



## Sport bei angeborenen und erworbenen Herzerkrankungen

K.-O. Dubowy (Bad Oeynhausen), A. Hager (München), B. Bjarnason-Wehrens (Köln), R. Oberhoffer (München), H. Hövels-Gürich (Aachen), W. Lawrenz (Krefeld), T. Paul (Göttingen), N. Müller (Bonn)

Beschlossen vom Vorstand der Deutschen Gesellschaft für Pädiatrische Kardiologie am 23.11.2022

### 1. Geltungsbereich:

Sporttauglichkeit und Sportempfehlungen für Kinder, Jugendliche und junge Erwachsene mit angeborenen und erworbenen Herzerkrankungen

### 2. Methodik

Die Konsensfindung in der Leitliniengruppe erfolgte nach eingehender Literaturrecherche in einem zweistufigen Delphi-Verfahren:

1. schriftlich per E-Mail Umlauf
2. mündliche Konsentierung im strukturierten Gruppenprozess

Handlungsempfehlungen wurden soweit möglich in vier Empfehlungsgrade eingeteilt.

**Tabelle 1:** Beschreibung der Empfehlungsgrade

Formulierung	Empfehlungsgrad	Farbliche Markierung
Soll	Starke Empfehlung	Grün
Sollte	Empfehlung	Gelb
Kann erwogen werden	Empfehlung offen	Grau
Soll nicht / sollte nicht	Nicht empfohlen	Rot

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird im gesamten Text auf die zusätzliche Formulierung der weiblichen Form verzichtet. Wir möchten deshalb darauf hinweisen, dass die ausschließliche Verwendung der männlichen Form explizit als geschlechtsunabhängig verstanden werden soll.

## Abkürzungsverzeichnis:

AEPC	Association for European Paediatric and Congenital Cardiology
AoA	Aorta ascendens
ARVC	Arrhythmogene rechtsventrikuläre Kardiomyopathie
AS	Aortenstenose
AV-Knoten	Atrio-Ventrikular-Knoten
AVNRT	AV-Knoten Reentrytachykardie
AVRT	AV-Reentrytachykardie
BMI	Body Mass Index
CPET	Kardiopulmonaler Belastungstest
CoA	Koarktation der Aorta
CPVT	Katecholaminsensitive Polymorphe Ventrikuläre Tachykardie
DCM	Dilatative Kardiomyopathie
EAPC	European Association of Preventive Cardiology
ESC	European Society of Cardiology
EKG	Elektrokardiogramm
EMAH	Erwachsene mit angeborenen Herzfehlern
HCM	Hypertrophe Kardiomyopathie
HF	Herzfrequenz
ICD	Implantierter Defibrillator
KMP	Kardiomyopathie
LV	Linker Ventrikel
LVOT	Linksventrikulärer Ausflusstrakt
MAPSE	Mitral annular plane systolic excursion
MET	Metabolic equivalent of tasks
MVC	Maximal voluntary contraction
NCCM	Non-Compaction Kardiomyopathie
NT-pro-BNP	N-terminales pro Brain Natriuretic Peptide
NYHA	New York Heart Association
PI	Pulmonalinsuffizienz
PSVT	Paroxysmale supraventrikuläre Tachykardie
RR	Blutdruckmessung nach „Riva-Rocci“
RV	Rechter Ventrikel
RVOT	Rechtsventrikulärer Ausflusstrakt
SGB	Sozialgesetzbuch
TAPSE	Tricuspid annular plane systolic excursion
TOF	Fallotsche Tetralogie
TGA	Transposition der großen Gefäße
VES	Ventrikuläre Extrasystolen
VSD	Ventrikelseptumdefekt
VT	Ventrikuläre Tachykardien
VO2	Sauerstoffaufnahme
WHO	World Health Organisation
WPW	Wolff-Parkinson-White-Syndrom

