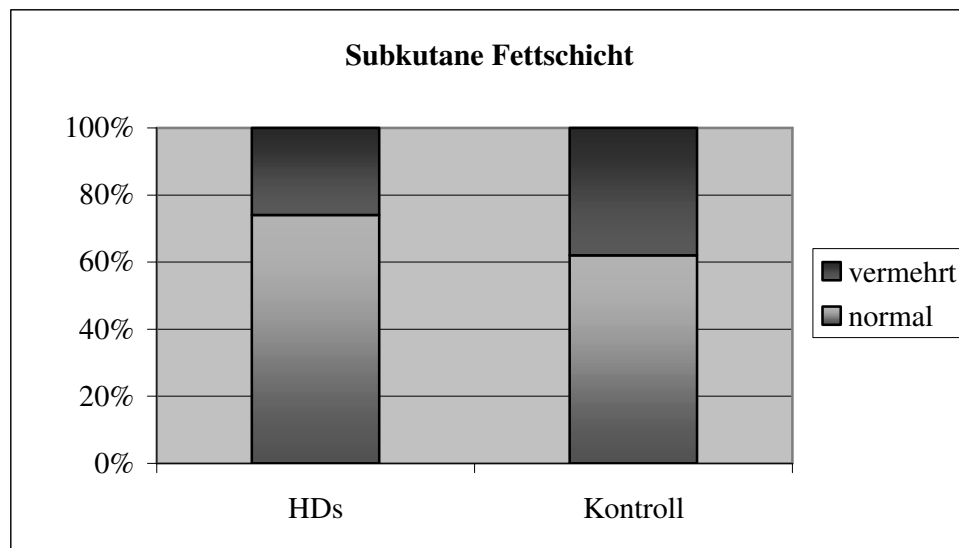


Abbildung 3.6.: Graphische Darstellung von Tabelle 3.18.

### 3.3.6. INTRAMUSKULÄRES VERTEILUNGSMUSTER

Als nächstes interessierte uns das intramuskuläre Verteilungsmuster, das wir nach der Homogenität bzw. Inhomogenität beurteilten.

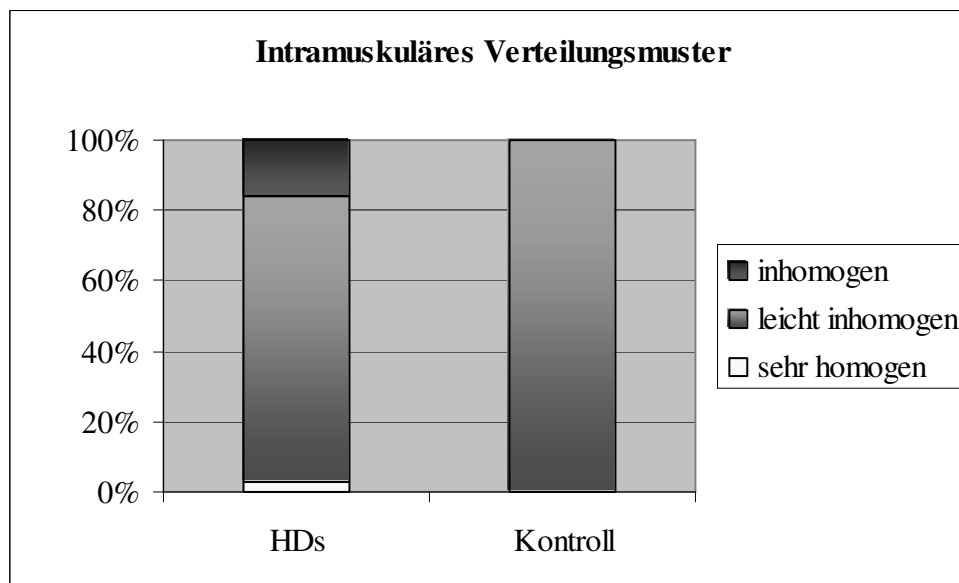
Dabei fand sich im Hüftdysplasiekollektiv bei 1 von 38 Kindern (= 3 %) ein sehr homogenes Muster, bei 31 von 38 (= 81 %) ein leicht inhomogenes und bei 6 von 38 Kindern (16 %) ein inhomogenes Verteilungsmuster der Muskelbinnenstruktur

Bei allen 24 Kindern (= 100%) des Kontrollkollektivs wurde eine leichte Inhomogenität festgestellt.

Eine starke Inhomogenität konnte bei keinem der Kinder nachgewiesen werden.

Verteilungsmuster	HDs, n =38	Angabe in Prozent	Kontrollen, n=24	Angabe in Prozent
sehr homogen	1	3 %	0	0 %
leicht inhomogen	31	81 %	24	100 %
inhomogen	6	16 %	0	0 %
stark inhomogen	0	0 %	0	0 %

*Tabelle 3.19.: Intramuskuläres Verteilungsmuster*



*Abbildung 3.7.: Graphische Darstellung von Tabelle 3.19.*

### 3.3.7. MUSKELDICKE

Die Muskeldicke des M. Quadriceps femoris wurde im Normvergleich semiquantitativ eingeteilt. Wir teilten in eine verminderte, eine normale und in eine vermehrte Muskeldicke ein.

Im Hüftdysplasiekollektiv zeigte sich bei 4 von 38 Kindern (= 10 %) eine verminderte, bei 31 von 38 Kindern (= 82 %) eine normale und bei 3 von 38 Kindern (= 8 %) eine vermehrte Muskeldicke.

Im Kontrollkollektiv stellten wir bei 21 von 24 Kindern (= 88 %) eine normale und bei 3 von 24 Kindern (= 12 %) eine vermehrte Muskeldicke fest. Die exakten myosonographischen Meßdaten der Muskeln sind den Tabellen am Ende des Ergebnisteils zu entnehmen.

Muskeldicke	HDs, n =38	Angabe in Prozent	Kontrollen, n=24	Angabe in Prozent
vermindert	4	10 %	0	0 %
normal	31	82 %	21	88 %
vermehrt	3	8 %	3	12 %

Tabelle 3.20.: Muskeldicke des M. Quadriceps femoris

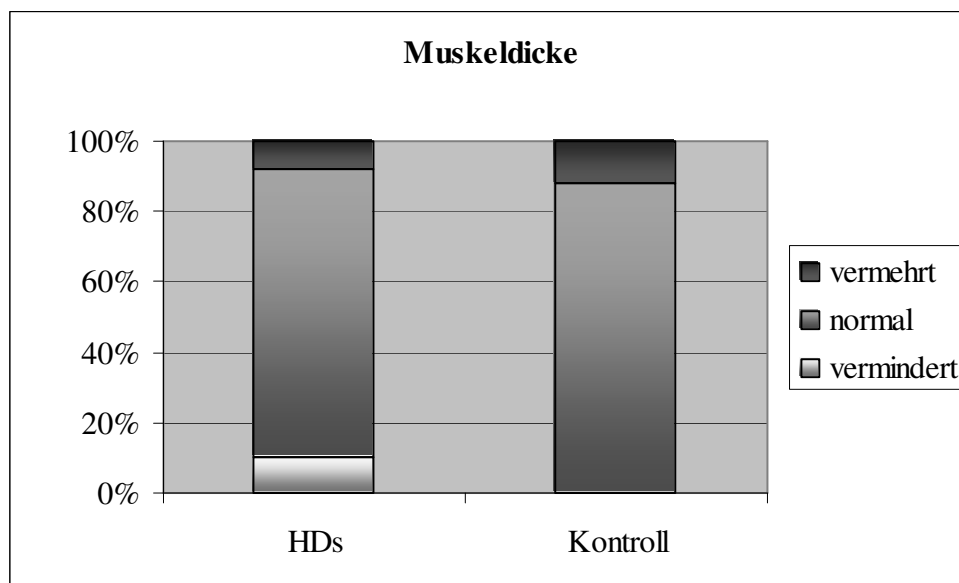


Abbildung 3.8.: Graphische Darstellung von Tabelle 3.20.

### 3.3.8. INTRAMUSKULÄRE BINDEGEWEBSZEICHNUNG

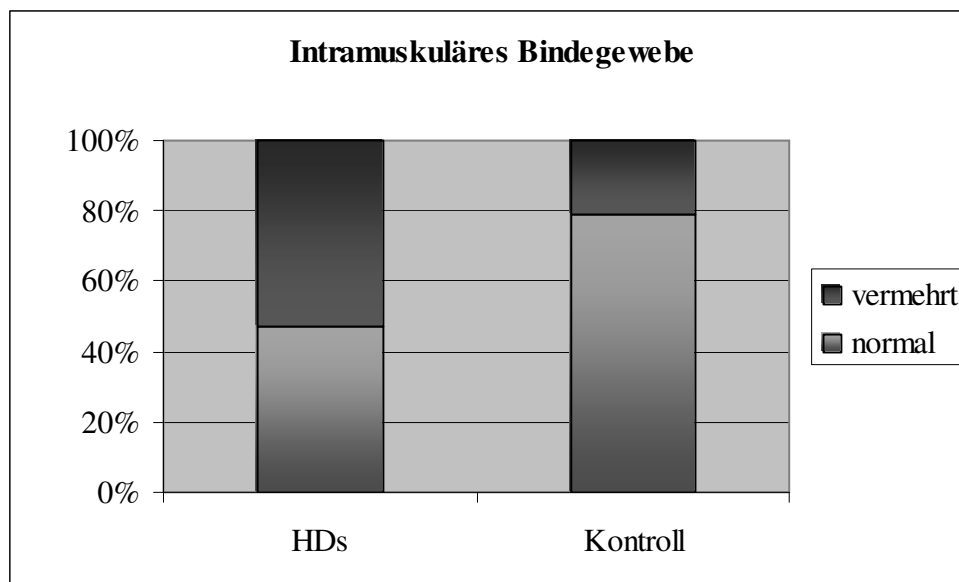
Bindegewebe, welches sich im Muskelgewebe darstellte, teilten wir in normal und vermehrt vorhandenes Bindegewebe ein.

Dabei fand sich im Hüftdysplasiekollektiv bei 18 von 38 Kindern, das entspricht 47 %, eine normale Zeichnung,. Bei 20 von 38 Kindern (= 53 %) fand sich eine leicht vermehrte Bindegewebszeichnung.

Im Kontrollkollektiv fanden wir bei 19 von 24 Kindern (= 79 %) normale Bindegewebsverhältnisse, bei 5 von 24 (= 21 %) leicht vermehrte bindegewebige intramuskuläre Strukturen.

<b>Bindegewebszeichnung</b>	<b>HDs, n = 38</b>	<b>Angabe in Prozent</b>	<b>Kontrollen, n=24</b>	<b>Angabe in Prozent</b>
vermindert	0	0 %	0	0 %
normal	18	47 %	19	79 %
vermehrt	20	53 %	5	21 %

*Tabelle 3.21.: Intramuskuläre Bindegewebszeichnung*



*Abbildung 3.9.: Graphische Darstellung von Tabelle 3.21.*

### 3.3.9. GRANULATIONEN

Granulationen waren Strukturen, die wir unter dem Begriff Mikrostrukturen erfassten. Dies sind rundliche intramuskuläre Strukturen, die in der Regel unter 1mm groß sind. Wir unterteilten in feine, normale, grobe und sehr grobe Granulationen.

Bei 36 von 38 Kindern des Hüftdysplasiekollektivs, das entspricht 95 %, zeigten sich normale Granulationen. Nur bei 2 von 38 Kindern (= 5 %) erschienen uns die Granulationen etwas grobkörnig.

Im Kontrollkollektiv waren bei 2 von 24 Kindern (= 8 %) feinkörnige Granulationen zu sehen, ansonsten normale unauffällige Granulationen bei 22 von 24 Kindern (= 92 %).

Sehr grobkörnige Strukturen waren nicht festzustellen.

Granulationen	HDs, n = 38	Angabe in Prozent	Kontrollen, n=24	Angabe in Prozent
fein	0	0 %	2	8 %
normal	36	95 %	22	92 %
grob	2	5 %	0	0 %
sehr grob	0	0 %	0	0 %

Tabelle 3.22.: Mikrostrukturen 1: Granulationen

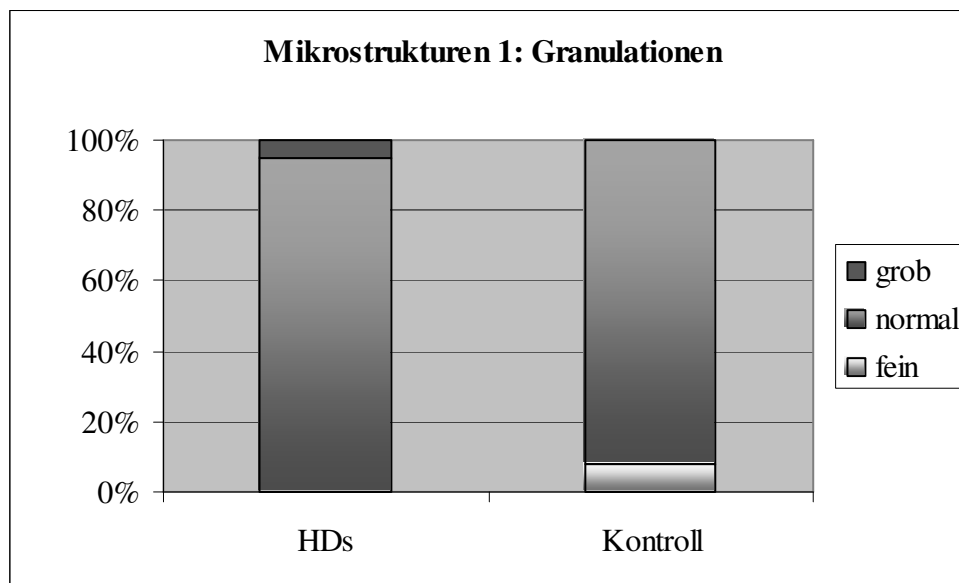


Abbildung 3.10.: Graphische Darstellung von Tabelle 3.22.



### 3.3.10. LAMELLEN

Abzugrenzen von den Granulationen waren die länglichen, sprich lamellären intramuskulären Mikrostrukturen. Diese beurteilten wir nach kurz lamellär, normal, lang lamellär und sehr lang lamellär.

Kurze Lamellen waren nur bei 1 von 38 Kindern (= 3 %) des Hüftdysplasiekollektivs festzustellen. 37 von 38 Kindern, also 97 %, hatten normale, unauffällige lamelläre Muskelbinnenstrukturen.

Wir konnten bei allen 24 Kindern des Kontrollkollektivs (= 100 %) normale lamelläre Strukturen feststellen.

Lange bzw. sehr lange lamelläre Mikrostrukturen kamen nicht vor.

