

AUS DEM LEHRSTUHL
FÜR KINDER- UND JUGENDMEDIZIN
PROFESSOR DR. MED. MICHAEL MELTER
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

FUNKTIONELLE UND STRUKTURELLE ANPASSUNG DES HERZENS BEI
ADOLESZENTEN ELITE-FUßBALLSPIELERN

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Tobias Pollinger

2020

AUS DEM LEHRSTUHL
FÜR KINDER- UND JUGENDMEDIZIN
PROFESSOR DR. MED. MICHAEL MELTER
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

FUNKTIONELLE UND STRUKTURELLE ANPASSUNG DES HERZENS BEI
ADOLESZENTEN ELITE-FUßBALLSPIELERN

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Tobias Pollinger

2020

Dekan:	Prof. Dr. Dirk Hellwig
1. Berichterstatter:	Prof. Dr. Michael Melter
2. Berichterstatter:	PD Dr. Werner Krutsch
Tag der mündlichen Prüfung:	13.03.2020

Inhaltsverzeichnis

ZUSAMMENFASSUNG	6
1 EINLEITUNG	9
1.1 „Fußball und Herz“	9
1.2 Motivation	11
1.3 Zielsetzung und Fragestellung	13
2 METHODIK	15
2.1 Studienpopulation	15
2.1.1 Leistungssportler	16
2.1.1.1 Einschlusskriterien	16
2.1.1.2 Ausschlusskriterien	17
2.1.2 Kontrollgruppe	18
2.1.2.1 Einschlusskriterien	18
2.1.2.2 Ausschlusskriterien	18
2.2 Eigen- und Familienanamnese anhand eines Fragebogens	19
2.3 Untersuchungsverfahren	21
2.3.1 Körperliche Untersuchung	21
2.3.2 Echokardiographische Untersuchung	21
2.3.2.1 Mitralklappenring (MKL)	23
2.3.2.2 Aortenwurzel	23
2.3.2.3 Linksventrikuläre Parameter	24
2.3.2.4 Linksventrikuläre Muskelmasse	25
2.3.2.5 Koronararterien	25
2.4 Auswertung	28
2.4.1 Auswertung der klinischen Befunde	29
2.4.2 Auswertung der echokardiographischen Befunde	29
2.5 Statistische Methoden	30

3	ERGEBNISSE	33
3.1	Probandenkollektiv	33
3.2	Klinische Untersuchungsergebnisse beider Gruppen	34
3.3	Echokardiographische Ergebnisse der Leistungssportler	38
3.3.1	Mitralklappe	38
3.3.2	Aortenwurzel	40
3.3.3	Linksventrikuläre Parameter	45
3.3.4	Linksventrikuläre Muskelmasse	54
3.3.5	Koronararterien	56
3.4	Echokardiographische Ergebnisse der Kontrollgruppe	61
3.5	Echokardiographischer Vergleich der Studiengruppen	63
3.5.1	Überblick	64
3.5.2	Signifikante Unterschiede der Studiengruppen	65
3.6	Auffällige bzw. pathologische Befunde	71
4	DISKUSSION	73
4.1	Rekapitulation der Ergebnisse	73
4.2	Beurteilung der Studienpopulation und deren klinische Untersuchungsergebnisse	74
4.3	Beurteilung der echokardiographischen Ergebnisse	75
4.3.1	Mitralklappe	76
4.3.2	Aortenwurzel	76
4.3.3	Linksventrikuläre Parameter	77
4.3.4	Linksventrikuläre Muskelmasse	79
4.3.5	Koronararterien	80
4.4	Beurteilung der auffälligen und pathologischen Befunde	82
4.5	Kritische Methodendiskussion	85
4.5.1	Datenerhebung	85
4.5.2	Auswertung und Beurteilung	85

5 ABSCHLIEßENDE ZUSAMMENFASSUNG	86
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	87
TABELLENVERZEICHNIS	91
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	92
ANHANG	94
LITERATUR	96

ZUSAMMENFASSUNG

1) Hintergrund und Ziele

Fußball ist die populärste Sportart der Welt mit über 200 Millionen aktiven Spielern [1]. In der Vergangenheit gab es immer wieder Fälle eines plötzlichen Herztodes auf dem Fußballplatz. Basierend auf prospektiven und retrospektiven Studien wird die Inzidenz des plötzlichen Herztodes auf 0,4 bis 13 Fälle auf 100.000 Sportler geschätzt. Der Sport selbst ist hierbei nicht die Ursache der Todesfälle, sondern er fungiert als Trigger eines Herzstillstandes bei Individuen mit zugrundeliegenden kardiovaskulären Erkrankungen [2]. Als häufigste Ursachen werden bei jugendlichen Sportlern und jungen Erwachsenen neben der hypertrophen Kardiomyopathie angeborene Anomalien der Koronararterien genannt [3].

Besonders heranwachsende Elite-Sportler sind einer enormen Leistungssteigerung ausgesetzt. Die sportkardiologische Herausforderung liegt darin, die leistungsbezogene Adaption kardialer Strukturen bzw. mögliche Pathologien sowohl frühzeitig zu erkennen als auch richtig zu beurteilen. Referenzdaten der speziellen Zielgruppen bieten dabei eine wertvolle Hilfe und sind für die exakte Bewertung der Untersuchungsergebnisse von größter Bedeutung.

Die vorliegende Studie hat sich zum Ziel gesetzt, echokardiographische Normwerte für männliche Leistungsfußballer im Alter von 11-14 Jahren zu erheben. Ein Vergleich zu einer untrainierten Kontrollgruppe zeigt dabei die Art und das Ausmaß der leistungssportabhängigen kardialen Adaption auf.

Diese Werte und Erkenntnisse sollen bei zukünftigen kardiologischen Untersuchungen dieser Zielgruppe eine exakte Beurteilung möglich machen.

2) Methoden

Insgesamt wurden die Messwerte von 368 Knaben und männlichen Jugendlichen im Alter von 130 bis 170 Monaten erhoben.

Durch die enge Zusammenarbeit des pädiatrischen Vorsorgeprogramms „Fußball und Herz“ des „FIFA Medical Centre of Excellence“ der Universität Regensburg und des

Bayerischen Fußball-Verbands konnten nach einem Ausschlussverfahren die echokardiographischen Werte von 315 Leistungsfußballspielern erhoben werden. Die weiteren 53 Probanden bilden die Kontrollgruppe der Untrainierten.

Bei allen Probanden wurde eine körperliche Untersuchung sowie eine transthorakale Echokardiographie durchgeführt.

Die erhobenen Daten der beiden Studiengruppen wurden statistisch ausgewertet und bewertend gegenübergestellt. Die Messwerte der Leistungssportler wurden zudem mit Literaturangaben verglichen.

3) Ergebnisse

Die erhobenen echokardiographischen Messwerte der Leistungssportler waren mit wenigen Ausnahmen statistisch normalverteilt.

Beim Vergleich der biometrischen Parameter wie Alter, Gewicht, Größe, Body Mass Index (BMI) und Körperoberfläche gibt es statistisch keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen. Demnach liegt der Unterschied zwischen Studien- und Kontrollgruppe hauptsächlich im Umfang ihrer sportlichen Aktivität. Signifikante Unterschiede bei den echokardiographischen Messwerten kardialer Strukturen sind demnach Ausdruck eines Trainingseffektes.

Besonders hervorzuheben sind die signifikanten Pearson-Korrelationen (R) zwischen der Körperoberfläche der Leistungssportler und den jeweiligen echokardiographischen Werten der Mitralklappe - MKL (R= 0,52), des Aortenklappenrings (R= 0,53), des linksventrikulären Durchmessers in der Diastole - LVDD (R= 0,67), des linksventrikulären Durchmessers in der Systole - LVDS (R= 0,56), der linksventrikulären Muskelmasse - LVMM (R= 0,68) sowie des linken Koronararterienstammdurchmessers - LCA (R= 0,51).

Im Gruppenvergleich wurde bei allen Parametern, mit Ausnahme der Aorta ascendens - AO (Differenz 0,04 mm) und der AK (identischer Median) ein höherer Wert bei den Leistungssportlern gemessen. Signifikant unterschiedlich waren dabei die Differenzen (Diff.) der Werte für MKL (Diff. = 3,25 mm), LVDD (Diff. = 1,22 mm), LVPWS (Diff. = 1,04 mm), LVMM (Diff. = 24,39 g) sowie des linken (Diff. = 0,49 mm) und rechten (Diff. = 0,57 mm) Kranzarterienstammdurchmessers.

4) Schlussfolgerung

Die Studienergebnisse zeigen auf, dass Leistungssport bereits im Alter von 130 - 170 Monaten zu einer signifikanten kardialen Anpassung führt.

Die Messwerte der untersuchten kardialen Strukturen männlicher Fußballspieler aus dem Aufbau- und Leistungsbereich übertreffen die einer untrainierten Kontrollgruppe des gleichen Alters und Geschlechts signifikant.

Daher empfiehlt sich, für zukünftige kardiologische Untersuchungsreihen dieser Zielgruppe die in dieser Studie erhobenen Normwerte heranzuziehen.

1 EINLEITUNG

1.1 „Fußball und Herz“

Fußball ist die populärste Sportart der Welt mit über 200 Millionen aktiven Spielern [1]. In der Vergangenheit gab es immer wieder Fälle eines plötzlichen Herztodes auf dem Fußballplatz. Basierend auf prospektiven und retrospektiven Studien wird die Inzidenz des plötzlichen Herztodes auf 0,4 bis 13 Fälle auf 100.000 Sportler geschätzt. Der Sport selbst ist hierbei nicht die Ursache der Todesfälle, sondern er fungiert als Trigger eines Herzstillstandes bei Individuen mit zugrundeliegenden kardiovaskulären Erkrankungen [2]. Auch bei jungen Leistungssportlern ereigneten sich europaweit eine Reihe von schweren kardiologischen Zwischenfällen, die zum Teil tragisch verliefen. In Deutschland wird die Häufigkeit plötzlicher Todesfälle bei jungen Sportlern mit 0,5 – 2 pro 100 000 im Jahr angegeben [4].

Auch wenn der plötzliche Herztod im Sport ein außerordentlich seltenes Ereignis darstellt, wirft jeder Fall die zentrale Frage auf, ob eine solche Tragödie durch entsprechende Voruntersuchungen hätte verhindert werden können [5].

Während es für erwachsene professionelle Fußballspieler verpflichtend ist, ihre Gesundheit und Leistungsfähigkeit in einer jährlichen sportmedizinischen Untersuchung kontrollieren zu lassen, existieren bislang bundesweit keine verbindlichen Empfehlungen für die sportmedizinische Betreuung von Kindern und Jugendlichen, welche Fußball in einem Verein spielen. Lediglich für die Bundesliga-Nachwuchszentren und für DFB-Auswahlmannschaften sind sorgfältige und umfassende Vorgaben erarbeitet worden. Diese werden im „Qualitätshandbuch des Deutschen Fußball-Bundes und der Deutschen Fußball-Liga für Leistungszentren“ zusammengefasst.

Im Wissen um diese Zusammenhänge formte Reinhard Klante, Cheftrainer des Bayerischen Fußball-Verbandes, einen sportmedizinischen Arbeitskreis mit dem Ziel, ein wirtschaftlich realisierbares, aber inhaltlich anspruchsvolles, sportmedizinisches Konzept für die BFV-Nachwuchsleistungszentren zu erarbeiten. Eine herausragende Stellung in dieser Zusammenarbeit nimmt dabei das „FIFA Medical Centre of Excellence“ der Universität Regensburg ein. Das FIFA-Zentrum Regensburg betreibt bereits seit mehreren Jahren in enger Kooperation mit der DFB-Talentförderung das pädiatrische

Präventionsprogramm „Fußball und Herz“ an den ostbayerischen BFV-Nachwuchsleistungszentren.

Die 18 Nachwuchsleistungszentren des Bayerischen Fußball-Verbandes sind neben den bayernweit 47 DFB-Basisstützpunkten für die Talentförderung begabter Kinder- und Jugendfußballer des Freistaats zuständig. Dabei ist es dem Verband wichtig, durch die flächendeckende Talentförderung in ganz Bayern eine heimatnahe, aber dennoch intensive und qualitativ hochwertige sportliche Förderung zu gewährleisten. Somit bleiben den Kindern bis zum 14./15. Lebensjahr lange Fahrtstrecken erspart und die schulische sowie sportliche Ausbildung kann im gewohnten sozialen Umfeld stattfinden. Die bayerischen Toptalente können dann mit 14 oder 15 Jahren optimal vorbereitet zu den hochklassigen Amateurvereinen oder gar zu den bayerischen Proficlubs wechseln [6].

In dieser Ausbildungsphase eines Fußballtalentes verändert sich die Leistungserwartung und die damit einhergehende physische Beanspruchung deutlich. Zudem führt ein regelmäßiges körperliches Training zu einer Adaption des Herzens in Struktur und Funktionalität [7]. Die häufigsten strukturellen und funktionellen Anpassungen des Herzens stellen die linksventrikuläre Hypertrophie sowie eine Sinusbradykardie dar. Daneben finden sich auch häufig Sinusarrhythmien und Veränderungen in der De- und Repolarisation der Herzmuskelzellen. All diese Umstände können eine korrekte Diagnose beeinträchtigen bzw. einen pathologischen Herzbefund imitieren [8]. Erschwerend kommt hinzu, dass nur eingeschränkt wissenschaftliche Vergleichsdaten von heranwachsenden leistungsorientierten Fußballspielern für die Beurteilung zur Verfügung stehen [9].

Das „FIFA Medical Centre of Excellence“ der Universität Regensburg hat sich mit dem bereits erwähnten pädiatrischen Präventionsprogramm „Fußball und Herz“ zur Aufgabe gemacht, diese Lücke zu schließen. Unter der Leitung des Kinderkardiologen Dr. med. Stephan Gerling wurde ein ausführliches kinder-kardiologisches Screening von heranwachsenden männlichen Fußballspielern aus dem Leistungssportbereich durchgeführt. Eine umfangreiche Aufklärung sowie das Einverständnis der Eltern und Erziehungsberechtigten vorausgesetzt, konnten 371 Spieler der BFV-Nachwuchsleistungszentren im Alter von 11 bis 14 Jahren untersucht werden.

Die vorliegende Forschungsarbeit konzentriert sich auf die Darstellung und die Interpretation der echokardiographischen Befunde der Studie. Von den 371 untersuchten Leistungsspielern konnten 315 Probanden anhand der Einschlusskriterien aufgenommen werden.

1.2 Motivation

Die Motivation zur Durchführung dieser Studie liegt vor allem in der medizinischen Relevanz von kardialer Gesundheit in Verbindung mit Sport. Die Fragestellung, ob eine sportliche Aktivität zu einem erhöhten Risiko eines Herztodes führt, erscheint im ersten Augenblick paradox, da es sehr gut belegt ist, dass die Fortschreitung einer arteriosklerotischen Herzerkrankung durch physische Aktivität verzögert werden kann [10] und das Leben verlängert [11]. Eine sportliche Aktivität von zwei Stunden pro Woche reduziert bereits das Risiko kardiovaskulärer Ereignisse [12].

Trotz dieses positiven Effekts des Sports auf die Gesundheit des Herzens, nehmen kardiale Ereignisse die führende Todesursache im Sport ein [13–15]. Dies gilt vor allem für Leistungssportler, die regelmäßig an ihrer körperlichen Belastungsgrenze trainieren.

Eine italienische Studie zeigte auf, dass der plötzliche Herztod bei Spitzensportlern um das 2,8-fache Risiko erhöht ist [16]. Weitere Studien berichten gar von einer 3- bis 5-fachen Erhöhung des Risikos bei maximaler sportlicher Belastung [5]. Sport führt hierbei nicht als alleiniger Faktor zu einer erhöhten Letalität. Er kann jedoch bei Athleten mit nicht erkannten oder falsch diagnostizierten kardiovaskulären Erkrankungen zum unerwarteten plötzlichen Herztod führen [10].

Die Ursachen eines plötzlichen Herztodes sind bei jungen Athleten sehr vielfältig. Zahlreiche Studien verschiedener Autoren [3, 17–20] beschreiben eine Vielzahl unterschiedlicher Umstände, die zu einem Herztod führen können. Allen voran steht die hypertrophe Kardiomyopathie, gefolgt von angeborenen Koronararterien-Anomalien und der koronaren Herzkrankheit. Aber auch verschiedenste andere Pathologien, wie die Myokarditis oder elektrische Herzerkrankungen, werden, wie die nachfolgende Tabelle nach einer amerikanischen Studie aus dem Jahr 2009 [21] zeigt, als Ursachen aufgeführt.

Ursache	Häufigkeit
hypertrophe Kardiomyopathie	36%
Koronaranomalien	17%
Myokarditis	6%
arrhythmogene rechtsventrikuläre Kardiomyopathie	4%
Ionenkanalerkrankung	4%
Herzklappenerkrankungen	
Mitralklappe	4%
Aortenstenose (bikuspide Klappe)	3%
Ramus Interventrikularis Anterior – Herzbrücke	3%
Arteriosklerose der Herzkranzgefäße	3%
Aortenruptur	3%
dilatierte Kardiomyopathie	2%
WPW-Syndrom (Wolf-Parkinson-White)	2%
mögliche Kardiomyopathie	8%
andere Ursachen	5%

Abb. 1: Kardiovaskuläre Ursachen für den plötzlichen Herztod von jungen Athleten nach [21]

Im Vergleich dazu nennen deutsche [17] und italienische [20] Autoren neben der hypertrophen Kardiomyopathie insbesondere die koronaren Herzerkrankungen als Hauptursache für einen plötzlichen unerwarteten Herztod von jungen Sportlern.

Die hypertrophe Kardiomyopathie nimmt eine herausragende Stellung als Risikofaktor für den plötzlichen Herztod bei jungen Athleten ein. Sie ist für ein Drittel aller Fälle verantwortlich [22]. Dennoch ist es evident, dass sowohl das Screening als auch die Prävention des plötzlichen Herztodes beim Sport durch die oben aufgeführte pathophysiologische Heterogenität deutlich erschwert werden [5].

Einer der wichtigsten Schritte zur Prävention des plötzlichen Herztodes ist die medizinisch-kardiologische Untersuchung. In Italien konnte durch ein verpflichtendes Screening, bestehend aus einer klinischen Untersuchung, einer Eigen- und Familienanamnese sowie einer obligatorischen 12-Kanal-EKG-Ableitung, die Inzidenz des plötzlichen Herztodes bei Sportlern signifikant reduziert werden [16].

Bei kardiologischen Vorsorgeuntersuchungen gilt es, vor allem Herzerkrankungen differentialdiagnostisch von einem sogenannten „Sportlerherz“ zu unterscheiden. Besonders diejenigen strukturellen Veränderungen des Herzens, die mit intensivem Training einhergehen, können mit einer hypertrophen Kardiomyopathie diagnostisch korrelieren. Aber auch funktionelle Veränderungen, wie beispielsweise die der De- und Repolarisation, können Probleme in der beurteilenden Bewertung der kardiologischen Gesundheit bereiten.

Eine besondere Herausforderung besteht in diesem Rahmen in der Prävention, dem Screening und hauptsächlich in der korrekten Diagnose von jungen, gut trainierten Sportlern. Dies liegt vor allem daran, dass zu heranwachsenden Athleten, in diesem Fall Fußballspielern, keine oder nur bedingt Referenzdaten zur Struktur und Funktionalität des Herzens für eine einwandfreie Diagnose zur Verfügung stehen [9].

1.3 Zielsetzung und Fragestellung

Vor dem Hintergrund fehlender kardiologischer Referenzdaten hat sich die Studie zum Ziel genommen, diese zur einwandfreien Beurteilung junger Fußballspieler zu erheben. Von besonderer Relevanz ist hierbei die Altersgruppe der 11- bis 14-jährigen Sportler. In dieser Phase der sportlichen Karriere sind die Spieler einer enormen körperlichen Leistungssteigerung ausgesetzt. Außerdem stehen viele Talente in diesem Alter, mit dem Wechsel zu hochklassigen Amateur- oder gar Bundesligavereinen, kurz vor der Grenze zum professionellen Leistungssport [6].

Um die Leistungserwartungen, aber vor allem die Gesundheit in diesem und dem zukünftigen sportlichen Abschnitt der jungen Fußballspieler zu sichern, müssen pathologische kardiovaskuläre Umstände ausgeschlossen werden.

Aus diesem Grund wurden im Rahmen der vorliegenden Studie Reihenuntersuchungen mit genau dieser Zielgruppe von Spielern durchgeführt. In Kooperation mit dem Bayerischen Fußball-Verband und dessen Nachwuchsleistungszentren wurde ein umfassendes kardiologisches Screening von 371 Nachwuchsspielern erhoben.

Es werden die strukturellen und funktionellen kardiologischen Beschaffenheiten der Herzen beschrieben, um auf dieser Grundlage ein gesundes, gut trainiertes Herz von einem krankhaften Organ unterscheiden zu können.

Um einen eventuellen Trainingseffekt und die daraus resultierenden kardialen Adaptationen in der Gruppe der Leistungssportler beurteilen zu können, werden diese einer Kontrollgruppe von 53 untrainierten männlichen Jugendlichen der gleichen Altersgruppe gegenübergestellt.

Fragestellung:

Frage 1: Weisen die kardialen Strukturen leistungsorientierter männlicher Fußballspieler im Alter von 11 bis 14 Jahren bereits eine belastungsinduzierte Adaption auf?

Frage 2: Unterscheiden sich die kardialen Strukturen der Athleten von denen der Kontrollgruppe vor dem Hintergrund des plötzlichen Herztodes?

2 METHODIK

Bei der vorliegenden Untersuchung handelt es sich um eine retrospektive Kohortenstudie, bei der rückblickend die Auswirkungen einer natürlichen Exposition (Leistungssport vs. Freizeitsport) der verschiedenen Gruppen erfasst und bewertet werden.

Für diese Promotionsarbeit wurde das Hauptaugenmerk auf die Auswertung der echokardiographischen Daten gelegt. Die Daten dieser medizinischen Untersuchungsmethode zeigen die wichtigsten strukturellen und funktionellen kardiologischen Eigenschaften der jungen Sportler auf.

Um die für diese Studie zielführenden kardiologischen Referenzdaten der jeweiligen Zielgruppen präsentieren zu können, wurden die Ergebnisse ausgewertet und statistisch aufbereitet.

2.1 Studienpopulation

Insgesamt wurden 424 Probanden untersucht. Die Studie befasst sich nach einem spezifischen Auswahlverfahren mit den Daten von insgesamt 368 Knaben und männlichen Jugendlichen im Alter von 130 - 170 Lebensmonaten. Von diesem Gesamtkollektiv formen 53 Probanden die Kontrollgruppe der untrainierten Kinder und Jugendlichen. Die weiteren 315 Probanden entsprechen der zu untersuchenden Zielgruppe der Leistungssportler.

Wie bereits eingangs erwähnt, wurde diese Studie im Rahmen des pädiatrischen Vorsorgeprogramms „Fußball und Herz“ des „FIFA Medical Centre of Excellence“ der Universität Regensburg und mit guter Zusammenarbeit des Bayerischen Fußballverbands erhoben.

Alle Probanden wurden innerhalb des Zeitraums zwischen Februar 2012 und Mai 2014 untersucht. Die Untersuchung pro Spieler dauerte circa 20 bis 30 Minuten.

2.1.1 Leistungssportler

Neben Spielern der ostbayerischen BFV-Nachwuchsleistungszentren wurden auch Spieler zweier Bundesliga-Nachwuchsleistungszentren sowie Spieler der Regional- und Förderkader des BFV untersucht.

Die Spieler, deren Eltern, die Betreuer und Trainer der Mannschaften wurden persönlich oder schriftlich mit dem Projekt „Fußball und Herz“ des „FIFA Medical Centre of Excellence“ der Universität Regensburg vertraut gemacht. Dabei war es wichtig, den Beteiligten die Relevanz der Prävention akuter kardialer Ereignisse näher zu bringen. Die Probanden, Eltern und Betreuer wurden zum einen über das generelle kardiale Risiko in Verbindung mit Leistungssport aufgeklärt und zum anderen zur Motivation, Zielsetzung und zum Ablauf der Studie informiert. Das schriftliche Einverständnis zur Beteiligung an den Untersuchungen lag in jedem Einzelfall vor Beginn der Untersuchung vor.

Die medizinischen Untersuchungen wurden wie folgt durchgeführt:

- sportmedizinische Eigen- und Familienanamnese („offizieller Fragebogen der Deutschen Gesellschaft für Pädiatrische Sportmedizin“ und „Risikoprotokoll plötzlicher Herztod“)
- klinische Untersuchung inklusive Messung des Blutdruckes und der pulsoxymetrisch bestimmten Sauerstoffsättigung
- 12-Kanal-EKG
- transthorakale Echokardiographie
- bei Bedarf: Ergometrie, 24-h-Blutdruckmessung, 24-h-Elektrokardiographie, Laborparameter, weiterführende Bildgebung (kardiale Magnetresonanztomographie, kardiale Computertomographie, Herzkatheteruntersuchung)

Die oben angeführten Fragebögen (siehe Anhang) werden im Verlauf dieser Arbeit noch dargestellt. Sämtliche echokardiographischen Untersuchungen wurden von Dr. med. Stephan Gerling durchgeführt.

2.1.1.1 Einschlusskriterien

Von den 371 untersuchten Spielern wurden 315 in die Studie einbezogen. Als herausragendes Einschlusskriterium galt dabei das Betreiben des Fußballsports auf Leis-

tungsniveau. Die Vergleichbarkeit des Spielerkollektivs wird durch die vereinheitlichten Trainingsabläufe gesichert. Diese werden durch altersspezifisch definierte physische wie auch psychische Ziele, Schwerpunkte und organisatorische Vorgaben durch den Bayerischen Fußballverband gewährleistet [23].

Weitere Einschlusskriterien:

- Alter zwischen 130 und 170 Monaten bei Untersuchung
- **männliche Leistungsfußballer mit 3-4 Trainingseinheiten à 90 Minuten und 50-60 Spieleinheiten pro Jahr**
- BMI zwischen 13,5 und 25,5
- kardiologisch gesunde Probanden
- Spielposition: Feldspieler, d.h. Abwehr, Mittelfeld oder Sturm
- Ausschluss der Torspieler
- kaukasische Vorfahren

Um eine Vergleichbarkeit der erhobenen sonographischen Messwerte zu gewährleisten, wurden in die Studie nur Spieler mit kaukasischen Vorfahren aufgenommen. Für Sportler mit anderen als kaukasische Vorfahren sind relevante Unterschiede im strukturellen Aufbau des Herzens und erhöhtes Risiko für einen plötzlichen Herztod aufgrund einer hypertrophen Kardiomyopathie beschrieben [24].

2.1.1.2 Ausschlusskriterien

Von dem untersuchten Kollektiv der Leistungsfußballer wurden 63 Spieler nicht in die Studie miteinbezogen:

Der Grund dafür war hauptsächlich das Über- bzw. Unterschreiten der Altersgrenzen von 130 - 170 Monaten. Spieler nicht-kaukasischer Herkunft und kardiologisch auffällige Teilnehmer wurden aus oben genannten Gründen ebenfalls nicht in die Studienauswertung aufgenommen.

Auch wenn der moderne Torspieler deutlich mehr Laufarbeit im Training und im Spiel erbringt, unterscheidet sich die positionsspezifische Ausbildung immer noch signifikant von der der Feldspieler. Daher wurde für den statistischen Vergleich der kardialen Parameter die Gruppe der Torspieler (N = 22) nicht berücksichtigt.

2.1.2 Kontrollgruppe

Neben den Leistungssportlern wurde eine Kontrollgruppe von 53 Knaben und männlichen Jugendlichen erfasst. Diese 53 Probanden wurden im Rahmen ihres stationären Aufenthaltes in den Kliniken der Kinderuniversitätsklinik Ostbayern (KUNO) in Regensburg ebenfalls von Dr. med. Stephan Gerling untersucht.

Die Untersuchungen beschränkten sich auf:

- körperliche Untersuchung (Palpation, Auskultation, Perkussion)
- Größe
- Gewicht
- systemarterieller Blutdruck, nichtinvasiv
- transkutan gemessene Sauerstoffsättigung
- transthorakale Echokardiographie

2.1.2.1 Einschlusskriterien

Die Probanden der Kontrollgruppe mussten folgende Eigenschaften erfüllen:

- männliches Geschlecht im Alter von 130 – 170 Monaten
- BMI zwischen 13,5 und 25,5
- kardiologisch gesunde Probanden
- **kein Vereinssport, kein intensiver individueller Sport, d. h. für Jugendliche normale sportliche Aktivität (Freizeit- und Schulsport)**
- kaukasische Vorfahren

2.1.2.2 Ausschlusskriterien

Bei dem Vorliegen folgender Charakteristika kam es nicht zu einer Aufnahme in die Studie:

- Über- bzw. Unterschreiten der angegebenen Altersgrenze
- kardiologisch auffällige Patienten
- Medikation mit Auswirkung auf die kardiovaskuläre Funktion
- höheres Leistungsniveau als die für Jugendliche übliche sportliche Aktivitäten (Freizeitsport, Schulsport), z. B. Breitensport oder Leistungssport

- nichtkaukasische Herkunft

2.2 Eigen- und Familienanamnese anhand eines Fragebogens

Einen elementaren Baustein in der primären Prävention akuter kardialer Ereignisse stellt eine sorgfältige und umfassende Eigen- und Familienanamnese dar. Diese muss auch sportmedizinische Aspekte abfragen und damit eine erste Risikoeinschätzung erlauben.

Auch wenn ein plötzlicher Herztod beim Sport sehr selten auftritt, machen sich die zugrundeliegenden kardiovaskulären Pathologien oftmals im Vorfeld mit spezifischen Symptomen bemerkbar. Oft werden diese Warnzeichen aber vom Betroffenen, von seinen Familienmitgliedern aber auch dem medizinischen Personal falsch interpretiert oder missachtet. Diese Einschätzung wurde in einer Publikation von 1996 [25] betont, welche neun weitere Studien zusammenfasst.