### 3. Einleitung

Körperliche Aktivität sollte für alle Altersklassen, unabhängig von einer chronischen Erkrankung, ein zentrales Element des täglichen Lebens sein. In einer 2020 veröffentlichten Studie des Kompetenznetzes für angeborene Herzfehler konnte gezeigt werden, dass nur 12 % der gesunden Kinder im Alter von 6-17 Jahren und 8,8 % der Kinder mit angeborenem Herzfehler die von der WHO empfohlenen 60 Minuten körperlicher Aktivität täglich erreichen.<sup>1</sup> Auf dieser Grundlage ist es den Autoren ein großes Anliegen, Patienten, Familien, Patientenorganisationen und medizinischen Betreuern im Rahmen dieser Leitlinie eine Hilfestellung zu geben, möglichst vielen Kindern und Jugendlichen die Teilnahme an sportlicher Aktivität zu ermöglichen und darüber hinaus, sie sogar dazu zu motivieren. Die Zielsetzung dieser Leitlinie soll sein, mit den entsprechenden Untersuchungen die Voraussetzungen dafür zu schaffen und die Kinder dabei zu begleiten. Möglichst viele Kinder und Jugendliche mit Herzerkrankung dürfen und sollen Sport treiben. Ein generelles Sportverbot ist nur in sehr wenigen Ausnahmen, die im Folgenden weiter differenziert werden, erforderlich.

Kernaussage 1: Leitlinie Sport	 DGPK
<b>Spporterlaubnis</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Möglichst viele Kinder und Jugendliche mit Herzerkrankung dürfen und sollen Sport treiben.</li><li>• Ein generelles Sportverbot ist nur in sehr wenigen Ausnahmen erforderlich.</li></ul>	

### 4. Definition – Klassifikation – Basisinformation

#### 4.1. Körperliche Aktivität

Die **körperliche Aktivität** („*physical activity*“) bezeichnet jegliche Körperbewegungen durch Muskelkontraktionen, die zu einem zusätzlichen Energieverbrauch über den Grundumsatz hinaus, führen.<sup>2,3</sup>

**Körperliches Training** („*exercise oder exercise training*“) ist ein Teilbereich der körperlichen Aktivität, der geplant, strukturiert, wiederholt und zielgerichtet zur Verbesserung der körperlichen Fitness eingesetzt wird.<sup>2,3</sup>

#### 4.2. Sport

Die Begriffsdefinition „Sport“ ist nicht einheitlich. Sportmedizinisch wird der Begriff **Sport** als „muskuläre Beanspruchung mit Wettkampfcharakter oder mit dem Ziel einer

hervorstechenden persönlichen Leistung“ definiert.<sup>4</sup> Sport ist gekennzeichnet durch hohen Strukturierungsgrad, deutliche Zielrichtung und Durchführung auf der Grundlage eines ausdifferenzierten und verbindlichen Regelwerks.<sup>5</sup>

Für Sportempfehlungen muss zwischen **Breiten-, Leistungs- und Gesundheitssport** differenziert werden. Unterschiede liegen insbesondere in Zielsetzung, Motivation sowie Art und Umfang der Sportausübung. Beim **Breitensport** stehen die Freude an der Bewegung und soziale Momente, sowie präventiv gesehen, der Ausgleich von Bewegungsmangel und Verbesserung der körperlichen Fitness im Vordergrund. Der **Leistungssport** unterscheidet sich vom Breitensport insbesondere durch den wesentlich höheren Zeitaufwand sowie die Fokussierung auf den sportlichen Erfolg. Beim **Hochleistungssport** ist der Leistungsanspruch noch deutlich höher. Er ist, bezogen auf die Leistung, noch weiter oberhalb angesiedelt und bildet mitunter den absoluten Mittelpunkt im Leben, auch beruflich.<sup>4</sup> Eine Sonderstellung nimmt der **Gesundheitssport** ein. Hier steht der positive Einfluss auf die Gesundheit in präventiver, therapeutischer oder rehabilitativer Hinsicht durch gezieltes individuell dosiertes körperliches Training im Vordergrund.<sup>5</sup>

Kernaussage 2:	Leitlinie Sport	
<b>Formen der Sportausübung</b>		DGPK
<ul style="list-style-type: none"><li>• Hochleistungssport</li><li>• Leistungssport</li><li>• Breitensport</li><li>• Gesundheitssport</li></ul>		

7-10% aller Schüler in den USA sind dauerhaft gesundheitlich beeinträchtigt (NIHS Studie USA).<sup>6</sup> Die Prävalenz chronischer Erkrankungen im Kindes- und Jugendalter liegt in Deutschland bei bis zu 16,2 %.<sup>7</sup> Bei vielen Erkrankungen verhindert eine konsequente Anpassung der Lebensweise im Sinne von mehr Bewegung und/oder Handhabung therapeutischer Maßnahmen ein Fortschreiten der Krankheit, auch wenn sich die Symptome in Einzelfällen verschlimmern können. Dabei spielt der verständige Umgang mit Betroffenen seitens aller beteiligten Personen eine entscheidende Rolle – insbesondere im Schulsport. Eine krankheitsbedingte Sonderrolle ist zu vermeiden.<sup>8</sup>

Sport im Kindergarten und in der Schule wird neben dem Erlernen von konkreten Bewegungsabläufen und spezifischen Sportarten als Gesundheitssport und Breitensport

ausgeübt. Die Sportanamnese ist insbesondere im Kindes- und Jugendalter obligater Bestandteil ärztlicher Betreuung.