Lamellen	HDs, n = 38	Angabe in Prozent	Kontrollen, n=24	Angabe in Prozent
kurz	1	3 %	0	0 %
normal	37	97 %	24	100 %
lang	0	0 %	0	0 %
sehr lang	0	0 %	0	0 %

Tabelle 3.23.: Mikrostrukturen 2: Lamellen

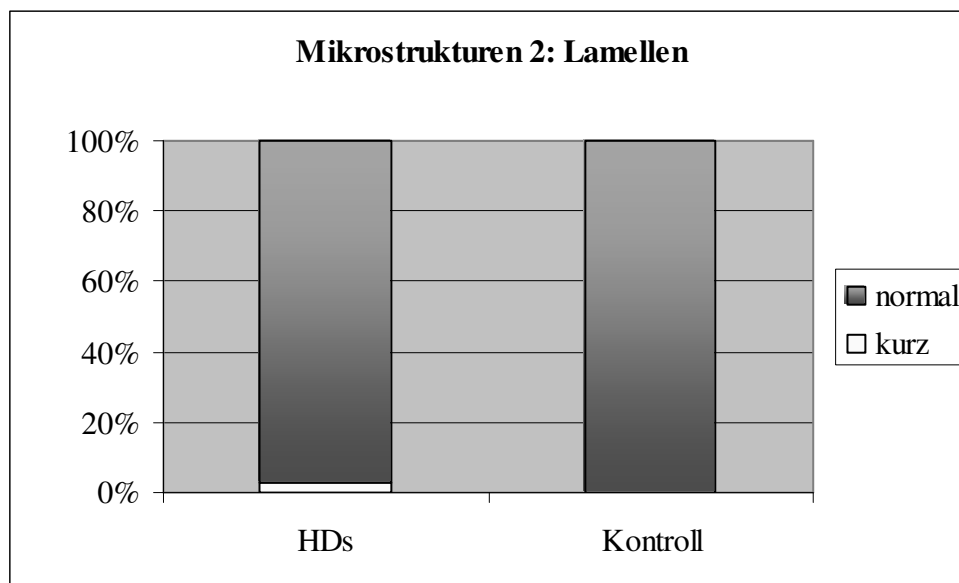


Abbildung 3.11.: Graphische Darstellung von Tabelle 3.23.

### 3.3.11. RETIKULÄRE ZEICHNUNG

Ein weiteres myomorphologisches Kriterium der Mikrostrukturen war die netzartige Zeichnung der Muskelbinnenstruktur.

Lediglich 1 von 38 Kindern (= 3 %) des Hüftdysplasiekollektivs wies eine leichte retikuläre Zeichnung auf. Bei 37 von 38 Kindern (= 97 %) war diese Zeichnung nicht vorhanden.

Ebenso ließ sich im Kontrollkollektiv keine retikuläre Zeichnung nachweisen.

Eine ausgeprägte retikuläre Zeichnung war demnach bei keinem der Kinder festzustellen.

<b>Retikuläre Zeichnung</b>	<b>HDs, n =38</b>	<b>Angabe in Prozent</b>	<b>Kontrollen, n=24</b>	<b>Angabe in Prozent</b>
nicht vorhanden	37	97 %	24	100 %
vorhanden	1	3 %	0	0 %
<i>ausgeprägt</i>	0	0 %	0	0 %

Tabelle 3.22.: Mikrostrukturen 3: Retikuläre Zeichnung

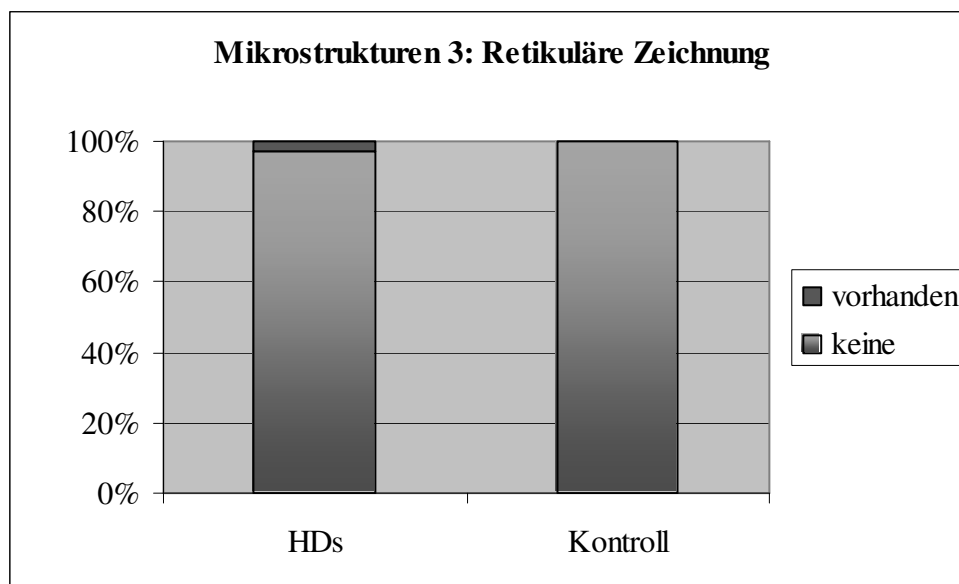


Abbildung 3.12.: Graphische Darstellung von Tabelle 3.22.

### 3.3.12. SPONTANAKTIVITÄT

Um die Spontanaktivität der Muskel beurteilen zu können, mussten wir den Schallkopf eine gewisse Zeit auf einer Stelle ruhen lassen und den Bildschirm sowie die untersuchte Stelle beobachten. Wir achteten auf Faszikulieren, das ist ein nach außen sichtbares Muskelzucken einzelner Muskelbündel.

Dies war bei 4 von 38 Kindern (=11 %) des Hüftdysplasiekollektivs zu beobachten. Bei 34 von 38 Kindern, also 89 %, war keine Spontanaktivität zu beobachten.

Im Kontrollkollektiv war bei lediglich 2 von 24 Kindern temporäres Faszikulieren zu beobachten. Das entspricht einem prozentualen Anteil von 8 %. Die übrigen 22 Kinder (= 92 %) wiesen keine Spontanaktivitäten auf.

Faszikulieren	HDs, n =38	Angabe in Prozent	Kontrollen, n=24	Angabe in Prozent
temporär vorhanden	4	11 %	2	8 %
nicht vorhanden	34	89 %	22	92 %

Tabelle 3.25.: Spontanaktivität I: Faszikulationen

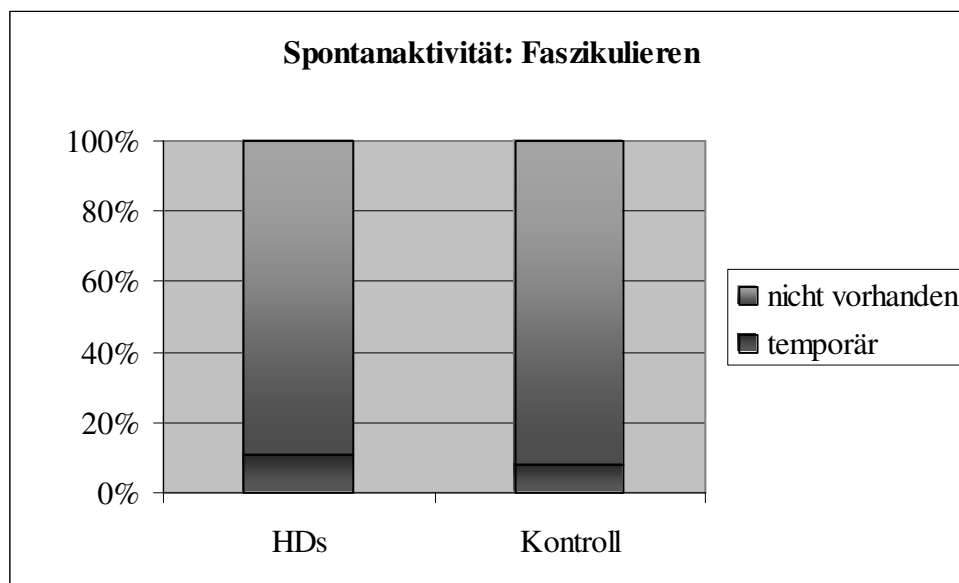


Abbildung 3.13.: Graphische Darstellung von Tabelle 3.25.

### 3.3.13. VERMINDERTE ECHOTEXTUR

Wir beurteilten auch den Gesamteindruck der dargestellten Veränderungen.

Uns erschienen lediglich bei 2 von 38 Kindern (= 5 %) der Hüftdysplasiegruppe die Veränderungen als schleierartig getrübt. Bei den restlichen 36 Kindern (=95 %) war die Beurteilung klar möglich.

Im Kontrollkollektiv war der Gesamteindruck des myosonographischen Bildes lediglich bei 1 von 24 Kindern (= 4%) leicht getrübt. Bei 23 von 24 Kindern (= 96 %) waren die Strukturen klar zu erkennen.

Verminderte Echotextur	HDs, n = 38	Angabe in Prozent	Kontrollen, n=24	Angabe in Prozent
leicht vorhanden	2	5 %	1	4 %
nicht vorhanden	36	95 %	23	96 %

Tabelle 3.26.: Verminderte Echotextur bzw. schleierartige Trübung

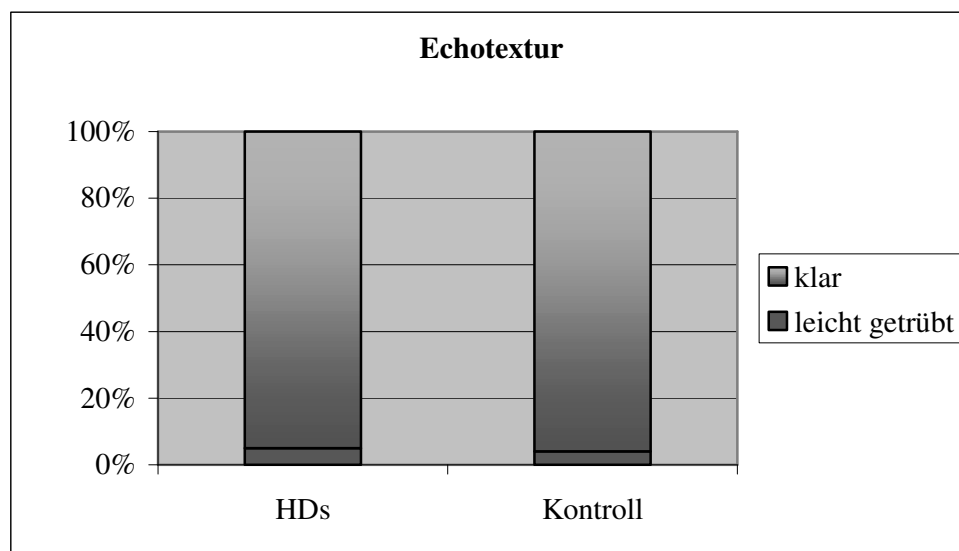


Abbildung 3.14.: Graphische Darstellung von Tabelle 3.26.

### 3.3.14. SEITENDIFFERENZ DER VERÄNDERUNGEN

Schließlich stellten wir fest, welche Seite von den oben angegebenen Veränderungen stärker betroffen war. Dabei fanden wir im Hüftdysplasiekollektiv bei 20 von 38 Kindern (= 52 %) rechtsbetonte, bei 9 von 38 Kindern (24 %) linksbetonte und bei weiteren 9 von 38 Kindern (= 24 %) bilaterale Veränderungen.

Die myosonographisch erkennbaren Veränderungen im Kontrollkollektiv waren bei 10 von 24 Kindern (= 42 %) rechtsbetont, bei 4 von 24 Kindern (= 16 %) linksbetont und bei den übrigen 10 (= 42 %) nahezu gleichmäßig bilateral verteilt.

Veränderungen	HDs, n = 38	Angabe in Prozent	Kontrollen, n=24	Angabe in Prozent
rechtsbetont	20	52 %	10	42 %
linksbetont	9	24 %	4	16 %
bilateral	9	24 %	10	42 %

Tabelle 3.27.: Seitendifferenz der Veränderungen

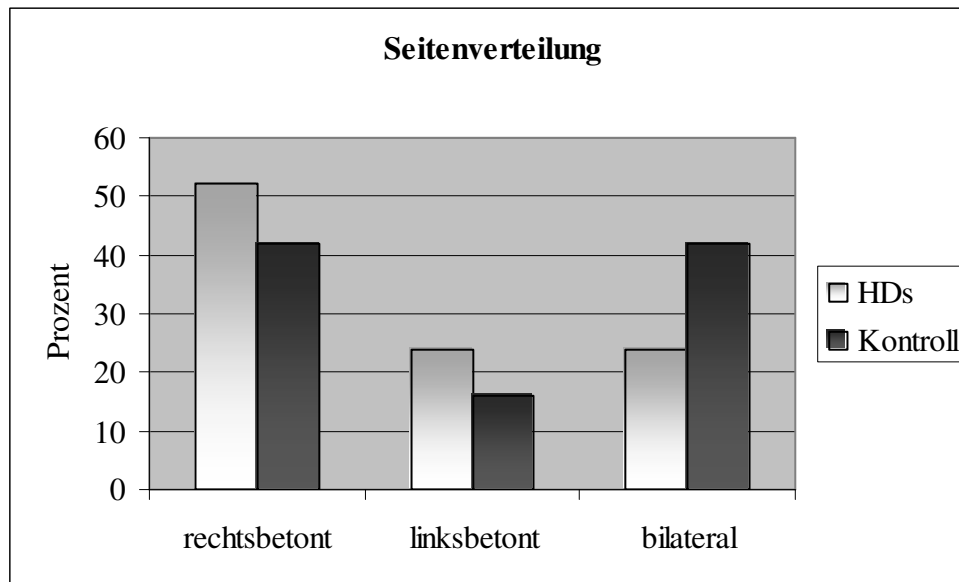


Abbildung 3.15.: Graphische Darstellung von Tabelle 3.27.

### 3.3.15. BESONDERHEITEN UND ANMERKUNGEN

In dieser Rubrik fassten wir aufgetretene Besonderheiten und eventuelle Schwierigkeiten der sonographischen Untersuchung zusammen.

In unserem Hüftdysplasiekollektiv verzeichneten wir bei einem Kind einen adipösen und bei einem weiteren einen sehr adipösen Allgemein- und Ernährungszustand.

Auffälligkeiten im Kontrollkollektiv waren die erschwerten Schallbedingungen bei 5 von 24 Kindern. 4 Kinder (= 17 %) wiesen einen adipösen, 1 von 24 Kindern (= 4 %) einen sehr adipösen Allgemein- und Ernährungszustand auf. Bei diesen Kindern waren die myosonographischen Veränderungen auch deutlicher. Siehe dazu die Sonogramme in Kapitel 3.4.2. Ansonsten gab es unter diesem Stichwort keine weiteren Bemerkungen.