Zu den Hauptsymptomen des drohenden „plötzlichen Herztodes“ zählen belastungsinduzierte/r:

- Schwindel
- Thoraxschmerz
- Ohnmacht
- Palpitationen
- Dyspnoe

Diese Warnsignale werden zudem um den Risikofaktor einer auffälligen Familienanamnese ergänzt. Eine pathologische Studie mit 162 jungen, an plötzlichem Herztod verstorbenen Personen erbrachte folgende Ergebnisse:

In 57 % aller Fälle (N = 92) wurden vorangehende Symptome wie Synkope/ Präsynkope, Thoraxschmerz, Palpitationen oder Dyspnoe analysiert. 26 dieser Fälle hatten eine auffällige Familienanamnese mit gehäuft auftretenden plötzlichen Herztoden [26].

Diese Fakten verdeutlichen die Relevanz der frühzeitigen Erkennung der eigenen und familiären Risikofaktoren. Aus diesem Grund wurde zu jedem Spieler ein „Risikoprotokoll für den plötzlichen Herztod“ im Kindesalter erhoben.

Der Fragebogen zur Eigen- und Familienanamnese ist wie folgt aufgebaut:

Risikoprotokoll für plötzlichen Herztod im Kindesalter

.....

Spieler-Name, Vorname, Geb.-Datum, Telefon-Nummer

Eigenanamnese:

1. Wurde Ihrem Kind schwindelig oder erlitt es sogar eine Ohnmacht bei oder nach körperlicher Anstrengung, einem emotionalen Ereignis oder bei Erschrecken? ja nein

2. Hat Ihr Kind jemals über extreme Kurzatmigkeit oder Unwohlsein, Schmerz oder Druck in seiner Brust während oder nach körperlicher Anstrengung geklagt? ja nein

3. Hat Ihr Kind bei körperlicher Anstrengung jemals über Müdigkeit geklagt (anders als andere Kinder)? ja nein

4. Hat ein Arzt zu irgendeinem Zeitpunkt eine Untersuchung des Herzens Ihres Kindes empfohlen oder durchgeführt? ja nein

5. Wurde bei Ihrem Kind jemals ein unerklärter Krampfanfall diagnostiziert oder leidet Ihr Kind an einem Anstrengungs-Asthma, das medikamentös nicht gut behandelt werden kann? ja nein

Familienanamnese:

6. Gibt es in Ihrer Familie Mitglieder, die einen plötzlichen, unerwarteten, unerklärten Tod vor dem 50. Geburtstag erlitten haben (eingeschlossen den plötzlichen Säuglingstod, Verkehrsunfall, Ertrinkungsunfall oder Beinahe-Ertrinken)? ja nein

7. Gibt es Familienmitglieder, die wegen Herzproblemen vor ihrem 50. Geburtstag plötzlich verstorben sind? ja nein

8. Gibt es Familienmitglieder die unerklärliche Schwindelzustände oder Krampfanfälle haben? ja nein

9. Gibt es Verwandte mit besonderen Krankheitsbildern, z. B. : verdickter Herzmuskel, vergrößertes Herz, Rhythmusstörungen, Marfan-Syndrom, Herzattacke (unter dem 50. Lebensjahr), Schrittmacher- oder Defibrillator-Implantation, Taubheit bei Geburt ? ja nein

Bitte beschreiben Sie bei jeder mit „ja“ beantworteten Frage die genauen Umstände:

.....

.....

.....

Der Bogen wurde ausgefüllt von:

Mutter Vater Spieler Andere

modifiziert nach :
Pediatric Sudden Cardiac Arrest
Pediatrics 2012;129
Dr. med. Stephan Gerling

1

Abb. 2: Risikoprotokoll für plötzlichen Herztod im Kindesalter

Zudem wurden die Probanden, bzw. deren Eltern, aufgefordert, bei jeder positiven Antwort eine detaillierte Beschreibung der genauen Umstände anzugeben.

So können bei einer auffälligen Eigen- oder Familienanamnese gezielt weiterführende Untersuchungen veranlasst werden.

Neben den Fragen zur eigenen und familiären Krankengeschichte wurde im Rahmen der Anamnese ein körperliches und sportbezogenes Leistungsprofil erstellt. Wichtige Daten wie Körpergröße, Gewicht, Anzahl der Trainingsjahre, Trainingsstunden pro Woche und die Spielerposition, flossen in die Auswahl des Studienkollektivs (Ein- und Ausschlusskriterien) und vor allem in die statistische Auswertung der echokardiographischen Daten ein.

2.3 Untersuchungsverfahren

In der vorliegenden Studie wurde der Fokus auf die Auswertung der echokardiographischen Daten des pädiatrischen Präventionsprogramms „Fußball und Herz“ gelegt. Daher wird in diesem Abschnitt näher auf die für die Analyse relevanten Untersuchungsverfahren eingegangen.

2.3.1 Körperliche Untersuchung

Bei allen Probanden wurden elektronisch automatisiert der Blutdruck und der Puls in Ruhe gemessen. Als Messinstrument wurde das Gerät „Dinamap Pro 300“ der Firma Critikon eingesetzt. Im Rahmen der körperlichen Untersuchung wurde die Haut der Probanden inspiziert. Zudem wurden die peripheren Pulse und die Abdominalorgane palpirt. Das Herz und die Lunge wurden auskultatorisch bewertet.

Die Körpergröße und das -gewicht wurden bei einem Teil der Spieler anamnestisch erhoben. Bei den übrigen Sportlern und den Probanden der Kontrollgruppe erfolgte die Messung der biometrischen Parameter mit geeichten Messgeräten in den Kliniken.

2.3.2 Echokardiographische Untersuchung

Bei allen Probanden wurde eine transthorakale Echokardiographie durchgeführt. Dabei wurden die Kinder und Jugendlichen in leichter Linksseitenlage untersucht. Die Leis-

tungssportler wurden dazu entweder in den Räumlichkeiten der Kinder-Universitätsklinik Ostbayern (KUNO) in Regensburg oder in den Nachwuchsleistungszentren des Bayerischen Fußball-Verbandes bzw. in der Sportschule Oberhaching untersucht. Die Teilnehmer aus der Kontrollgruppe wurden im Rahmen ihres stationären Aufenthaltes in den KUNO-Kliniken untersucht.

Die echokardiographischen Untersuchungen wurden mit dem mobilen Ultraschallsystem „Vivid i“ der Firma General Electrics durchgeführt. Für die transthorakale Sonographie wurde ein Schallkopf im 5 MHz-Bereich verwendet.

Im Rahmen dieser Untersuchungen wurden folgenden Strukturmerkmale erhoben:

- Mitralklappenring (MKL)
- Aortenwurzel
 - Aortenklappen-Ring (AK)
 - Sinus valsalvae aortae
 - Sinutubulärer Überganglinie (STL)
 - Aorta ascendens (AAO)
- linksventrikuläre Parameter
 - interventrikuläre Septumdicke in der Diastole (IVSD)
 - linksventrikulärer Durchmesser in der Diastole (LVDD)
 - linksventrikulärer Durchmesser der Hinterwand in der Diastole (LVPWD)
 - interventrikuläre Septumdicke in der Systole (IVSS)
 - linksventrikulärer Durchmesser in der Systole (LVDS)
 - linksventrikulärer Durchmesser der Hinterwand in der Systole (LVPWS)
 - linksventrikuläre Verkürzungsfraktion (LVFS) (errechnet)
 - Ejektionsfraktion (EF) (errechnet)
- Koronararterien
 - linke Koronararterie (LCA)
 - rechte Koronararterie (RCA)
- linksventrikuläre Muskelmasse (LVMM) (errechnet)

Für jeden der oben aufgeführten Parameter wurden jeweils mindestens drei Einzelmesswerte aus voneinander unabhängigen Herzaktionen dokumentiert.

In Zahlen bedeutet das:

Für jeden Probanden 15 echokardiographische Parameter x 3 Messwerte = 45 Messwerte/Proband.

45 Messwerte/Proband x 368 Probanden = insgesamt 16.560 Messwerte

Aufgrund individueller Untersuchungsverläufe konnten einige Messwerte nicht erhoben bzw. für die Studie herangezogen werden. Diese Maßnahme diente zum Schutze der Validität, ist jedoch für die abweichenden Zahlen, im Verhältnis zur Teilnehmerzahl, im Gliederungspunkt 3 „Ergebnisse“ verantwortlich.

2.3.2.1 Mitralklappenring (MKL)

Die Darstellung der Mitralklappe erfolgte im apikalen Vierkammerblick im 2D-Modus. Der Mitralklappenring wurde bei offenen Segelklappen in der diastolischen Füllphase gemessen.

2.3.2.2 Aortenwurzel

Die Aortenwurzel wurde in der parasternal langen Achse ebenfalls im 2D-Modus untersucht. In dieser Einstellung wurde der Aortenklappen-Ring (AK) im geöffneten Zustand während der enddiastolischen Phase gemessen. In dieser Einstellung wurden zudem der Sinus valsalvae aortae, die sinutubuläre Überganglinie (STL) und die Aorta ascendens (AAO) gemessen.

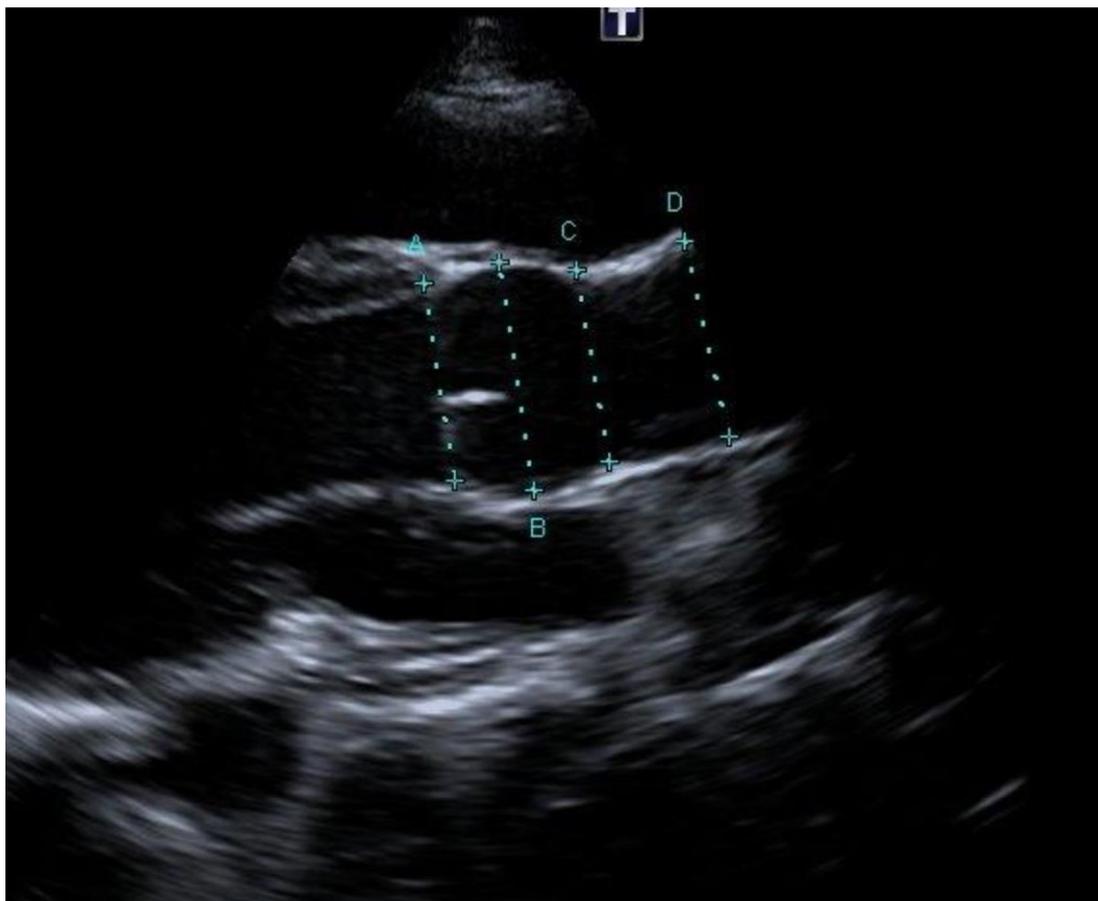


Abb. 3: Transthorakale Echokardiographie, parasternal lange Achse. Darstellung der Aortenwurzel in der Enddiastole. A = Aortenklappen-Ring (AK); B = Sinus valsalvae aortae; C = sinutubuläre Überganglinie (STL); D = Aorta ascendens (AAO).

2.3.2.3 Linksventrikuläre Parameter

Die interventrikuläre Septumdicke (IVS), der linksventrikuläre Durchmesser (LVD) und der linksventrikuläre Durchmesser der Hinterwand (LVPW) wurden jeweils in Diastole und Systole gemessen. Sowohl diese Werte als auch die linksventrikuläre Verkürzungsfraction (LVFS) wurden in der kurzen Achse im M-Modus erhoben.

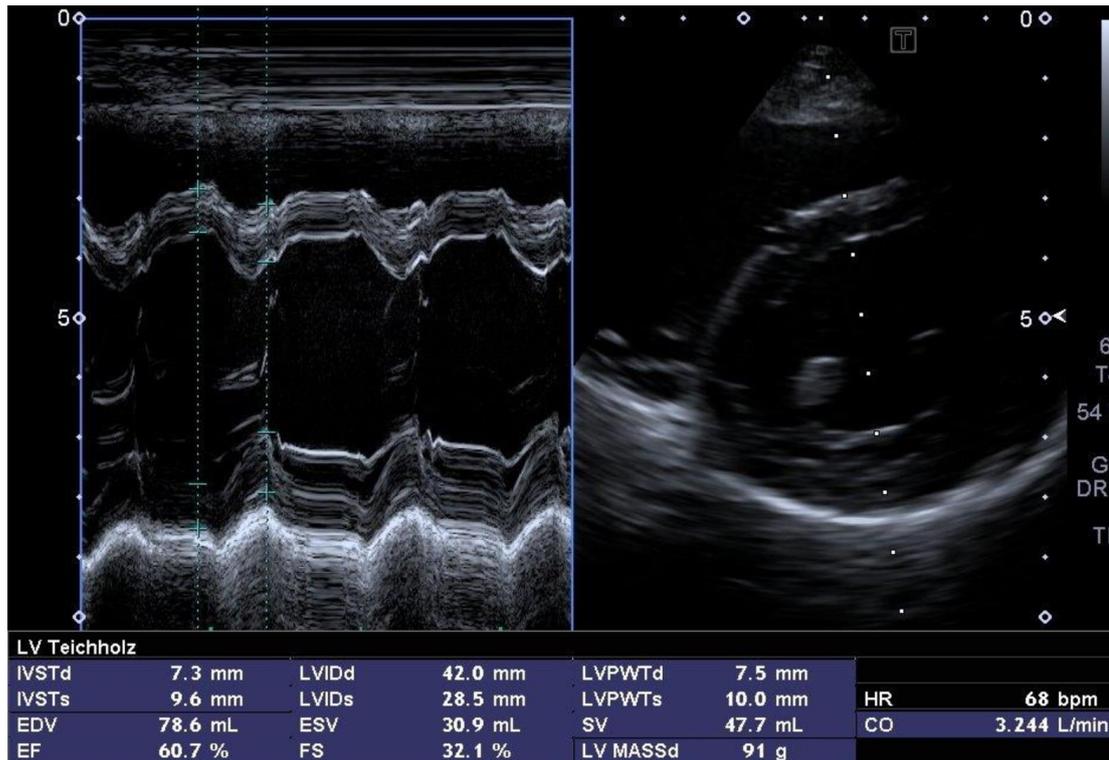


Abb. 4: Transthorakale Echokardiographie, parasternal kurze Achse. Messung der linksventrikulären Parameter im M-Mode: Diastole – linke feingepunktete Messlinie: interventrikuläre Septumdicke in der Diastole (IVSD); linksventrikulärer Durchmesser in der Diastole (LVDD); linksventrikulärer Durchmesser der Hinterwand in der Diastole (LVPWD); Systole – rechte feingepunktete Messlinie: interventrikuläre Septumdicke in der Systole (IVSS); linksventrikulärer Durchmesser in der Systole (LVDS); linksventrikulärer Durchmesser der Hinterwand in der Systole (LVPWS); linksventrikuläre Verkürzungsfraction (LVFS) (errechnet); Ejektionsfraction (EF) (errechnet)

2.3.2.4 Linksventrikuläre Muskelmasse

Die errechneten Werte für die linksventrikuläre Muskelmasse (LVMM) wurden nach der folgenden Formel ermittelt [27]:

$$LVMM (g) = 1,04 \times [(LVDD + LVPWD + IVSD)^3 - (LVDD)^3] - 13,6$$

2.3.2.5 Koronararterien

Die sonographische Untersuchung der Koronararterien erfolgte im 2D-Modus. Dabei wurde die Aortenklappe in der parasternalen kurzen Achse dargestellt. Die Abgänge der jeweiligen Koronararterien bilden sich hierbei in ihrem longitudinalen Verlauf ab.

Folgende Fragen galt es bei der sonographischen Beurteilung zu beantworten:

- rechte Koronararterie (RCA)
 - entspringt dem rechtskoronaren Sinus valsalvae aortae (RCS)?
 - Ostium schlitzförmig?
 - isolierter Abgang des Konusastes?
 - Durchmesser des Gefäßstammes?
 - Aneurysma?
 - Stenose?

- linke Koronararterie (LCA)
 - entspringt dem linkskoronaren Sinus valsalvae aortae (LCS)?
 - Ostium schlitzförmig?
 - Aufzweigung in einen Ramus circumflexus (LCX) und einen anterior descendierenden Ramus interventricularis (LAD)?
 - Durchmesser des Gefäßstammes?
 - Aneurysma?
 - Stenose?

Von höchster Relevanz war es, die Messungen der Koronararteriendurchmesser zu standardisieren, um vergleichbare Arteriendurchmesser zu erheben. Um einen einheitlichen Messpunkt zu erzielen, wurde zunächst von den Arterienabgängen 5 mm nach peripher gemessen, um an dieser Markierung den Querschnitt der Arterie zu erheben. [28]

Folgende Abbildungen sollen die Vorgehensweise veranschaulichen

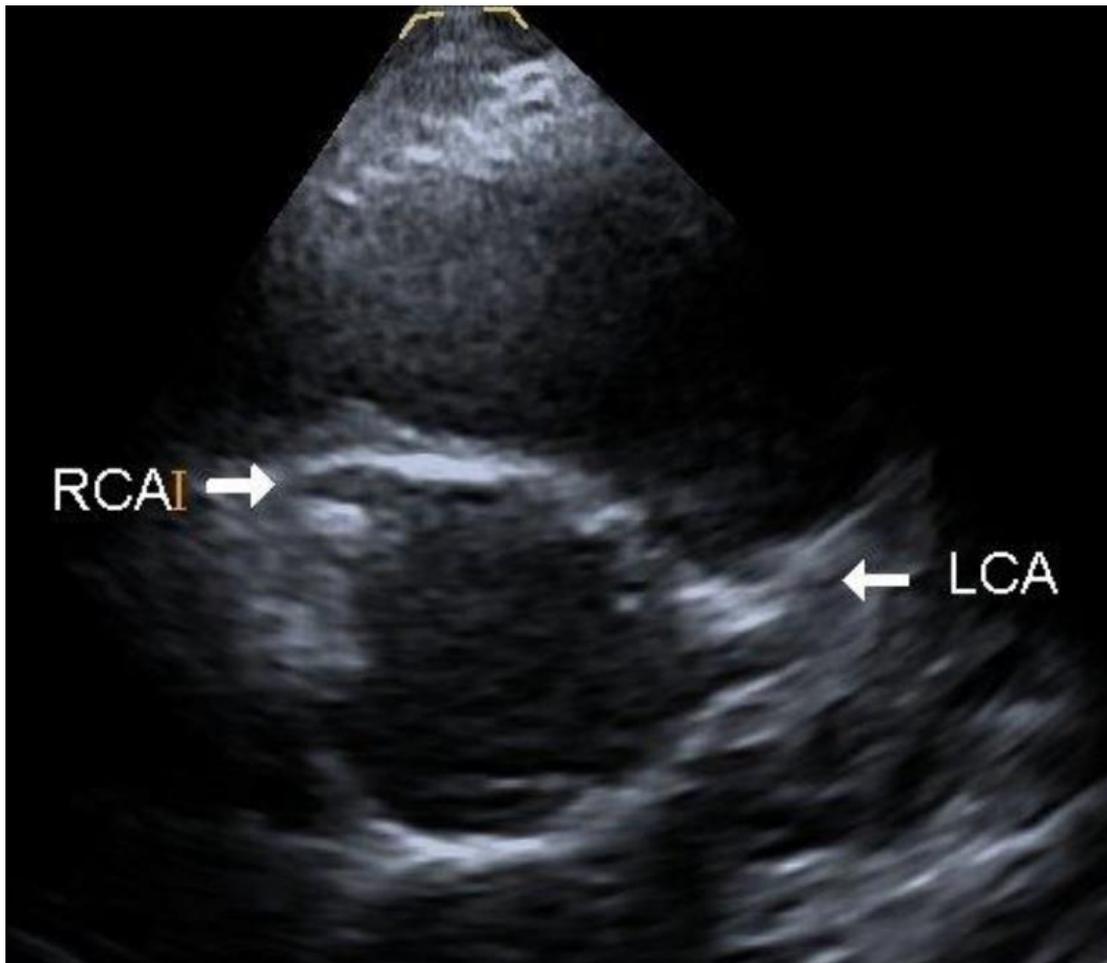


Abb. 5: Transthorakale Echokardiographie, parasternal kurze Achse. Darstellung der linken (LCA) und rechten (RCA) proximalen Koronararterie auf Höhe der Sinus valsalvae aortae. Beide Koronarostien zeigen einen regelrechten Abgang: LCA bei ca. 16 Uhr, RCA bei ca. 11 Uhr.

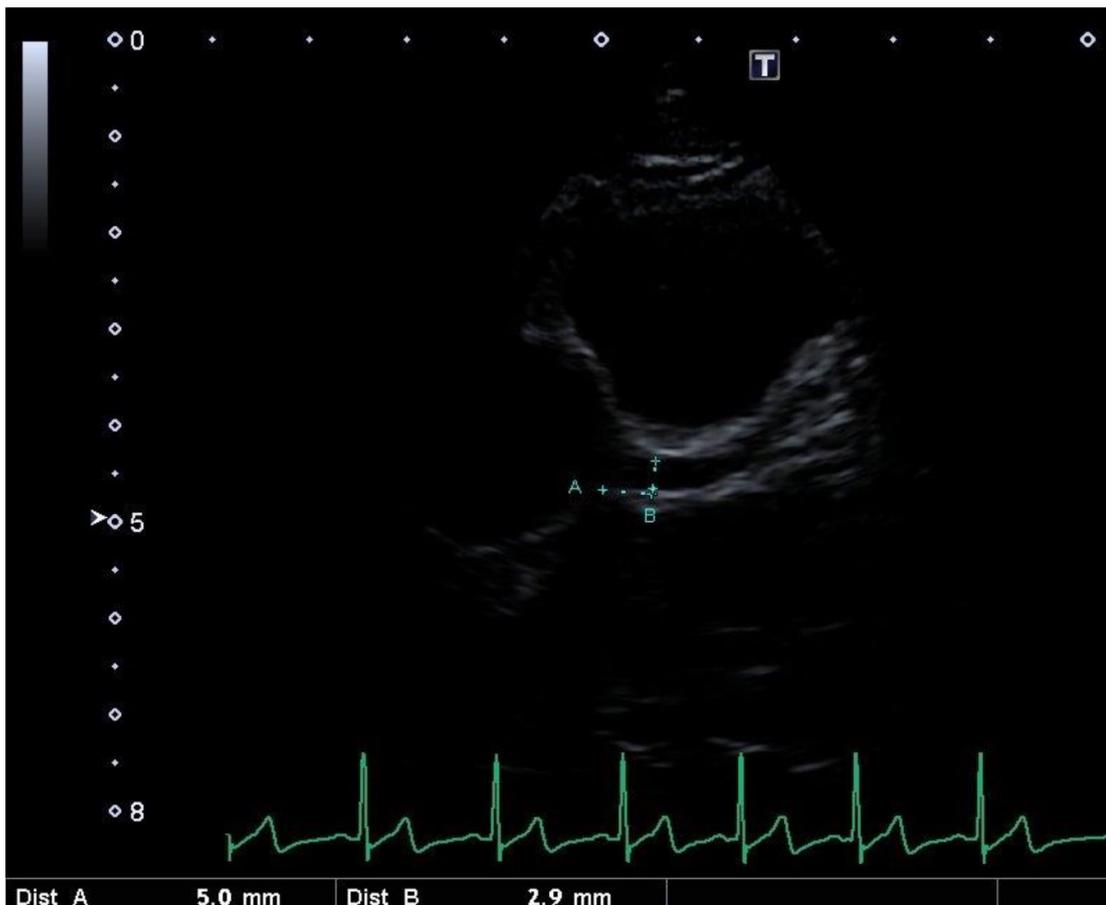


Abb. 6: Transthorakale Echokardiographie, parasternal kurze Achse. Bestimmung des Durchmessers des Hauptstammes der linken Koronararterie. Zunächst wird der Messpunkt definiert: vom Ostium der LCA werden 5 mm nach peripher gemessen (Dist. A). Dann wird der Durchmesser von der Hinterkante der Vorderwand, zur Vorderkante der Hinterwand gemessen („trailing edge to leading edge“). Der Durchmesser des Hauptstammes der LCA beträgt hier 2,9 mm (Dist. B).

2.4 Auswertung

Alle Parameter wurden mit Hilfe des Microsoft Excel-Programms ausgewertet. Sowohl die körperlichen Untersuchungsdaten, wie Größe und Gewicht, Blutdruck und Puls, als auch die sonographischen Parameter wurden in eine ausgearbeitete Tabelle eingepflegt.

Die zusammengefassten Befunde wurden für die weitere Bearbeitung in das Statistikprogramm SPSS importiert.

2.4.1 Auswertung der klinischen Befunde

Der nichtinvasiv gemessene systolische und diastolische arterielle Blutdruck, sowie die Herzfrequenz der Probanden wurden nach einer 3-5 minütige Ruhephase im Sitzen erhoben.

Für jeden Probanden wurde anhand der erfassten Körpergröße und des Gewichtes die Körperoberfläche berechnet. Für die Berechnung der Körperoberfläche von Kindern und Jugendlichen empfiehlt die „Deutsche Gesellschaft für Kinderkardiologie“ die Formel nach Haycock zu verwenden [29]:

$$\text{Körperoberfläche (KOF)} = 0,024265 \times \text{Länge (cm)}^{0,3964} \times \text{Masse (kg)}^{0,5378}$$

2.4.2 Auswertung der echokardiographischen Befunde

Für die jeweils mehrfach gemessenen echokardiographischen Parameter wurden zunächst die Mittelwerte errechnet. Diese bildeten die Grundlage für die weiteren statistischen Analysen und wurden dafür ebenfalls in das Programm SPSS importiert. Die errechneten Werte für die linksventrikuläre Muskelmasse wurden nach der folgenden Formel ermittelt [27]:

$$\text{LVMM (g)} = 1,04 \times [(\text{LVDD} + \text{LVPWD} + \text{IVSD})^3 - (\text{LVDD})^3] - 13,6$$

Die errechneten Werte wurden ebenfalls in SPSS importiert.

Es erfolgte eine statistische Aufbereitung der Daten sowie ein Vergleich der beiden Studiengruppen. Zudem wurden die Ergebnisse der vorliegenden Leistungssportler ähnlichen Studienpopulationen bereits vorhandener Publikationen gegenübergestellt. Auf Letzteres wird ausschließlich im Abschnitt 4 „Diskussion“ eingegangen.

2.5 Statistische Methoden

Für die statistische Aufbereitung der Daten wurde das Programm SPSS der Firma IBM in der Version 22 verwendet.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurden die Messungen/Ergebnisse zu Beginn tabellarisch erfasst. Diese beschreibende Statistik beinhaltet sowohl den Mittelwert, den Median und die Standardabweichung als auch das gemessene bzw. errechnete Minimum und Maximum der eruierten Größen. In den Tabellen wurde ebenfalls angegeben bei wie vielen Probanden der jeweilige Parameter erhoben wurde (N).

Für die wichtigen echokardiographischen Daten der Leistungssportler wurden zudem die Standardnormalverteilungen anhand von transformierten Werten, den sog. Z-Scores, graphisch dargestellt. Die absoluten Werte wurden mit folgender Formel umgeformt:

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

X = Messwert

μ = Erwartungswert bzw. Mittelwert (den Tabellen zu entnehmen)

σ = Standardabweichung (den Tabellen zu entnehmen)

Mit Hilfe dieser Transformation wird die Gauß'sche Glockenkurve der Normalverteilung entlang der x-Achse so verschoben, dass der Mittelwert 0 wird. Außerdem wird durch die Division durch σ die Kurve in ihrer Form so angepasst, dass die Standardabweichung den Wert 1 annimmt [30].

Die umgeformten Messwerte nehmen dimensionslose Größen an, welche besagen, um wie viele Standardabweichungen der gemessene Wert vom Erwartungswert μ entfernt ist. Diese Umrechnung ist sinnvoll, da eine einzelne gemessene Größe (z.B. Mitralklappenring 23 mm) wenig darüber aussagt, ob sie als normal, groß oder klein einzustufen ist [30]. Nimmt jedoch die gemessene Größe einer Mitralklappe nach der Transformation durch die obige Formel den Wert 2 an, ist definiert, dass sie um zwei Standardabweichungen über dem Durchschnitt liegt. Bei einem Wert von -2 läge sie dementsprechend darunter.