<b>Kernaussage 3:</b>	<b>Leitlinie Sport</b>	
<b>Sportanamnese</b>		DGPK
Die Sportanamnese ist bei allen Kindern und Jugendlichen obligat.		

Die verpflichtende Einschulungsuntersuchung wird vom Schul(Amts)arzt durchgeführt und umfasst die Beurteilung der altersentsprechenden körperlichen, kognitiven und psychoemotionalen Entwicklung der Kinder. Im Rahmen dieser Untersuchung werden alle Kinder auch auf die Risiken einer Teilnahme am Schulsport insbesondere aber auch auf das Vorliegen akuter und / oder chronischer Erkrankungen untersucht. Den Eltern kommt eine Schlüsselrolle zu. Sie sind aufgefordert, alle relevanten Befunde zu dieser Untersuchung mitzubringen. Die behandelnden Ärzte akut oder chronisch erkrankter Kinder sollen vorliegende Befunde im Original oder aber Arztberichte in ausführlicher Form über die Erziehungsberechtigten dem Schularzt zur Verfügung stellen. Pauschale Bescheinigungen sind zu vermeiden. Auch im weiteren Schulverlauf entscheidet nicht der behandelnde Arzt, sondern letztendlich der Schularzt über einen Ausschluss vom Schulsport (Regelungen der Bundesländer beachten). In der Regel wird auch bei chronischen kardiopulmonalen Erkrankungen nur ein teilweiser Ausschluss vom Schulsport, wiederum vom Schularzt, ausgesprochen. Für besonders gefährdete chronisch kranke Kinder und Jugendliche kann, unterstützt durch den Amts(schul)arzt, eine Schul(sport)begleitung beantragt werden. Anspruch auf eine Schulbegleitung haben u.a. Kinder mit einer körperlichen oder geistigen Behinderung. Die Länder oder Schulträger übernehmen derzeit nicht die Kosten für eine Schulbegleitung. Anträge müssen deshalb beim Sozialamt (bei körperlichen oder geistigen Behinderungen) bzw. beim Jugendamt (bei seelischen Behinderungen) gestellt werden. Es ist geplant, diese Regelungen in den Kontext des SGB IX zu überführen. Schulbegleiter können beim Sozialamt oder beim Jugendamt beantragt werden (§54 Leistungen zur Eingliederungshilfe, SGB XII und §12 „Schulbildung“, Verordnung nach § 60, SGBXII). Das Sozialgesetzbuch gibt im Rahmen der „Eingliederungshilfe“ vor, wann ein Kind ein Anrecht auf Schulbegleitung hat. Diese Möglichkeit steht insbesondere auch Kindern und Jugendlichen mit angeborenen oder erworbenen Herzfehlern zu. In diesem Zusammenhang verweisen wir beispielhaft auf

die sozialrechtlichen Hilfsangebote des Bundesverband Herzkrankte Kinder e.V.; des Herzkind e.V., der Elterninitiative Herzkrankte Kinder e.V. .

Empfehlung 1:	Leitlinie Sport	 DGPK
<b>Teilnahme am Schulsport</b>		
Alle Schüler sollen am Schulsport teilnehmen. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Im Einzelfall ist ein teilweiser, zeitlich begrenzter oder vollständiger Ausschluss vom Schulsport notwendig.</li> <li>• Im Einzelfall ist eine Schulbegleitung notwendig.</li> </ul>		

#### 4.2.1. Körperliche Leistungsfähigkeit

Die **maximale Leistungsfähigkeit** ist die maximal mögliche körperliche Leistung einer Person, unabhängig vom Auftreten pathologischer Symptome und/oder Befunde.<sup>4</sup> Die **Belastbarkeit** wird definiert als die dem Patienten mögliche Leistung, bevor pathologische Symptome oder Befunde auftreten. Beim Gesunden sind beide Belastungsbereiche identisch, sie können aber bei Patienten deutlich auseinander liegen.<sup>9</sup>