Besonderheiten	HD n=38	Angabe in Prozent	Kontr. n=24	Angabe in Prozent
keine	36	95 %	19	79 %
erschwerte Schallbedingungen (Adipositas)	2	5 %	5	21 %

Tabelle 3.28.: Besonderheiten der sonographischen Untersuchung

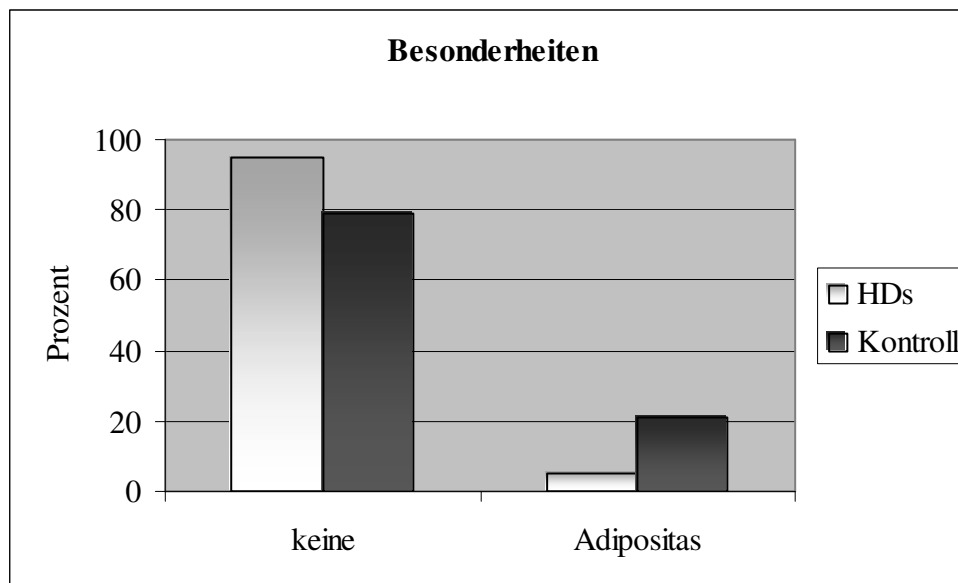


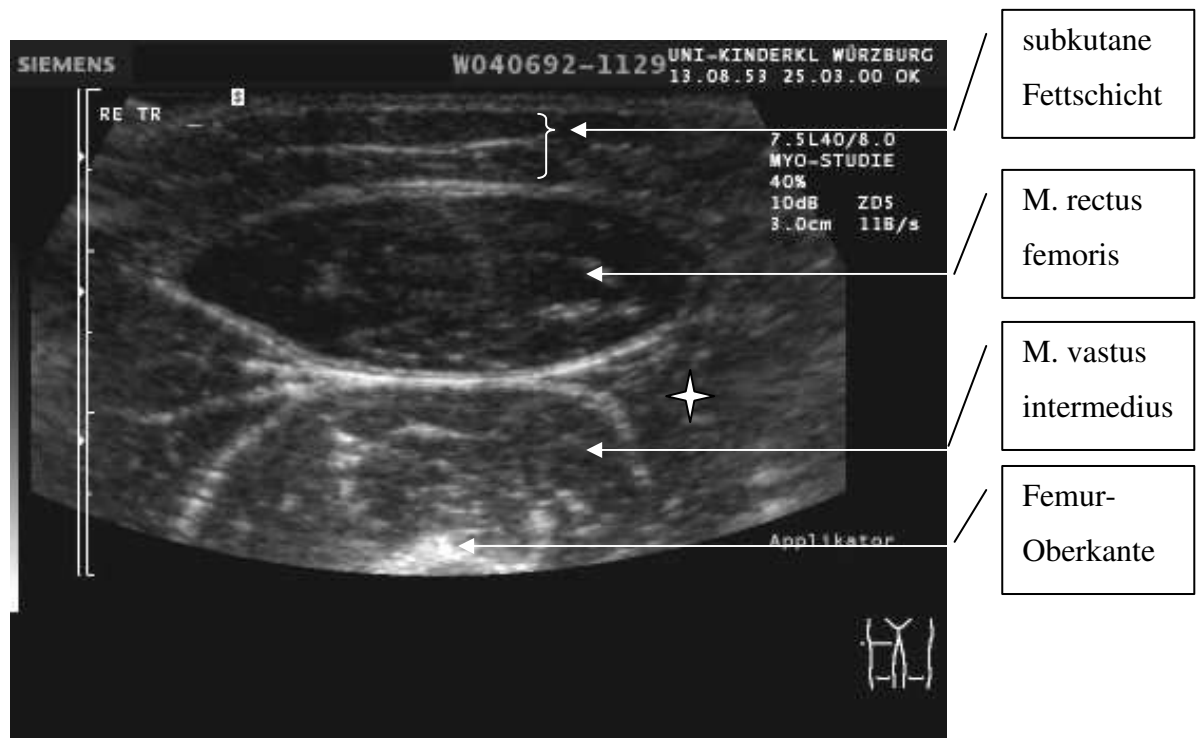
Abbildung 3.16.: Graphische Darstellung von Tabelle 3.28.

### 3.4. BEISPIELSONOGRAMME

#### 3.4.1. NORMALBEFUND

Bei der Myosonographie wurden standardmäßig sechs Aufnahmen des Oberschenkels angefertigt. Dies waren im Einzelnen pro Seite jeweils ein Übersichts-Transversalschnitt, ein Transversalschnitt mit Erhebung von Messdaten und ein Longitudinalschnitt.

Dazu wurde der Schallkopf auf den Oberschenkel, in die Mitte zwischen Spina iliaca anterior superior und oberer Patellakante, aufgesetzt.



*Abbildung 3.17.: Der erste Transversalschnitt diente zur genauen Beurteilung der Muskelfeinstrukturen, die wir anhand des Myosonographie-Befundbogens beurteilten.*

*Die Abbildung zeigt beispielhaft den Normalbefund eines 8-jährigen Mädchens aus der Hüftdysplasiegruppe.*

Die ovale, gut abgrenzbare Struktur in der Bildmitte von Abbildung 3.17. stellt den Musculus rectus femoris dar, darunter der M. vastus intermedius. Der M. vastus medialis liegt in dieser Abbildung rechts vom M. intermedius (siehe „Sternmarkierung“). Die Quadricepsanteile sind durch ein Fazienseptum getrennt. Die Muskeln M. rectus femoris und M. vastus intermedius

dienten uns als Anteile der Quadricepsgruppe zur genaueren Befunderstellung, da diese am besten reproduzierbar darzustellen und zu beurteilen waren.

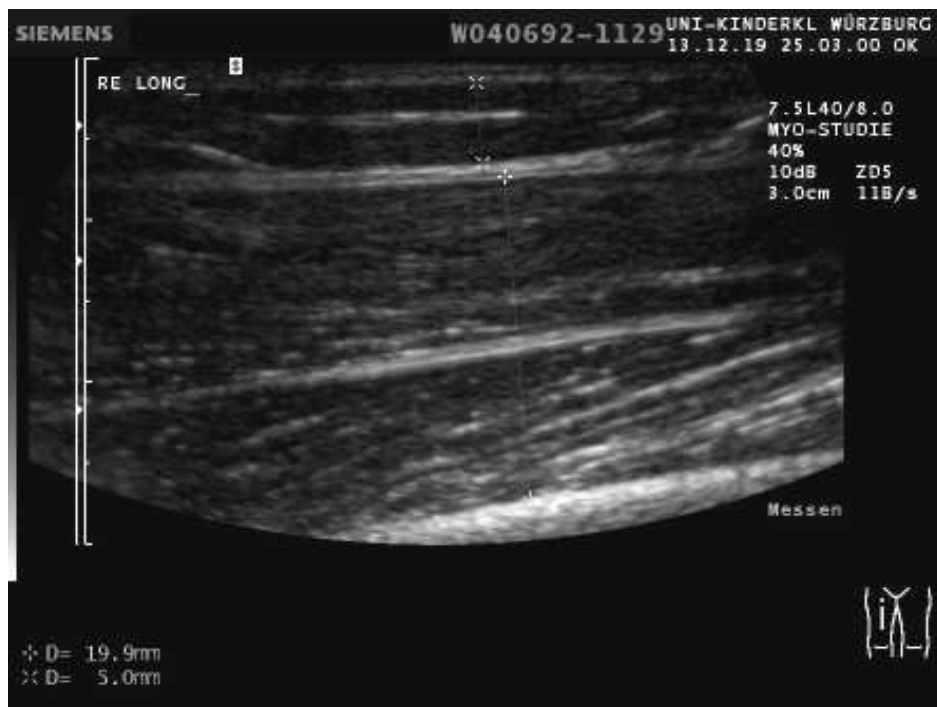
Die Einstellungen des Sonographiegerätes wurden während den ganzen Untersuchungen nicht verändert, um einheitliche Standardbedingungen zu gewährleisten.



Abbildung 3.18.: Im zweiten Transversalschnitt maßen wir die subkutane Fettschichtdicke, den Abstand zwischen Haut und Femurkante, die Muskelfläche und den Muskelumfang des M. rectus femoris.

In Abbildung 3.18. werden die Strukturen sehr deutlich. Man erkennt in der Bildmitte wieder den M. rectus femoris, diesmal von einer Messlinie umfahren, die uns Auskunft über Umfang U (hier  $U=80,4$  mm) und Fläche A (hier  $A=3,40$  cm<sup>2</sup>) gibt. Auch ist hier der Femurknochen als tiefste halbmondförmige Struktur im Transversalschnitt gut zu erkennen. Messpunkte zwischen Femuroberkante und Haut (hier  $D=29,4$  mm) geben den Abstand an. Oberhalb des M. rectus femoris liegt die subkutane Fettschicht, die ebenfalls ausgemessen wurde (hier  $D=5,2$  mm). Dem Femur liegt direkt der M. vastus intermedius auf, links davon liegt der M. vastus lateralis, rechts davon der M. vastus medialis.

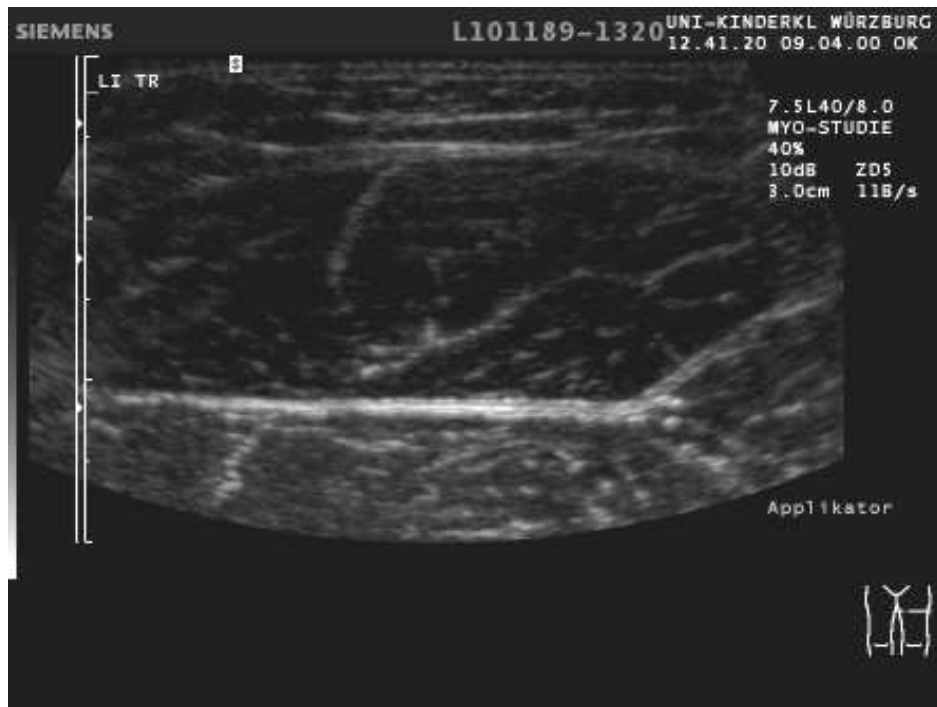




*Abbildung 3.19.: Der Longitudinalschnitt an derselben Stelle diente noch einmal zur Beurteilung der Muskelbinnenstrukturen, wobei hier die Muskelfasern, lamelläre Strukturen und eventuelle Spontanaktivitäten besser zu beurteilen waren.*

Das aktive Muskelspiel wurde vor allem im Longitudinalschnitt beobachtet. Wir legten erneut Messpunkte an das subkutane Fettgewebe (hier D=5,0 mm) und zwei Messpunkte zwischen die Muskelanteile des M. rectus femoris und M. vastus intermedius (hier D=19,9 mm).

Sehr schön in dieser Abbildung ist wieder der klar abgrenzbare Femur am Unterrand zu erkennen, er bestätigt die senkrechte Stellung des Schallkopfes. Die einzelnen Muskelfasern stellen sich ebenfalls in longitudinaler Richtung (= Zugrichtung) eindrucksvoll dar.



*Abbildung 3.20.: Der Transversalschnitt eines 11-jährigen Jungen aus dem Kontrollkollekti.*

In Abbildung 3.20. erkennt man in vergrößerter Darstellung wieder die Quadricepsanteile M. rectus femoris und darunter den M. vastus intermedius etwas oberhalb der Oberschenkel-Mitte. Den M. rectus femoris durchzieht eine bindegewebige Struktur, ein Muskelseptum. Das Septum zieht sich von der Muskeloberkante ungefähr bis zur Hälfte des Durchmessers in die Tiefe. Der Femurknochen ist in dieser Abbildung nicht zu sehen.

### 3.4.2. BEISPIELE NORMABWEICHENDER BEFUNDE

#### 3.4.2.1. ECHOGENITÄT

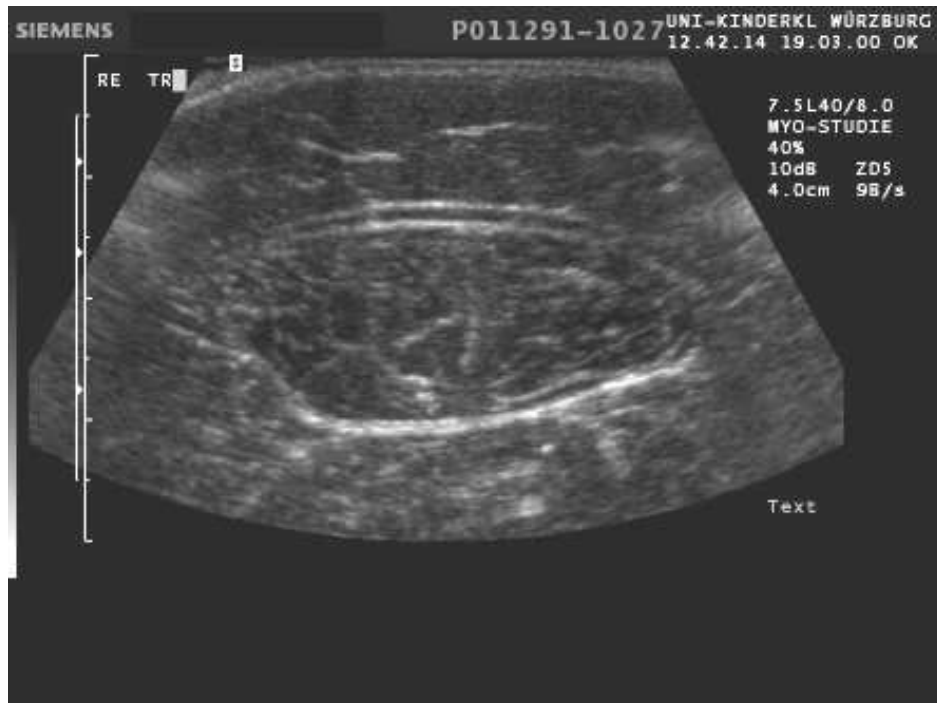


Abbildung 3.21.(transversal) und 3.22.(longitudinal): Erhöhte Echogenität bei einem 9-jährigen Mädchen der Hüftdysplasiegruppe mit relativ dicker Subkutanfettschicht





Abbildung 3.23.: Verminderte Echogenität des M. rectus femoris im Vergleich zum darunterliegenden M. vastus intermedius bei einem 8-jährigen Mädchen der Hüftdysplasiegruppe. Haut und Subkutis sind unauffällig.