Für die medizinische und demnach auch vorliegende Fragestellung sind sog. Referenzbereiche bzw. Normbereiche relevant, welche 95 % oder 99 % aller Werte enthalten. Bei normalverteilten Daten sollten Werte außerhalb dieser Bereiche auf Pathologien oder mögliche Messfehler überprüft werden. Die Intervalle und die dazugehörigen Wahrscheinlichkeiten der Normalverteilung sind wie folgt definiert [30]:

- $-1 \leq Z \leq 1$ → 68,27 %
- $-2 \leq Z \leq 2$ → 95,45 %
- $-3 \leq Z \leq 3$ → 99,73 %

Die angegebenen Prozentzahlen geben an, mit welcher Wahrscheinlichkeit ein Messwert im jeweiligen Intervall anzutreffen ist - anders formuliert - wieviel Prozent aller Messwerte -1 bis 1, -2 bis 2 bzw. -3 bis 3 Standardabweichungen vom Erwartungswert entfernt sind. Die Grenzen für die erwähnten Normbereiche liegen bei -1,96 bis +1,96 für 95 % und bei -2,58 bis +2,58 für die Wahrscheinlichkeit von 99 %. Das heißt, dass 99 % aller gemessenen Werte höchstens zwischen -2,58 und +2,58 Standardabweichungen vom Mittelwert entfernt sind. Alle Messwerte, die über diese Grenzen hinausgehen, sollten genauer überprüft werden.

Anhand der standardisierten Grafiken können zukünftige Messungen mithilfe der transformierten Z-Score bezüglich ihrer Wertigkeit eingeordnet und verglichen werden.

Neben diesen Verfahren wurden Methoden der bivariaten Statistik angewandt. Hierbei wurden die Zusammenhänge der kardialen Strukturen der Probanden und deren Körperoberflächen (KOF) geprüft. Zur Veranschaulichung wurden dafür Streu-Diagramme erstellt. Während die Abszisse durch die KOF in m^2 definiert wird, spiegelt die Ordinate die echokardiographischen Parameter in deren jeweiligen Einheiten wieder. Um die Stärke des Zusammenhangs zu quantifizieren, wurde der Korrelationskoeffizient nach Pearson als geeignetes Instrument herangezogen. Für die Berechnung der Korrelationskoeffizienten waren die folgenden Punkte vorausgesetzt:

- Die gegenübergestellten Merkmale sind beide quantitativ.
- Es besteht ein annähernd linearer Zusammenhang.
- Die Beobachtungseinheiten sind voneinander unabhängig.
- Die Daten sind annähernd normalverteilt.

Der Korrelationskoeffizient ist dimensionslos und kann Werte zwischen -1 und +1 annehmen. Je näher der Wert bei 0 liegt, desto schwächer ist der Zusammenhang der zu vergleichenden Parameter. Ein positiver Wert spricht für einen positiven, ein negativer Wert für einen negativen Zusammenhang [30, 31].

Im Anschluss wurden Regressionsanalysen erstellt. Diese geben Aufschluss darauf, wie sehr ein Merkmal von einem anderen abhängig ist. Bei der vorliegenden Untersuchung wurde die Abhängigkeit der kardialen Strukturen von der Körperoberfläche der Probanden untersucht. Anhand der errechneten Regressionsgeraden und deren Gleichungen können entsprechende Werte für ein abhängiges Merkmal prognostiziert werden [30].

Um die Merkmale der Studiengruppen Sportler und Nicht-Sportler zu vergleichen, wurde vorrangig der t-Test für zwei unverbundene Stichproben angewandt. Damit lassen sich die Mittelwerte der Gruppen gegenüberstellen und vergleichen. Es kann im Anschluss eine Aussage darüber gemacht werden, ob ein Unterschied zwischen den Mittelwerten der Gruppen besteht - und wenn ja, wie groß - und ob dieser auch für die Grundgesamtheit gilt. Als Prämissen für diesen Test wurden folgende Voraussetzungen geprüft:

- Die Stichproben sind unverbunden/unabhängig.
- Die Daten beider Gruppen sind normalverteilt und weisen dieselbe Varianz auf.

Die Stichproben stammen in dem vorliegenden Modell aus zwei unterschiedlich definierten Studiengruppen und sind demnach stets unabhängig voneinander. Wurde die zweite Voraussetzung auf Seiten der Sportler bzw. der Kontrollgruppe nicht eingehalten, wurde auf den Whitney-Mann-U-Test ausgewichen, der keine spezielle Verteilung voraussetzt [30].

3 ERGEBNISSE

Die klinischen und echokardiographischen Ergebnisse der beiden Gruppen (Leistungssportler und Kontrollgruppe) werden in den folgenden Abschnitten vorwiegend deskriptiv dargestellt.

3.1 Probandenkollektiv

Für die vorliegende Studie erfüllten insgesamt 368 Probanden die Einschlusskriterien. In der Gruppe der Leistungssportler wurden 315 Fußballspieler in die Untersuchung eingeschlossen. Die Kontrollgruppe umfasst 53 Teilnehmer. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Altersverteilung der jeweiligen Gruppen. Das Alter wird in Monaten angegeben.

Tabelle 1: Altersverteilung der Gruppen in Monaten

Gruppe		Alter in Monaten	
Leistungssportler	N	Gültig	315
		Fehlend	0
	Mittelwert		153,25
	Median		155,00
	Standardabweichung		9,437
	Minimum		130
	Maximum		170
Kontrollgruppe	N	Gültig	53
		Fehlend	0
	Mittelwert		151,13
	Median		153,00
	Standardabweichung		11,581
	Minimum		130
	Maximum		169

Der tabellarischen Darstellung ist zu entnehmen, dass der Altersunterschied zwischen den beiden Gruppen sehr gering ist. Die Gruppe der Leistungssportler war mit einem mittleren Alter von 153,25 Monaten nur 2,2 Monate älter als die Probanden der Kon-

trollgruppe. Dies entspricht der praktischen Beobachtung, dass für Junioren-Mannschaften der leistungsorientierten Vereine überwiegend die älteren Spieler eines Jahrganges aktiv sind.

3.2 Klinische Untersuchungsergebnisse beider Gruppen

Die klinischen Daten der Probanden beinhalten die Größe in Zentimeter (cm), das Gewicht in Kilogramm (kg) sowie die errechnete Körperoberfläche (KOF) in Quadratmeter (m²) und den Body-Mass-Index (BMI). Diese Daten wurden von allen 368 untersuchten Jugendlichen erhoben. Die Körperoberfläche der Probanden stellt eine wichtige Bezugsgröße für die nähere statistische Beurteilung dar. Die nachfolgende Tabelle beinhaltet die deskriptive Statistik der genannten Werte.

Tabelle 2: Gewicht, Größe, BMI, Körperoberfläche (KOF) beider Gruppen im Vergleich

Gruppe			Gewicht (kg)	Größe (cm)	BMI	KOF (m ²)
Leistungssportler	N	Gültig	315	315	315	315
		Fehlend	0	0	0	0
	Mittelwert		44,25	157,02	17,78	1,38
	Median		43,00	156,00	17,61	1,36
	Standardabweichung		8,56	9,32	1,75	0,17
	Minimum		28,00	136,00	13,78	1,03
	Maximum		80,00	178,00	25,25	2,00
Kontrollgruppe	N	Gültig	53	53	53	53
		Fehlend	0	0	0	0
	Mittelwert		46,62	157,60	18,48	1,43
	Median		44,00	158,00	18,01	1,38
	Standardabweichung		12,00	10,39	2,73	,23
	Minimum		27,00	137,00	14,15	1,00
	Maximum		78,00	177,00	24,90	1,97

Dem Gruppenvergleich ist zu entnehmen, dass die KOF der Leistungssportler im Mittel lediglich um 0,05 m² kleiner ist als die der Kontrollgruppe. Bei den weiteren aufgeführ-

ten Parametern werden ebenfalls sehr geringe Differenzen zwischen den beiden Gruppen errechnet.

Die Körperoberflächen der Leistungssportler zeigen eine deutliche Spannweite von bis zu einem Quadratmeter auf. Die Spannweite berücksichtigt jedoch nur die extremsten Werte und wird somit sehr von Ausreißern beeinflusst [30], im vorliegenden Fall von einem minimalen Wert von $1,0 \text{ m}^2$ und einem maximalen von $2,0 \text{ m}^2$. Die Standardabweichung von $0,17 \text{ m}^2$ bei einem Mittelwert von $1,38 \text{ m}^2$ spricht jedoch für die Homogenität der Gruppe der Leistungssportler. In der Kontrollgruppe wird bei einem Mittelwert von $1,43 \text{ m}^2$ eine Standardabweichung von $0,23 \text{ m}^2$ erreicht.

Die Standardnormalverteilung der Körperoberflächen der Leistungssportler sieht wie folgt aus:

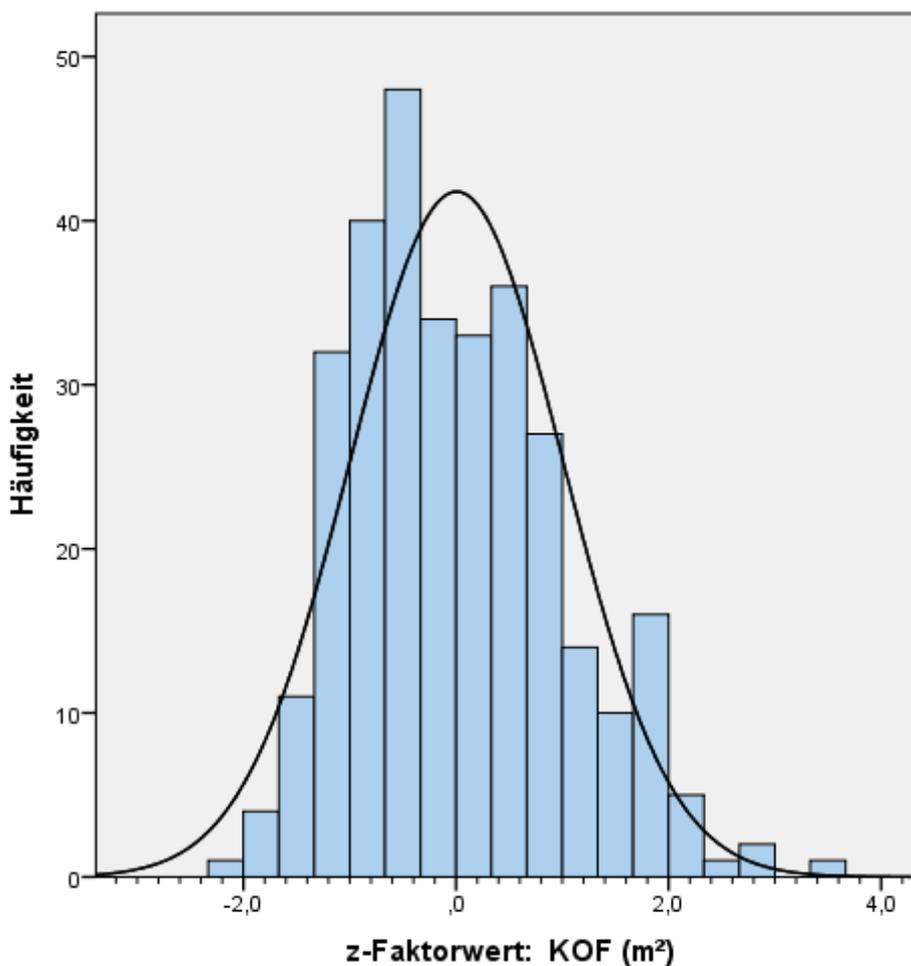


Abb. 7: Standardnormalverteilung der Körperoberflächen (KOF) der Leistungssportler

Um für zukünftige Messungen die Körperoberfläche jugendlicher Leistungssportler im Alter von 130 bis 170 Monaten größtmäßig einordnen zu können, wurden die Perzentilen der vorliegenden Gruppe in der folgenden Tabelle dargelegt.

Tabelle 3: Perzentilen der Körperoberfläche (KOF) in m² der Leistungssportler

	Perzentile						
	5	10	25	50	75	90	95
Gewichteter Durchschnitt KOF (m ²)	1,141	1,179	1,250	1,358	1,488	1,623	1,698

Aus der Berechnung geht hervor, dass 90 % der untersuchten Leistungssportler eine Körperoberfläche zwischen 1,141 m² und 1,698 m² aufweisen.

Die beiden Gruppen wurden bezüglich der bereits aufgeführten Parameter Alter, Gewicht, Größe, BMI und KOF verglichen. Der Mann-Whitney-U-Test für unabhängige Stichproben ergab, dass bei keinem der fünf Parameter ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen vorherrscht.

In der Gruppe der Leistungssportler wurde bei allen 315 Probanden der Blutdruck in Ruhe sowohl in der Systole (RRs) als auch in der Diastole (RRd) gemessen. Bei der Kontrollgruppe wurde nach dem gleichen Schema verfahren. Der Vergleich der Blutdruckwerte ergab folgende Beobachtung:

Tabelle 4: systemischer Blutdruck beider Gruppen im Vergleich

Sportler			RRs (mmHg)	RRd (mmHg)
Leistungssportler	N	Gültig	315	315
		Fehlend	0	0
	Mittelwert		111,86	60,49
	Median		112,00	60,00
	Standardabweichung		9,52	7,31
	Minimum		86,00	43,00
	Maximum		146,00	86,00
Kontrollgruppe	N	Gültig	53	53
		Fehlend	0	0
	Mittelwert		113,29	60,94
	Median		111,82	60,00
	Standardabweichung		12,27	4,70
	Minimum		83,07	53,00
	Maximum		144,00	75,00

Im Mittel hatten die jugendlichen Leistungssportler einen systolischen Blutdruck von 111,9 mmHg mit einer Standardabweichung von 9,5 mmHg. Der diastolische Mittelwert betrug 60,5 mit einer Standardabweichung von 7,3 mmHg.

Die systolischen Maximalwerte von 146,0 mmHg und 144,0 mmHg in den beiden Gruppen sind kontrollbedürftig, da diese erhöhten Werte nicht sicher situativ bedingt sind. Im Folgenden werden die Blutdruck-Perzentilen der beiden Gruppen tabellarisch aufgeführt.

Tabelle 5: Perzentilen des systemischen Blutdrucks beider Gruppen im Vergleich

Sportler		Perzentile						
		5	10	25	50	75	90	95
Leistungssportler	RRs (mmHg)	97,00	101,00	105,00	112,00	118,00	123,00	129,20
	RRd (mmHg)	50,00	52,00	56,00	60,00	65,00	69,00	73,20
Kontroll-Gruppe	RRs (mmHg)	95,60	101,40	105,00	111,82	120,58	134,38	139,30
	RRd (mmHg)	53,00	54,40	58,00	60,00	64,00	66,20	71,30

3.3 Echokardiographische Ergebnisse der Leistungssportler

Bei der Aufbereitung der echokardiographischen Daten der Leistungssportler wurden neben der deskriptiven Statistik, Methoden der bivariaten Statistik angewandt. Hierfür wurden Korrelations- und Regressionsanalysen zur Beurteilung von Zusammenhängen zweier quantitativer Merkmale herangezogen [32].

Ein großes Anliegen dieses Kapitels ist, dass zukünftige echokardiographische Messwerte von gut trainierten Leistungssportlern im Alter zwischen 130 und 170 Monaten in Bezug auf die jeweilige Körperoberfläche richtig eingeordnet und bewertet werden.

3.3.1 Mitralklappe

Es lagen die Werte von 248 Leistungssportlern für den Durchmesser des Mitralklappenringes (MKL) vor. Die Messwerte werden in Millimeter (mm) angegeben.

Tabelle 6: Durchmesser des Mitralklappenrings in mm der Leistungssportler

		MKL (mm)
N	Gültig	248
	Fehlend	67
Mittelwert		27,41
Median		27,90
Standardabweichung		3,49
Minimum		17,90
Maximum		36,84

Tabelle 7: Perzentilen des Mitralklappenringdurchmessers der Leistungssportler

		Perzentile						
		5	10	25	50	75	90	95
Gewichteter Durchschnitt	MKL (mm)	21,52	22,95	24,58	27,90	29,82	31,65	32,75

Trotz der großen Spannweite von ca. 19 mm spricht die Standardabweichung von 3,49 mm für die Homogenität der Stichprobe. Der Mittelwert liegt bei 27,41 mm und die 75.

Perzentile bei 29,82 mm. Die vorliegende Stichprobe ist mit einem Wert von 0,181 nach Shapiro-Wilk signifikant normalverteilt.

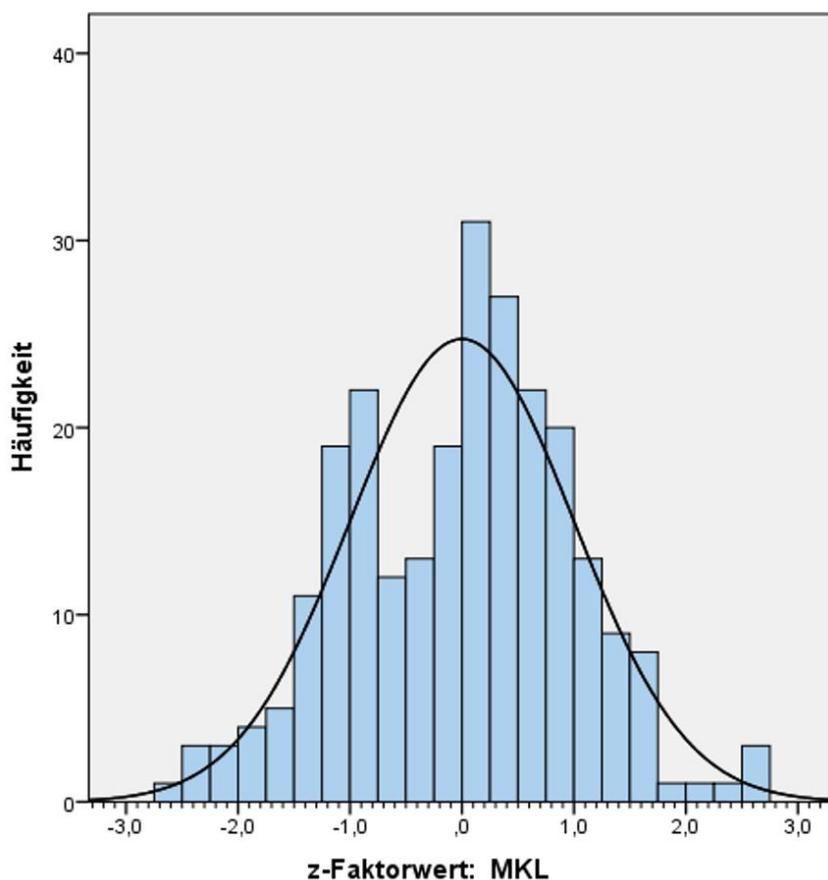


Abb. 8: Standardnormalverteilung der z-Werte für den Mitralklappenring - Leistungssportler

Zwischen den beiden quantitativen und unabhängigen Parametern Körperoberfläche und Durchmesser des Mitralklappenrings zeigt sich ein positiver linearer statistischer Zusammenhang. Eine Korrelation von 0,516 wurde mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,0 % berechnet. Die Signifikanz von 0,0 % bedeutet in diesem Zusammenhang, dass mit hoher Wahrscheinlichkeit die beobachtete Korrelation auch in der Grundgesamtheit besteht.

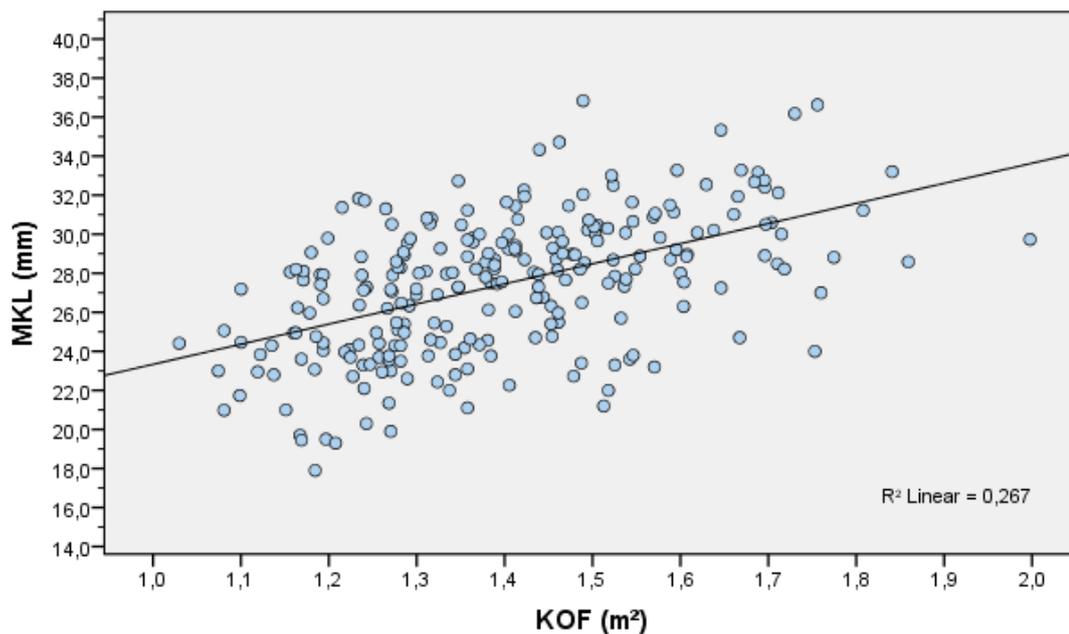


Abb. 9: Korrelation der Körperoberfläche (KOF) in m^2 mit dem Durchmesser des Mitralklappenrings (MKL) in mm - Leistungssportler

3.3.2 Aortenwurzel

Für die sonographische Beschreibung der Aortenwurzel wurden in der parasternal langen Achse vier Parameter herangezogen. Die folgende Tabelle stellt die statistisch bearbeiteten Werte dar. Die Größen von

- Aortenklappenring (AK)
- Sinus aortae valsalvae
- Sinutubulärer Überganglinie (STL)
- Aorta ascendens (AAO)

werden jeweils in Millimeter angegeben.

Tabelle 8: Durchmesser der Aortenwurzel der Leistungssportler; AK = Aortenklappenring, Sinus = Sinus aortae, STL = Sinutubuläre Übergangslinie, AAO = Aorta ascendens

		AK (mm)	Sinus (mm)	STL (mm)	AAO (mm)
N	Gültig	276	267	264	239
	Fehlend	39	48	51	76
Mittelwert		18,24	24,37	20,53	22,23
Median		18,10	24,35	20,48	22,26
Standardabweichung		1,87	2,53	2,49	2,81
Minimum		13,70	18,10	13,70	15,15
Maximum		25,51	32,27	28,64	30,73

		Perzentile						
		5	10	25	50	75	90	95
Gewichteter Durchschnitt	AK (mm)	15,59	16,12	16,91	18,10	19,46	20,59	21,40
	Sinus (mm)	20,49	21,17	22,50	24,35	26,01	27,56	28,58
	STL (mm)	16,06	17,60	19,00	20,48	22,10	23,32	24,44
	AAO (mm)	17,60	18,73	20,18	22,26	24,13	25,60	27,17

Die einzelnen Werte der vier Strukturen reichen von ca. 14 mm bis hin zu ca. 32 mm. Die Spannweiten liegen zwischen 12 mm und 14 mm. Diese Größen sind durch vereinzelte Ausreißer bedingt. Besonders bei den Werten für den Aortenklappenring (AK) und der sinutubulären Übergangslinie (STL) wurden einige Ausreißer nach oben festgestellt. Diese sind in den folgenden Histogrammen im rechten Bereich gut erkennbar und sind für eine gewisse Schiefe der Verteilung mitverantwortlich.

Die errechneten Standardabweichungen sprechen jedoch durchgehend für die Homogenität der Messwerte. Diese liegen bei ca. 10 % des jeweiligen Mittelwerts. Besonders hervorzuheben sind die Standardnormalverteilungen der Parameter Sinus aortae und Aorta ascendens. Mit den Werten von 0,710 (Sinus) und 0,811 (AAO) nach Shapiro-Wilk sind die Erhebungen signifikant normalverteilt. Dies bedeutet, sollte man die Hypothese „Die Stichprobe ist normalverteilt und kann auf die Grundgesamtheit umgelegt werden“ verneinen, würde man mit einer Wahrscheinlichkeit von 71 % bzw. 81 % einen Fehler begehen. Bei einem Signifikanzniveau von 5 % liegen diese deutlich darüber.

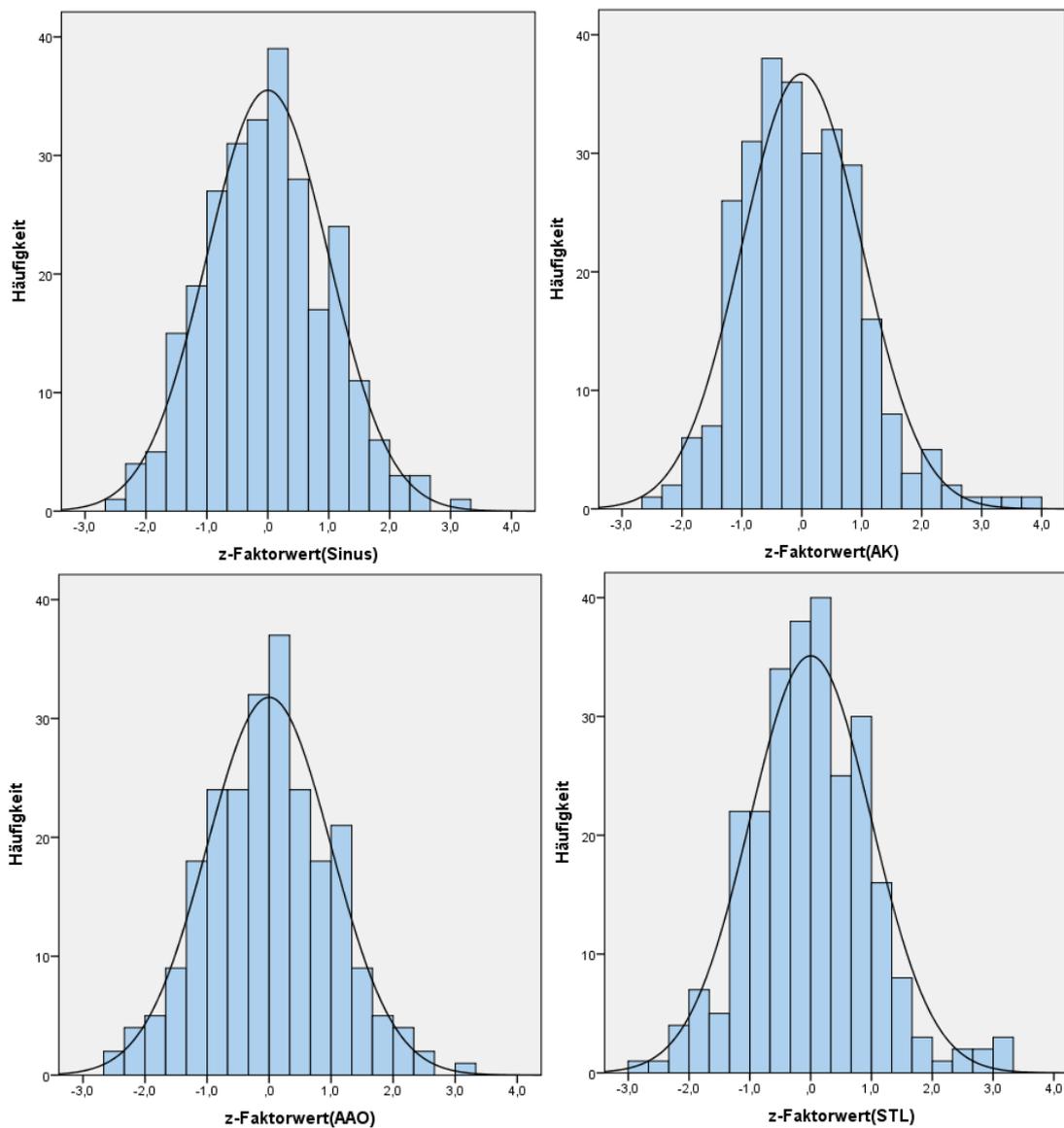


Abb. 10: Standardnormalverteilung der Durchmesser der Aortenwurzel der Leistungssportler; AK = Aortenklappenring, Sinus = Sinus aortae, STL = Sinutubuläre Übergangslinie, AAO = Aorta ascendens

In Verbindung mit den Körperoberflächen der Leistungssportler werden die Korrelationen in den folgenden Punktdiagrammen dargestellt:

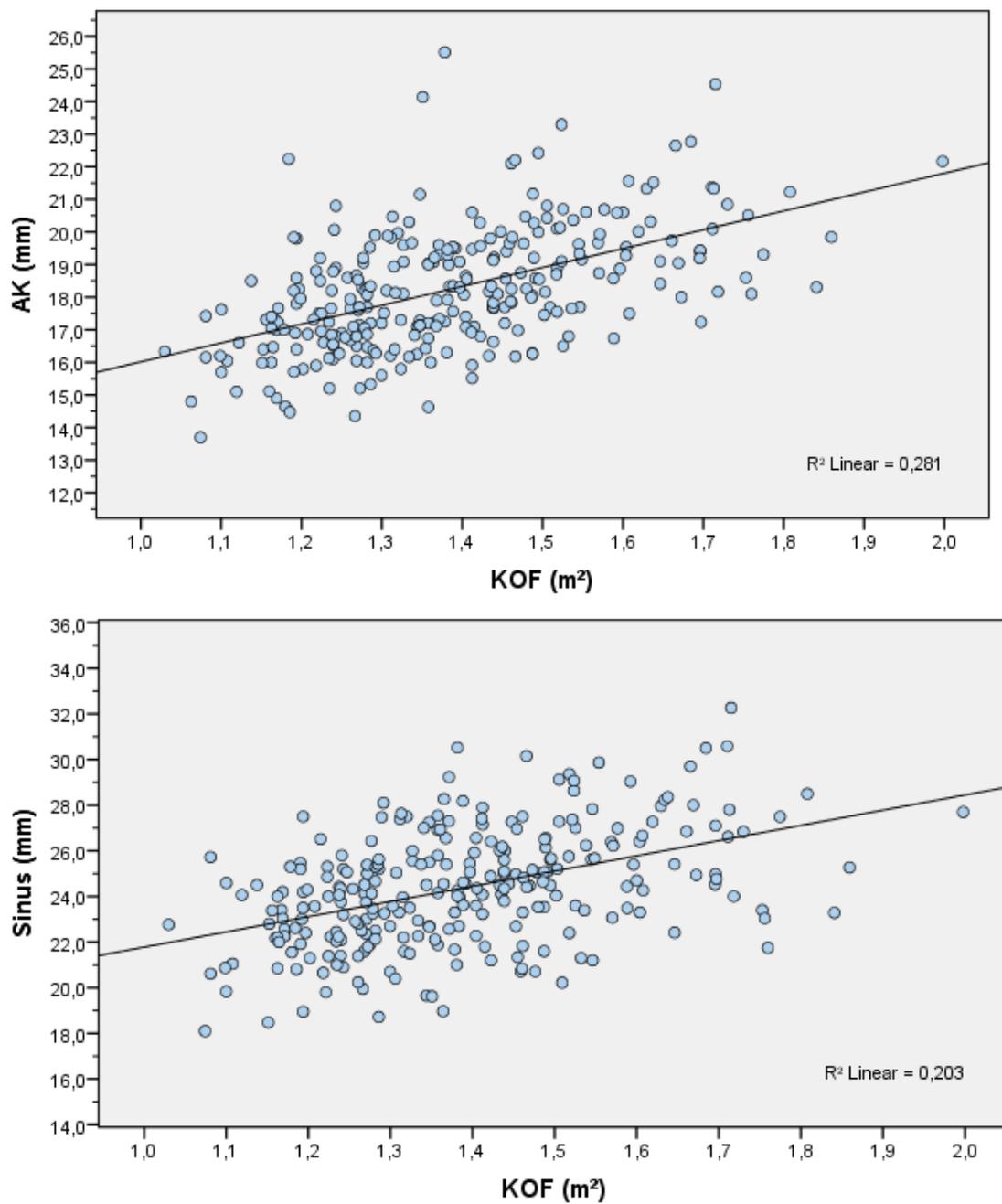


Abb. 11: Korrelation der Körperoberfläche (KOF) in m² mit den Messwerten des Aortenklappenrings (AK) und des Sinus aortae (Sinus) in mm - Leistungssportler

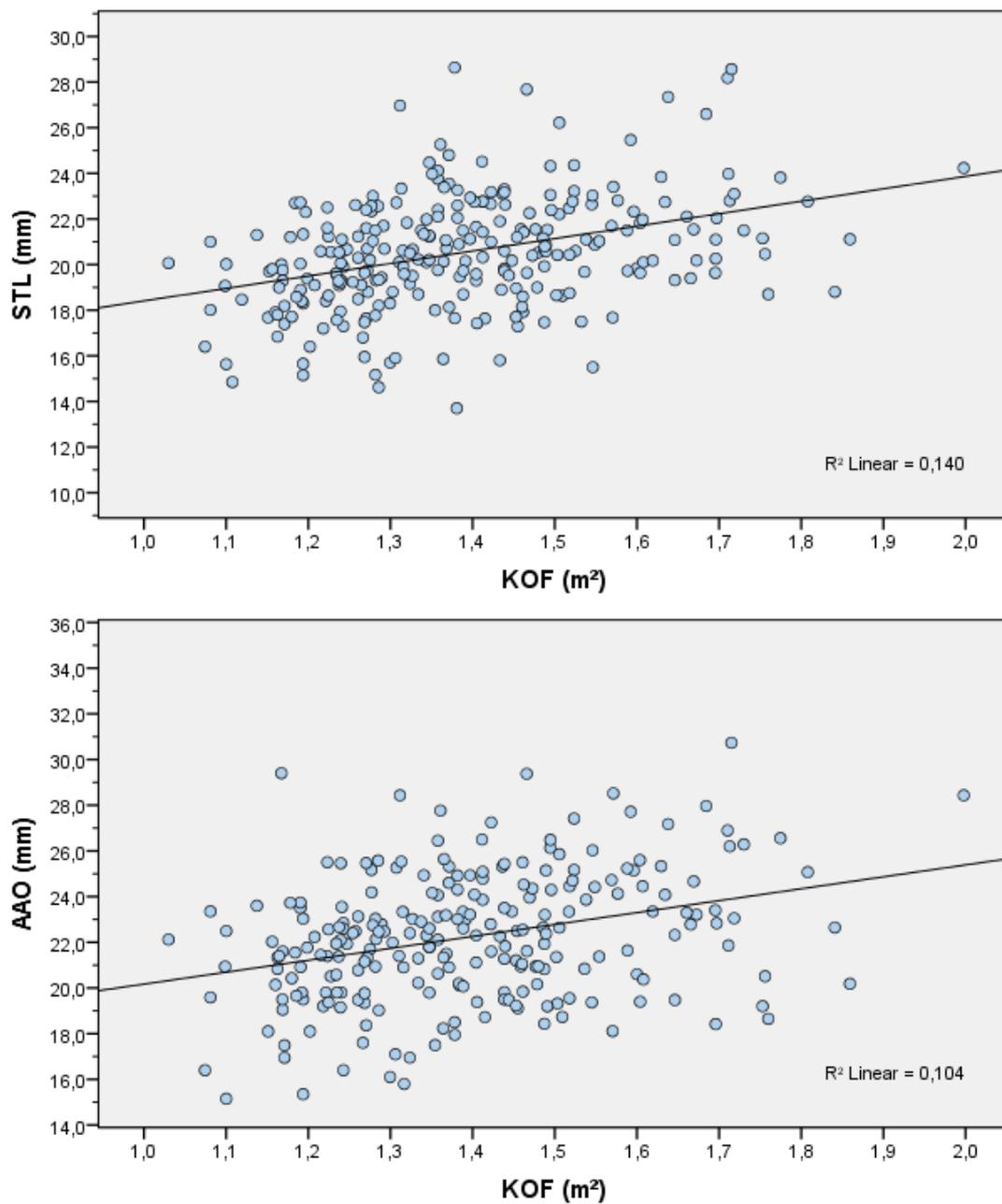


Abb. 12: Korrelation der Körperoberfläche (KOF) in m² mit den Messwerten des sinutubulären Übergangs (STL) und der Aorta ascendens in mm - Leistungssportler

Tabelle 9: Korrelation und Signifikanzen zwischen den Messwerten der Aortenwurzel und der KOF der Leistungssportler; AK = Aortenklappenring, Sinus = Sinus aortae, STL = Sinutubuläre Übergangslinie, AAO = Aorta ascendens

		KOF	AK	Sinus	STL	AAO
KOF (m ²)	Pearson-Korrelation	1	0,530	0,451	0,374	0,322
	Sig. (2-seitig)		0,000	0,000	0,000	0,000
	N	315	276	267	264	239

Die dargestellten Diagramme zeigen alle einen positiven linearen statistischen Zusammenhang zwischen der Körperoberfläche und den gemessenen Werten der Aorta. Dies bedeutet, dass in dieser Beobachtung tendenziell hohe Werte der KOF mit hohen Werten der aufgeführten Parameter der Aorta auftreten. Eine Signifikanz von jeweils 0,0 % zeigt zudem, dass diese Beobachtung auch in der Grundgesamtheit sehr wahrscheinlich ist. Die Zusammenhänge sind, wie aus der Tabelle zu entnehmen ist, für die Parameter Aortenklappen-Ring (AK) und Sinus aortae deutlicher als die für den Wert der sinutubulären Übergangslinie (STL) und der ascendierenden Aorta (AAO).

3.3.3 Linksventrikuläre Parameter

Die linksventrikulären Parameter bestehen aus der gemessenen Dicke (mm) des interventrikulären Septums (IVS) dem linksventrikulären Durchmesser (LVD) und dem linksventrikulären Durchmesser der Hinterwand (LVPW) jeweils in Diastole (D) und Systole (S). Diese Werte werden durch die errechneten Parameter linksventrikuläre Verkürzungsfraction (LVFS) und Ejektionsfraction (EF), welche in Prozent angegeben werden, ergänzt. Die folgenden Tabellen geben einen Überblick:

Tabelle 10: Messwerte der linksventrikulären Parameter der Leistungssportler

		IVSD (mm)	LVDD (mm)	LVPWD (mm)	IVSS (mm)	LVDS (mm)	LVPWS (mm)	LVFS (%)	EF (%)
N	Gültig	298	299	298	299	297	298	298	298
	Fehlend	17	16	17	16	18	17	17	17
	Mittelwert	8,90	44,90	8,38	12,96	28,38	12,54	36,87	66,67
	Median	8,80	44,58	8,47	12,95	28,15	12,47	37,00	67,00
	Standardabweichung	1,73	4,24	1,37	1,88	3,61	1,68	4,10	5,36
	Minimum	4,90	31,80	4,50	7,15	20,67	7,88	28,00	50,70
	Maximum	15,00	59,80	12,20	20,07	44,80	17,48	48,33	79,67

Perzentile

		Perzentile						
		5	10	25	50	75	90	95
Gewichteter	IVSD (mm)	6,0	6,7	7,8	8,8	10,0	11,0	11,8
Durchschnitt	LVDD (mm)	38,4	39,7	41,9	44,6	47,6	50,1	52,1
	LVPWD (mm)	6,3	6,6	7,4	8,5	9,2	10,3	10,7
	IVSS (mm)	10,0	10,7	11,9	13,0	14,1	15,2	15,9
	LVDS (mm)	22,7	23,9	25,9	28,2	30,7	33,0	34,6
	LVPWS (mm)	9,8	10,4	11,4	12,5	13,7	14,9	15,4
	LVFS (%)	30,7	31,2	34,0	37,0	39,5	42,0	44,0
	EF (%)	57,7	59,0	63,0	67,0	70,0	73,3	75,7

Im Vergleich zu den Ergebnissen der Aortenwurzel kann man eine marginal niedrigere Homogenität feststellen. Besonders im diastolischen Bereich werden relative Standardabweichungen von bis zu 19,1 % in Bezug auf den Mittelwert beobachtet. Dies zeichnet sich auch beim angesprochenen Wert IVSD in der Standardnormalverteilung ab.

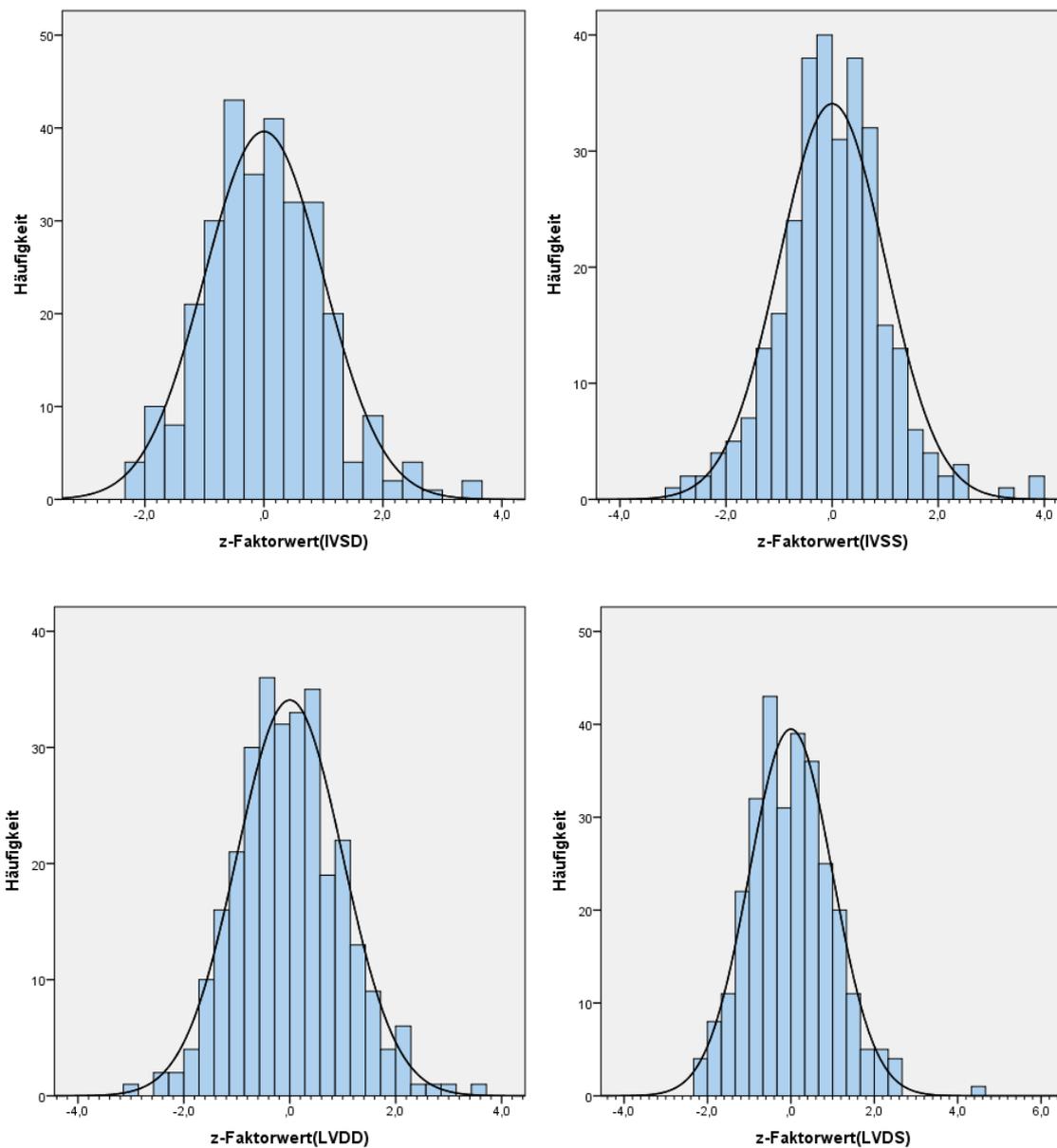


Abb. 13: Standardnormalverteilung der linksventrikulären Parameter der Leistungssportler; Dicke des interventrikulären Septums während der Diastole (IVSD) und während der Systole (IVSS), linksventrikulären Durchmesser während der Diastole (LVDD) und während der Systole (LVDS)

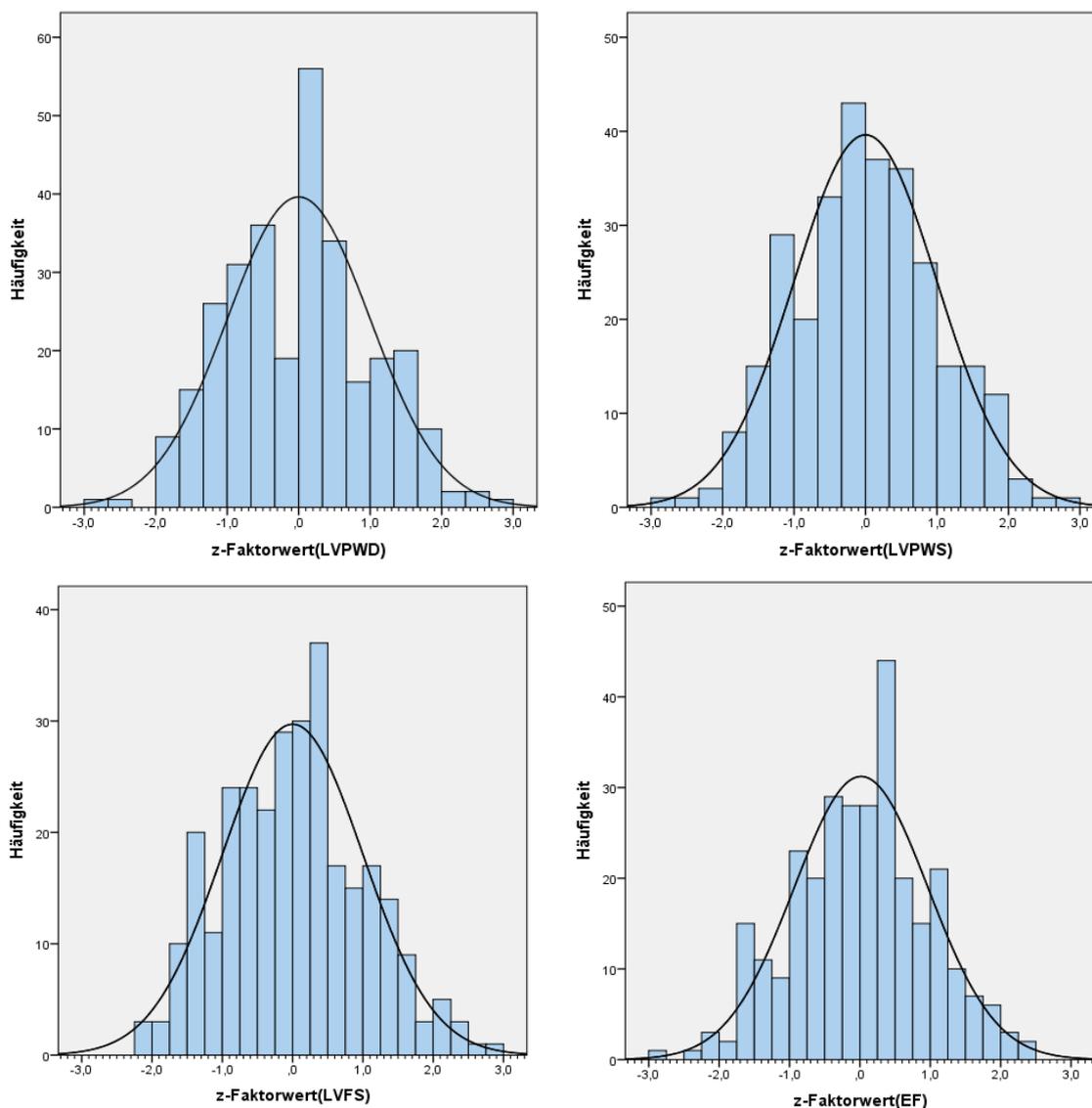


Abb. 14: Standardnormalverteilung der linksventrikulären Parameter der Leistungssportler; Dicke des linksventrikulären Durchmessers der Hinterwand während der Diastole (LVPWD) und während der Systole (LVPWS), linksventrikuläre Verkürzungsfraktion (LVFS), Ejektionsfraktion (EF)

Bis auf den Parameter IVSS sind alle Werte bei einem Signifikanzniveau von 5 % normalverteilt. Eine herausragende Stellung nehmen dabei die Werte der linksventrikulären Hinterwand in der Systole ein, welche mit einer Signifikanz von 82 % normalverteilt sind. Die Parameter EF und LVDD haben mit Werten von 50 % bzw 45 % ebenfalls eine hohe Signifikanz.

Wie auf den Histogrammen zu erkennen ist, wurden auch bei den linksventrikulären Strukturen Ausreißer detektiert. Vor allem in den Größen IVS und LVD sowohl in der

Diastole als auch in der Systole sind Ausreißer >3 Standardabweichungen nach oben festzustellen.

Die folgende Grafik veranschaulicht diese Beobachtung und gibt die absoluten Zahlen in mm wieder.

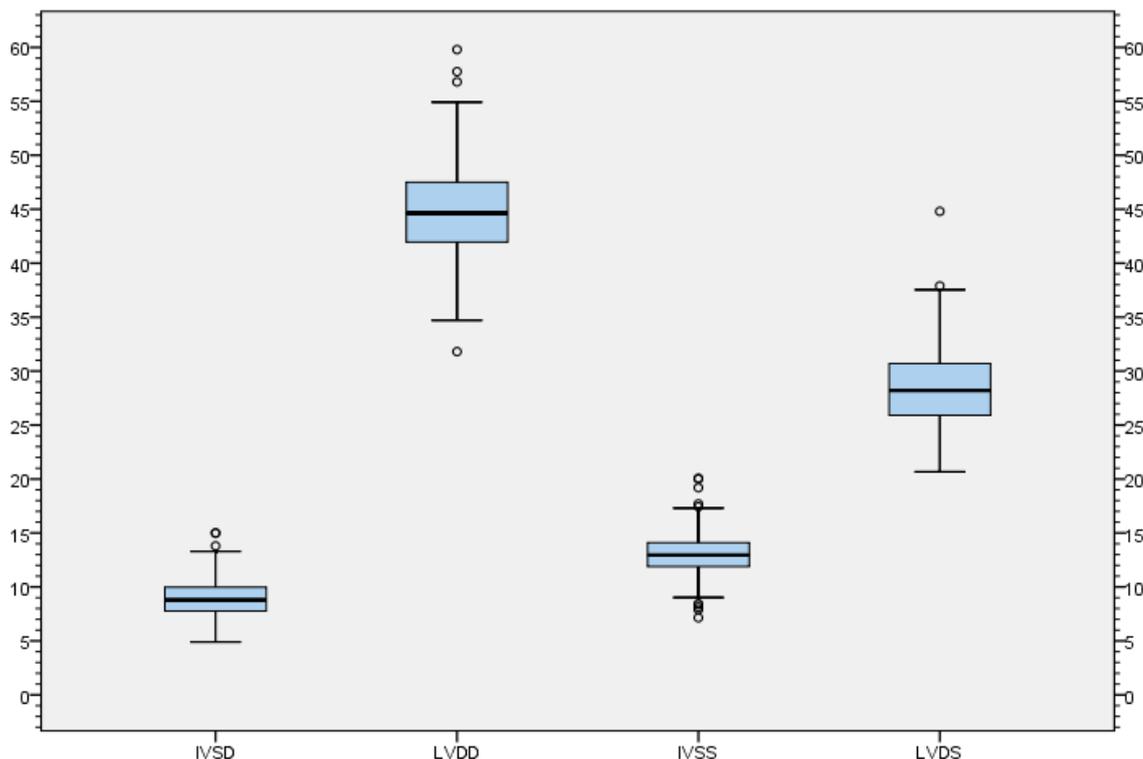


Abb. 15: Boxplot mit Ausreißer ausgewählter linksventrikulärer Parameter in mm der Leistungssportler

Im Folgenden wurde der Zusammenhang der einzelnen Parameter mit der Körperoberfläche (KOF) untersucht. Für alle Werte wurde eine signifikante Korrelation festgestellt. Eine hohe positive Korrelation wurde zwischen den KOF und den Ventrikeldurchmessern sowohl in Diastole als auch in Systole festgestellt. Mit Korrelationen von 0,655 und 0,557 wurden in der vorliegenden Stichprobe vermehrt große KOF mit hohen Werten für Ventrikeldurchmesser erfasst.

Tabelle 11: Korrelation der Körperoberflächen (KOF) mit den linksventrikulären Parametern der Leistungssportler

		KOF (m ²)	IVSD (mm)	LVDD (mm)	LVPWD (mm)	IVSS (mm)	LVDS (mm)	LVPWS (mm)	LVFS (%)	EF (%)
KOF (m ²)	Pearson- Korrelation	1	0,299	0,665	0,427	0,352	0,557	0,433	-0,130	-0,165
	Sig. (2- seitig)		,000	,000	,000	,000	,000	,000	,024	,004
	N	315	298	299	298	299	297	298	298	298

In den folgenden Abbildungen werden die Korrelationen näher veranschaulicht:

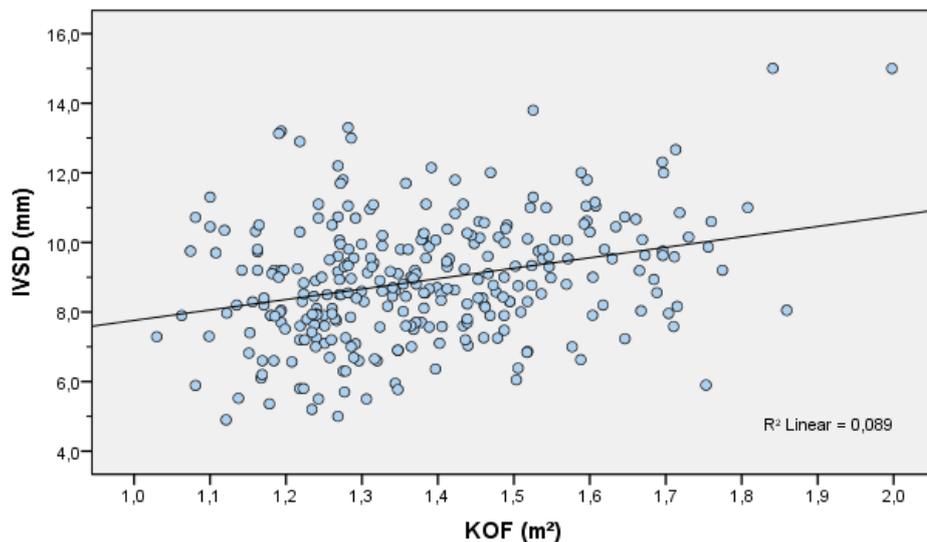


Abb. 16: Streudiagramm der Korrelation zwischen der Körperoberfläche (KOF) in m² und dem diastolischen Durchmesser des interventrikulären Septums (IVSD) in mm - Leistungssportler

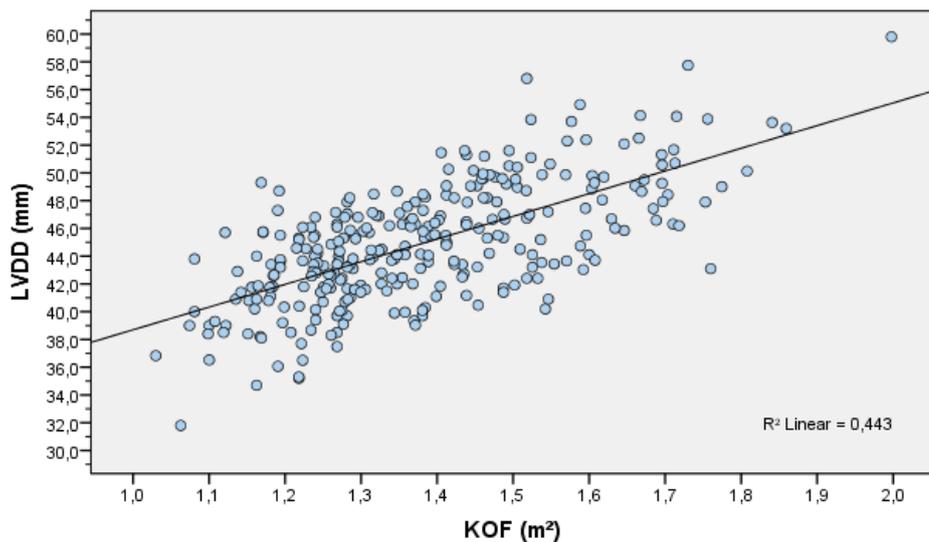


Abb. 17: Streudiagramm der Korrelation zwischen der Körperoberfläche (KOF) in m² und dem diastolischen linksventrikulären Durchmesser (LVDD) in mm - Leistungssportler

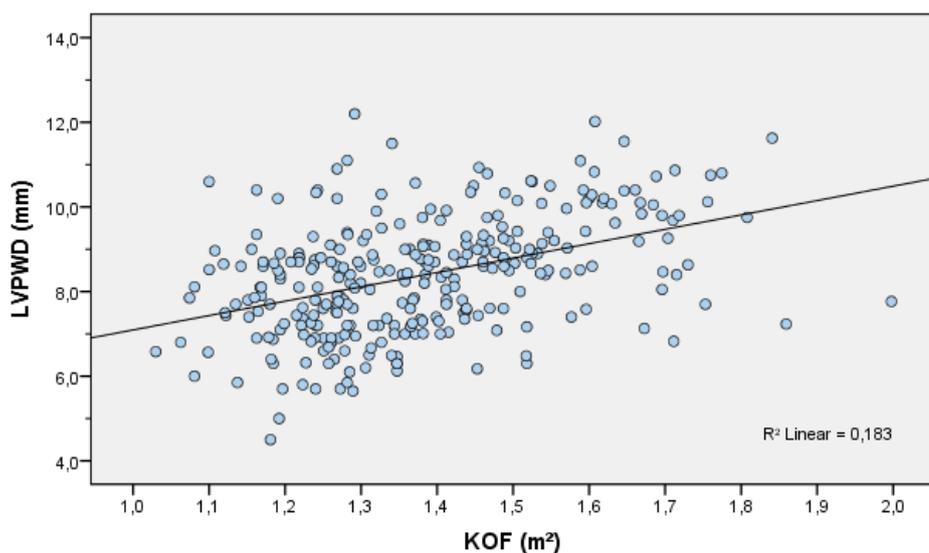


Abb. 18: Streudiagramm der Korrelation zwischen der Körperoberfläche (KOF) in m² und dem linksventrikulären Durchmesser der Hinterwand während der Diastole (LVPWD) in mm - Leistungssportler

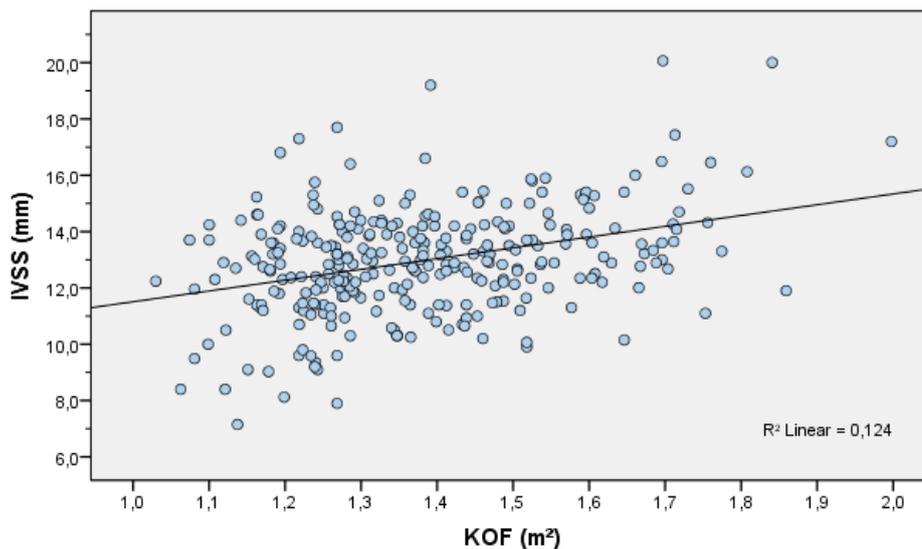


Abb. 19: Streudiagramm der Korrelation zwischen der Körperoberfläche (KOF) in m² und dem systolischen Durchmesser des interventrikulären Septums (IVSS) in mm - Leistungssportler