Als **körperliche Fitness** wird die Kombination aus kardiorespiratorischer Fitness, Muskelkraft, Schnelligkeit und Koordination bezeichnet.<sup>3</sup> Durch körperliche Aktivität und Training können alle Komponenten der körperlichen Fitness verbessert werden. Das Ausmaß der Trainingseffekte ist abhängig von der Ausgangsbelastbarkeit, d.h. dem Trainingszustand, sowie der Intensität und dem Umfang des Trainings und wird zudem durch individuelle Parameter (genetisch, orthopädisch, kardiozirkulatorisch, pulmonal und metabolisch) mit beeinflusst.<sup>2</sup>

Die **kardiorespiratorische Fitness des Gesunden** ist ein Teilaspekt der körperlichen Fitness, die durch die maximale kardiozirkulatorische Leistungsfähigkeit determiniert wird. Sie entspricht der maximalen Kapazität des Sauerstofftransports von der Einatemluft bis zur mitochondrialen ATP-Synthese. Der Goldstandard zur Bestimmung der kardiorespiratorischen Fitness ist die Messung der **maximalen Sauerstoffaufnahme (VO<sub>2</sub>max)** mittels einer Spiroergometrie.<sup>4</sup> Der Begriff „**VO<sub>2</sub>peak**“ bezeichnet die höchste bei einem Belastungstest erreichte Sauerstoffaufnahme, auch wenn symptomlimitiert nicht die höchstmögliche VO<sub>2</sub> erreicht wurde.

Das **metabolische Äquivalent (MET, „metabolic equivalent of tasks“)** ist ein sportwissenschaftlich zunehmend verwendeter Intensitätsparameter körperlicher Aktivität und entspricht dem Quotienten aus Energieumsatz während körperlicher Aktivität und Energieumsatz in Ruhe (1 MET = 3,5 ml/kg/min VO<sub>2</sub>).<sup>2, 3</sup> Eine körperliche Aktivität mit weniger

als 3 MET wird als leicht, zwischen 3-6 MET als moderat und ab 6 MET als hoch bezeichnet.

#### 4.2.2. Training

**Trainings- und Sportempfehlungen** müssen Angaben zu Belastungsform, -intensität, -dauer und -umfang berücksichtigen.<sup>10-13</sup> Bei der Wahl der **Belastungsform** muss das Verhältnis zwischen statischer (isometrischer) und dynamischer (isotoner) Komponente der empfohlenen Belastung bedacht werden. Belastungen mit einer hohen statischen Komponente können zu hohen Druckbelastungen des großen und kleinen Kreislaufes führen. Belastungen mit überwiegend dynamischer Komponente haben hingegen eine nachlastsenkende Wirkung, können jedoch mit einer erheblichen Volumenbelastung durch Erhöhung des Herzzeitvolumens verbunden sein (siehe Tabellen 1 und 2). Zur Beurteilung der Belastungsintensität können für Belastungen mit einem hohen dynamischen Charakter (z.B. aerobe Ausdauerbelastungen) die Herzfrequenz, die Atmung und das subjektive Belastungsempfinden herangezogen werden.

**Tabelle 2:** Ausgewählte Bewegungs- und Spielformen im Kindesalter, differenziert nach Belastungsarten (modifiziert nach Schickendantz<sup>10</sup>).

<b>Überwiegend dynamische Bewegungsformen</b>	<b>Überwiegend statische Bewegungsformen</b>
Laufen, Hüpfen, Springen, Radfahren, Schwimmen	Klettern, Schwingen/Schaukeln, Stützen, Ziehen, Schieben

Die **Belastungsintensität** korreliert bei dynamischer Belastung direkt mit der Herzfrequenz oder der Sauerstoffaufnahme und wird für Trainingsempfehlungen meist in Prozent der maximalen Herzfrequenz (%HF<sub>max</sub>) angegeben. Diese muss in einem Belastungstest individuell ermittelt werden. Ungeeignet ist die Herzfrequenz zur Trainingssteuerung bei Arrhythmien sowie nach Herztransplantation. Wichtig ist ferner die Neubestimmung der maximalen Herzfrequenz bei Medikamentenänderung ( $\beta$ - Rezeptoren-Blocker, Antiarrhythmika, Ca-Antagonisten). In der praktischen Beratung kann für die moderate Trainingsintensität die sogenannte „Sprechregel“ angewandt werden: Beim Sport soll der Patient sich atmen hören, aber auch in der Lage sein, sich zu unterhalten.

Die Intensität statischer Belastung wird in Prozent der Maximalkraft (%MVC, „maximal voluntary contraction“) angegeben, was nur bei speziellen Fragestellungen sinnvoll ist und für die jeweilige Belastungsform gemessen werden muss.