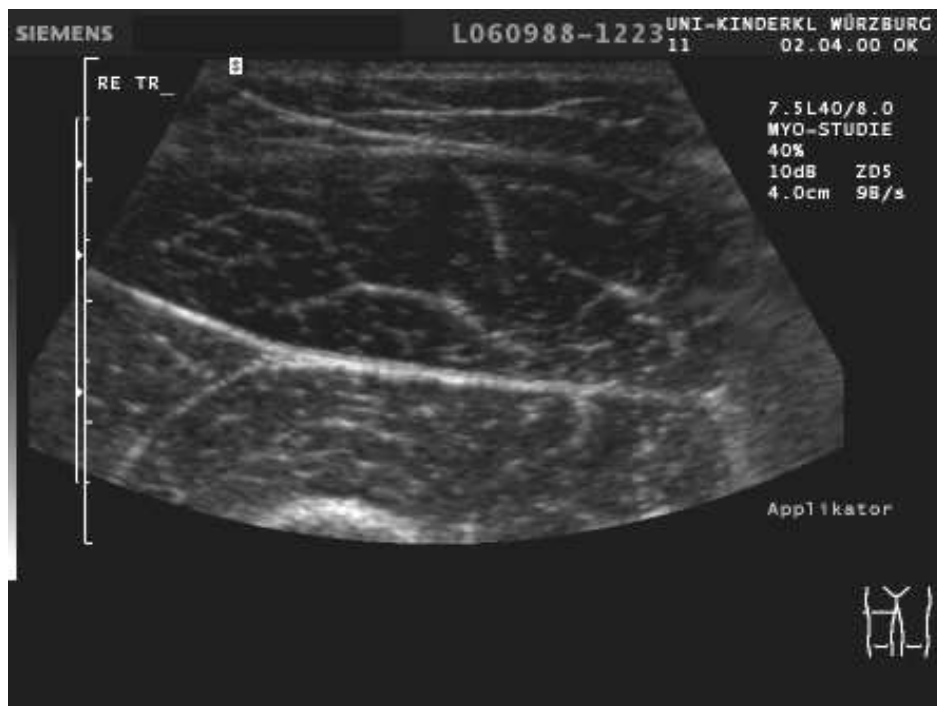
### 3.4.2.2. SCHALLPENETRATION/FASZIENDARSTELLUNG



Abbildung 3.24.: 8-jähriges Mädchen des Kontrollkollektivs, bei dem mehrere Befunde dargestellt werden können

In Abbildung 3.24. ist die subkutane Fettgewebsschicht mit  $D= 27,4$  mm stark vermehrt. Die Schallpenetration ist hier vermindert und es lassen sich die Faszien nur unscharf darstellen. Ebenso ist in diesem Beispiel auf die vermehrten Muskelmaße mit Umfang  $U= 136,9$  mm und der Fläche  $F= 10,31$  cm<sup>2</sup> im Vergleich zu anderen 8-jährigen Mädchen hinzuweisen.

### 3.4.2.3. INTRAMUSKULÄRE BINDEGEWEBSZEICHNUNG



*Abbildung 3.25.: Vermehrte intramuskuläre Bindegewebszeichnung bei einem 12-jährigen Jungen des Kontrollkollektivs*

Die Abbildung 3.25. zeigt beispielhaft eine Bindegewebszeichnung, die wir als vermehrt einstufen. Die Muskelfläche ist in verstärktem Maße von Bindegewebsanteilen durchsetzt und fiel im Vergleich zu den übrigen Normbefunden auf.

#### 3.4.2.4. MIKROSTRUKTUREN

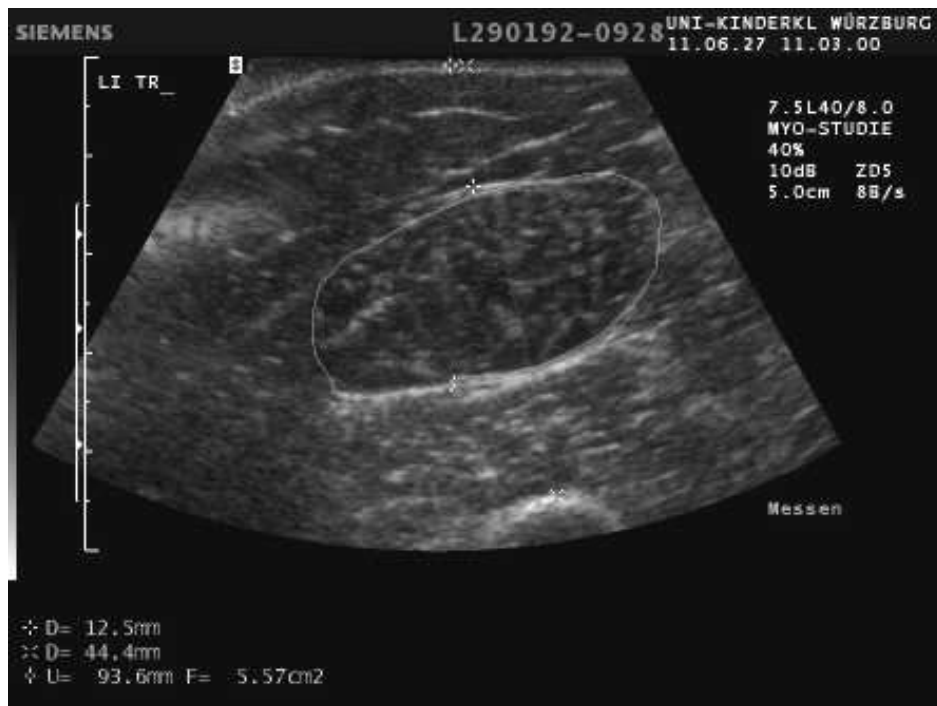


Abbildung 3.26.: vermehrte intramuskuläre körnige Mikrostrukturen, die wir als Granulationen bezeichneten, bei einem 8-jährigen Mädchen der Hüftdysplasiegruppe

In Abbildung 3.26. fällt neben der Verbreiterung der Fettschicht eine Vermehrung von körnigen Muskelbinnenstrukturen, Granulationen genannt, auf.

Die Echogenität ist leicht erhöht, die Schallpenetration etwas herabgesetzt.

### 3.4.2.5. BESONDERHEITEN



Abbildung 3.27.: Linke Quadricepsmuskelgruppe bei einem 12-jährigen Jungen des Hüft dysplasie kollektivs mit z.n. gezieltem Muskelaufbautraining des M. quadriceps femoris nach Knie-Band-Verletzung links

Bei dem 12-jährigen Jungen in Abbildung 3.27. sind deutlich die auftrainierten Muskeln der linken Quadricepsgruppe zu sehen. Der Muskel hat an dieser Stelle einen Umfang  $U = 140,4$  mm, eine Fläche  $F = 10,99$  cm<sup>2</sup> und eine Dicke  $D = 22,2$  mm. Zum Vergleich seien die Maße des rechten Oberschenkels in selber Höhe genannt: Umfang  $U(\text{rechts}) = 138,8$  mm, Fläche  $F(\text{rechts}) = 11,66$  cm<sup>2</sup> und Dicke  $D(\text{rechts}) = 25,4$  mm.

Wir verglichen die Muskelmaße beider Seiten mit den Angaben der Kinder bezüglich sportlicher Aktivität und Betonung eines Beines bei Belastung. Wir führten dazu die Bezeichnungen „Rechtsfüßer“ und „Linksfüßer“ ein vergleichbar der Bezeichnungen „Rechtshänder“ und „Linkshänder“.





Abbildung 3.28.: Muskelmaße des rechten Oberschenkels eines 9-jährigen Jungen der Hüftdysplasiegruppe, der als „Linksfüßer“ eingestuft wurde.

Die Muskelgruppe in Abbildung 3.28. hat einen Umfang  $U = 83,4$  mm und eine Fläche  $F = 4,07$  cm<sup>2</sup>. Zum Vergleich seien hier die Maße des linken Oberschenkelsonogrammes angegeben: Umfang  $U = 106,4$  mm und Fläche  $F = 6,20$  cm<sup>2</sup>. Der Junge belastet sein linkes Bein somit stärker. Dies deckt sich mit den anamnestischen Angaben des Jungen.

## **4. DISKUSSION**

### **4.1. ZUR LANGZEITPROGNOSE VON KINDERN MIT KONNATALER HÜFTDYSPLASIE**

Wir haben in dieser Studie anamnestische und muskelsonographische Daten von Kindern mit therapierter Hüftdysplasie Grad IIc und schlechter gesammelt, um Aussagen zur Langzeitprognose der früh diagnostizierten und behandelten Hüftdysplasie machen zu können.

Wie stellten uns die Frage, ob und in wie weit sich diese Daten von einem gesunden Kontrollkollektiv unterscheiden lassen. Sind mit dieser Methode verlässliche Aussagen möglich, wie sich ein Kind 7 bis 12 Jahre nach Diagnose und Therapie einer konnatalen Hüftdysplasie entwickelt?

Die Muskelsonographie wird bisher vor allem in der Neurologie bzw. Neuropädiatrie und Orthopädie verwendet, um Krankheitsverläufe darstellen zu können. So stellen einige Autoren auffällige intramuskuläre Verkalkungen bei Polymyositiden dar (4), andere nutzen die Muskelsonographie zur Diagnose der Rhabdomyolyse (12, 35) oder der Malignen Hyperthermie im Kindesalter (68, 69). Es lassen sich zahlreiche Arbeiten zur Verlaufsdokumentation und Diagnose von Muskeldystrophien finden (82), wie z.B. der Duchenne'sche Muskeldystrophie (14, 15, 9), der Gliedergürtel-Dystrophie (24), oder zur Darstellung muskulärer Veränderungen bei der Myositis ossificans (37) und allgemein bei entzündlichen Muskelerkrankungen (58, 59, 62, 33).

Einige Autoren widmen sich allein der bloßen Darstellung von Muskelgewebe mittels Ultraschall (3, 10, 21, 22, 23, 30, 38, 50, 52) bzw. den Möglichkeiten der Muskelsonographie in der Diagnose von neuromuskulären Erkrankungen (9, 13, 15, 24, 25, 27, 31, 34, 40, 43, 44, 48, 56, 61, 65, 70, 72, 89). Die Sonographie wird praktischer Weise oft zur nicht-invasiven und unschädlichen Messung von Muskeln, auch im Zusammenhang mit neuromuskulären Erkrankungen, herangezogen (1, 3, 7, 28, 29, 85, 86, 87, 88).

Neurologisch-orthopädische Erkrankungen, wie Muskeltraumata (11), Muskelatrophien im Alter (63), nach Gelenkersatz-Operationen (55) bzw. nach Amputationen (74), sind ebenfalls in die Aufgabenbereiche der Muskelsonographie gerückt.

So hat sich für uns die Muskelsonographie als eine Möglichkeit des Vergleiches von Muskelmorphologien angeboten.

## **4.2. BEURTEILUNG VON PATIENTEN UND METHODE**

### **4.2.1. PATIENTEN UND KONTROLLGRUPPE**

Wir ermittelten anhand eingehender Aktenrecherche in der Orthopädischen Universitätsklinik Würzburg (König-Ludwig-Haus) n=146 Patienten, die die Kriterien für unsere Studie erfüllten. Von diesen angeschriebenen 146 Kindern bzw. Eltern erhielten wir n = 81 beantwortete Fragebögen zurück. Dies entspricht einer positiven Resonanz von 55 %. Nach dem Zufallsprinzip losten wir aus diesen 81 Kindern eine Anzahl von 40 Kindern für unsere Untersuchung aus. Kurzfristige Absagen wurden durch im Nachrückverfahren ebenfalls per Los ermittelte Kinder ersetzt. Wir kamen schließlich auf eine endgültige Studiengruppe von n= 38 Kinder mit austerapiertem Hüftdysplasie Grad IIc und schlechter der Jahrgänge 1987 bis 1992.

Die Rekrutierung der Kontrollkinder gestaltete sich als unerwartet schwierig. Die Bereitschaft der Grundschulen bzw. der Eltern, die Kinder für etwa einen halben Tag an der Kinderklinik vorzustellen, war gering. Von drei angeschriebenen Schulen erklärten sich zwei zur Weitergabe der Informationsbriefe bereit.

Die mangelnde Resonanz unserer Bemühungen, Kontrollkinder zu rekrutieren, dürfte nicht an mangelnder Information gelegen haben. Unsere Informationsbriefe an die Schulen und Eltern wurden sehr ausführlich und allgemein verständlich gehalten (siehe Anhang). Spezielle Fachausdrücke wurden vermieden und deutlich auf die Unschädlichkeit sowie die Unverbindlichkeit der Teilnahme an den Untersuchungen hingewiesen. Es war den teilnehmenden Kindern jederzeit erlaubt, die Untersuchung ohne Angabe von Gründen abzubrechen. In der endgültig ermittelten Kontrollgruppe von n = 24 Kindern aus zwei an das Klinikgelände angrenzenden Grund- bzw. Gesamtschulen konnten die Untersuchungen jedoch ohne Unterbrechungen durchgeführt werden. Die gewonnenen Ergebnisse waren für unsere Studie brauchbar.

Auffallend in der Kontrollgruppe war ein Ausländeranteil von 25 %. Einige Elternteile kamen auch mit der Begründung, ihr Kind „mal wieder durchchecken“ zu lassen und setzten die Studienuntersuchung mit einem kostenlosen Arztbesuch gleich. Diese Eltern wurden dann explizit vor den Untersuchungen nochmals ausführlich über Sinn und Zweck unserer Studienuntersuchungen aufgeklärt. Sie wurden auch darüber informiert, dass die Untersuchung keinen Besuch beim Kinderarzt ersetzen kann. Aufklärungsgespräche wurden zudem schriftlich dokumentiert und durch gegenseitige Unterschrift bestätigt.