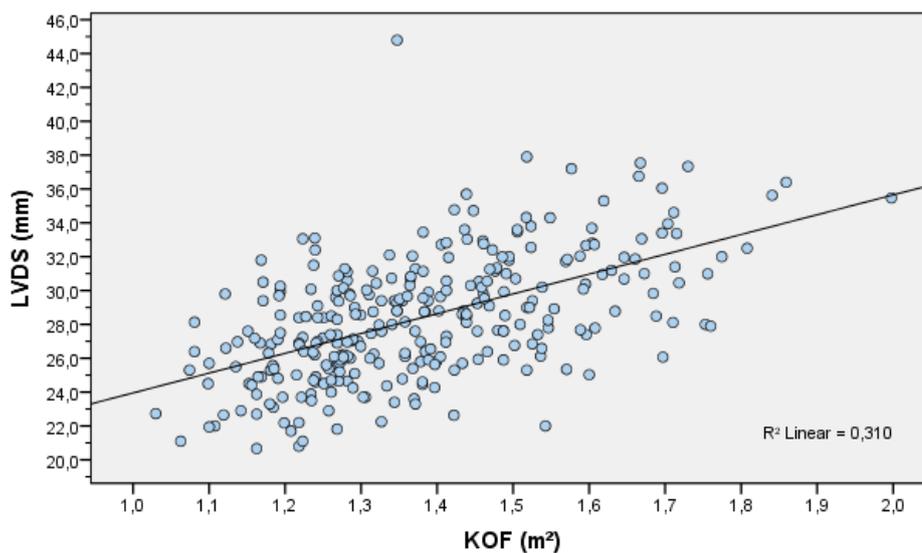


Abb. 20: Streudiagramm der Korrelation zwischen der Körperoberfläche (KOF) in m² und dem systolischen linksventrikulären Durchmesser (LVDS) in mm - Leistungssportler

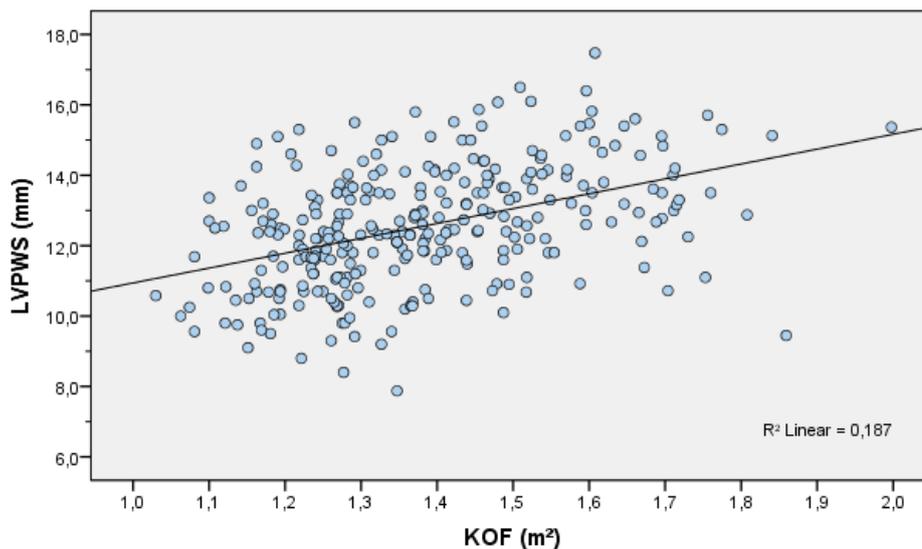


Abb. 21: Streudiagramm der Korrelation zwischen der Körperoberfläche (KOF) in m^2 und dem linksventrikulären Durchmesser der Hinterwand während der Systole (LVPWS) in mm - Leistungssportler

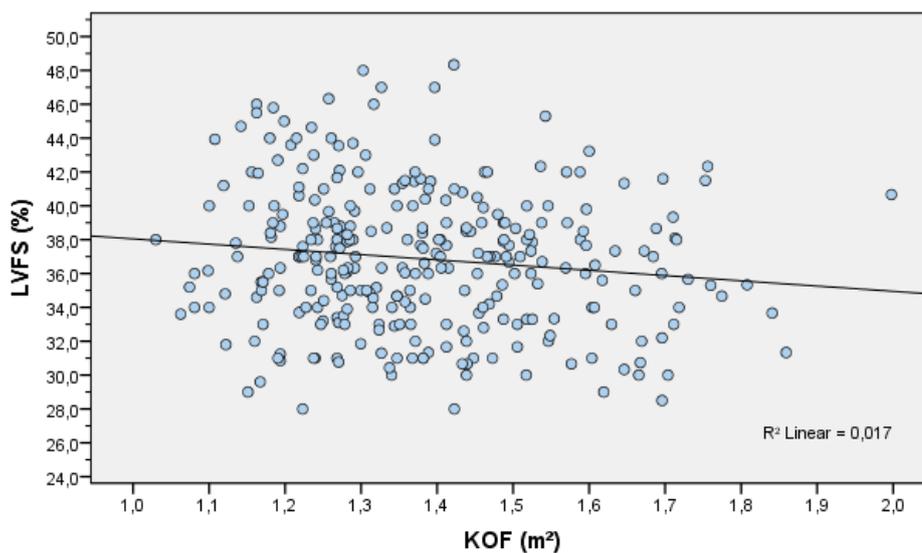


Abb. 22: Streudiagramm der Korrelation zwischen der Körperoberfläche (KOF) in m^2 und den Werten der linksventrikulären Verkürzungsfraction (LVFS) in % - Leistungssportler

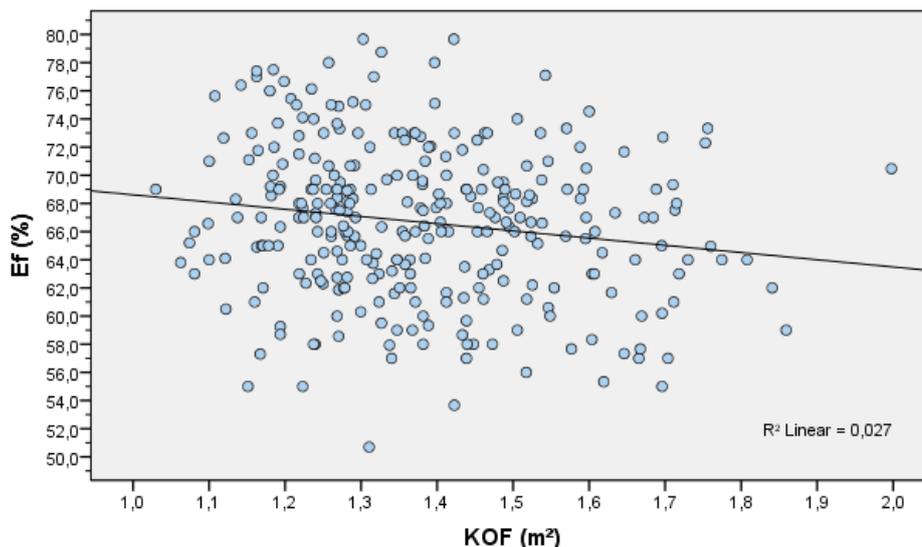


Abb. 23: Streudiagramm der Korrelation zwischen der Körperoberfläche (KOF) in m^2 und den Werten der Ejektionsfraktion (EF) in % - Leistungssportler

Die Untersuchung der Regression zwischen den KOF und den jeweiligen linksventrikulären Parametern ergibt in allen Fällen eine signifikante Abhängigkeit. Besonders die für die Größen LVDD und LVDS sind dabei eminent. Mit 0,443 (LVDD) und 0,310 (LVDS) für R-Quadrat ist die KOF eine nicht zu vernachlässigende Größe, welche auf die unabhängigen Parameter LVDD und LVDS Einfluss nimmt. Die Geraden sind wie folgt definiert:

$$22,222 + \text{KOF (m}^2\text{)} \times 16,447 = \text{erwarteter LVDD in mm}$$

$$12,207 + \text{KOF (m}^2\text{)} \times 11,733 = \text{erwarteter LVDS in mm}$$

Die Werte für R-Quadrat werden in den dargestellten Streudiagrammen im rechten unteren Bereich angegeben.

Wie bereits die lineare Korrelation zeigt, kann anhand der KOF keine Prognose auf die Höhe der LVFS bzw. EF gemacht werden. Mit Werten von 0,017 bzw. 0,027 für R^2 sind die Abhängigkeiten der Parameter zur Körperoberfläche in diesem Kollektiv vernachlässigbar gering.

3.3.4 Linksventrikuläre Muskelmasse

Es wurden im Leistungsbereich 297 gültige Werte für die linksventrikuläre Muskelmasse (LVMM) errechnet. Die Ergebnisse verteilen sich wie folgt:

Tabelle 12: Linksventrikuläre Muskelmasse (LVMM) der Leistungssportler in Gramm

N	Gültig	297
	Fehlend	18
Mittelwert (g)		145,12
Median		139,63
Standardabweichung		44,72
Minimum		51,56
Maximum		363,67

	Perzentile						
	5	10	25	50	75	90	95
LVMM							
Leistungssportler (g)	79,22	92,11	113,72	139,63	174,36	202,12	213,97

Die Standardnormalverteilung der LVMM wird in der folgenden Abbildung wiedergegeben. Die berechneten Werte sind mit einer Signifikanz von 0,018 schwach normalverteilt.

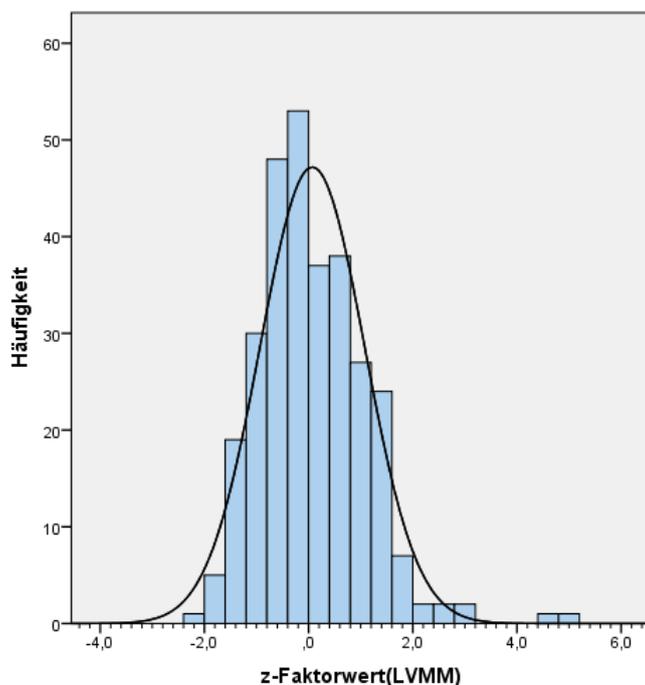


Abb. 24: Standardnormalverteilung der linksventrikulären Muskelmasse (LVMM) der Leistungssportler

Neben dieser Erkenntnis ist zudem eine starke positive lineare Korrelation zwischen der LVMM und der KOF der Sportler festzustellen. Es besteht ein signifikanter ($p = 0,00$) Zusammenhang mit einem Wert von $R = 0,682$. Eine Abhängigkeit der beiden Parameter wurde ebenfalls signifikant ($p = 0,00$) mit $R^2 = 0,446$ nachgewiesen. Die in der Grafik dargestellte Regressionsgerade mit den erwarteten Werten für die LVMM definiert sich wie folgt:

$$\text{Erwartete LVMM (g)} = -99,61 + \text{KOF (m}^2\text{)} \times 177,55$$

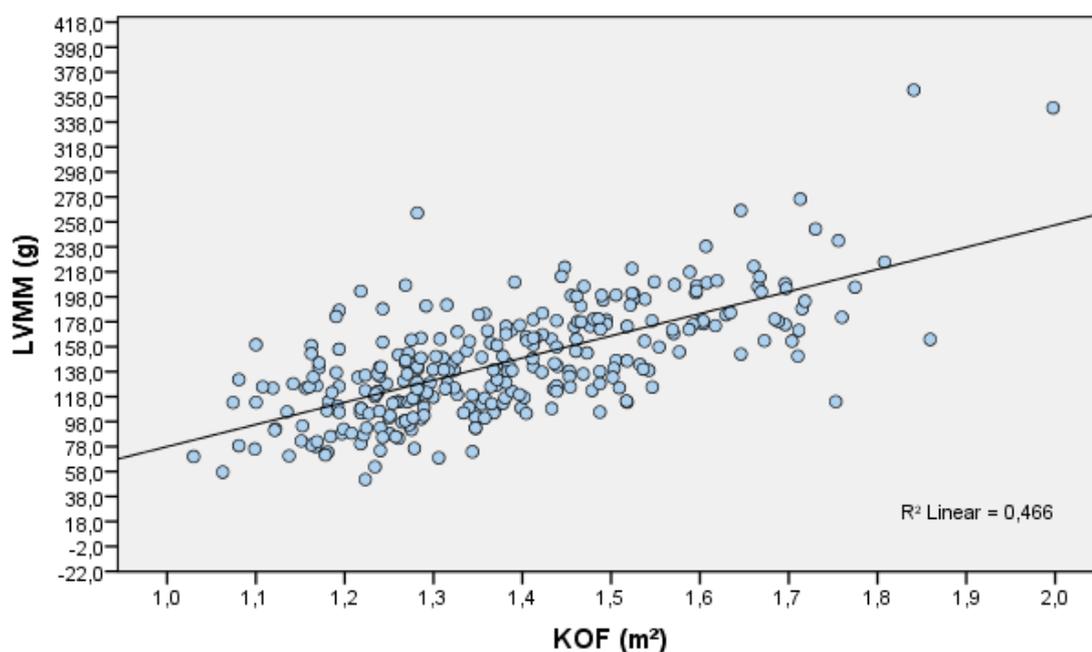


Abb. 25: Streudiagramm der Korrelation zwischen der Körperoberfläche (KOF) in m² und der linksventrikulären Muskelmasse (LVMM) in g - Leistungssportler

3.3.5 Koronararterien

Von den untersuchten Koronararterien wurden nur diejenigen in die Studie miteinbezogen, bei welchen die Messwerte als Paar, d.h. linke Kranzarterie (LCA) und rechte Kranzarterie (RCA) pro Spieler, vorhanden sind. Es wurden insgesamt 214 Messpaare bewertet.

Für die weitere Beurteilung wurden die einzelnen Probanden in „Dominanzen“ gruppiert. Anhand der Relation zwischen den Hauptstammdurchmessern der LCA zur RCA wurden drei Gruppen definiert. Neben den beiden Gruppen bei denen ein Arterienstammdurchmesser deutlich von dem anderen Durchmesser abweicht (Rechtsdominanz bzw. Linksdominanz) wurde eine weitere Gruppe geformt. Bei der sog. „Interme-

diär-Gruppe“ liegen die Kaliber der beiden Koronararterienstämme so dicht zusammen, dass sich aufgrund der Messungenauigkeit, welche sich im Zehntelmillimeterbereich ansiedelt, keine deutlichen Aussagen über mögliche Dominanzen treffen lassen. Es liegt demnach eine Co-Dominanz vor.

„Rechtsdominanz“ → $LCA/RCA < 0,9$

„Intermediär-Gruppe“ → $0,9 \leq LCA/RCA \leq 1,10$

„Linksdominanz“ → $LCA/RCA > 1,1$

Diese Aufteilung verfolgt das Ziel, zukünftige echokardiographische Messungen junger Leistungssportler der jeweiligen „Dominanzgruppe“ zuzuordnen und anhand deren spezifischer Referenzdaten zu bewerten. Die folgende Tabelle zeigt die Gruppenverteilung der vorliegenden Studienpopulation und deren statistische Daten:

Tabelle 13: Durchmesser der linken (LCA) und der rechten Koronararterie (RCA) der Leistungssportler

Dominanz			LCA (mm)	RCA (mm)
Rechtsdominanz	N	Gültig	8	8
		Fehlend	0	0
	Mittelwert		2,78	3,51
	Median		2,76	3,31
	Standardabweichung		0,35	0,74
	Minimum		2,30	2,70
	Maximum		3,41	5,19
Intermediär-Gruppe	N	Gültig	43	43
		Fehlend	0	0
	Mittelwert		3,18	3,10
	Median		3,19	3,05
	Standardabweichung		0,64	0,60
	Minimum		2,00	2,00
	Maximum		4,56	4,26
Linksdominanz	N	Gültig	163	163
		Fehlend	0	0
	Mittelwert		3,63	2,59
	Median		3,64	2,61
	Standardabweichung		0,56	0,49
	Minimum		2,40	1,40
	Maximum		4,93	3,85

Aus der Tabelle geht hervor, dass bei 76,1 % (N = 163) der gemessenen Leistungssportler eine Dominanz des linken Kranzarterienstamms vorherrscht. Bei 43 Probanden besteht ein intermediäres Größenverhältnis. Und bei lediglich acht Fußballspielern überwiegt der Stammdurchmesser der rechten Koronararterie. Die LCA-Werte eines Leistungssportlers wurden als Ektasie bewertet und demzufolge nicht mit in die Bewertung aufgenommen (siehe 3.6). Die Perzentilen der Gruppe der Leistungssportler mit linksdominanter Koronararteriendurchmesser werden in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt.

Tabelle 14: Perzentilen der Koronararteriendurchmesser der Leistungssportler - Gruppe „Linksdominanz“

	Perzentile						
	5	10	25	50	75	90	95
LCA (mm)	2,67	2,85	3,24	3,64	4,04	4,39	4,59
RCA (mm)	1,67	2,00	2,21	2,61	2,93	3,26	3,43

Beide Parameter (LCA und RCA) sind in den jeweiligen Gruppen auf dem Signifikanzniveau von 0,05 normalverteilt. Aufgrund der geringen Anzahl der Werte wurde auf die Abbildung der Standardnormalverteilung der Rechtsdominanten- und Intermediär-Gruppe verzichtet. Die Werte der linksdominanten Gruppe sehen für die LCA und RCA wie folgt aus:

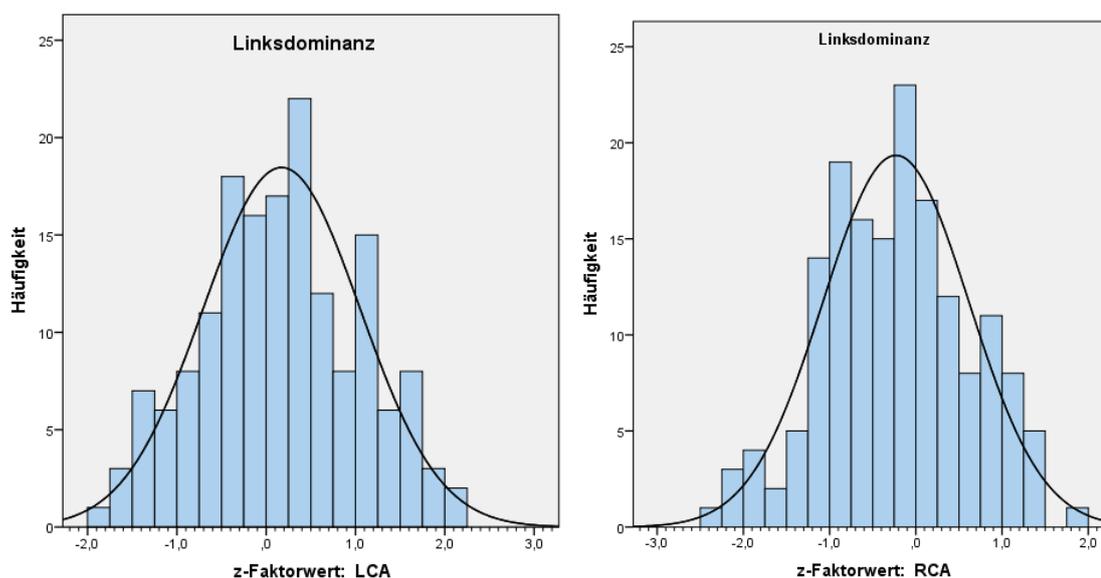


Abb. 26: Standardnormalverteilung der Koronararteriendurchmesser - Leistungssportler Gruppe „Linksdominant“

In den folgenden Abbildungen werden die beiden Parameter LCA und RCA mit den absoluten Zahlen den Körperoberflächen der Leistungssportler gegenübergestellt. Auch hier wurden die Probanden in die drei beschriebenen Gruppen unterteilt. Auf der x-Achse wurden die KOF in m² aufgetragen. Die y-Achse gibt die absoluten Werte der Koronararterienstammdurchmesser in mm wieder. Für die linksdominante Gruppe ergibt sich eine signifikante Korrelation von 0,51 für die LCA bzw. 0,33 für die RCA in Bezug auf die KOF.

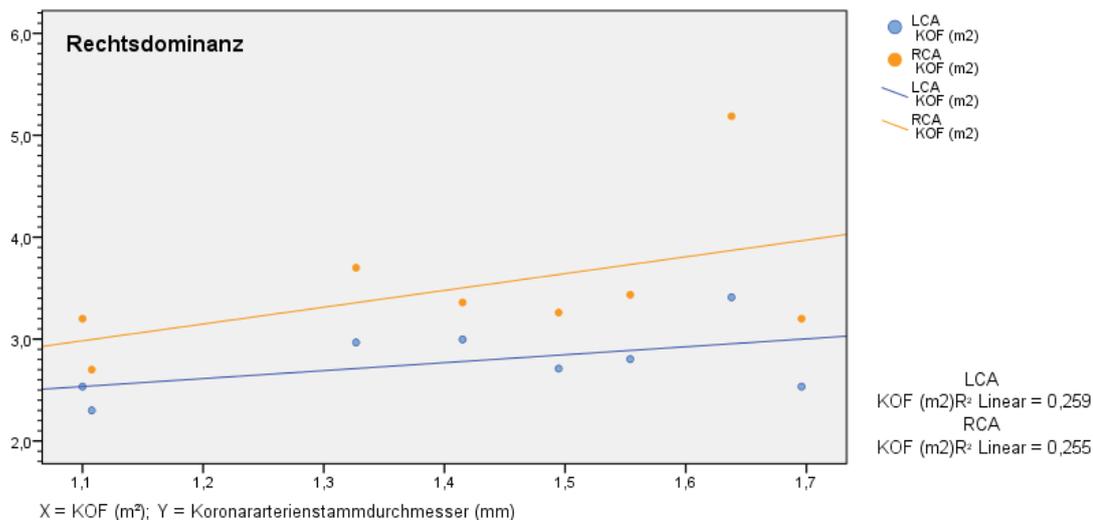


Abb. 27: Streudiagramm der Korrelation zwischen der Körperoberfläche (KOF) in m² und dem linken (LCA = blau) sowie rechten Koronararteriendurchmesser (RCA = orange) in mm - Leistungssportler Gruppe „Rechtsdominanz“

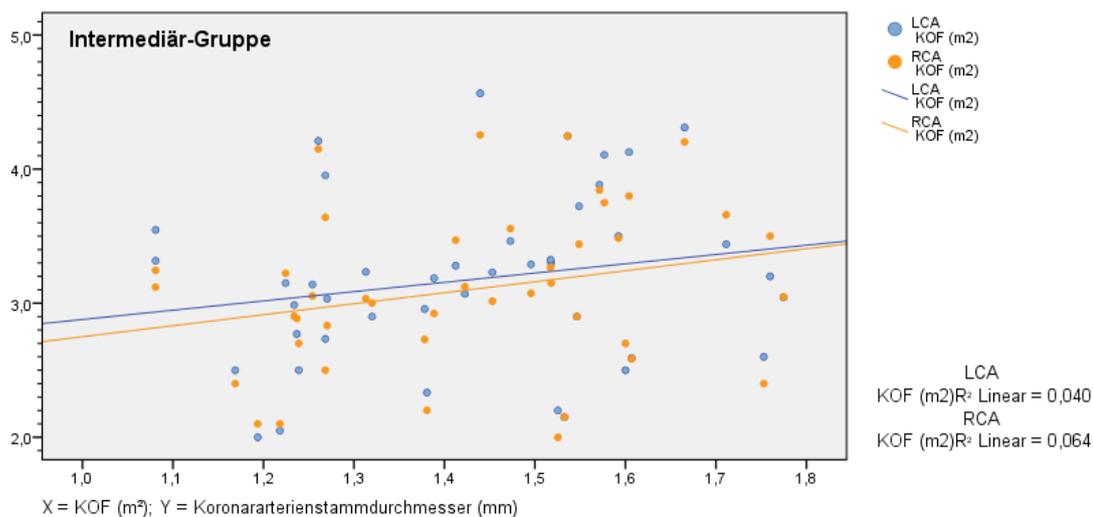


Abb. 28: Streudiagramm der Korrelation zwischen der Körperoberfläche (KOF) in m² und dem linken (LCA = blau) sowie rechten Koronararteriendurchmesser (RCA = orange) in mm - Leistungssportler „Intermediär-Gruppe“

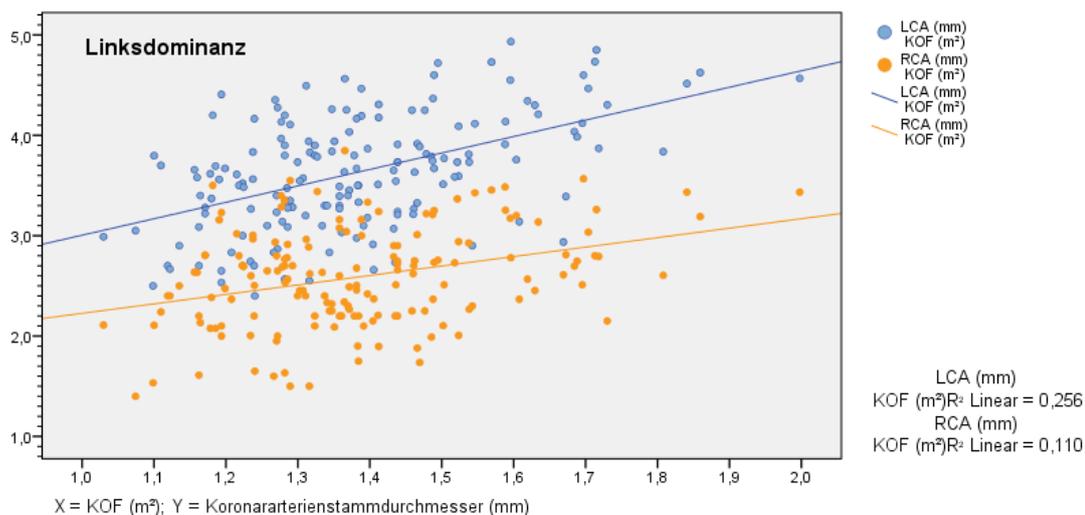


Abb. 29: Streudiagramm der Korrelation zwischen der Körperoberfläche (KOF) in m² und dem linken (LCA=blau) sowie rechten Koronararteriendurchmessers (RCA=orange) in mm. Leistungssportler Gruppe „Linksdominanz“

Für die große Gruppe der „Linksdominanten Koronararterien“ wurde zudem eine signifikante Regression und somit eine Abhängigkeit der Größen KOF zur LCA bzw. RCA ermittelt. Die Werte für R² sind aus den Grafiken zu entnehmen. Die errechneten Regressionsgeraden stellen sich wie folgt dar:

$$\text{Erwartete LCA (mm)} = 1,367 + \text{KOF (m}^2\text{)} \times 1,638$$

$$\text{Erwartete RCA (mm)} = 1,284 + \text{KOF (m}^2\text{)} \times 0,943$$

3.4 Echokardiographische Ergebnisse der Kontrollgruppe

Die echokardiographischen Daten der Kontrollgruppe werden in den folgenden Tabellen wiedergegeben:

Tabelle 15: Überblick echokardiographischer Messwerte der Kontrollgruppe

	N		Mittelwert	Median	Standard- abweichung	Minimum	Maximum
	Gültig	Fehlend					
MKL (mm)	28	25	25,09	24,65	2,58	21,03	31,43
AK (mm)	43	10	17,75	18,10	2,04	10,02	21,17
Sinus (mm)	42	11	24,32	24,18	2,69	19,75	30,53
STL (mm)	43	10	20,41	20,27	2,30	15,70	25,67
AAO (mm)	41	12	22,27	22,03	2,44	16,70	28,37
IVSD (mm)	50	3	8,52	8,68	1,61	4,98	12,60
LVDD (mm)	50	3	43,68	43,42	3,37	36,10	50,40
LVPWD (mm)	50	3	8,12	7,85	1,48	5,63	11,40
IVSS (mm)	50	3	12,62	12,60	2,14	9,00	18,64
LVDS (mm)	50	3	28,09	27,74	2,94	23,17	34,90
LVPWS (mm)	50	3	11,50	11,30	1,74	7,80	14,60
LVFS (%)	50	3	35,66	35,20	4,45	27,57	45,70
EF (%)	50	3	65,42	65,10	5,77	53,83	77,40
LVMM (g)	50	3	123,12	115,24	38,69	54,90	240,34

Für eine bessere Vergleichbarkeit wurden die Koronararteriendurchmesser der Kontrollgruppe ebenfalls in die definierten Dominanz-Typen eingeteilt (siehe 3.3.4).