In der Kontrollgruppe fand sich ein Anteil fettleibiger Kinder von 21 %, in der Gruppe der

Hüftdysplasiekinder lediglich ein Anteil von 5 %. Es bleibt die Frage offen, ob und in wie weit dieses Ergebnis mit einem mangelndem Ernährungs- bzw. Gesundheitsbewusstsein der Eltern in Zusammenhang steht. Möglich wäre, dass die Eltern der Hüftdysplasiekinder durch die Vorgeschichte ihrer Kinder ein anderes Gesundheitsbewusstsein als die Eltern gesunder Kinder entwickelt haben.

#### **4.2.2. DIE MYOSONOGRAPHIE ALS BILDGEBENDES VERFAHREN UNSERER STUDIE**

Die Sonographie bietet gegenüber anderen bildgebenden Verfahren entscheidende Vorteile, die sie zu einem nicht mehr wegzudenkenden diagnostischen Mittel, besonders in der Pädiatrie, werden lassen. Die Sonographie ist mit ihrer nicht-invasiven Technik ohne ionisierende Strahlung eine relativ kostengünstige Untersuchung, die zudem noch mobil einsetzbar ist. Es sind aber auch Nachteile zu nennen, die es gilt zu beachten. Selbst nach aufwendigem Untersuchertraining bleibt eine gewisse Subjektivität bei der Bilderstellung, -erkennung und -interpretation. Auch ist der hohe ärztliche Zeitaufwand für eine gründliche Untersuchung nachteilig. Selbst der erfahrene Untersucher erkennt nur den kleineren Teil der tatsächlichen sonographischen Bildinformation (70).

Anzustreben ist eine Standardisierung der Untersuchung, um den klinisch oft schwer zu fassenden Direktvergleich zwischen gesundem und pathologischem Muskelultraschall zu umgehen. Einen Direktvergleich zwischen einem Kind aus der Hüftdysplasiegruppe und einem gesunden Kind selber Statur und selben Geschlechts und Alters nebeneinander auf einer Untersuchungsliege durchzuführen, überspannte die Möglichkeiten des organisatorischen Aufwandes. Es wurde versucht, bei jeder Untersuchung die Konstanten Geräteeinstellung, Untersuchungstechnik, -ablauf und Untersucher beizubehalten.

#### 4.2.2.1. TECHNISCHE VORRAUSSETZUNGEN

Bei der Sonographie der Oberschenkelmuskulatur benutzen wir einen Linearschallkopf mit 7,5 MHz Hauptfrequenz, bei dem wir das Bilddarstellungsformat „Sektorfeld“ wählten. Die Übersicht über das zu schallende Gebiet wurde dadurch optimiert. Als Untersuchungsfrequenz wurde 8 MHz gewählt. In der Literatur besteht über die optimale Schallfrequenz noch Uneinigkeit, doch werden bei Erwachsenen im Allgemeinen 3,5- bis 5-MHz-Schallköpfe benutzt, bei Kindern eher 5- bis 7,5-MHz-Schallköpfe (57, 70, 38, 22, 23, 27).

Zur Verwendung der optimalen Frequenz ist zu erwähnen, dass die Grundeinheit der Muskulatur, die Muskelfaser, eine Dicke von bis zu 0,1 mm misst. Durch kollagene Bindegewebsfasern werden diese zu größeren Einheiten, den Muskelfaserbündeln von ca. 0,3 mm Durchmesser, zusammengefasst. Die Vereinigung mehrerer Muskelfaserbündel durch das Perimysium internum schafft Funktionseinheiten, die in der Größenordnung der axialen Auflösung derzeitiger Ultraschallgeräte liegen. Aus diesem Bauprinzip leitet sich das sonographische Erscheinungsbild der „normalen“ Muskulatur ab (19). Man sieht ein als „Speckle-muster“ zu beschreibendes Bild, welches in Echostruktur und Textur aus den Wechselwirkungen von Schallreflexion, -absorption und -streuung entsteht.

Der gesunde Muskel ist bei angemessener Einstellung der Untersuchungsparameter echoarm, fibroadipöse Septen und v.a. die Epimysien (Faszien) und Knochenechos sind gut zu erkennen (Abb. 3.17., 3.18. und 3.19.). Die Echogenität ist abhängig vom Alter (mit zunehmendem Alter steigende Echointensitäten) und Geschlecht (bei Frauen meist höhere Echointensitäten als bei Männern) (65).

Die Wellenlänge  $\lambda$  ist das grobe Maß für die Detailerkennbarkeit. Sie berechnet sich aus dem Quotienten aus Ausbreitungsgeschwindigkeit (Phasengeschwindigkeit)  $c$  und der Frequenz  $f$  einer elektromagnetischen Welle: Wellenlänge  $\lambda = c / f$ . Das heißt, je höher die Frequenz  $f$  ist, desto kleiner ist die Wellenlänge und somit die Größe der gerade noch erkennbaren Strukturen. Für eine Frequenz  $f$  von 7 MHz ergibt sich eine Wellenlänge  $\lambda$  von 0,21 mm. Dies bedeutet für die Anwendung des Muskel-Ultraschalls, dass eine Frequenz von etwa 7 MHz eine nahezu optimale Detailerkennung zulässt.

Auf eine geeignete Fokussierung ist stets zu achten (57). Wir wählten für den Schallsektor drei Fokuszonen der Länge 3,0, d.h. die jeweilige Abbildungstiefe ist in drei gleichgroße Fokuszonen aufgeteilt, um eine ausreichende Fokussierung über den gesamten Bildausschnitt zu erhalten. Dies erwies sich als deutlicher Vorteil der Bildqualität gegenüber nur einer

Fokuszone.

Wichtig ist die Verwendung von ausreichend Kontaktgel zur Verbesserung der akustischen Kopplung. Lufteinschlüsse im Gel sollten unbedingt vermieden werden, weil dadurch niedrige Muskelechogenitäten vorgetäuscht werden (57).

#### **4.2.2.2.            UNTERSUCHUNGSMETHODIK**

Druck auf die zu untersuchende Region muss unbedingt vermieden werden. Durch Druck können sich die zu messenden Muskeldurchmesser verringern und die Echointensitäten der Muskeln erhöhen (13, 15).

Im Ablauf der Untersuchung bedeutete dies auch die Durchführung des Muskelultraschalls unbedingt vor den Übungen aus dem Körperkoordinationstest für Kinder und der Fahrradergometrie. Reimers, C.D. et al. (60) haben 1995 in einer Studie gezeigt, dass die Muskeldicke während und nach sowohl statischer als auch dynamischer Muskelarbeit steigt. Die Muskelechogenität bleibt entweder unverändert, steigt oder sinkt abhängig vom beanspruchten Muskel und der Art der Muskelarbeit. Exemplarisch wurde dies an den Muskeln M. rectus femoris und M. vastus intermedius gezeigt. Die Echogenität des M. vastus intermedius fiel signifikant nach kurzer isometrischer Kontraktion um 26 %. Nach dynamischer Muskelkontraktion stieg die Echogenität signifikant um 19,5 %. Diese Ergebnisse veranlassten uns zur Beibehaltung des gewählten Untersuchungsablaufs, um diese Unsicherheit weitestgehend auszuschließen, zumal sich unsere Ergebnisse auch auf diese Muskelgruppe beziehen.

Jede sonographische Untersuchung wurde damit begonnen, die Mitte der Strecke zwischen Spina iliaca anterior superior und oberer Patellarkante aufzusuchen und ein Übersichtsbild anzufertigen.

Die Muskulatur ist stets senkrecht zu schallen (19). Veränderte Anschlagwinkel ziehen unweigerlich Echogenitätsänderungen der Muskulatur nach sich (18). Um dies weitestgehend zu verhindern, wurde darauf geachtet, den Schallkopf annähernd senkrecht zur Femurkante anzulegen. Die Femurkante stellt eine Grenzfläche dar, die es galt, bei jedem Kind als stark echogene Struktur darzustellen. Dies signalisierte uns, dass der Ein- und Austrittswinkel der Schallwellen annähernd gleich war. So konnten wir davon ausgehen, bei jeder Untersuchung die Muskeln im nahezu selben Winkel anzuschneiden.

Die Sonogramme unserer Studie bestehen aus Quer- und Längsschnitten. Selbst im gesunden Muskel weisen Longitudinalschnitte oft höhere Echointensitäten auf als Transversalschnitte (65).

Im Querschnitt (Querverlauf der Muskelfasern) erscheinen beim gesunden Muskel die Faszien und Septen als echodichte punkt- oder bogenförmige Strukturen, die zwischen die echoarmen Bänder eingelagert sind. In der Mitte des Muskelbauches ist die Anordnung lockerer und nimmt bis zum Übergang in die Septen oder Sehnen zu (20). Dies war ein Grund für die Positionierung des Schallkopfes in der Mitte des M. quadriceps femoris in unseren Sonogrammen, um eine bessere Detailerkennbarkeit und Übersichtlichkeit zu erreichen.

Im Längsschnitt (Längsverlauf der Muskelfasern) wechseln echoarme Bänder von ca. 2 mm Stärke mit strichförmigen echodichten Strukturen. Bei gefiederten Muskeln, in unserer Studie beispielsweise der M. rectus femoris, verdichtet sich diese Anordnung zu den Septen hin. Eine ähnliche Anordnung findet sich am Ende der Muskelbäuche am Übergang zu den Sehnen. Die Muskelfaszie, die den gesamten Muskel oder Muskelbäuche umschließt, ist ebenfalls echodicht. Sie ermöglicht meist eine gute Abgrenzung des Muskels gegen benachbarte Muskelbäuche (20). Wir ließen die Probanden kurze Kontraktionen ausführen und beobachteten das Muskelspiel im Longitudinalschnitt.

Im Querschnittsbild erfassten wir neben morphologischen Daten Messdaten, die uns einen Vergleich zwischen beiden Kollektiven ermöglichen sollten. Dicke des Subkutanfettes, Muskeldicke, Muskelumfang und -querschnittsfläche wurden sonographisch ermittelt und aufgezeichnet. Parameter wie Echogenität, Schallpenetration, Fasziendarstellung, etc. wurden in unserem Befundbogen (siehe Kap. 2.) dokumentiert.

Die Knochen selbst sind weitgehend echofrei (bei stärkerem lipomatösen Umbau erhöhte Echogenität der „Knochenschatten“). Das Unterhautfettgewebe ist echoarm bis frei und durchzogen von echoreichen Septen (65).

### 4.3.

### DIE MYOSONOGRAPHIE IN DER KLINISCHEN ANWENDUNG

Änderungen der Echogenität eines Muskels können einerseits durch einen geänderten Anschallwinkel (18), andererseits durch strukturelle Veränderungen des Muskels hervorgerufen werden. Dies ist bei der Wertung und Beurteilung von Veränderungen unbedingt zu berücksichtigen, da nur selten konstante geometrische Bedingungen vorliegen. Meist bestehen unterschiedliche Winkel, unter dem verschiedene Anteile gefiederter Muskel in die Septen einstrahlen, so dass nie alle Teile eines Muskels gleichzeitig optimal mit senkrechtem Einfall der Schallwellen auf die Muskelfasern in Längs- oder Querverlauf eingesehen werden können (20).

Die Veränderung der Muskelmasse, meist eine Atrophie, ist eines der wichtigsten Merkmale neuromuskulärer Erkrankungen. Bildgebende Verfahren sind die einzige zuverlässige Methode zur Erfassung von Muskeldurchmessern und -querschnittsflächen (28, 29, 5), wohingegen die weit verbreitete Umfangsmessung der Extremitäten das Unterhautfettgewebe mit einschließt und daher sehr ungenau ist.

Die Messung der Muskeldurchmesser kann das tatsächliche Ausmaß der Muskelatrophien oder -hypertrophien unterschätzen (74). Daher sollte zumindest für wissenschaftliche Zwecke die aufwendigere Messung der Querschnittsflächen bevorzugt werden (87), wohingegen im klinischen Alltag die Erfassung der Durchmesser ausreichend sein kann (65).

Bei großen Muskeln kann die Darstellung der Querschnittsflächen mittels Ultraschall an ihre Grenzen stoßen, wenn sich die Muskelquerschnittsfläche nicht komplett auf einem Bild erfassen lässt. Die Magnetresonanztomographie (MRT) und Computertomographie (CT), die allerdings wegen der damit verbundenen Exposition gegenüber potentiell ionisierenden Strahlen für diese Zwecke kaum mehr zu rechtfertigen ist, sind der Sonographie in diesem Punkte überlegen. Sie ermöglichen sogar die Messung der Muskelvolumina. Hinzu kommt, dass in Fällen fortgeschrittenen interstitiellen Umbaus des Muskels (fibrotischer und lipomatöser Umbau) die für die Messung notwendige Darstellung der Epimysien sehr schwierig werden kann, weil diese zusehends sonographisch unsichtbar werden (65).

Muskelatrophien und die viel seltener zu beobachtenden Hypertrophien bei muskulären Fehlbelastungen lassen sich bildgebend gut darstellen, insbesondere wenn die kontralaterale, nicht betroffene Körperseite als Referenz dienen kann (74).

Im Gegensatz zu allen anderen klinischen und paraklinischen Untersuchungen außer der Muskelbiopsie erfassen die bildgebenden Verfahren zuverlässig Veränderungen des



Muskelmeseenchym (d.h. Lipomatose, Fibrose, Ödem, Verkalkungen).

Erkrankungen, die ausschließlich das Muskelmeseenchym betreffen (z.B. interstitielle Myositiden), können daher bildgebend dargestellt werden. Dabei weist die MRT die beste Kapazität, die verschiedenen mesenchymalen Veränderungen zu differenzieren, auf (44, 54, 65, 72).

Sonographisch führen sowohl Fetteinlagerungen als auch Muskelödem zu erhöhten muskulären Echointensitäten, zumindest bei Fetteinlagerungen offensichtlich bedingt durch eine erhöhte Zahl an Impedanzsprüngen (54, 66). Diese Impedanzsprünge ergeben sich an den Grenzflächen zwischen Muskelfasern und Lipozyten. Bei starkem lipomatösem Umbau des Muskels sinken die Echointensitäten wieder, weil die Zahl der Impedanzsprünge durch Konfluieren der Fettzellen wieder geringer wird.

Ödem kann sich sonographisch je nach Ausprägung echoreich oder echoarm darstellen (54). Zudem zeichnet sich ein Muskelödem durch eine homogene Verteilung der Echogenität aus, wobei die Knochenechos gut sichtbar bleiben, wohingegen Fettgewebe häufig etwas inhomogen verteilt ist und bei stärkerer Ausprägung zum Verschwinden des Knochenechos führt. Im Einzelfall kann die Unterscheidung jedoch sehr schwierig sein, bei gleichzeitigem Vorkommen (subakute Erkrankungen) wird sie unmöglich (65).

Lockerer Bindegewebe beeinflusst die Echointensitäten nach PONGRATZ und REIMERS (54, 57, 53) nur wenig.

Der Echogenitätsunterschied zwischen echoarmen und echodichten Anteilen eines Muskels kann individuell sehr unterschiedlich ausgeprägt sein, ohne dass dem ein Krankheitswert zukäme. Bei jüngeren und sportlich trainierten Personen ist der Unterschied in der Regel groß, bei älteren, körperlich inaktiven Personen kann die Muskulatur insgesamt homogen echodichter mit undeutlicher Septierung sein. Möglicherweise hängt dies mit der Hyper- bzw. Hypotrophie der Muskelfasern bei gleichbleibender Menge der Kollagenfasern zusammen (19, 3, 10).

Bei Verletzungen wird das normale Echogenitätsmuster gestört. Das Verhältnis echoarmer Regionen zu echodichten wird aufgrund der Einblutung zugunsten der echoarmen verschoben. In der klinischen Praxis kann die Muskelsonographie somit auch zum Nachweis bzw. Ausschluss von Muskelhämatomen oder Rupturen von Sehnen und Muskeln dienen (19).

Eine intramuskuläre Blutung stellt sich je nach Stadium und Verteilung echoreich (frische Blutung) oder echoarm bis -frei (liquide) dar (54).

Vor allem in der Diagnose von hereditären als auch erworbenen Myopathien kann die Muskelsonographie hilfreich sein. Bei Myopathien kommt es zu Veränderungen in der Muskulatur, die sonographische Korrelate haben. Die zahlenmäßige Abnahme normaler Muskelfasern, die Bindegewebsvermehrung und die Fetteinlagerung führen zu einer Zunahme der Echogenität und zur schlechteren Abgrenzbarkeit der Muskelfasern (19).

Die rechnergestützte Bildanalyse ist ein Hilfsmittel, um die Grauwertverteilungen bestimmten Progressionsstadien der Myopathien zuzuordnen (13). Das Befallsmuster der unterschiedlichen Myopathien bestimmt die Ausdehnung der sonographischen Veränderungen.

Zusammenfassend lassen sich bei unterschiedlichen neuromuskulären Grunderkrankungen myosonographische Auffälligkeiten festmachen. So sind dies im Speziellen bei der Muskeldystrophie DUCHENNE/BECKER ab dem 2. Lebensjahr rumpf- und beinbetonte deutliche Veränderungen mit Strukturauflösung. Bei der Kongenitalen Muskeldystrophie lässt sich eine deutliche Echogenitätsvermehrung bereits ab Geburt feststellen. Spinale Muskelatrophien fallen durch eine verschmälerte Muskulatur, eine Echogenitätsvermehrung, beginnend im M. gluteus, und durch eventuelle Faszikulationen auf. Neurale Muskelatrophien zeigen dagegen eine beinbetonte Echogenitätsvermehrung neben normalen Muskelstrukturen. Die Arthrogryposis zeigt unterschiedliche, zum Teil ausgeprägte Echovermehrungen (79, 77).

Die Beurteilung der sonographisch erhobenen Muskelgewebeeigenschaften ist immer subjektiv, im Gegensatz zur Computertomographie (Hounsfield-Einheiten) sind keine objektiven Echogenitätsmessungen möglich (48).

Die Muskelsonographie bleibt neben der Kernspintomographie, der Histologie und der Molekulargenetik ein zusätzliches diagnostisches Mittel, um Befunde zu bestätigen und Verläufe von Muskelerkrankungen zu dokumentieren. Es ist nicht-invasiv möglich, genaue Aussagen über die Ausprägung und Ausdehnung mesenchymaler Umbauvorgänge zu machen, d.h. der Schweregrad und die Chronizität neuromuskulärer Erkrankungen lassen sich an den bildgebenden Befunden ablesen. Zusätzlich ist in etwas beschränkterem Maße eine Aussage über die Art des mutmaßlichen morphologischen Substrates möglich, also Fett, Bindegewebe, Ödem und Blut.

Aussagen über das Muskelparenchym sind kaum möglich, so dass die Muskelbiopsie für die neuromuskuläre Diagnostik noch unverzichtbar bleibt (54). Hier kann die Sonographie helfen, geeignete Biopsiestellen aufzufinden.

Ebenso sind einfache nicht-invasive, strahlenunschädliche Messungen an Muskeln durchführbar.

#### **4.4. VERGLEICH VON ANAMNESE UND SONOGRAPHISCHEN MESSDATEN**

Wie bereits erwähnt gehörte zum Ablauf einer Untersuchung die ausführliche Anamnese, insbesondere im Hinblick auf die aktive Sportvereinstätigkeit der Kinder. Auch teilten wir die Kinder nach ihren Angaben in „Rechtsfüßer“ und „Linksfüßer“ entsprechend der Bezeichnungen „Rechtshänder“ und „Linkshänder“ ein.

Ein Vergleich der Messdaten des M. rectus femoris von fünf 9-jährigen Kindern mit unterschiedlichem Sportverhalten ergab beispielsweise bei den sportlich aktiven Kindern eine mittlere Muskelquerschnittsfläche  $A$  von  $6,24 \text{ cm}^2$  und einen mittleren Muskelumfang  $U$  von  $102,13 \text{ mm}$ . Die sportlich eher inaktiven Kinder dieses Vergleichs maßen eine mittlere Muskelquerschnittsfläche  $A$  von  $5,72 \text{ cm}^2$  und einen mittleren Muskelumfang von  $101,05 \text{ mm}$ . Damit konnten wir zeigen, dass die aktive sportliche Vereinsteilnahme mit mindestens einmaligem wöchentlichem Training die Muskeltrophik positiv beeinflussen kann. Ähnliche Studien zu Trainingseffekten auf Muskelquerschnittsfläche und Muskelstärke wurden beispielsweise 1983 von YOUNG et al. durchgeführt. Auch sie konnten die positiven Trainingseffekte auf die Quadriceps-Muskelgruppe nachweisen (88).

Der Vergleich zweier 12-jähriger Knaben ähnlicher Konstitution, aber unterschiedlichem Sportverhalten im Sinne von Trainingsintensität und Sportart, ergab einen deutlichen Unterschied. Ein Knabe, der regelmäßig an mindestens zwei Tagen Volleyball trainierte, maß eine Muskelquerschnittsfläche des M. rectus femoris  $A$  von  $10,15 \text{ cm}^2$  und einen Umfang desselben Muskels  $U$  von  $143,4 \text{ mm}$ . Der Knabe, der für diesen Vergleich herangezogen wurde, spielte aktiv im Verein Tischtennis maximal einmal wöchentlich. Dieser Knabe maß eine Muskelquerschnittsfläche des M. rectus femoris  $A$  von  $6,70 \text{ cm}^2$  und einen zugehörigen Umfang  $U$  von  $113,25 \text{ mm}^2$ . Dieses Beispiel verdeutlicht zum einen die hohe interindividuelle Variabilität der Messwerte zweier vergleichbarer Kinder, zum anderen lässt es Rückschlüsse auf die trainierten Muskelpartien bei unterschiedlichen Sportarten zu. Sportarten mit hohen Anforderungen an die Sprungkraft, d.h. Belastung hauptsächlich des M. quadriceps femoris

neben anderen Bein- und Hüftstreckern, können die Trophik des M. quadriceps femoris günstig im Sinne eines Größen- bzw. Volumenwachstums beeinflussen.

Als weiteren Vergleich wählten wir zwei 11-jährige Kinder unterschiedlichen Geschlechts. Wir wollten die Messdaten bezüglich der subkutanen Fettschicht und der Muskelfläche und des Muskelumfanges vergleichen. Beide Kinder waren sportlich aktiv und vergleichbar konstituiert. Das Mädchen maß eine subkutane Fettschicht von 10,4 mm, bei einer Muskelquerschnittsfläche von 7,39 cm<sup>2</sup> und einem Umfang von 114,35 mm. Der Knabe maß bei einer subkutanen Fettschicht von 7,2 mm eine Muskelquerschnittsfläche von 9,04 cm<sup>2</sup> und einen Umfang von 128,55 mm. Dies würde bedeuten, dass Kinder vergleichbarer Konstitution aber unterschiedlichen Geschlechts sich dahingehend in den Messwerten unterscheiden, dass Mädchen bei geringeren Muskelmaßen über eine vermehrte subkutane Fettschicht gegenüber Knaben verfügen. Diese Messergebnisse decken sich weitgehend mit den Ergebnissen in der Literatur (28, 1) zum Verhalten von subkutaner Fettschichtdicke und Geschlecht.

In der Literatur bestehen bisher noch wenige Angaben zu Normalwerten der Quadriceps-Muskelgruppe. Eine englische Studie von WILLAN et al. (2002) sammelte beispielsweise Daten zur Variabilität von menschlichen Muskeln der Quadricepsgruppe (85). Die Variabilität der anatomischen Beziehung der verschiedenen Quadricepsanteile war enorm weit gefächert, so betrug der Koeffizient der Variation 60 % und mehr. Die Ergebnisse der Studie stützen sich auf anatomische Sektionsbefunde von vorwiegend älteren Erwachsenen zwischen 59 und 97 Jahren. Ein Vergleich mit den myosonographisch erhobenen Daten unserer Studienkinder ist nur indirekt möglich. So zeigen auch unsere Daten eine große Variabilität insbesondere der Muskelumfänge und der intramuskulären Bindegewebsstrukturen. Unsere Daten stellen so einen Beitrag zur Sammlung von Muskelmaßen der Quadricepsgruppe von Kindern im Alter zwischen 7 und 12 Jahren dar.

Wir verglichen die Angaben zum bevorzugten Bein mit den sonographisch erhobenen Messwerten. Die genauen Zahlenwerte sind im Ergebnisteil dargestellt.

Unsere Messergebnisse stützen die Aussage, dass die subkutane Fettschicht des bevorzugten Beines kleiner ist als die Fettschicht des vernachlässigten Beines, d.h. bei Linksfüßern ist die Fettschicht am rechten Bein dicker, bei Rechtsfüßern die am linken Bein.

Die übrigen Muskelmaße, wie der Umfang U, die Fläche A und die Gesamtdicke d (Knochen;Haut) des bevorzugten Beines sind größer als die Maße des vernachlässigten bzw. schwächeren Beines.

Bei unklaren Angaben zur Bevorzugung eines bestimmten Beines oder bei gleichermaßen beanspruchten bzw. trainierten Beinen, ergeben sich Werte, die ebenfalls nicht eindeutig auf eine Bevorzugung eines bestimmten Beines schließen lassen.

Bei der Hüftdysplasiegruppe fällt auf, dass unklare Angaben zur Bevorzugung eines Beines eher in die Kategorie „Linksfüßer“ fallen.

#### **4.5. HÜFTDYSPLASIE UND NEUROMUSKULÄRE ERKRANKUNGEN**

Die Diagnostik von Bewegungsstörungen im Säuglings- bzw. frühen Kindesalter erfordert besondere Aufmerksamkeit. Bei einer Reihe von definierten Erkrankungen können Bewegungseinschränkungen auftreten. So z.B. bei der Meningomyelozele, der Arthrogyrosis, bei diversen Fußdeformitäten, bei einem Tortikollis, bei Syndaktylien und schließlich bei der Hüftgelenkdysplasie (77). Die Zusammenarbeit von Kinderärzten, bevorzugt mit neuropädiatrischen Zusatzkenntnissen, Orthopäden und Physiotherapeuten ist hier in besonderem Maße gefordert. In Deutschland gibt es seit 1989 die Möglichkeit, entwicklungsauffällige Kinder in einem sozialpädiatrischen Zentrum, einer interdisziplinären Einrichtung, vorzustellen. Hier kann zwischen idealer, normaler und verzögerter Entwicklung differenziert werden. Therapien können somit effizient eingesetzt werden.

In Deutschland sind 5 bis 10 % aller Säuglinge bewegungs auffällig. Es gilt zu bedenken, dass etwa 20 % aller Kinder, insbesondere im ersten Lebensjahr, keine lineare Entwicklung haben, sondern Varianten zeigen, ohne dass dies mit späteren Entwicklungsstörungen in Zusammenhang steht. Die Aufklärung motorischer Entwicklungs auffälligkeiten kann differentialdiagnostische Schwierigkeiten bereiten.

Die umfangreichste Differentialdiagnostik erfordert das klinische Symptom der Muskelhypotonie. Verschiedene neuromuskuläre Erkrankungen können Ursache einer solchen Muskelhypotonie sein, dabei können die Myelitis, Muskelatrophien, Muskelstrukturanomalien, Myositiden und Muskeldystrophien mit zusätzlicher Hilfe der Myosonographie diagnostiziert werden (12, 13, 14, 15, 24, 26, 32, 37, 40, 48, 58, 59, 65, 68, 70, 82, 89).

Im deutschsprachigen Raum wird aufgrund des flächendeckenden sonographischen Screenings die Diagnose einer Hüftgelenkdsplasie, einer wichtigen Ursache von Bewegungsstörungen im Kindesalter, fast ausschließlich mittels Ultraschall gestellt. Es sollte immer an die Möglichkeit der sogenannten neurogenen Hüftgelenkdsplasie gedacht werden. Es wird geschätzt, dass bei etwa 10 % der Neugeborenen mit Hüftgelenkdsplasie eine teratologische Ursache vorliegt. Aus diesem Grund sind gezielte klinische Nachuntersuchungen bei Kindern mit angeborener Hüftdysplasie notwendig und sinnvoll, insbesondere mit Fokus auf eine neuromuskuläre Ätiologie (78). Konsequente Nachuntersuchungen hierzu liegen bisher nicht vor.

So wurde das Augenmerk bei unseren Untersuchungsergebnissen auf Hinweise auf neuromuskuläre Erkrankungen gerichtet. Es muss in Betracht gezogen werden, ob Gangstörungen ehemaliger Hüftdysplasiepatienten wirklich nur durch Stellungsanomalien im Hüftgelenk erklärt werden können oder ob hierfür nicht auch andere, vor allem neuromuskuläre Erkrankungen verantwortlich sind (78). Die Anamnese inklusive der Familienanamnese bezüglich Hüftgelenksleiden und neuromuskulären Erkrankungen, die klinisch-neurologische Untersuchung mit Fokus auf Bewegungsanomalien, und die Myosonographie sollten uns dazu diagnostische Hilfsmittel sein.

Im Falle unseres Hüftdysplasiekollektivs ließen sich aber keine konkreten Hinweise auf neuromuskuläre Erkrankungen finden. Die Ergebnisse unserer Untersuchungen lassen aber Aussagen zur Langzeitprognose der früh diagnostizierten und therapierten Hüftgelenkdsplasie im Vergleich zu einem hüftgesunden Normalkollektiv zu. Auch wurden sonographisch ermittelte Messwerte zur Oberschenkelmuskulatur von Kindern von 7 bis 12 Jahren zusammengetragen.