Bei vier Probanden wurde eine Dominanz der rechten Kranzarterie gemessen und lediglich zwei Probanden reichten sich in die Intermediär-Gruppe ein. Der Großteil (N = 42; 87,5 %) der gemessenen Studienteilnehmer hatte jedoch einen nach dem definierten Niveau, dominierenden Stammdurchmesser der linken Koronararterie. Die folgende Tabelle stellt die Verteilung und deren Ergebnisse dar:

Tabelle 16: Durchmesser der linken (LCA) und der rechten Koronararterie (RCA) der Kontrollgruppe

Dominanz			LCA (mm)	RCA (mm)
Rechtsdominanz	N	Gültig	4	4
		Fehlend	0	0
	Mittelwert		2,46	3,49
	Median		2,37	3,40
	Standardabweichung		,21	,33
	Minimum		2,33	3,19
	Maximum		2,77	3,97
Intermediär-Gruppe	N	Gültig	2	2
		Fehlend	0	0
	Mittelwert		2,47	2,34
	Median		2,47	2,34
	Standardabweichung		,80	,84
	Minimum		1,90	1,75
	Maximum		3,03	2,93
Linksdominanz	N	Gültig	42	42
		Fehlend	0	0
	Mittelwert		3,14	2,09
	Median		3,11	2,04
	Standardabweichung		,48	,38
	Minimum		2,30	1,47
	Maximum		4,27	3,17

3.5 Echokardiographischer Vergleich der Studiengruppen

Im folgenden Abschnitt wird die Gruppe der Leistungssportler mit der Kontrollgruppe verglichen. Für einen besseren Überblick werden im Gliederungspunkt 3.5.1 die eruierten echokardiographischen Ergebnisse mit Mittelwerten und Signifikanzen in Form von Tabellen dargestellt. Anschließend wird auf die signifikanten Unterschiede dieser Werte eingegangen.

3.5.1 Überblick

In der tabellarischen Übersicht werden die Mittelwerte der einzelnen Parameter im Gruppenvergleich gegenübergestellt. Diese werden durch deren Differenz und die Signifikanz aus dem t-Test für unabhängige Stichproben ergänzt. Der t-Test für unabhängige Stichproben setzt eine Normalverteilung voraus [30]. War die Normalverteilung nicht gewährleistet, wurde auf den Mann-Whitney-U-Test ausgewichen. Ebenfalls wurde in diesen Fällen für den Gruppenvergleich der Medianwert herangezogen und in der betreffenden Spalte mit einem Stern markiert. Von allen signifikanten Mittelwerten (rot markiert) betrifft dies jedoch nur die Parameter RCA, MKL und LVMM. Die restlichen signifikanten Parameter sind nach einem Signifikanzniveau von 0,05 normalverteilt.

Tabelle 17: Mittelwertvergleich echokardiographischer Parameter der Studiengruppen

	Studiengruppen		Vergleich	
	Leistungssportler	Kontrollgruppe	Mittelwert- bzw.	t-Test bzw. u-
	Mittelwert bzw. Median*	Mittelwert bzw. Median*	Median*-differenz	Test* Signifikanz
MKL (mm)	27,90*	24,65*	3,25*	0,00*
AK (mm)	18,10*	18,10*	0,00*	0,41*
Sinus (mm)	24,37	24,32	0,05	0,91
STL (mm)	20,53	20,41	0,12	0,76
AAO (mm)	22,23	22,27	-0,04	0,93
IVSD (mm)	8,90	8,52	0,38	0,15
LVDD (mm)	44,90	43,68	1,22	0,05
LVPWD (mm)	8,38	8,12	0,26	0,23
IVSS (mm)	12,95*	12,60*	0,35*	0,22*
LVDS (mm)	28,38	28,09	0,29	0,59
LVPWS (mm)	12,54	11,50	1,04	0,00
LVFS (%)	36,87	35,66	1,21	0,06
EF (%)	66,67	65,42	1,25	0,13
LVMM (g)	139,63*	115,24*	24.39*	0,00*

Vergleiche der Koronararterienparameter (LCA und RCA) zwischen den Studiengruppen wurden aufgrund der Häufigkeitsverteilung nur für die in Punkt 3.3.5 definierten „linksdominanten“ Probanden durchgeführt.

Tabelle 18: Mittelwertvergleich der Koronararterienstammdurchmesser der Studiengruppen

	Studiengruppe		Vergleich	
	Leistungssportler	Kontrollgruppe	Mittelwert- bzw. Median*- Differenz	t-Test bzw. u-Test* Signifikanz
	Mittelwert bzw. Median*	Mittelwert bzw. Median*		
LCA (mm)	3,63	3,14	0,49	0,00
RCA (mm)	2,61*	2,04*	0,57*	0,00*

Im Mittel wurde bei allen Parametern, mit Ausnahme der AAO (Differenz 0,04 mm) und AK (identischer Median), ein höherer Wert bei den Leistungssportlern gemessen. Die Parameter mit signifikanten Unterschieden wurden in den Tabellen rot markiert und sind neben weiteren Vergleichen Gegenstand einer genaueren Betrachtung im folgenden Abschnitt.

3.5.2 Signifikante Unterschiede der Studiengruppen

Die Gruppe der Leistungssportler hatte im Medianvergleich eine 3,25 mm größere Mitralklappe (MKL), eine um 24,39 g höhere linksventrikuläre Muskelmasse (LVMM) und einen um 0,57 mm größeren Stammdurchmesser der rechten Kranzarterie. Die Nullhypothese „beide Stichproben entstammen der gleichen Grundgesamtheit“ kann in allen Fällen verneint werden. Dies bedeutet, dass die oben angeführten Parameter der beiden Gruppen signifikant unterschiedlich sind.

Für die durchgeführten t-Tests zum Vergleich der unabhängigen Stichproben können die Ergebnisse auf die Grundgesamtheit übertragen werden und bedeuten Folgendes: Bezogen auf die hier definierten Ein- und Ausschlusskriterien, haben jugendliche Leistungssportler im Vergleich zu weniger sportlichen Heranwachsenden in der Grundgesamtheit durchschnittlich einen 1,22 mm größeren LVDD, einen 1,04 mm dickeren LVPWS und einen um 0,5 mm größeren Stammdurchmesser der linken Koronararterie. Für diese Parameter wurden zusätzlich die Konfidenzintervalle errechnet.

In der Grundgesamtheit haben mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % jugendliche Leistungssportler (wie in 2.1.1 definiert)

- einen zwischen 0,15 mm und 2,29 mm größeren LVDD,
- einen zwischen 0,54 mm und 1,54 mm dickeren LVPWS und

- einen zwischen 0,31 mm und 0,70 mm größeren Stammdurchmesser der LCA (bei definierter „Linksdominanz“)

als „normal“ Sport treibende Jugendliche (wie in 2.1.2 definiert).

Die Korrelationen und Regressionen der signifikant unterschiedlichen Parameter wurden in Bezug auf die Körperoberfläche (KOF) ebenfalls im Gruppenvergleich gegenübergestellt. Die Korrelationen sind der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen:

Tabelle 19: Korrelationen der signifikant unterschiedlichen echokardiographischen Messwerte im Gruppenvergleich

		Studiengruppen	
		Leistungssportler	Kontrollgruppe
		KOF	KOF
MKL	Korrelation	0,516	0,446
	Sig. (2-seitig)	0,000	0,017
	N	248	28
LVDD	Korrelation	0,665	0,634
	Sig. (2-seitig)	0,000	0,000
	N	299	50
LVPWS	Korrelation	0,433	0,572
	Sig. (2-seitig)	0,000	0,000
	N	298	50
LVMM	Korrelation	0,682	0,546
	Sig. (2-seitig)	0,000	0,000
	N	297	50

Bei allen Parametern wurde ein signifikant positiver linearer Zusammenhang eruiert. Mit Ausnahme des Parameters LVPWS wurde bei den Leistungssportlern eine stets größere Korrelation ermittelt.

Neben den Korrelationen wurden auch folgende Regressionen auf einem Signifikanzniveau von 0,05 festgestellt:

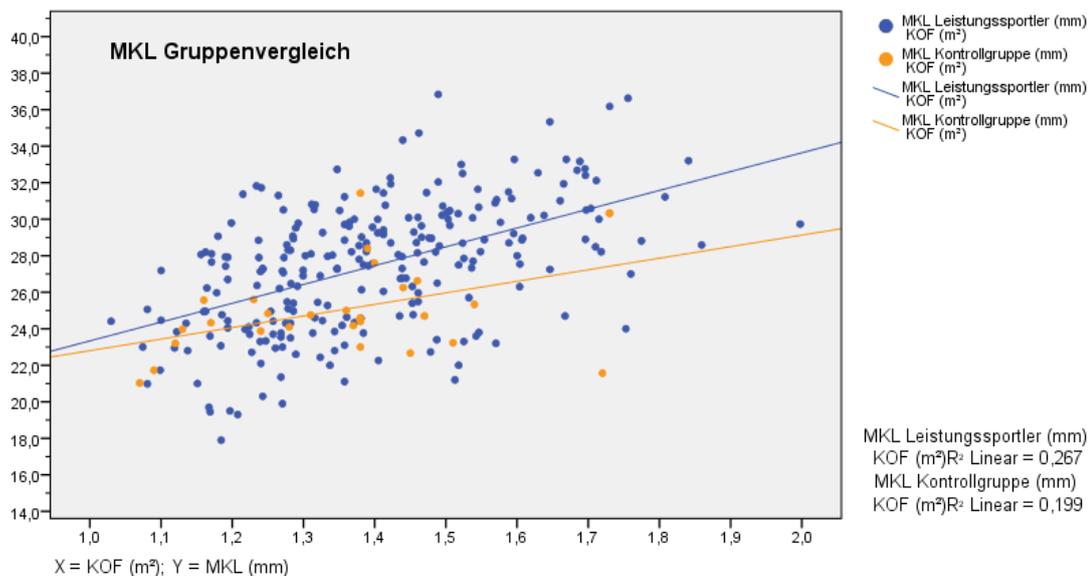


Abb. 30: Gruppenvergleich der Korrelationen zwischen der Körperoberfläche (KOF) in m² und dem Durchmesser des Mitralklappenrings (MKL) in mm - Leistungssportler = blau, Kontrollgruppe = orange

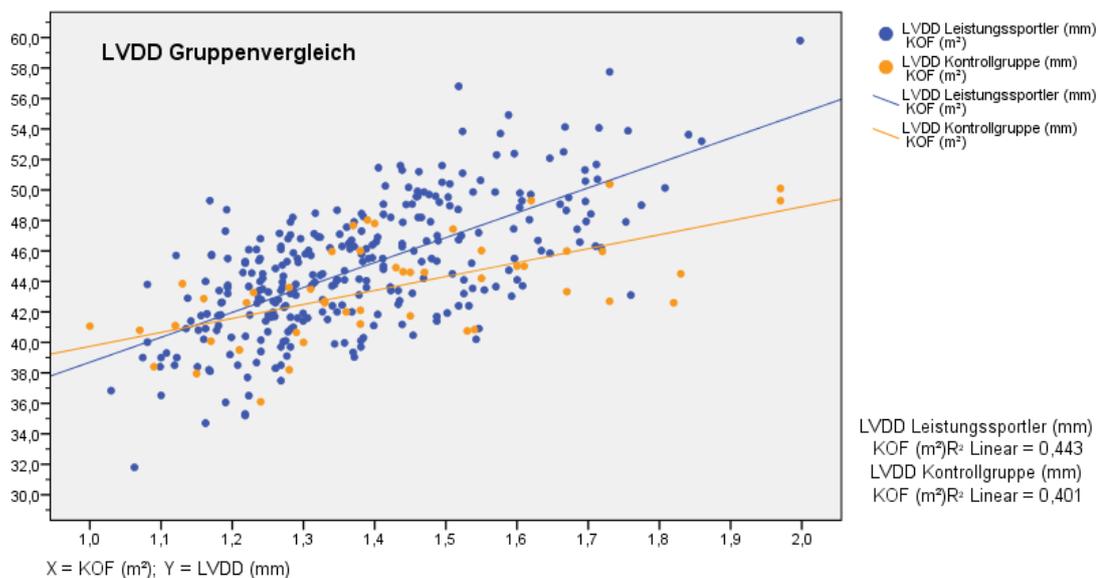


Abb. 31: Gruppenvergleich der Korrelationen zwischen der Körperoberfläche (KOF) in m² und dem linksventrikulären Durchmesser während der Diastole (LVDD) in mm - Leistungssportler = blau, Kontrollgruppe = orange

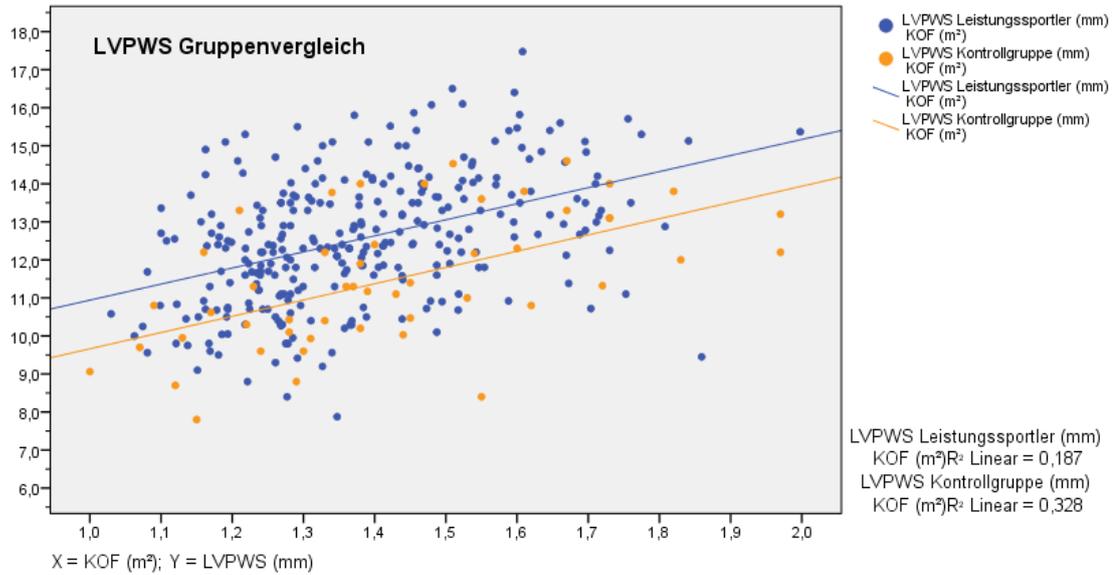


Abb. 32: Gruppenvergleich der Korrelationen zwischen der Körperoberfläche (KOF) in m² und dem linksventrikulären Durchmesser der Hinterwand während der Systole (LVPWS) in mm - Leistungssportler = blau, Kontrollgruppe = orange

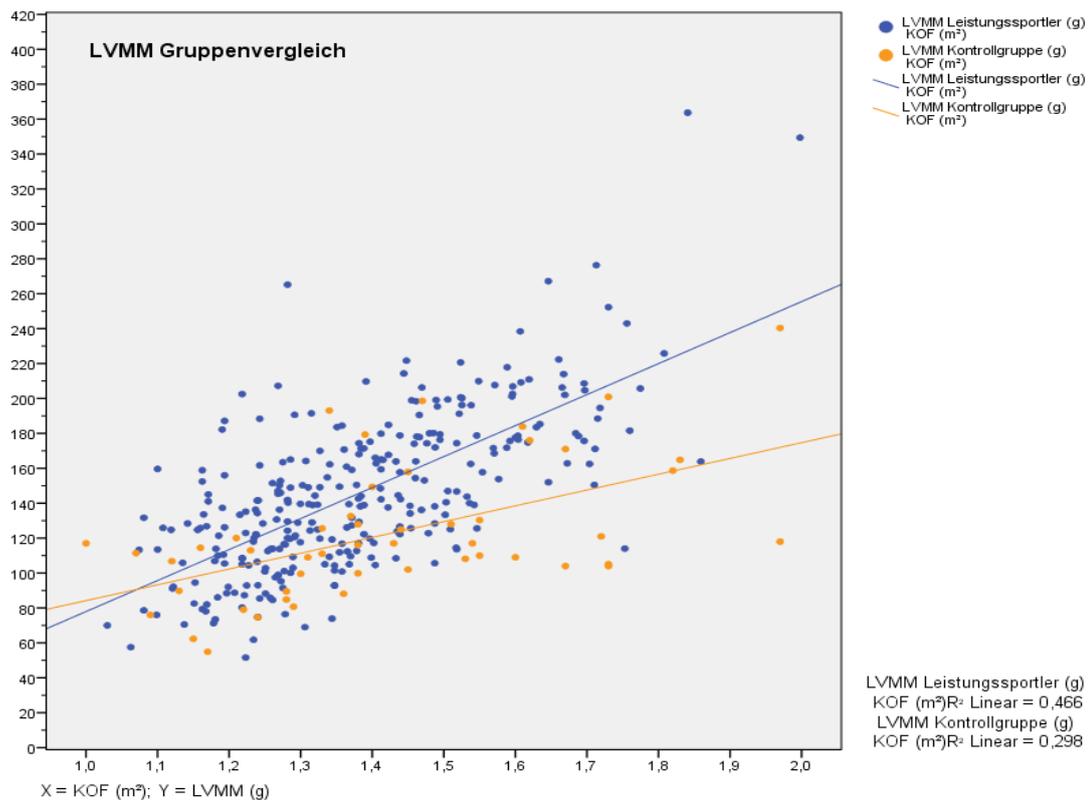


Abb. 33: Gruppenvergleich der Korrelationen zwischen der Körperoberfläche (KOF) in m² und der linksventrikulären Muskelmasse (LVMM) in g - Leistungssportler = blau, Kontrollgruppe = orange

In der Grafik des Mitralklappenvergleichs ist zu erkennen, dass die Gruppe der Leistungssportler eine steilere Regressionskurve aufweist. Dies bedeutet, dass mit steigender Körperoberfläche (KOF), im Verhältnis zur Kontrollgruppe, größere Werte für die Mitralklappe zu erwarten sind. Mit Ausnahme der LVPWS ist bei allen hier aufgeführten Parametern die Regression bei den Leistungssportlern höher. Die Werte für R^2 sind den Grafiken zu entnehmen.

Bei den Stammdurchmessern der Koronararterien werden wiederum die linksdominanten Probanden der Leistungssportler den linksdominanten Probanden der Kontrollgruppe gegenübergestellt:

Tabelle 20: Korrelation der Körperoberflächen (KOF) und Durchmesser der Koronararterien im Gruppenvergleich. „Linksdominanz“

Studiengruppen			KOF	LCA	RCA
Leistungssportler	KOF (m ²)	Korrelation	1	0,506	0,331
		Sig. (2-seitig)		0,000	0,000
		N	163	163	163
Kontrollgruppe	KOF (m ²)	Korrelation	1	-0,040	0,205
		Sig. (2-seitig)		0,801	0,192
		N	42	42	42

Während bei der Gruppe der Leistungssportler hohe Werte der Körperoberflächen mit hohen Werten für den linken bzw. rechten Koronararterienstammdurchmesser beobachtet wurden, konnte dieser positiv lineare Zusammenhang bei der Kontrollgruppe nicht signifikant nachgewiesen werden.

Auch die im Abschnitt 3.3.5 beschriebene Abhängigkeit der Variablen zur KOF ist in der Gruppe der sportlich weniger Aktiven nicht signifikant nachweisbar. Die Regressionsgeraden sind in den folgenden Grafiken dargestellt:

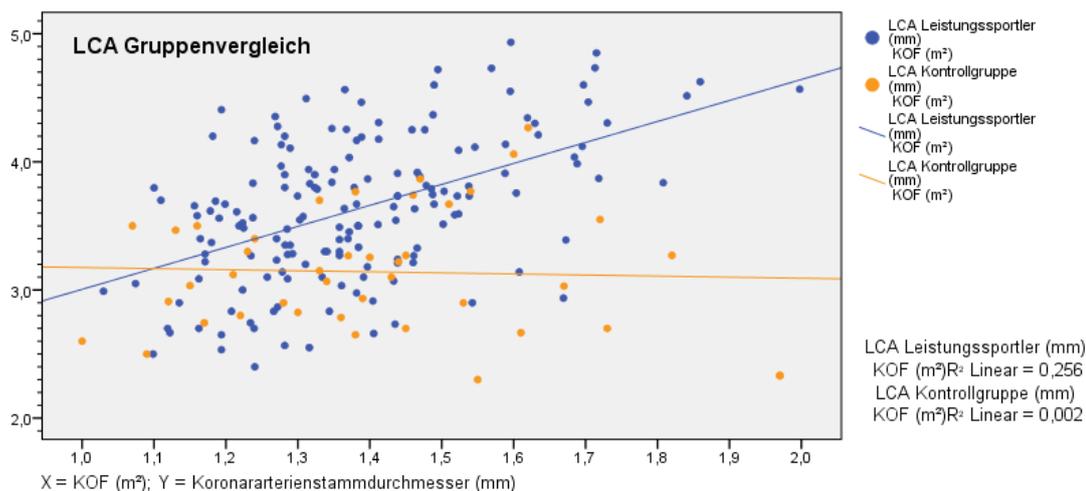


Abb. 34: Gruppenvergleich der Korrelationen zwischen der Körperoberfläche (KOF) in m² und dem linken Koronararteriendurchmesser (LCA) in mm - Leistungssportler „Linksdominanz“ = blau, Kontrollgruppe „Linksdominanz“ = orange

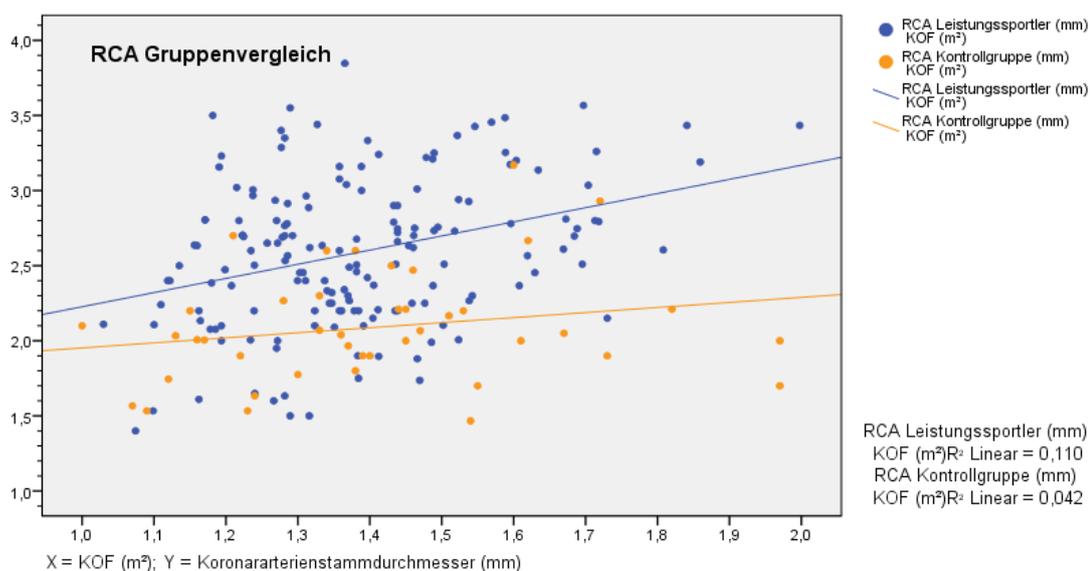


Abb. 35: Gruppenvergleich der Korrelationen zwischen der Körperoberfläche (KOF) in m² und dem rechten Koronararteriendurchmesser (RCA) in mm - Leistungssportler „Linksdominanz“ = blau, Kontrollgruppe „Linksdominanz“ = orange

Die Werte für R² sind den Grafiken zu entnehmen.

3.6 Auffällige bzw. pathologische Befunde

Im Rahmen der Gesamtuntersuchung wurden einige Auffälligkeiten bzw. pathologische Befunde detektiert. Im Folgenden werden diese dargestellt.

Wie bereits im Ergebnisteil 3.3.5 erwähnt, wurde ein pathologischer Extremwert für die LCA von der Statistik ausgeschlossen. Der Arterienstammdurchmesser hatte einen Wert von 5,93 mm und einen z-Wert von ca. +4 Standardabweichungen. Zur Veranschaulichung wurde dieser Wert in die folgende Abbildung des Kollektivs aufgenommen und ist am rechten Bildrand deutlich zu erkennen

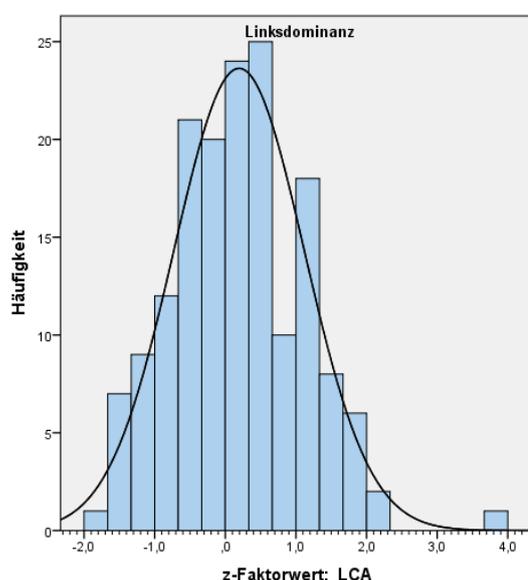


Abb. 36: Ausreißer bei den Messwerten der linken Koronararterie (LCA) im Histogramm der Leistungssportler „Linksdominanz“

Zwei Leistungssportler mit einer IVSD von jeweils ca. 15 mm galten als auffällig. Es wurden zwei Ursprungsanomalien der RCA beobachtet. Hier entsprang die RCA jeweils weit rechts aus dem rechtskoronaren Sinus (exzentrisch). Im Studienkollektiv fanden sich keine klinisch relevanten linkskoronaren Abgangs anomalien. Bei vier Probanden wurde ein bi-ostialer Abgang der LCA aus dem linkskoronaren Sinus beobachtet. Bei ca. 30 % zeigte sich ein isoliert, aus dem rechtskoronaren Sinus entspringenden Konusast der RCA. Bei zwei Leistungssportlern wurde farbdopplersonographisch ein diastolischer Einstrom in den Stamm der Pulmonalarterie im Sinne einer Koronar-fistel detektiert. Es wurden keine intrinsischen Koronaranomalien (z.B. Stenosen,

schlitzförmige Ostien, Aneurysma, intramuraler Verlauf) gefunden. Ebenso fanden sich keine hämodynamisch relevanten Abgangs anomalien der Koronararterien.

Die angesprochenen Auffälligkeiten werden im Abschnitt 4.4 kritisch betrachtet und beurteilt.

4 DISKUSSION

Der plötzliche Todesfall bei jungen Sportlern ist mit einer Inzidenz von 0,5 bis 2 pro 100 000 pro Jahr ein seltenes Ereignis [4]. Andere Autoren sprechen von 0,8 bis 6,2 Todesfällen durch plötzliches Herzversagen auf die gleiche Anzahl und Zeitspanne [33].

Die hypertrophe Kardiomyopathie und Koronaranomalien stellen dabei mehr als die Hälfte aller Ursachen dar [21]. Zu diesen Aussagen kommt jedoch erschwerend hinzu, dass für junge Leistungssportler keine bzw. nur wenige Referenzdaten zu kardialen Strukturen bekannt sind [9]. Die Referenzdaten gesunder Leistungssportler, im konkreten Fall 11- bis 14-jährige Leistungsfußballer, können jedoch zur Sicherung einer korrekten Diagnose hilfreich sein. Für (künftige) echokardiographische Untersuchungen von jungen Sportlerherzen im vorliegenden Altersbereich sollen Fragen zur sportlichen Anpassung in Bezug auf Struktur, Größe und Beschaffenheit beantwortet werden. Hierfür war auch der Vergleich mit einer entsprechenden Kontrollgruppe entscheidend.

Ziel dieser Arbeit war es, die echokardiographischen Messwerte kardialer Strukturen junger Athleten herauszugreifen und den Messwerten einer Kontrollgruppe gegenüberzustellen.

Im folgenden Abschnitt werden zunächst die Hauptergebnisse der Forschungsarbeit zusammenfassend dargestellt. Anschließend werden die eruierten Ergebnisse detailliert betrachtet, interpretiert und anderen Arbeiten aus der Literatur gegenübergestellt.

4.1 Rekapitulation der Ergebnisse

Bei allen echokardiographischen Parametern der Leistungssportler wird ein positiver linearer und signifikanter Zusammenhang zur Körperoberfläche festgestellt. Lediglich die Ejektionsfraktion und die Verkürzungsfraktion weisen einen sehr geringen, jedoch negativen Zusammenhang zur KOF auf.

Im Vergleich sind bis auf die Werte für AAO und AK (identische Werte in beiden Gruppen) alle echokardiographischen Parameter der Leistungssportler im Mittel höher als die der Kontrollgruppe. Die signifikant unterschiedlichen Parameter sind MKL, LVDD, LVPWS, LVMM, LCA, RCA.

Die Gruppengegenüberstellung dieser Parameter in Bezug auf die Korrelation und Regression zur Körperoberfläche ergibt mit Ausnahme des LVPWS ebenfalls höhere Ergebnisse für R bzw. R^2 bei den Leistungssportlern.

4.2 Beurteilung der Studienpopulation und deren klinische Untersuchungsergebnisse

Insgesamt wurden 315 Leistungssportler einer Kontrollgruppe von 53 Probanden gegenübergestellt. Die Studienaufnahme erfolgte nach strikten Einschlusskriterien.

Ein positives Ergebnis wurde beim Vergleich der klinischen Daten zwischen den beiden Gruppen Leistungssportler und Kontrollgruppe erzielt. Die Werte für Alter, Gewicht, Größe, BMI und Körperoberfläche wurden im Test für unabhängige Stichproben im gruppenübergreifenden Vergleich als identisch bewertet. Die angeführten klinischen Werte sind demnach nicht signifikant verschieden. Betrachtet man die Einschlusskriterien der Forschungsarbeit, differenzieren sich die beiden Gruppen innerhalb dieser Kriterien somit lediglich in der sportlichen Aktivität. Die kardialen Anpassungen der jungen Leistungssportler sind demnach mit hoher Wahrscheinlichkeit auf dieses Unterscheidungsmerkmal zurückzuführen. Die weiteren Untersuchungsergebnisse wurden demnach auf Basis der sportlichen Differenz der beiden Gruppen bewertet.