## 5. ZUSAMMENFASSUNG

Ziel unserer Studie war es, den klinischen Langzeitverlauf von Kindern mit in der frühen Säuglingszeit sonographisch diagnostizierter und standardisiert behandelter Hüftdysplasie nach mehr als 7 Jahren herauszufinden. Auch stellte sich die Frage nach der Lebensqualität dieser Kinder mit angeborener Hüftdysplasie oder nach Hinweisen für Bewegungsstörungen, bzw. latente neuromuskuläre Erkrankungen. Welchen Einfluss haben die Therapiemaßnahmen auf die weitere Entwicklung? Die gezielte Anamneseerhebung und die Muskelsonographie sollten uns bei diesen Fragen helfen. In diesem Zusammenhang sollten auch Aussagen zum Stellenwert der Muskelsonographie getroffen werden.

Die vorliegenden Ergebnisse erlauben auch im Vergleich mit der Literatur folgende Aussagen:

1. Kinder mit frühzeitig sonographisch diagnostizierter und standardisiert therapierter Hüftdysplasie Grad IIc und schlechter ohne erkennbare teratologische und neuromuskuläre Ursache entwickeln sich im Vergleich zu ihren gesunden Altersgenossen in Bewegung und Koordination völlig unauffällig und normal
2. Die hochauflösende, zweidimensionale Muskelsonographie erlaubt, die Muskelmorphologie anhand bestimmter Kriterien zu beurteilen und Messungen von Subkutis und Muskulatur, z.B. von Muskelumfang und -fläche an einer bestimmten Stelle ohne größeren Aufwand vorzunehmen
3. Es gelingt in der Muskelsonographie, willkürliche Kontraktionen und unwillkürliche Faszikulationen zu erkennen
4. Die Beibehaltung eines gewissen Standards und bestimmter konstanter Geräteeinstellungen erleichtert die Beurteilung eines Sonogrammes ohne unmittelbaren Normvergleich. Trotzdem bleibt eine gewisse Unsicherheit in der Befundung aufgrund subjektiver Beurteilung der Sonogramme
5. Der Vergleich der Muskelsonogramme des Hüftdysplasiekollektivs mit denen des gesunden Kontrollkollektivs erbrachte nur geringfügige Unterschiede in der Muskelmorphologie
6. Die Echogenität der Hüftdysplasiekinder war im Vergleich zum Normalkollektiv insgesamt leicht erhöht
7. Die intramuskuläre Bindegewebszeichnung der Hüftdysplasiekinder war im Vergleich zum Normalkollektiv leicht vermehrt

8. Ehemalige Hüftdysplasie-Kinder sind sportlich eher aktiver als ihre Altersgenossen
9. Die sonographisch erhobenen Messdaten wie Muskelumfang und Muskelfläche sind bei sportlich aktiven Kindern grösser als bei vergleichbaren unспортlichen Kindern. Bei letzteren findet sich dagegen eine im Vergleich signifikant vermehrte subkutane Fettschicht
10. Es ließen sich bei den Kindern aus unserem Hüftdysplasiekollektiv weder anamnestiche, klinische, noch myosonographische Hinweise auf eine neuromuskuläre Erkrankung finden



## **6. ANHANG**

### **6.1. INFORMATIONSSCHREIBEN**

#### **6.1.1. SCHREIBEN AN DIE SCHULEN**

An die  
Direktion der Grundschule XY  
Würzburg

Sehr geehrte Damen und Herren,

Sie haben bereits mehrfach ermöglicht, dass Kinder aus Ihrer Schule sich freiwillig für verschiedene, nicht belastende Untersuchungen zur Verfügung stellen. Nun planen wir bei Kindern mit angeborenen Hüftgelenksveränderungen eine Nachuntersuchung der Oberschenkelmuskulatur mittels Ultraschall. Zum besseren Vergleich benötigen wir ca. 15 gesunde Kontrollkinder im Alter von 7 bis 12 Jahren.

Deshalb wäre ich Ihnen sehr dankbar, wenn Sie dem Doktoranden Herrn Oktabec ermöglichen würden, einen kurzen Brief an die Eltern abzugeben, um von diesen die Einverständniserklärung für eine solche Untersuchung zu erhalten.

Herr Oktabec wird sich in Kürze direkt mit Ihnen in Verbindung setzen.

Mit bestem Dank im Voraus und freundlichen Grüßen,

Prof. Dr. H.-M.- Straßburg  
Oberarzt der Universitäts-Kinderklinik  
Ärztlicher Leiter des Frühdiagnosezentrums

## **6.1.2. SCHREIBEN AN DIE ELTERN**

Sehr geehrte Damen und Herren,  
liebe Eltern,

an der Universitäts-Kinderklinik Würzburg wird in Zusammenarbeit mit der Orthopädischen Universitätsklinik und dem Institut für Radiologie der Universität eine Untersuchung durchgeführt, die sich mit der Muskulatur bei Kindern mit angeborenen Hüftgelenkserkrankungen beschäftigt.

In diesem Zusammenhang suchen wir zum Vergleich gesunde Kinder im Alter von 7-12 Jahren, die bereit wären, für ca. eine Stunde zu einem vereinbarten Termin in die Universitäts-Kinderklinik zu kommen. Bei ihnen würden einige Muskeln im Bereich der Oberschenkel mit einem üblichen Ultraschallgerät untersucht. Diese Untersuchung ist garantiert schmerzlos und ohne jegliche Nebenwirkungen.

Dieser Untersuchung schließt sich noch eine weitere Untersuchung zur Muskelkoordination und Muskelleistung an. Auch diese Untersuchung ist garantiert schmerzlos und bereitet den Kindern, wie die Erfahrung gezeigt hat, zusätzlich noch Spaß.

Als Dankeschön werden die Kinder ein kleines Präsent von uns erhalten.

Sofern Sie einverstanden sind, lassen Sie den unteren Abschnitt dieses Briefes mit Ihrer Unterschrift beim Klassenlehrer abgeben. Unser Doktorand, Herr Oktabec, wird sich dann in Kürze mit Ihnen zwecks Terminvereinbarung in Verbindung setzen.

Mit vielem Dank für Ihr Verständnis und freundlichen Grüßen

Prof. Dr. H.-M.- Straßburg  
Universitäts-Kinderklinik  
Ärztlicher Leiter des Frühdiagnosezentrums

---

Mit der Ultraschalluntersuchung der Oberschenkel und der Muskelkoordinationstests bei  
meinem Kind

.....

wohnhaft

in.....

geb. am ....., bin ich einverstanden.

Ich bin telefonisch unter der Nummer..... zu erreichen.

.....

(Unterschrift der/des Erziehungsberechtigten)

## 6.2.

## EINVERSTÄNDNISERKLÄRUNG DER ELTERN

**Myosonographische Beurteilung  
der Oberschenkelmuskulatur  
von Kindern mit angeborener Hüftdysplasie  
im Alter von sieben bis zwölf Jahren**

### EINVERSTÄNDNISERKLÄRUNG

#### - Sonographische Untersuchung -

Ich, \_\_\_\_\_, bin damit einverstanden,  
daß meine Tochter/mein Sohn \_\_\_\_\_,  
geboren am \_\_\_\_\_

an der im Informationsblatt beschriebenen Muskel-Ultraschall-Untersuchung für Kinder mit angeborener Hüftgelenksdysplasie teilnimmt.

Ich bin darüber informiert worden, dass durch die Teilnahme an der Untersuchung für mein Kind keinerlei Risiken und/oder Nachteile zu erwarten sind.

Die Ultraschalluntersuchung ist in keiner Weise mit eventuell gesundheitsgefährdender oder gesundheitsschädlicher Strahlung verbunden.

Für ihr Kind entstehen zu keinem Zeitpunkt der Untersuchung und auch danach keine Nach- oder Spätwirkungen, die auf die Ultraschalluntersuchung zurückzuführen wären.

Auch entsteht während der Ultraschalluntersuchung keine besondere körperliche Belastung.

Ich weiß, dass sich für meine Tochter/meinen Sohn durch die Teilnahme keine unmittelbaren Vorteile ergeben werden.

Ich bin mir darüber im Klaren, daß ich auch nach Unterschreiben dieser Erklärung jederzeit mein Einverständnis ohne Angaben von Gründen zurückziehen kann.

Alle persönlichen Daten werden streng vertraulich behandelt. Die einzelne Versuchsperson wird in evtl. Veröffentlichungen nicht identifizierbar sein, alle Bestimmungen des Datenschutzgesetzes werden ausnahmslos berücksichtigt.

Alle meine Fragen wurden vollständig beantwortet.

Würzburg, den.....

.....

(Unterschrift des Sorgeberechtigten oder des gesetzlichen Vertreters)

.....

(Unterschrift der Probandin/des Probanden)

## 7.

## LITERATURVERZEICHNIS

1. BALTA P.J., Ward M.W.M., Tomkins A.M.: Ultrasound for measurement of subcutaneous fat. *Lancet I*: 504-505. 1981
2. BUCHBORN F.: Muskelschmerzen. *Internist* 28: 569-571. 1987
3. CADY E.B., Gardener J.E., Edwards R.H.T.: Ultrasonic tissue characterisation of skeletal muscle. *Eur J Clin Invest* 13: 469-473. 1983
4. COAKLEY J.H., Smith P.E.H., Jackson M.J., Edwards R.H.T., Carty A.T.: Myositis ossificans non-progressiva - reversible muscle calcification in polymyositis. *Brit J Rheumatol* 28: 443-445. 1989
5. DELCKER A., Walker F., Caress J., Hunt C., Tegeler C.: In vitro measurement of muscle volume with 3-dimensional ultrasound. *Eur J Ultrasound* 9: 185-190. 1999
6. DUBOWITZ V.: A colour atlas of muscle disorders in childhood. Wolfe Medical Publications Ltd.. London 1989
7. DUPONT A.C., Sauerbrei E.E., Fenton P.V., Shragge P.C., Loeb G.E., Richmond F.J.R.: Real-time sonography to estimate muscle thickness : comparison with MRI and CT. *J Clin Ultrasound* 29: 230-236. 2001.
8. EVANS O.B., Jr., Swaiman K.F. (Hrsg.): *Pediatric Neurology*. Chapter 69: Normal Muscle. 1147-1161. Mosby Verlag. 3<sup>rd</sup> Edition 1999.
9. FISCHER A.Q., Carpenter D.W., Hartlage P.L., Carroll J.E., Stephens S.: Muscle imaging in neuromuscular disease using computerized real-time sonography. *Muscle & Nerve* 11: 270-275. 1988
10. FISCHER A.Q., Stephen S.: Computerized real-time neuromuscular sonography: A new application, techniques and methods. *J Child Neurol* 3: 69-74, 1988
11. FORNAGE B.D., Touche D.H., Segal P., Rifkin M.D.: Ultrasonography in the evaluation of muscular trauma. *J Ultrasound Med* 2(12): 549-554. 1983
12. FORNAGE B.D., Nerot C.: Sonographic diagnosis of rhabdomyolysis. *J Clin Ultrasound* 14: 389-392. 1986
13. FORST R.: *Skelettmuskel-Sonographie bei neuromuskulären Erkrankungen*. Ferdinand Enke Verlag , Stuttgart 1986
14. FORST R., Casser H.-R.: 7-MHz-real-time-Sonographie der Skelettmuskulatur bei Duchenne-Muskeldystrophie. *Ultraschall* 6: 336-340. 1985

15. FORST R., Hausmann B.: Skelettmuskelsonographie zur Verlaufsdiagnostik bei neuromuskulären Erkrankungen. *Z Orthop* 123: 755-756. 1985
16. GRAF R.: Hüftsonographie - Grundsätze und aktuelle Aspekte. *Orthopädie* 26: 14-24. 1997
17. GRAF R., Farkas P.: State of the Art: Sonographische Diagnostik der Säuglingshüfte. *Sonogramm - Diagnose - Therapie*. Marseille, München 1998
18. HARLAND U.: Die Abhängigkeit der Echogenität vom Anschallwinkel an Muskulatur und Sehngewebe. *Z Orthop* 126: 117-124. 1988
19. HARLAND U., Sattler H.: *Ultraschallfibel*. Orthopädie, Traumatologie und Rheumatologie. 20-25. Springer Verlag 1997
20. HARLAND U., Sattler H.: *Ultraschallfibel*. Orthopädie, Traumatologie und Rheumatologie. 119-139. Springer Verlag 1997.
21. HECKMATT J.: Ultrasound imaging of muscle, selective muscle involvement and quantitative techniques. *J Neurol Sci* 98 (Suppl.): 77. 1990
22. HECKMATT J., Rodillo E., Doherty M., Willson K., Leeman S.: Quantitative sonography of muscle. *J Child Neurol* 4 (Suppl.): 101-106. 1989
23. HECKMATT J.Z., Doherty M., Dubowitz V., Burge R.E.: Quantitative ultrasound imaging of muscle. *Muscle & Nerve* 9 (Suppl.): 241. 1986
24. HECKMATT J.Z., Dubowitz V.: Diagnostic advantage of needle muscle biopsy and ultrasound imaging in the detection of focal pathology in a girl with limb girdle dystrophy. *Muscle & Nerve* 8: 705-709. 1985
25. HECKMATT J.Z., Dubowitz V.: Ultrasound imaging and directed needle biopsy in the diagnosis of selective involvement in muscle disease. *J Child Neurol* 2: 205-213. 1987
26. HECKMATT J.Z., Dubowitz V., Leeman S.: Detection of pathological change in dystrophic muscle with B-scan ultrasound imaging. *Lancet* I: 1389-1390. 1980
27. HECKMATT J.Z., Leeman S., Dubowitz V.: Ultrasound imaging in the diagnosis of muscle disease. *J Pediatr* 101: 656-660. 1982
28. HECKMATT J.Z., Pier N, Dubowitz V.: Assessment of quadriceps femoris muscle atrophy and hypertrophy in neuromuscular disease in children. *J Clin Ultrasound* 16: 177-181. 1988
29. HECKMATT J.Z., Pier N, Dubowitz V.: Measurement of quadriceps muscle thickness and subcutaneous tissue thickness in normal children by real-time ultrasound imaging. *J Clin Ultrasound* 16: 171-176. 1988

30. HECKMATT J.Z., Pier N, Dubowitz V.: Real-time ultrasound imaging of muscles. *Muscle & Nerve* 11: 56-65. 1988
31. HICKS J.E., Shawker T.H., Jones B.L., Linzer M., Gerber L.H.: Diagnostic ultrasound: its use in the evaluation of muscle. *Arch Phys Med Rehabil* 65: 129-131. 1984
32. HOFMANN, Deeg, Hoyer: *Ultraschalldiagnostik in Pädiatrie und Kinderchirurgie*. Kap. 7: 473-487. Thieme Verlag Stuttgart 1996.
33. JERUSALEM F.: Entzündliche Muskelerkrankungen. *Internist* 28: 580-588. 1987
34. KAMALA D., Suresh S., Githa K.: Real-time ultrasonography in neuromuscular problems of children. *J Clin Ultrasound* 13: 465-468. 1985
35. KAPLAN G.N.: Ultrasonic appearance of rhabdomyolysis. *Amer J Roentgenol* 134: 375-377. 1980
36. KÖNIG A. u. MATZER M.: Aktueller Stand in der Sonographie der Säuglingshüfte. arthritis + rheuma. Sonderausgabe „Kinderorthopädie“. Hartmann Verlag, Hessdorf-Klebheim 2000.
37. KRAMER F.L., Kurtz A.B., Rubin C., Goldberg B.B.: Ultrasound appearance of myositis ossificans. *Skeletal Radiol.* 4: 19-20. 1979
38. KRAMPS H.-A., Lenschow E.: Einsatzmöglichkeiten der Ultraschalldiagnostik am Bewegungsapparat. *Z Orthop* 118: 355-364. 1979
39. KÜLLMER K., Sievers K.W., Reimers C.D., Rompe J.D., Müller-Felber W., Nägele M., Harland U.: Changes of sonographic, magnetic resonance tomographic, electromyographic, and histopathologic findings within a 2-month period of examinations after experimental muscle denervation. *Arch Orthop Trauma Surg* 117: 228-234. 1998.
40. LAMMINEN A., Jääskeläinen J., Rapola J., Suramo I.: High-frequency ultrasonography of skeletal muscle in children with neuromuscular disease. *J Ultrasound Med* 7: 505-509. 1988
41. LIPPERT H.: *Lehrbuch der Anatomie*. 4. überarb. Auflage. Urban und Schwarzenberg Verlag. 1996
42. MÜLLER W., Lercher K., DeVaney T.T.J., Giner F., Graf R.: Untersuchungsfehler durch Schallkopfkipfung bei der Hüftsonographie nach Graf. *Ultraschall in Med* 22: 48-54. Thieme Verlag Stuttgart, New York 2001.
43. NAEGELE M., Reimers C.D., Fenzl G., Witt Th.N., Götz A.E., Reimers K., Pongratz D.E., Hahn D.: Wertigkeit bildgebender Verfahren in der Myologie. *Bildgebung/Imaging* 56: 172-178. 1989



44. NAEGELE M., Reimers C.D., Karabensch F., Witt T.N., Müller W., Pongratz D.E.: Comparative study of CT, MRI and ultrasound of skeletal muscles in generalized neuromuscular diseases. *J Neurol* 235 (Suppl.): 80. 1988
45. NIESSEN K.H. (Hrsg.): Pädiatrie. Kap. 23 Erkrankungen der Skelettmuskulatur. S. 623-638. Thieme Verlag Stuttgart 1999.
46. NIETHARD F.U. (Hrsg.): Kinderorthopädie. Kap. 6: 81-105. Thieme Verlag, Stuttgart 1997.
47. NIETHARD F.U., Günther K.P., Kries R.v., Allhoff P., Altenhofen L.: Klinisches und sonographisches Screening der Säuglingshüfte. *Dt Ärztebl* 97, Heft 23: A-1593-1599. 2000
48. OBERLE J.: Die Wertigkeit der hochauflösenden Sonographie in der Diagnostik von neuromuskulären Erkrankungen. Diss Univ. Kinderklinik Freiburg 1994
49. PEER S.: Kovacs P., Harpf C., Bodner G.: High-resolution Sonography of lower extremity peripheral nerves. *J Ultrasound Med* 21: 315-322. 2002.
50. PEETRONIS P.: Ultrasound of muscles. *Eur Radiol* 12(1): 35-41. 2002
51. PINCIVERO D.M., Gear W.S.: Quadriceps activation and perceived exertion during a high intensity, steady state contraction to failure. *Muscle & Nerve* 23: 514-520, 2000.
52. POHLE R., Fischer D., von Rohden L.: Computerunterstützte Gewebedifferenzierung bei der Skelettmuskelsonographie. *Ultraschall Med* 21(6): 245-52. 2000
53. PONGRATZ D.E.: Atlas der Muskelkrankheiten. Urban und Schwarzenberg Verlag München, Wien, Baltimore. 1990
54. PONGRATZ D.E., Reimers C.D., Schedel H.: Korrelation der bildgebenden Befunde zur Morphologie. Aus: PONGRATZ, REIMERS, SCHMIDT-ACHERT: Aktuelle Myologie. Kap. 9: 235-238. Urban und Schwarzenberg Verlag 1992.
55. REARDON K., Galea M., Dennett X., Choong P., Byrne E.: Quadriceps muscle wasting persists 5 months after total hip arthroplasty for osteoarthritis of the hip: a pilot study. *Int Med J* 31: 7-14. 2001.
56. REIMERS C.D., Müller W., Schmidt-Achert M., Heldwein W., Pongratz D.E.: Sonographische Erfassung von Faszikulationen. *Ultraschall* 9: 237-239. 1988
57. REIMERS C.D., Pongratz D., Schmidt-Achert M.: Aktuelle Myologie. Kap.1 Myosonographie. Urban und Schwarzenberg Verlag 1992
58. REIMERS C.D., Myosonographic findings in inflammatory muscular diseases. *Z Rheumatol* 52(2):105-9. 1993

59. REIMERS C.D., Fleckenstein J.L., Witt T.N., Müller-Felber W., Pongratz D.E.: Muscular ultrasound in idiopathic inflammatory myopathies of adults. *J Neurol Sci* 116(1): 82-92. 1993
60. REIMERS C.D., Lochmueller H., Goebels N., Schlotter B., Stempfle U.: Der Einfluß von Muskelarbeit auf das Myosonogramm. *Ultraschall Med* 16(2): 79-83. 1995
61. REIMERS C.D., Ziemann U., Scheel A., Rieckmann P., Kunkel M., Kurth C.: Fasciculations: clinical, electromyographic and ultrasonographic assessment. *J Neurol* 243(8): 579-84. 1996
62. REIMERS C.D., Finkenstaedt M.: Muscle imaging in inflammatory myopathies. *Curr Opin Rheumatol* 9(6): 475-85. 1997
63. REIMERS C.D., Harder T., Saxe H.: Age-related muscle atrophy does not affect all muscles and can partly be compensated by physical activity : an ultrasound study. *J Neurol Sci* 159: 60-66. 1998.
64. REIMERS C.D.: Sonographie der Muskeln und Sehnen. Grundlagen und Praxis. Deutscher Ärzteverlag Köln. 1998
65. REIMERS C.D., Kele H.: Muskelsonographie bei neuromuskulären Erkrankungen. *Orthop* 31: 165-171. Springer Verlag. 2002
66. REIMERS K., Reimers C.D., Wagner S., Paetzke I., Pongratz D.E.: Skeletal muscle sonography: a correlative study of echogenicity and morphology. *J Ultrasound Med* 12(2):73-7. 1993
67. REMMELE W. (hrsg.): Pathologie. Band 4: Neuropathologie, Sinnesorgane, Muskulatur, Angeborene Stoffwechselkrankheiten. Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo. 1984
68. VON ROHDEN L., Wiemann D., Steinbicker V., Krebs P., Köditz H.: Diagnosis of malignant hyperthermia in childhood and adulthood by ultrasound. *Pediatr Radiol* 18: 260. 1988
69. VON ROHDEN L., Steinbicker V., Krebs P., Wiemann D., Koditz H.: The value of ultrasound for the diagnosis of malignant hyperthermia. *J Ultrasound Med* 9(5): 291-5. 1990
70. VON ROHDEN L., Zuna I., Pohle R. u. Krebs P.: Quantitative Myosonographie bei neuromuskulären Erkrankungen. *Ultraschall Klin Prax* 9: 211-215. 1995.
71. ROOS M.R., Rice C.L., Connelly D.M., Vandervoort A.A.: Quadriceps muscle strength, contractile properties and motor unit firing rates in young and old men. *Muscle & Nerve* 22: 1094-1103. 1999.

72. SCHALKE B.C.G.: Stellenwert der bildgebenden Verfahren in der Diagnostik neuromuskulärer Erkrankungen. Aus: PONGRATZ, REIMERS, SCHMIDT-ACHERT: Aktuelle Myologie. 228-234. Urban und Schwarzenberg Verlag München 1992.
73. SCHILT M.: Optimaler Zeitpunkt des Hüftsonographie-Screenings. Ultraschall in Med 22: 39-47. Thieme Verlag Stuttgart, New York 2001.
74. SCHMALZ T., Blumentritt S., Reimers C.D.: Selective thigh muscle atrophy in trans-tibial amputees: an ultrasonographic study. Arch Orthop Trauma Surg 121: 307-312. 2001.
75. SOBOTTA J.: Atlas der Anatomie des Menschen. 20. Auflage. Urban und Schwarzenberg Verlag München 1993.
76. STACKHOUSE S.K., Dean J.C., Lee S.C.K., Binder-MacLeod S.A.: Measurement of central activation failure of the quadriceps femoris in healthy adults. Muscle & Nerve 23: 1706-1712. 2000.
77. STRASSBURG H.M.: Bewegungsstörungen im Kindesalter aus neuropädiatrischer Sicht. arthritis + rheuma 2000.
78. STRASSBURG H.M.: Neuropädiatrische Aspekte bei der Betreuung von Kindern mit angeborener Hüftgelenkdisplasie. Pädiat Prax 56, 387-398. 1999.
79. STRASSBURG H.M.: Aktuelle Diagnostik bei muskulärer Hypotonie von Säuglingen und Kleinkindern. Pädiat Prax 47: 653-662. 1994.
80. SWAIMAN K.F., Ashwal S.: Pediatric Neurology Volume Two: Principles & Practice. Chapt 69: 1147-1161. Mosby Baltimore, New York, Tokyo 1998.
81. WALKER F.O., Donofrio P.D., Harpold G.J., Ferrell W.G.: Sonographic imaging of muscle contraction and fasciculations: A correlation with electromyography. Muscle & Nerve 13: 33-39. 1990
82. WEILBACH F.X., Kress W., Strassburg H.M., Müller C.R., Gold R.: Aktuelle Diagnostik bei Muskeldystrophien. Neue Entwicklungen, Untersuchungsmethoden und Fallbeispiele. Nervenarzt 70(2): 89-100. 1999
83. WEITZEL D., Dinkel E., Dittrich M., Peters H.: Pädiatrische Ultraschalldiagnostik. Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo. 1984
84. WENZEL S., Herrendorf G., Scheel A., Kurth C., Steinhoff B.J., Reimers C.D.: Surface EMG and myosonography in the detection of fasciculations: a comparative study. J Neuroimaging 8(3): 148-54. 1998
85. WILLAN P.L.T., Ransome J.A., Mahon M.: Variability in human quadriceps muscles: quantitative study and review of clinical literature. Clinical Anatomy 15: 116-128. 2002.

86. YOUNG A., Hughes I., Russell P., Parker M.J.: Measurement of quadriceps muscle wasting. *Ann. Rheum. Dis.* 38: 571. 1979.
87. YOUNG A., Hughes I., Russell P., Parker M.J., Nichols P.J.R.: Measurement of quadriceps muscle wasting by ultrasonography. *Rheum Rehabil* 19: 141-148. 1980
88. YOUNG A., Stokes M., Round J.M., Edwards R.H.T.: The effect of high-resistance training on the strength and cross-sectional area of the human quadriceps. *Eur J Clin Invest* 13: 411-417. 1983
89. ZUBERI S.M., Matta N., Nawaz S., Stephenson J.B.P., McWilliam R.C., Hollman A.: Muscle ultrasound in the assessment of suspected neuromuscular disease in childhood. *Neuromuscular Disorders* 9: 203-207. Elsevier Science B.V. 1999.

## **DANKSAGUNG**

Ich danke Herrn Professor Dr. H.-M. Straßburg ganz herzlich für die Überlassung des Themas und die Übernahme des Referates. Er hat mir bei meinen praktischen und theoretischen Arbeiten stets mit Geduld und auf sehr konstruktive Weise weitergeholfen.

Mein Dank gilt auch Herrn Priv.-Doz. Dr. P. Raab, König-Ludwig-Haus, Orthopädische Universitätsklinik Würzburg, für die Übernahme des Koreferates.

Bedanken möchte ich mich auch herzlichst bei Herrn Priv.-Doz. Dr. L. von Rohden, Magdeburg, für die persönliche Einführung in die Grundlagen der Myosonographie während eines Aufenthaltes in der Kinderradiologischen Abteilung der Universität Magdeburg.

Für die Einführung und die Besprechung technischer Details, sowie die Mithilfe bei der Zusammenarbeit mit der Firma Siemens möchte ich an dieser Stelle Herrn Dr. M. Kellner, früherer Leiter der Kinderradiologischen Abteilung der Kinder-Universitätsklinik Würzburg, jetzt in Köln, ganz herzlich danken. Er gab mir wichtige Hilfestellungen im Umgang mit der Sonographie.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dipl. Phys. J. Feichtinger, Weinsberg, der mir bei Computerproblemen stets äußerst kompetent, unkompliziert und rasch geholfen hat.

Einen lieben Dank möchte ich meiner Familie aussprechen, ganz besonders meinen Eltern, die mich während und nach dem Studium immer unterstützt haben und mir in allen Lebenslagen liebevoll zur Seite standen.

Schließlich möchte ich meiner lieben Freundin Uschi danken, die mich bei der Fertigstellung der Arbeit wesentlich motiviert und mir mit Rat und Tat einige Male weitergeholfen hat.



# Lebenslauf

## Persönliche Daten

Name Peter Oktabec  
Geburtsdatum 06. Mai 1976  
Geburtsort Heilbronn-Neckargartach  
Familienstand ledig

## Schulausbildung

08/1982 - 06/1986 Grundschule Weinsberg  
08/1986 - 05/1995 Justinus-Kerner-Gymnasium Weinsberg,  
1995 Abschluss Abitur

## Zivildienst

10/1995 - 11/1996 Pflegedienst im Kreiskrankenhaus am Plattenwald, Bad Friedrichshall

## Hochschulausbildung

10/1996 - 07/1998 Vorklinisches Studium an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg  
10/1998 - 03/2002 Klinisches Studium an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg  
04/2002 - 03/2003 Praktisches Jahr  
04/2003 Abschluss des Studiums an der Universität Ulm

## Ärztliche Tätigkeit

Seit August 2003 Assistenzarzt der Chirurgischen Abteilung des Regionalspitals Laufenburg,  
Gesundheitszentrum Fricktal, Schweiz, bei Herrn Co-Chefarzt Dr. med. Adrian Karli

## Persönliche Interessenschwerpunkte

Musik 17 Jahre Klavier/Cembalo: mehrere 1. Preise bei Jugend-musiziert-  
Wettbewerben (Regional- und Landesebene; Solo- und Kammermusik)  
9 Jahre Kirchenmusik: ehrenamtlicher Organist; Chorensemblemitglied

Sport 11 Jahre Langstreckenlauf  
6 Jahre Kampfsport/-kunst (Aikido, Taek Won Do, Ju-Jutsu)

Weinsberg, Oktober 2003

Peter Oktabec