Einige veröffentlichte Studien befassten sich ebenfalls mit dieser Thematik und konnten für diese Arbeit zum Vergleich herangezogen werden. Eine Studie aus dem Jahr 2008 verglich die linksventrikulären Parameter zwischen einer Gruppe von Fußballspielern und Schwimmern. Die Gegenüberstellung mit der vorliegenden Studienpopulation ist jedoch aufgrund des Alters (15 - 16 Jahre) und der geringen Teilnehmerzahl ($n = 12$ Fußballspieler; $n = 12$ Schwimmer) problematisch [34]. Ähnlich verhält es sich mit einer Studie aus England. Hier wurden 171 Fußballspieler echokardiographisch untersucht, jedoch beginnt deren Altersspanne (14-19 Jahre) dort, wo die Altersgrenze der vorliegenden Arbeit endet. Die durchschnittliche Körperoberfläche ist mit $1,68 \text{ m}^2$ ebenfalls höher als die der bayerischen Leistungsspieler ($\text{KOFm} = 1,38 \text{ m}^2$) [9]. Betrachtet man die in dieser Arbeit erhobenen Ergebnisse bezüglich der positiven Korrelation zwischen Körperoberfläche und linksventrikulärer echokardiographischer Strukturen, so wird die Vergleichsproblematik der beiden Studien deutlich.

Das Studiendesign dieser Arbeit ist am ehesten mit einer Publikation aus Serbien zu vergleichen [35]. Auch hier wurden heranwachsende männliche Leistungsfußballspieler ($n = 94$) einer Kontrollgruppe ($n = 47$) gegenübergestellt. Die Altersspanne von 12 – 14 Jahren ist mit der vorliegenden Studie gut vergleichbar. Der BMI wurde nicht als Ein- bzw. Ausschlusskriterium herangezogen ($BMI = 18,75 \text{ kg/m}^2$) und ist im Mittel um ca. ein kg/m^2 höher als der vorliegende Mittelwert der bayerischen Leistungssportler ($17,78 \text{ kg/m}^2$). Die körperlichen Daten wurden in der serbischen Studie ebenfalls im Gruppenvergleich gegenübergestellt. Die Homogenität zwischen Leistungssportlern und Kontrollgruppe konnte jedoch nicht in dem Maße wie hier beschrieben festgestellt werden. Lediglich bei der Körpergröße konnte in der serbischen Studie kein signifikanter Unterschied zwischen den Studiengruppen bestimmt werden. Die Werte für BMI, Gewicht und Körperoberfläche der Leistungssportler und Kontrollgruppe in der serbischen Studie unterscheiden sich signifikant. Diese Tatsache kann einen Vergleich weiterer Parameter erschweren. Auch die mittlere KOF der bayerischen Leistungsfußballspieler ($1,38 \pm 0,17 \text{ m}^2$) fällt im Vergleich zu den Daten von Zdravkovic und Mitarbeitern ($1,45 \pm 0,2 \text{ m}^2$) niedriger aus [35]. Die Werte für das Gewicht und die Größe sind einzeln betrachtet ebenfalls im Mittel um 2 cm bzw. 4 kg höher. Die Unterschiede der beiden Populationen sind aufgrund der Tatsache, dass in der vorliegenden Studie jüngere Athleten mit einbezogen wurden, nicht verwunderlich. Bei der echokardiographischen Gegenüberstellung mit der serbischen Publikation sollten die genannten Differenzen jedoch berücksichtigt werden.

Der systolische als auch diastolische Blutdruck ist im Mittel mit 111,9 mmHg und 60,5 mmHg vergleichbar mit demjenigen der serbischen Leistungssportler ($RRs = 110 \text{ mmHg}$ und $RRd = 66,0 \text{ mmHg}$).

4.3 Beurteilung der echokardiographischen Ergebnisse

Im Folgenden werden die echokardiographischen Werte der Leistungssportler beurteilt und mit den Ergebnissen der Kontrollgruppe und denen der bereits erwähnten Publikationen vergleichend bewertet.

4.3.1 Mitralklappe

Die erhobenen Werte für die Mitralklappe der Kontrollgruppe entsprechen auf einem Signifikanzniveau von 0,05 nicht dem einer Normalverteilung. Im Gruppenvergleich wurde deshalb auf nicht-parametrische Tests ausgewichen.

Die Mitralklappendurchmesser der jungen Athleten zeigen im Medianvergleich einen deutlichen Unterschied zur ermittelten Kontrollgruppe. Mit einem Wert von 27,9 mm übertreffen die Leistungssportler die Kontrollgruppe um 3,25 mm. Auch die für den erwarteten Mitralklappendurchmesser ermittelte Regressionsgerade ergibt für die jungen Sportler einen steileren Verlauf. Durch die generell größeren Werte ist sie zudem höher angesiedelt. Diese Tatsachen sprechen für eine Anpassung des Mitralklappendurchmessers durch eine regelmäßige sportliche Aktivität im Leistungsbereich.

In den oben genannten Publikationen wurden keine Werte für die Mitralklappe gemessen. Ein Vergleich mit anderen Leistungssportlern war somit nicht möglich.

4.3.2 Aortenwurzel

Bei den vier gemessenen Parametern der Aortenwurzel der Leistungssportler wurden sehr unterschiedliche Ergebnisse bezüglich der Normalverteilung ermittelt. Während die Werte für den Aortenklappenringdurchmesser (AK) und der sinutubulären Übergangslinie (STL) eine gewisse Schiefe aufweisen, können für die Parameter Sinus aortae und Aorta ascendens (AAO) hervorragende Verteilungen erfasst werden. Für die Schiefe der Parameter AK und STL sind Ausreißer in den jeweiligen Messgrößen mitverantwortlich. Die Ausreißer wurden jedoch nicht als pathologisch betrachtet und flossen somit in die Studie mit ein.

Die höchste signifikante Korrelation zur Körperoberfläche hatten die Werte des Aortenklappenrings ($R = 0,530$), gefolgt von dem Sinus aortae ($R = 0,451$), der STL ($R = 0,374$) und der AAO ($R = 0,322$).

Im Vergleich zur Kontrollgruppe konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Die Größen der Aortenwurzel haben demnach in den beiden Gruppen Leistungssportler und Kontrollgruppe ähnliche Ausprägungen und es konnte keine Anpassung durch Leistungssport erfasst werden.

Zwei der angeführten Publikationen haben sich ebenfalls mit den Messwerten der Aortenwurzel befasst. Die Studien haben diesbezüglich jedoch nur einen Parameter ($Ao =$ „aortic root“) gemessen, allerdings wird nicht beschrieben welcher der in dieser Arbeit aufgeführten Messpunkte erhoben wurde. Verglichen mit den Daten dieser Studie ist davon auszugehen, dass es sich um den Messwert des Sinus valvae aortae handeln muss.

Die serbische Studie kam im Gruppenvergleich auf ein anderes Ergebnis. In deren Kollektiv an Fußballern wurde ein signifikanter Mittelwertunterschied zu deren Kontrollgruppe ermittelt. Der mittlere Messwert für die Aortenwurzel wurde in der Vergleichsstudie bei deren Sportlern ($Ao = 26,36\text{mm}$) als signifikant höher als bei deren Nicht-Sportlern ($Ao = 19,83$) gewertet [35]. Verglichen mit der vorliegenden Studie übertreffen die serbischen zwar die bayerischen Sportler ($24,37\text{ mm}$) - mögliche Gründe dafür wurden im Punkt 4.2 erläutert - jedoch würde ein Vergleich der bayerischen Sportler mit der serbischen Kontrollgruppe ein ähnliches Ergebnis erzielen.

Betrachtet man die englische Studie, ist erstaunlich, dass die 11- bis 14 jährigen bayerischen Leistungsfußballer eine im Mittel größere Aortenwurzel aufweisen als die englische Kontrollgruppe, die in einem Alter von 14 bis 19 Jahren angesiedelt ist ($Ao=23,8\text{mm}$) [9].

Da die englischen Untersucher ein anderes Messverfahren angewandt haben, ist ein Vergleich der Studien jedoch problematisch. Während in England lediglich ein Messwert für die Aortenwurzel ermittelt wurde, wurden in der vorliegenden Arbeit vier Parameter in der 2D-Ansicht erfasst [36].

Die Betrachtung und der gezogene Vergleich mit den internationalen Studien sprechen für eine Anpassung der Dimension der Aortenwurzel durch leistungsorientierte sportliche Aktivitäten. Diese Aussage konnte die vorliegende Studie alleine jedoch nicht unterstreichen. Die Aortenwurzelwerte der vorliegenden Kontrollgruppe sind allerdings im Vergleich zu den beiden Publikationen sehr hoch.

4.3.3 Linksventrikuläre Parameter

Sieben der acht ermittelten Werte der linksventrikulären Parameter sind in beiden Studiengruppen normalverteilt. Die Ausnahme bilden die Messwerte der interventrikulären Septumdicke in der Systole (IVSS). Bei den verbliebenen Parametern konnte durch

den t-Test eine Aussage bezüglich der Grundgesamtheit getroffen werden. Alle untersuchten linksventrikulären Strukturen sind in der Gruppe der Leistungsfußballer im Mittel höher als in der Kontrollgruppe (siehe 3.5.1). Signifikante Unterschiede zeigen sich jedoch nur für die Parameter LVDD und LVPWS. Die Leistungssportler übertreffen die Kontrollgruppe im Mittel mit 1,22 mm (LVDD) bzw. mit 1,04 mm (LVPWS). Diese Werte können auf die Grundgesamtheit übertragen werden und sprechen für eine Anpassung dieser Strukturen durch das Betreiben von Leistungssport.

Für den Parameter LVDD wurde auch eine verhältnismäßig hohe signifikante Korrelation und Regression zur Körperoberfläche ermittelt ($R = 0,665$). Im Kontrollgruppenvergleich zeigt sich zudem, dass bei steigender Körperoberfläche der erwartete Wert für LVDD bei den Leistungsspielern deutlich stärker ansteigt als bei den Nicht-Sportlern. Auch dies spricht für eine Anpassung des linksventrikulären Durchmessers in der Diastole (LVDD) durch sportliche Aktivität im Alter von 11 bis 14 Jahren. Bei der zweiten signifikant unterschiedlichen Struktur (LVPWS) steigen die erwarteten Werte in beiden Gruppen bezogen auf die Körperoberfläche in einem ähnlichen Ausmaß.

Auch die serbische Studie kam zu einem ähnlichen Ergebnis. Es wurde im Mittel ebenfalls ein signifikant höherer Wert für den Parameter LVDD bei deren Leistungsfußballern ermittelt. Mit einem Wert von 46,58 mm übertrifft dieser zwar den Mittelwert der bayerischen Fußballer (44,9 mm), die signifikante Differenz zu den jeweiligen Kontrollgruppen sind jedoch mit 1,46 mm (Serbien) und 1,22 (vorliegende Arbeit) im prozentualen Verhältnis zu den Mittelwerten annähernd identisch. In der serbischen Studie konnte zudem ein signifikanter Unterschied des Parameters LVDS festgestellt werden. Dies konnte in der vorliegenden Studie nicht nachgewiesen werden. Allerdings ist in diesem Zusammenhang zu sagen, dass die serbische Kontrollgruppe trotz des höheren Alters geringere Werte als die bayerische Kontrollgruppe für diese Struktur aufwies. In der serbischen Studie lagen keine Werte für den Durchmesser der linksventrikulären Hinterwand in der Systole (LVPWS) vor. Demnach konnte das vorliegende Ergebnis bezüglich dieser Gruppendifferenz durch die serbische Studie nicht gestärkt werden [35].

Im Vergleich zu den Daten der Gruppe um Madeira [34] ist auffällig, dass die von uns untersuchten Leistungsspieler - trotz des jüngeren Alters - in einigen Kategorien ähnliche Ergebnisse erzielen wie die Fußballer in der erwähnten Publikation. Die Strukturen

LVDS und IVSD sind bei den bayerischen Fußballern ähnlich ausgeprägt wie bei den im Schnitt um ca. drei Jahre älteren Sportlern dieser Vergleichsstudie.

Mit der englischen Studie [9] konnte ein Vergleich bezüglich der Korrelationen zur Körperoberfläche gezogen werden. Auch in dieser Publikation konnte mit Ausnahme von IVSD und LVWPD bei allen linksventrikulären Strukturen eine signifikante Korrelation zur Körperoberfläche ermittelt werden. In der vorliegenden Studie konnte jedoch auch für diese Parameter ein signifikant ($p < 0,001$) positiver Zusammenhang zur Körperoberfläche errechnet werden. Insgesamt übertreffen die hier gemessenen Werte deutlich die der englischen Studie. Es ist anzunehmen, dass die Korrelationen mit zunehmendem Alter und dementsprechend höherer KOF weniger ausgeprägt sind als in der Altersgruppe der hier vorliegenden Population. Zudem wurden in die Gruppe der englischen Leistungssportler auch junge Erwachsene einbezogen, bei denen die Zunahme der Körperoberfläche mit dem Alter weniger ausgeprägt ist als bei heranwachsenden Sportlern. Demgegenüber steht jedoch die durch das Training weitere Anpassung der kardialen Strukturen.

Insgesamt konnte innerhalb der linksventrikulären Parameter eine signifikante Anpassung der Strukturen LVDD und LVPWS beobachtet werden. Die Aussage konnte für die Größe LVDD zudem durch die zitierten Publikationen erhärtet werden.

Bei den anderen Strukturen konnte keine statistisch signifikante Anpassung durch Sport festgestellt werden.

4.3.4 Linksventrikuläre Muskelmasse

Die linksventrikuläre Muskelmasse wurde nach der beschriebenen Formel aus den linksventrikulären Parametern berechnet (siehe 2.4.2).

Für die Werte der Leistungssportler wurden im Vergleich zur Kontrollgruppe höhere signifikante Zusammenhänge und Abhängigkeiten zur Körperoberfläche ermittelt. Demnach ist bei Leistungssportlern mit einer Zunahme der Körperoberfläche mit einem höheren Anstieg der linksventrikulären Muskelmasse zu rechnen. Die Formel der Regressionsgerade der Leistungsspieler wurde im Kapitel 3.3.4 dargelegt.

Insgesamt können auch höhere Werte der LVMM bei den Leistungssportlern festgestellt werden. Im Vergleich ist die linksventrikuläre Muskelmasse bei den jungen Athleten um 24,39 g signifikant höher als in der untersuchten Kontrollgruppe.

Die beiden geschilderten Fakten sprechen für eine Anpassung junger Herzen durch leistungsorientiertes Training.

In absoluten Werten konnte die serbische Studie keinen signifikanten Unterschied zwischen den Ergebnissen derer beiden Studiengruppen ausmachen [35].

Verglichen mit den Daten von Somauroo [9] konnten die bayerischen Leistungssportler altersbedingt den Wert der englischen Fußballer nicht erreichen. Erstaunlicherweise übertrafen jedoch die 11- bis 14-jährigen bayerischen Athleten im Mittel die linksventrikuläre Masse der 14- bis 19-jährigen englischen Kontrollgruppe. Auch die Korrelation der LVMM zur KOF wurde in der Gruppe der Sportler in der angesprochenen Vergleichsstudie, wenn auch nicht so deutlich wie in der vorliegenden Arbeit, als signifikant gefunden.

4.3.5 Koronararterien

Der überwiegende Anteil der jungen Sportler (76,1 % n = 163) wiesen eine dominante linke Koronararterie auf. Diese Konstellation wurde als „Linksdominanz“ definiert (siehe 3.3.5). Lediglich acht Fußballer hatten einen rechtsdominanten Kranzarterienstammdurchmesser und 43 Spieler reihten sich in die „Intermediär-Gruppe“ ein, bei denen die beiden Koronararterienstammdurchmesser als gleich groß ausgeprägt gewertet wurden. Die deskriptiven Ergebnisse der drei Gruppen wurden in einer tabellarischen Übersicht im Abschnitt 3.3.5 dargestellt. Auf Seiten der Kontrollgruppe ergab sich ein ähnliches Verteilungsmuster. Mit 42 von insgesamt 48 gemessenen Probanden hatte die Gruppe mit linksdominanten Koronararterienstammdurchmessern hier ebenfalls eine deutliche Mehrheit. Die statistischen Zahlen der Kontrollgruppe sind in der Tabelle 16 einsehbar.

Beim Vergleich der Leistungssportler mit der Kontrollgruppe konnten in allen drei definierten „Dominanz-Gruppen“ im Mittel höhere Werte bei den Sportlern eruiert werden. Aufgrund der repräsentativen Anzahl von Probanden, wurden weiterführende Statistiken auf die Gruppe mit einem linksdominanten Koronarstatus bezogen. Die folgenden Aussagen beziehen sich auf diese „Dominanz-Gruppe“.

Bei den Leistungssportlern konnten die Werte für die LCA als auch für die der RCA als normalverteilt bewertet werden. In der Kontrollgruppe zeigte sich dies jedoch nur für die linke Kranzarterie. Die Verteilung des rechten Arterienstammdurchmessers wies in dieser Gruppe eine gewisse Schiefe auf, weshalb hier ein Test für nicht parametrische Stichproben gewählt wurde. Für die RCA konnte dabei eine signifikante Differenz zwischen den Studiengruppen eruiert werden. Im Vergleich hatten die Leistungssportler einen signifikant größeren rechten Koronararterienstammdurchmesser als die Nicht-Sportler.

Für den Stammdurchmesser der linken Kranzarterie konnte durch die gewährleistete Normalverteilung eine Aussage über die Grundgesamtheit getroffen werden. Der Test für parametrische Stichproben ergab, dass die LCA in der Gruppe der Leistungsfußballer im Durchschnitt einen deutlich größeren Stammdurchmesser aufweist als bei den Probanden der Kontrollgruppe. Bezogen auf die Grundgesamtheit wurde zusätzlich ermittelt, dass mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % jugendliche Leistungsfußballer einen relevant größeren Stammdurchmesser der LCA als „normal“ sporttreibende Jugendliche aufweisen.

Die Zusammenhänge zwischen den Kranzarterienstammdurchmessern und Körperoberfläche wurden ebenfalls im Gruppenvergleich betrachtet. Dabei konnten höhere Werte für Korrelation und Regression bei den Leistungsspielern ermittelt werden. Während es bei den Probanden der Kontrollgruppe mit steigenden KOF kaum zu einer Erhöhung der Kranzgefäßdurchmesser kam, konnte bei der Gruppe der Fußballer ein deutlicher Anstieg ausgemacht werden. Mit steigender KOF zeigten demnach die Sportler nicht nur generell höhere Ergebnisse, die Differenz zwischen beiden Gruppen stieg zudem linear an.

Der Vergleich mit der Kontrollgruppe spricht dafür, dass es durch exzessives Training auf Leistungsniveau bereits in jungen Jahren zu Anpassungen der Koronararterien kommt.

In den zitierten anderen Publikationen wurden keine Messungen der Koronararterienstammdurchmesser durchgeführt. Eine Gegenüberstellung der Leistungssportler mit anderen trainierten Sportlern blieb in diesem Rahmen daher aus. Jedoch wurden in einer anderen deutschen Studie aus dem Jahr 2012 196 junge Fußballer des FC Augsburg diesbezüglich untersucht. In dieser Dissertation wurden die Sportler in einen Auf-

baubereich (n = 109) und einen Leistungsbereich (n = 87) unterteilt. Der Vergleich mit dieser Studie ist problematisch, da bei der Vergleichsstudie keine Dominanzen definiert wurden und demnach alle Werte für die LCA sowie RCA gesamt betrachtet wurden. Die „linksdominante“ Gruppe unserer Fußballer übertraf die Werte der LCA des FC-Augsburg-Aufbaubereichs und schloss an die Werte des FC-Augsburg-Leistungsbereichs an, obwohl die Augsburger Spieler mit einem durchschnittlichen Alter von 16,7 Jahren deutlich älter waren als die Fußballer der vorliegenden Studie. Allerdings darf nicht außer Acht gelassen werden, dass hier nur die „linksdominanten“ mit einbezogen wurden, während in der Vergleichsstudie der Mittelwert anhand aller LCA-Stammdurchmesser errechnet wurde. Bei der „rechtsdominanten“ Gruppe wurde ein ähnliches Ergebnis im Vergleich zu den RCA der Augsburger Spieler ermittelt.

4.4 Beurteilung der auffälligen und pathologischen Befunde

Mit der transthorakalen Echokardiographie (TTE) steht dem geübten Untersucher eine hervorragende Methode zur Verfügung, um die häufigsten strukturellen Ursachen des plötzlichen Herztodes bei jungen Athleten zu diagnostizieren. Sowohl die hypertrophe Kardiomyopathie, als auch angeborene Koronaranomalien können mit einer großen Sicherheit mittels TTE erkannt werden.

In einer 2014 von Hill und Mitarbeitern veröffentlichten Studie wurden an einem Zentrum für Herzpathologie (Cardiac Risk in the Young - Royal Brompton Hospital, London) im Zeitraum von 1994 – 2012 insgesamt 2.304 Herzen von Personen untersucht, die an einem plötzlichen Herztod verstorben waren. Bei 31 Verstorbenen (1,35%) fand sich als Todesursache eine kongenitale Anomalie der Koronararterien. Neben der Anatomie der Koronaranomalie, wurden auch detailliert die Umstände analysiert, unter denen es zum plötzlichen Herztod gekommen war. Die nachfolgende Abbildung gibt einen Überblick der klinischen und histopathologischen Befunde der genannten Studie. [37]

Anomaly	Cases	Mean age in years (range)	Preceding cardiac symptoms	Exertion-related SCD	Acute/chronic ischaemic damage to myocardium	Anomaly identified by referring pathologist
Anomalous origin of RCA from LCS	10 (32%)	31 (5–63)	0	3	7	5
Anomalous origin of LCA from RCS	7 (22%)	15 (11–19)	3	6	5	3
ALCAPA	2 (7%)	33 (22–43)	1	1	2	0
High take-off RCA	2 (7%)	31 (18–44)	0	0	0	0
Coronary artery ostial stenosis/atresia	3 (10%)	9 (16M–17)	2	2	3	2
Myocardial Bridging	7 (22%)	32 (15–52)	1	3	6	1

ALCAPA, anomalous LCA from pulmonary artery; LCA, left coronary artery; LCS, left coronary sinus; M, months; RCA, right coronary artery; RCS, right coronary sinus; SCD, sudden cardiac death.

Abb. 37: Koronaranomalien als Ursache des plötzlichen Herztodes: klinische und histopathologische Befunde [37]

Nur bei sieben der 31 Fälle (22,6%) fanden sich dokumentierte kardiale Symptome vor dem plötzlichen Herztod. Dies bestätigt unsere Empfehlung, die transthorakale Echokardiographie für das Screening der jungen Athleten, heranzuziehen. Die Basis-Inhalte einer Sporttauglichkeitsuntersuchung, das 12-Kanal-EKG und selbst das Belastungs-EKG vermögen es nicht, Koronaranomalien mit einer ausreichend hohen Sensitivität zu erfassen. Auch wenn die transthorakale Sonographie der Koronararterien einer besonderen Expertise bedarf, kann in einem Kollektiv adoleszenter Sportler, der Großteil der malignen Koronarpathologien erkannt werden. Lediglich die Darstellung von Myokardbrücken entzieht sich technisch weitestgehend der TTE.

Auch die im Abschnitt 3.6 aufgeführten Auffälligkeiten und pathologischen Befunde dieser Arbeit mussten kritisch betrachten und im einzelnen Rückschlüsse sowie Konsequenzen gezogen werden.

Wie bereits im Ergebnisteil 3.3.5 dargestellt, lag der LCA-Durchmesser eines Sportlers bei einem z-Wert von +4 Standardabweichungen. Dies wurde als LCA-Ektasie gewertet und daher ging diese Messung nicht in die Normwertbestimmung mit ein. Es fand sich mittels TEE keine Ursache für die Erweiterung der LCA, insbesondere keine Koronarfistel. Nachdem sowohl Anamnese, Klinik, 12-Kanal- und Belastungs-EKG unauffällig waren, musste keine Einschränkung der Belastungsintensität empfohlen werden. Allerdings sind jährliche kardiologische Kontrollen solange Leistungssport getrieben wird, zu fordern.

Zwei Leistungssportler zeigten ein auffällig dickes interventrikuläres Septum (IVSD) von jeweils ca. 15 mm (z-Wert = +3,52 Standardabweichungen) Daneben wurden bei diesen Sportlern allerdings auch hohe Ventrikelvolumina (53,63mm und 59,80mm für

LVDD) festgestellt. Dieses homogene Verhältnis spricht eher für eine physiologische Anpassung der linken Kammer an die sportliche Belastung (athlet's heart) und weniger für eine hypertrophe Kardiomyopathie, bei der oft eine asymmetrische Zunahme der linksventrikulären Wanddurchmesser zu beobachten ist, und das linksventrikuläre Cavum eher klein ist. [19] Demnach wurden diese Werte als Graubereich interpretiert und gingen in die Statistik ein.

Es wurden zwei Ursprungsanomalien der RCA beobachtet. Hier entsprang die RCA jeweils weit rechts aus dem rechtskoronaren Sinus (exzentrisch). Hierdurch verläuft die RCA für einen kurzen Abschnitt interarteriell, zwischen der Aortenwurzel und der Arteria pulmonalis. Klinisch waren beide Sportler unauffällig und auch die Ergebnisse einer Fahrradergometrie (Ausbelastung) ergaben keine Anzeichen einer myokardialen Ischämie.

Im Studienkollektiv fanden sich keine klinisch relevanten linkskoronaren Abgangs anomalien (z.B. ALCAPA, LCA aus RCS).

Bei vier Probanden wurde ein bi-ostialer Abgang der LCA aus dem linkskoronaren Sinus beobachtet (split-LCA), wie es bei ca. 1 % aller Menschen als klinisch unbedeutende Normvariante beschrieben ist [38].

Bei ca. 30 % der untersuchten Sportlern zeigte sich ein isoliert, aus dem rechtskoronaren Sinus entspringenden Konusast der RCA. Diese Normvariante findet sich bei bis zu 50 % der Normalbevölkerung [38].

Bei zwei Leistungssportlern wurde farbdopplersonographisch ein diastolischer Einstrom in den Stamm der Pulmonalarterie dargestellt. Dieser entsprach einer kongenitalen Fistel zwischen der linken Koronararterie und dem Pulmonalarterienstamm. Diese Fisteln bleiben in aller Regel klinisch stumm und sind daher als gutartig einzustufen. Beide Spieler hatten eine unauffällige Anamnese und zeigten keine Myokardischämien beim Belastungs-EKG (Ausbelastung). Eine jährliche kardiologische Kontrolle dieser Athleten wird empfohlen, solange sie Sport auf Leistungsniveau treiben.

Es wurden keine intrinsischen Koronaranomalien (z.B. Stenosen, schlitzförmige Ostien, Aneurysma, intramuraler Verlauf) gefunden.

4.5 Kritische Methodendiskussion

4.5.1 Datenerhebung

Die kardialen Untersuchungen sollten die Tauglichkeit der adoleszenten Athleten für Leistungssport bestätigen und damit auch der Prävention akuter kardialer Ereignisse in diesem Kollektiv dienen. Dementsprechend wurden die echokardiographischen Messungen mit einer hohen Sorgfalt durchgeführt. Die Aussagekraft der Messwerte wurde durch die Dreifachmessungen aller kardialen Strukturen verbessert. Zudem wurden alle Messungen von einem sehr erfahrenen Kinderkardiologen erhoben, was einen Interobserverfehler ausschloss.

Als kritischer Punkt ist die mengenmäßige Ungleichheit der beiden Studiengruppen anzusehen. Während 315 Sportler in die Studie mit aufgenommen wurden, lag die Anzahl der Probanden in der Kontrollgruppe bei lediglich 53 Teilnehmern.

4.5.2 Auswertung und Beurteilung

Trotz der mengenmäßigen Ungleichheit ist die Homogenität der beiden Gruppen in sich und zueinander hervorzuheben. Die vorgegebenen Ein- und Ausschlusskriterien hatten oberste Priorität, sodass sich die Probanden der beiden Gruppen bezüglich der körperlichen Parameter nicht signifikant unterscheiden. Dabei stellt der Leistungssport den einzigen relevanten Unterschied zwischen beiden Gruppen dar.

Aus der Literatur konnten nur wenige vergleichende Studien herangezogen werden. Viele Publikationen zu diesem Thema beschäftigen sich mit erwachsenen Sportlern. Besonders für die Parameter der Koronararterienstammdurchmesser wird für das Kollektiv der 11-14-jährigen Leistungssportler eine Forschungslücke geschlossen und ein Vergleich zu untrainierten Jugendlichen gezogen.

5 ABSCHLIEßENDE ZUSAMMENFASSUNG

Mit dem Projekt „Fußball und Herz“ wurde für eine Gruppe von 11 – 14-jährigen Jugendlichen bayerischen Leistungsfußballspielern erstmalig ein Programm zur Prävention kardiologischer Ereignisse angeboten. Neben den detektierten pathologischen Befunden einzelner Leistungssportler wird die Relevanz dieses Projekts durch die Ergebnisse der erhobenen echokardiographischen Normwerte unterstrichen. Aus den Studienergebnisse geht hervor, dass Leistungssport bereits im Alter von 11-14 Jahren zu einer signifikanten kardialen Anpassung führt. Dies zeigt insbesondere der Vergleich mit einer untrainierten Kontrollgruppe des gleichen Alters und Geschlechts.

Die sportkardiologische Herausforderung ist es, die leistungsbezogene Adaption kardialer Strukturen bzw. mögliche Pathologien sowohl frühzeitig zu erkennen als auch richtig zu beurteilen. Referenzdaten der speziellen Zielgruppen bieten dabei eine wertvolle Hilfe und sind für die exakte Bewertung der Untersuchungsergebnisse von größter Bedeutung.

Daher empfiehlt sich, für zukünftige kardiologische Untersuchungsreihen dieser Zielgruppe die in dieser Studie erhobenen Normwerte heranzuziehen.

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

ABB. 1: KARDIOVASKULÄRE URSACHEN FÜR DEN PLÖTZLICHEN HERZTOD VON JUNGEN ATHLETEN NACH [21]	12
ABB. 2: RISIKOPROTOKOLL FÜR PLÖTZLICHEN HERZTOD IM KINDESALTER.....	20
ABB. 3: TRANSTHORAKALE ECHOKARDIOGRAPHIE, PARASTERNAL LANGE ACHSE. DARSTELLUNG DER AORTENWURZEL IN DER ENDDIASTOLE. A = AORTENKLAPPEN-RING (AK); B = SINUS VALSALVAE AORTAE; C = SINUTUBULÄRE ÜBERGANGLINIE (STL); D = AORTA ASCENDENS (AAO).....	24
ABB. 4: TRANSTHORAKALE ECHOKARDIOGRAPHIE, PARASTERNAL KURZE ACHSE. MESSUNG DER LINKSVENTRIKULÄREN PARAMETER IM M-MODE: DIASTOLE – LINKE FEINGEPUNKTETE MESSLINIE: INTERVENTRIKULÄRE SEPTUMDICKE IN DER DIASTOLE (IVSD); LINKSVENTRIKULÄRER DURCHMESSER IN DER DIASTOLE (LVDD); LINKSVENTRIKULÄRER DURCHMESSER DER HINTERWAND IN DER DIASTOLE (LVPWD); SYSTOLE – RECHTE FEINGEPUNKTETE MESSLINIE: INTERVENTRIKULÄRE SEPTUMDICKE IN DER SYSTOLE (IVSS); LINKSVENTRIKULÄRER DURCHMESSER IN DER SYSTOLE (LVDS); LINKSVENTRIKULÄRER DURCHMESSER DER HINTERWAND IN DER SYSTOLE (LVPWS); LINKSVENTRIKULÄRE VERKÜRZUNGSFRAKTION (LVFS) (ERRECHNET); EJEKTIONSFRAKTION (EF) (ERRECHNET)	25
ABB. 5: TRANSTHORAKALE ECHOKARDIOGRAPHIE, PARASTERNAL KURZE ACHSE. DARSTELLUNG DER LINKEN (LCA) UND RECHTEN (RCA) PROXIMALEN KORONARARTERIE AUF HÖHE DER SINUS VALSALVAE AORTAE. BEIDE KORONAROSTIEN ZEIGEN EINEN REGELRECHTEN ABGANG: LCA BEI CA. 16 UHR, RCA BEI CA. 11 UHR.	27
ABB. 6: TRANSTHORAKALE ECHOKARDIOGRAPHIE, PARASTERNAL KURZE ACHSE. BESTIMMUNG DES DURCHMESSERS DES HAUPTSTAMMES DER LINKEN KORONARARTERIE. ZUNÄCHST WIRD DER MESSPUNKT DEFINIERT: VOM OSTIUM DER LCA WERDEN 5 MM NACH PERIPHER GEMESSEN (DIST. A). DANN WIRD DER DURCHMESSER VON DER HINTERKANTE DER VORDERWAND, ZUR VORDERKANTE DER HINTERWAND GEMESSEN („TRAILING EDGE TO LEADING EDGE“). DER DURCHMESSER DES HAUPTSTAMMES DER LCA BETRÄGT HIER 2,9 MM (DIST. B).	28
ABB. 7: STANDARDNORMALVERTEILUNG DER KÖRPEROBERFLÄCHEN (KOF) DER LEISTUNGSSPORTLER.	35
ABB. 8: STANDARDNORMALVERTEILUNG DER Z-WERTE FÜR DEN MITRALKLAPPENRING - LEISTUNGSSPORTLER.....	39
ABB. 9: KORRELATION DER KÖRPEROBERFLÄCHE (KOF) IN M ² MIT DEM DURCHMESSER DES MITRALKLAPPENRINGS (MKL) IN MM - LEISTUNGSSPORTLER	40
ABB. 10: STANDARDNORMALVERTEILUNG DER DURCHMESSER DER AORTENWURZEL DER LEISTUNGSSPORTLER; AK = AORTENKLAPPENRING, SINUS = SINUS AORTAE, STL = SINUTUBULÄRE ÜBERGANGLINIE, AAO = AORTA ASCENDENS.....	42

ABB. 11: KORRELATION DER KÖRPEROBERFLÄCHE (KOF) IN M ² MIT DEN MESSWERTEN DES AORTENKLAPPENRINGS (AK) UND DES SINUS AORTAE (SINUS) IN MM - LEISTUNGSSPORTLER	43
ABB. 12: KORRELATION DER KÖRPEROBERFLÄCHE (KOF) IN M ² MIT DEN MESSWERTEN DES SINUTUBULÄREN ÜBERGANGS (STL) UND DER AORTA ASCENDENS IN MM - LEISTUNGSSPORTLER	44
ABB. 13: STANDARDNORMALVERTEILUNG DER LINKSVENTRIKULÄREN PARAMETER DER LEISTUNGSSPORTLER; DICKE DES INTERVENTRIKULÄREN SEPTUMS WÄHREND DER DIASTOLE (IVSD) UND WÄHREND DER SYSTOLE (IVSS), LINKSVENTRIKULÄREN DURCHMESSER WÄHREND DER DIASTOLE (LVDD) UND WÄHREND DER SYSTOLE (LVDS).....	47
ABB. 14: STANDARDNORMALVERTEILUNG DER LINKSVENTRIKULÄREN PARAMETER DER LEISTUNGSSPORTLER; DICKE DES LINKSVENTRIKULÄREN DURCHMESSERS DER HINTERWAND WÄHREND DER DIASTOLE (LVPWD) UND WÄHREND DER SYSTOLE (LVPWS), LINKSVENTRIKULÄRE VERKÜRZUNGSFRAKTION (LVFS), EJEKTIONSFRAKTION (EF).....	48
ABB. 15: BOXPLOT MIT AUSREIßER AUSGEWÄHLTER LINKSVENTRIKULÄRER PARAMETER IN MM DER LEISTUNGSSPORTLER.....	49
ABB. 16: STREUDIAGRAMM DER KORRELATION ZWISCHEN DER KÖRPEROBERFLÄCHE (KOF) IN M ² UND DEM DIASTOLISCHEN DURCHMESSER DES INTERVENTRIKULÄREN SEPTUMS (IVSD) IN MM - LEISTUNGSSPORTLER.....	50
ABB. 17: STREUDIAGRAMM DER KORRELATION ZWISCHEN DER KÖRPEROBERFLÄCHE (KOF) IN M ² UND DEM DIASTOLISCHEN LINKSVENTRIKULÄREN DURCHMESSER (LVDD) IN MM - LEISTUNGSSPORTLER	51
ABB. 18: STREUDIAGRAMM DER KORRELATION ZWISCHEN DER KÖRPEROBERFLÄCHE (KOF) IN M ² UND DEM LINKSVENTRIKULÄREN DURCHMESSER DER HINTERWAND WÄHREND DER DIASTOLE (LVPWD) IN MM - LEISTUNGSSPORTLER.....	51
ABB. 19: STREUDIAGRAMM DER KORRELATION ZWISCHEN DER KÖRPEROBERFLÄCHE (KOF) IN M ² UND DEM SYSTOLISCHEN DURCHMESSER DES INTERVENTRIKULÄREN SEPTUMS (IVSS) IN MM - LEISTUNGSSPORTLER.....	52
ABB. 20: STREUDIAGRAMM DER KORRELATION ZWISCHEN DER KÖRPEROBERFLÄCHE (KOF) IN M ² UND DEM SYSTOLISCHEN LINKSVENTRIKULÄREN DURCHMESSER (LVDS) IN MM - LEISTUNGSSPORTLER	52
ABB. 21: STREUDIAGRAMM DER KORRELATION ZWISCHEN DER KÖRPEROBERFLÄCHE (KOF) IN M ² UND DEM LINKSVENTRIKULÄREN DURCHMESSER DER HINTERWAND WÄHREND DER SYSTOLE (LVPWS) IN MM - LEISTUNGSSPORTLER.....	53
ABB. 22: STREUDIAGRAMM DER KORRELATION ZWISCHEN DER KÖRPEROBERFLÄCHE (KOF) IN M ² UND DEN WERTEN DER LINKSVENTRIKULÄREN VERKÜRZUNGSFRAKTION (LVFS) IN % - LEISTUNGSSPORTLER.....	53
ABB. 23: STREUDIAGRAMM DER KORRELATION ZWISCHEN DER KÖRPEROBERFLÄCHE (KOF) IN M ² UND DEN WERTEN DER EJEKTIONSFRAKTION (EF) IN % - LEISTUNGSSPORTLER.....	54

ABB. 24: STANDARDNORMALVERTEILUNG DER LINKSVENTRIKULÄREN MUSKELMASSE (LVMM) DER LEISTUNGSSPORTLER.....	55
ABB. 25: STREUDIAGRAMM DER KORRELATION ZWISCHEN DER KÖRPEROBERFLÄCHE (KOF) IN M ² UND DER LINKSVENTRIKULÄREN MUSKELMASSE (LVMM) IN G - LEISTUNGSSPORTLER.....	56
ABB. 26: STANDARDNORMALVERTEILUNG DER KORONARARTERIENDURCHMESSER - LEISTUNGSSPORTLER GRUPPE „LINKSDOMINANT“	59
ABB. 27: STREUDIAGRAMM DER KORRELATION ZWISCHEN DER KÖRPEROBERFLÄCHE (KOF) IN M ² UND DEM LINKEN (LCA = BLAU) SOWIE RECHTEN KORONARARTERIENDURCHMESSER (RCA = ORANGE) IN MM - LEISTUNGSSPORTLER GRUPPE „RECHTSDOMINANZ“	60
ABB. 28: STREUDIAGRAMM DER KORRELATION ZWISCHEN DER KÖRPEROBERFLÄCHE (KOF) IN M ² UND DEM LINKEN (LCA = BLAU) SOWIE RECHTEN KORONARARTERIENDURCHMESSER (RCA = ORANGE) IN MM - LEISTUNGSSPORTLER „INTERMEDIÄR-GRUPPE“	60
ABB. 29: STREUDIAGRAMM DER KORRELATION ZWISCHEN DER KÖRPEROBERFLÄCHE (KOF) IN M ² UND DEM LINKEN (LCA=BLAU) SOWIE RECHTEN KORONARARTERIENDURCHMESSERS (RCA=ORANGE) IN MM. LEISTUNGSSPORTLER GRUPPE „LINKSDOMINANZ“	61
ABB. 30: GRUPPENVERGLEICH DER KORRELATIONEN ZWISCHEN DER KÖRPEROBERFLÄCHE (KOF) IN M ² UND DEM DURCHMESSER DES MITRALKLAPPENRINGS (MKL) IN MM - LEISTUNGSSPORTLER = BLAU, KONTROLLGRUPPE = ORANGE.....	67
ABB. 31: GRUPPENVERGLEICH DER KORRELATIONEN ZWISCHEN DER KÖRPEROBERFLÄCHE (KOF) IN M ² UND DEM LINKSVENTRIKULÄREN DURCHMESSER WÄHREND DER DIASTOLE (LVDD) IN MM - LEISTUNGSSPORTLER = BLAU, KONTROLLGRUPPE = ORANGE	67
ABB. 32: GRUPPENVERGLEICH DER KORRELATIONEN ZWISCHEN DER KÖRPEROBERFLÄCHE (KOF) IN M ² UND DEM LINKSVENTRIKULÄREN DURCHMESSER DER HINTERWAND WÄHREND DER SYSTOLE (LVPWS) IN MM - LEISTUNGSSPORTLER = BLAU, KONTROLLGRUPPE = ORANGE	68
ABB. 33: GRUPPENVERGLEICH DER KORRELATIONEN ZWISCHEN DER KÖRPEROBERFLÄCHE (KOF) IN M ² UND DER LINKSVENTRIKULÄREN MUSKELMASSE (LVMM) IN G - LEISTUNGSSPORTLER = BLAU, KONTROLLGRUPPE = ORANGE.....	68
ABB. 34: GRUPPENVERGLEICH DER KORRELATIONEN ZWISCHEN DER KÖRPEROBERFLÄCHE (KOF) IN M ² UND DEM LINKEN KORONARARTERIENDURCHMESSER (LCA) IN MM - LEISTUNGSSPORTLER „LINKSDOMINANZ“ = BLAU, KONTROLLGRUPPE „LINKSDOMINANZ“ = ORANGE	70
ABB. 35: GRUPPENVERGLEICH DER KORRELATIONEN ZWISCHEN DER KÖRPEROBERFLÄCHE (KOF) IN M ² UND DEM RECHTEN KORONARARTERIENDURCHMESSER (RCA) IN MM - LEISTUNGSSPORTLER „LINKSDOMINANZ“ = BLAU, KONTROLLGRUPPE „LINKSDOMINANZ“ = ORANGE	70
ABB. 36: AUSREIßER BEI DEN MESSWERTEN DER LINKEN KORONARARTERIE (LCA) IM HISTOGRAMM DER LEISTUNGSSPORTLER „LINKSDOMINANZ“	71

ABB. 37: KORONARANOMALIEN ALS URSACHE DES PLÖTZLICHEN HERZTODES: KLINISCHE UND
HISTOPATHOLOGISCHE BEFUNDE [37] 83

TABELLENVERZEICHNIS

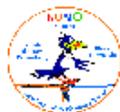
TABELLE 1: ALTERSVERTEILUNG DER GRUPPEN IN MONATEN	33
TABELLE 2: GEWICHT, GRÖÖE, BMI, KÖRPEROBERFLÄCHE (KOF) BEIDER GRUPPEN IM VERGLEICH.....	34
TABELLE 3: PERZENTILEN DER KÖRPEROBERFLÄCHE (KOF) IN M ² DER LEISTUNGSSPORTLER.....	36
TABELLE 4: SYSTEMISCHER BLUTDRUCK BEIDER GRUPPEN IM VERGLEICH	37
TABELLE 5: PERZENTILEN DES SYSTEMISCHEN BLUTDRUCKS BEIDER GRUPPEN IM VERGLEICH	37
TABELLE 6: DURCHMESSER DES MITRALKLAPPENRINGS IN MM DER LEISTUNGSSPORTLER.....	38
TABELLE 7: PERZENTILEN DES MITRALKLAPPENRINGDURCHMESSERS DER LEISTUNGSSPORTLER	38
TABELLE 8: DURCHMESSER DER AORTENWURZEL DER LEISTUNGSSPORTLER; AK = AORTENKLAPPENRING,	41
TABELLE 9: KORRELATION UND SIGNIFIKANZEN ZWISCHEN DEN MESSWERTEN DER AORTENWURZEL UND DER	45
TABELLE 10: MESSWERTE DER LINKSVENTRIKULÄREN PARAMETER DER LEISTUNGSSPORTLER.....	46
TABELLE 11: KORRELATION DER KÖRPEROBERFLÄCHEN (KOF) MIT DEN LINKSVENTRIKULÄREN PARAMETERN DER LEISTUNGSSPORTLER.....	50
TABELLE 12: LINKSVENTRIKULÄRE MUSKELMASSE (LVMM) DER LEISTUNGSSPORTLER IN GRAMM	55
TABELLE 13: DURCHMESSER DER LINKEN (LCA) UND DER RECHTEN KORONARARTERIE (RCA) DER LEISTUNGSSPORTLER.....	58
TABELLE 14: PERZENTILEN DER KORONARARTERIENDURCHMESSER DER LEISTUNGSSPORTLER - GRUPPE „LINKSDOMINANZ“	59
TABELLE 15: ÜBERBLICK ECHOKARDIOGRAPHISCHER MESSWERTE DER KONTROLLGRUPPE.....	62
TABELLE 16: DURCHMESSER DER LINKEN (LCA) UND DER RECHTEN KORONARARTERIE (RCA) DER KONTROLLGRUPPE	63
TABELLE 17: MITTELWERTVERGLEICH ECHOKARDIOGRAPHISCHER PARAMETER DER STUDIENGRUPPEN ⁶⁴	
TABELLE 18: MITTELWERTVERGLEICH DER KORONARARTERIENSTAMMDURCHMESSER DER STUDIENGRUPPEN	65
TABELLE 19: KORRELATIONEN DER SIGNIFIKANT UNTERSCHIEDLICHEN ECHOKARDIOGRAPHISCHEN MESSWERTE IM GRUPPENVERGLEICH	66
TABELLE 20: KORRELATION DER KÖRPEROBERFLÄCHEN (KOF) UND DURCHMESSER DER KORONARARTERIEN IM GRUPPENVERGLEICH. „LINKSDOMINANZ“	69

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

AAO	Aorta ascendens
AK	Aortenklappenring
ALCAPA	Anomalous left coronary artery origin from pulmonary artery
BFV	Bayerischer Fußball-Verband
BMI	Body-Mass-Index
bzw.	beziehungsweise
ca	circa
cm	Zentimeter
D	Diastole
DFB	Deutscher Fußball-Bund
Diff.	Differenz
EF	Ejektionsfraktion
EKG	Elektrokardiogramm
FIFA	Fédération Internationale de Football Association
IVS	Interventrikuläre Septumdicke
IVSD	Interventrikuläre Septumdicke in der Diastole
IVSS	Interventrikuläre Septumdicke in der Systole
kg	Kilogramm
KOF	Körperoberfläche
KUNO	Kinder-Uni-Klinik Ostbayern
LAD	Anterior descendierenden Ramus interventricularis
LCA	Linke Koronararterie
LCS	Linkskoronaren Sinus valsalvae aortae
LCX	Ramus circumflexus
LVD	Linksventrikulärer Durchmesser
LVDD	Linksventrikulärer Durchmesser in der Diastole
LVDS	Linksventrikulärer Durchmesser in der Systole
LVFS	Linksventrikuläre Verkürzungsfraction
LVMM	Linksventrikuläre Muskelmasse
LVPW	Linksventrikulärer Durchmesser der Hinterwand
LVPWD	Linksventrikulärer Durchmesser der Hinterwand in der Diastole
LVPWS	Linksventrikulärer Durchmesser der Hinterwand in der Systole
m	Meter
MHz	Megahertz
MKL	Mitralklappenring
mm	Millimeter
mmHg	Millimeter Quecksilbersäule
n	Anzahl der Studienteilnehmer in der Stichprobe
NLZ	Nachwuchsleistungszentrum
R	Korrelation
RCA	Rechte Koronararterie
RCS	Rechtskoronarer Sinus valsalvae aortae
RR	Blutdruck
RRd	Diastolischer Blutdruck
RRs	Systolischer Blutdruck
S	Systole
sog.	sogenannt
SpO ₂	Sauersoffsättigung
STL	Sinutubulärer Übergangslinie
TTE	transthorakale Echokardiographie

u.a.....unter anderem
WPW-Syndrom Wolff-Parkinson-White-Syndrom

ANHANG



Sportmedizinische Aspekte im leistungsorientierten Jugendfußball

Liebe Eltern, lieber Spielerinnen, liebe Spieler,

status quo

Es existieren in der BRD noch keine verbindlichen Empfehlungen, inwieweit Kinder- und Jugendliche medizinisch betreut werden sollen, wenn sie in einem leistungsorientierten Fussballverein/ in einer Verbandsauswahl aktiv sind. Alleine für Bundesliga- und DFB- Mannschaften sind ausführliche Vorgaben erarbeitet worden.

Situation für die Vereine/ den Bayerischen Fußballverband

Betreuer und Trainer übernehmen beim Training und Spiel die Verantwortung für die Gesundheit jedes Einzelnen. Die Sportler werden im Verein altersspezifisch trainiert und schrittweise an ihre Leistungsgrenze herangeführt. Um aber Sport an der Grenze der Belastbarkeit risikoarm betreiben zu können, müssen Körper und Geist gesund sein.

Angeborene oder erworbene Krankheiten, sollten den Betreuern und Trainern bekannt sein, damit das Maß der Belastung individuell angepasst werden kann.

Sportmedizinische Untersuchung

Trugschluss: „... wer jung ist und Sport treibt, muss gesund sein ...“ In Familien werden aber leider nicht nur die „guten Eigenschaften“ vererbt, sondern auch Veranlagungen zu Krankheiten. Daher ist die Krankheitsgeschichte einer Familie bedeutsam um spezifische Risiken für einzelne Spieler zu erkennen.

Leistungsorientierte Sportler sollten gesunde Organsysteme haben (Hirn-Nerven-Muskeln, Herz-Lunge, Magendarmtrakt-Stoffwechsel).

Aber auch ihr Bewegungsapparat sollten den hohen Anforderungen des intensiven Sports gewachsen sein.

Daher werden neben der Abklärung internistischer Krankheitsbilder auch funktionelle und orthopädische Untersuchungen dringend empfohlen.

„Fussball und Herz - Projekt“

Herz-Kreislaufkrankungen stehen bei Sportlern an erster Stelle für bedrohliche Ereignisse. Daher wird für Spieler ab der U12 die Teilnahme an dem Gesundheitsprojekt „Fussball und Herz - Prävention akuter kardialer Ereignisse“ dringend empfohlen.

Spielersteckbrief

Name: _____
Vorname: _____
Geburtstag: _____
Anschrift: _____

Telefon Eltern: _____

E-Mail-Adresse Eltern: _____

Position im Spiel: _____

Wieviele **Stunden pro Woche** wird Sport getrieben (alle Sportarten + Schulsport) ?

Gesundheit:

Körpermaße (Gewicht, Länge): _____

Relevante Vorerkrankungen/Verletzungen: _____

Allergien/Unverträglichkeiten (auf Pollen, Medikamente, Pflaster, Tiere, Nahrungsmittel, etc.):

Asthma: ja nein

Epilepsie: ja nein

Regelmäßige Medikamenteneinnahme (Spray, Tabletten):

Tetanus-Impfung durchgeführt ? : ja nein

EKG durchgeführt: ja nein

Vorsorgeuntersuchung durchgeführt: U9 U10 U11 J1 J2

Kinder- / Hausarzt (Name, ggf. Telefonnummer)

Sonstiges:

Krankenhaus Barmherzige Brüder, Klinik St. Hedwig, Regensburg

LITERATUR

1. Dvorak J, Junge A, Graf-Baumann T, Peterson L. Football is the most popular sport worldwide. *The American journal of sports medicine*. 2004;32:3S.
2. Davogustto G, Higgins J. Sudden cardiac death in the soccer field: A retrospective study in young soccer players from 2000 to 2013. *The Physician and sportsmedicine*. 2014;42:20–29.
3. Maron BJ, Thompson PD, Ackerman MJ, Balady G, Berger S, Cohen D, et al. Recommendations and Considerations Related to Preparticipation Screening for Cardiovascular Abnormalities in Competitive Athletes: 2007 Update: A Scientific Statement From the American Heart Association Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism: Endorsed by the American College of Cardiology Foundation. *Circulation*. 2007;115:1643–455.
4. Trappe HJ. Sport und plötzlicher Herztod. *Herz Heute*. 2006:20–24.
5. B. Marti M, B. Villiger D, M. Hintermann S, R. Lerch G. Plötzlicher Herztod beim Sport: sinnvolle Vorsorgeuntersuchungen und Präventionsmassnahmen. *Schweizerische Zeitung für Sportmedizin und Sporttraumatologie*. 1998;46:83–85.
6. http://www.bfv.de/cms/docs/Flyer_BFV_Talentfoerderung.pdf (accessed August 22, 2012).
7. Huston TP, Puffer JC, Rodney WM. The athletic heart syndrome. *N. Engl. J. Med*. 1985;313:24–32.
8. Zehender M, Meinertz T, Keul J, Just H. ECG variants and cardiac arrhythmias in athletes: clinical relevance and prognostic importance. *Am. Heart J*. 1990;119:1378–91.
9. Somauroo JD. An echocardiographic assessment of cardiac morphology and common ECG findings in teenage professional soccer players: reference ranges for use in screening. *Heart*. 2001;85:649–54.
10. Schmitt C, Merkel M, Wondraschek R, Riexinger T, Luik A. Plötzlicher Herztod bei Jugendlichen und Sportlern. *Kardio up*. 2009;5:47–63.
11. Durakovic Z, Misigoj-Durakovic M, Medved R, Skavic J, Torovic N. Sudden death due to physical exercise in the elderly. *Coll Antropol*. 2002;26:239–43.
12. Mora S, Cook N, Buring JE, Ridker PM, Lee I. Physical Activity and Reduced Risk of Cardiovascular Events: Potential Mediating Mechanisms. *Circulation*. 2007;116:2110–18.
13. Kindermann W. *Sportkardiologie: Körperliche Aktivität bei Herzerkrankungen*. 2nd ed. Darmstadt: Steinkopff; 2007.
14. Sack S. Der Tod im Sport--ein internistisches Problem? *Herz*. 2004;29:414–19.
15. Harmon KG, Asif IM, Klossner D, Drezner JA. Incidence of Sudden Cardiac Death in National Collegiate Athletic Association Athletes. *Circulation*. 2011;123:1594–600.
16. Corrado D, Basso C, Schiavon M, Pelliccia A, Thiene G. Pre-Participation Screening of Young Competitive Athletes for Prevention of Sudden Cardiac Death. *Journal of the American College of Cardiology*. 2008;52:1981–89.
17. Raschke C, Parzeller M, Kind M, Banzer W. Organpathologische Ursachen des akuten Sporttodes in Deutschland, Österreich und der deutschsprachigen Schweiz. *Dt. Z. Sportmed*. 1998:157–60.
18. Maron BJ, Shirani J, Poliac LC, Mathenge R, Roberts WC, Mueller FO. Sudden death in young competitive athletes. Clinical, demographic, and pathological profiles. *JAMA*. 1996;276:199–204.

19. Maron BJ. Distinguishing hypertrophic cardiomyopathy from athlete's heart physiological remodelling: clinical significance, diagnostic strategies and implications for preparticipation screening. *British Journal of Sports Medicine*. 2009;43:649–56.
20. Corrado D, Thiene G, Nava A, Rossi L, Pennelli N. Sudden death in young competitive athletes: clinicopathologic correlations in 22 cases. *Am J Med*. 1990;89:588–96.
21. Maron BJ, Doerer JJ, Haas TS, Tierney DM, Mueller FO. Sudden Deaths in Young Competitive Athletes: Analysis of 1866 Deaths in the United States, 1980-2006. *Circulation*. 2009;119:1085–92.
22. Maron BJ, Carney KP, Lever HM, Lewis JF, Barac I, Casey SA, et al. Relationship of race to sudden cardiac death in competitive athletes with hypertrophic cardiomyopathy. *Journal of the American College of Cardiology*. 2003;41:974–80.
23. http://www.bfv.de/cms/seiten/das_training_65843.html (accessed July 22, 2014).
24. Maron BJ, Carney KP, Lever HM, Lewis JF, Barac I, Casey SA, et al. Relationship of race to sudden cardiac death in competitive athletes with hypertrophic cardiomyopathy. *Journal of the American College of Cardiology*. 2003;41:974–80.
25. Liberthson RR. Sudden death from cardiac causes in children and young adults. *N Engl J Med*. 1996;334:1039–44.
26. Wisten A, Messner T. Symptoms preceding sudden cardiac death in the young are common but often misinterpreted. *Scand Cardiovasc J*. 2005;39:143–49.
27. Wilkenschoff U, Kruck I. *Handbuch der Echokardiographie*: Thieme; 2008.
28. Fuse S, Kobayashi T, Arakaki Y, Ogawa S, Katoh H, Sakamoto N, et al. Standard method for ultrasound imaging of coronary artery in children. *Pediatrics international : official journal of the Japan Pediatric Society*. 2010;52:876–82.
29. Laser KT, Herberg U, Hofbeck M, Dähnert I, Vogt M, Krogmann O, et al. Quality standards for echocardiography in children and adolescents with congenital and acquired heart disease. *Der Kardiologe*. 2014;8:231–43. <http://dx.doi.org/10.1007/s12181-014-0562-3>.
30. Weiß C. *Basiswissen medizinische Statistik: Mit 14 Tabellen und 6 Übersichten ; [mit Epidemiologie]*. 5th ed. *Lehrbuch-Medizin.de*. Heidelberg: Springer-Medizin-Verl; 2010.
31. Hilgers R, Bauer P, Scheiber V. *Einführung in die medizinische Statistik*. 2nd ed. *Statistik und ihre Anwendungen*. Berlin [u.a.]: Springer; 2007.
32. Hüsler J, Zimmermann H. *Statistische Prinzipien für medizinische Projekte*. 5th ed. Verlag Hans Huber Programmbereich Medizin. Bern: Huber; 2010.
33. Berger S, Kugler JD, Thomas JA, Friedberg DZ. Sudden cardiac death in children and adolescents: introduction and overview. *Pediatric Clinics of North America*. 2004;51:1201–09.
34. Madeira RB, Trabulo M, Alves F, Pereira JG. Effects of chronic exercise training on left ventricular dimensions and function in young athletes. *Rev Port Cardiol*. 2008;27:909–22.
35. Zdravkovic M, Perunicic J, Krotin M, Ristic M, Vukomanovic V, Soldatovic I, et al. Echocardiographic study of early left ventricular remodeling in highly trained preadolescent footballers. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2010;13:602–06.
36. Lang RM, Bierig M, Devereux RB, Flachskampf FA, Foster E, Pellikka PA, et al. Recommendations for chamber quantification: a report from the American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee and the Chamber Quantification Writing Group, developed in conjunction with the European Association of Echocardiography, a branch of the European Society of Cardiology. *J Am Soc Echocardiogr*. 2005;18:1440–63. <http://files.asecho.org/files/ChamberQuantification.pdf>.

37. Hill SF, Sheppard MN. A silent cause of sudden cardiac death especially in sport: congenital coronary artery anomalies. *British Journal of Sports Medicine*. 2014;48:1151–56.
38. Cheitlin MD, MacGregor J. Congenital anomalies of coronary arteries: role in the pathogenesis of sudden cardiac death. *Herz*. 2009;34:268–79.