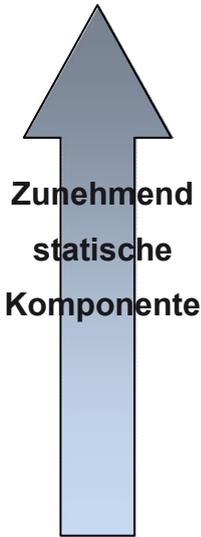
Für Details wird auf Übersichtsartikel verwiesen.<sup>13,14</sup>

**Tabelle 3:** Ausgewählte Sportarten, differenziert nach Belastungsart (zunehmende statische Belastung; zunehmende dynamische Belastung)

\* = Verletzungsgefahr durch direkten Körperkontakt # Verletzungsgefahr bei Synkopen

Einteilung der Sportarten in dieser Tabelle kann nur als Anhaltspunkt dienen.

Die Intensität der statischen und dynamischen Belastungskomponenten kann dabei erheblich variieren. In Trainingssituationen können aber auch höhere Belastungsintensitäten erreicht werden (modifiziert nach Takken<sup>13)</sup>)

 <p><b>Zunehmend statische Komponente</b></p>	<b>Hoch</b>	Turnen, Gewichtheben, Bobfahren, Kampfsportarten, Wurfdisziplinen (z.B. Diskuswerfen, Kugelstoßen), Sport-Klettern#, Wasserskilaufen#, Windsurfen#, Segeln#	Intensives Kraft-training , Skilaufen, Skateboard fahren, Snowboardfahren, Ringen*	Boxen*, Rudern, intensives Radfahren#, Triathlon#, Eisschnelllauf, Kajakfahren, Kanufahren, Zehnkampf,
	<b>Moderat</b>	Bogenschießen, Reiten*#, Wasserspringen#, Tauchen#, Auto- und Motorradrennen#	American Football*, Rugby*, Sprung-disziplinen (z.B. Hoch-, Weit-, Dreisprung), Eiskunstlauf*, kurze Sprints, Wellenreiten#, Synchronschwimmen#	Basketball*, Eishockey*, Handball,* Schwimmen#, Mittelstreckenlauf, Jogging, Radfahren im Gelände#, Skilanglauf (skating Technik)
	<b>Niedrig</b>	Billard, Bowling, Kegeln, Curling, Golf,	Baseball, kleine Lauf- und Bewegungsspiele, Rückschlagspiele wie Tischtennis und Volleyball,	Langstreckenlauf, Jogging, Radfahren in der Ebene#, Skilanglauf (klassische Technik), Badminton, Tennis, Feld Hockey*, Fußball*
		<b>Niedrig</b>	<b>Moderat</b>	<b>Hoch</b>
		 <p><b>Zunehmend dynamische Komponente</b></p>		

## 5. Diagnostik

Beschwerdefreie, gesunde Kinder und Jugendliche *ohne* belastungsabhängige Beschwerden sind nicht Inhalt dieser Leitlinie. Zur Orientierung wird beispielhaft auf weitergehende Literatur verwiesen.<sup>15-20</sup>

## 5.1. Sporttauglichkeitsuntersuchung

### 5.1.1. Kinder und Jugendliche jeden Alters ohne bekannte Herzerkrankung mit belastungsabhängigen Beschwerden

Der genauen und ausführlichen Anamnese kommt hier die zentrale Bedeutung zu. Sie bietet in der Regel bereits eine gute Möglichkeit zwischen kardiovaskulären, pulmonalen oder muskuloskelettalen Ursachen der Beschwerden zu differenzieren und sollte eine Eigen-, Fremd-, Familien- und Training-/Sportanamnese enthalten. Häufig spielen Angst und Überforderung eine wesentliche Rolle. Im Rahmen der körperlichen Untersuchung kann dies häufig genauer spezifiziert werden. Um Unsicherheiten und einer Vermeidungshaltung gegenüber sportlicher Tätigkeit vorzubeugen, sollte hier die Ableitung eines 12-Kanal-EKG's bei entsprechender Anamnese erfolgen. Je nach Beschwerdebild und EKG kann eine weiterführende Diagnostik notwendig sein. Wenn möglich, kann auch eine pädiatrisch-sportmedizinische Expertise eingeholt werden.

Für die Interpretation des EKG bei Sportlern (14-35 Jahren) sollte die nachfolgende EKG-Ampel, die eine Aktualisierung der Seattle-Kriterien darstellt, zu Hilfe genommen werden.

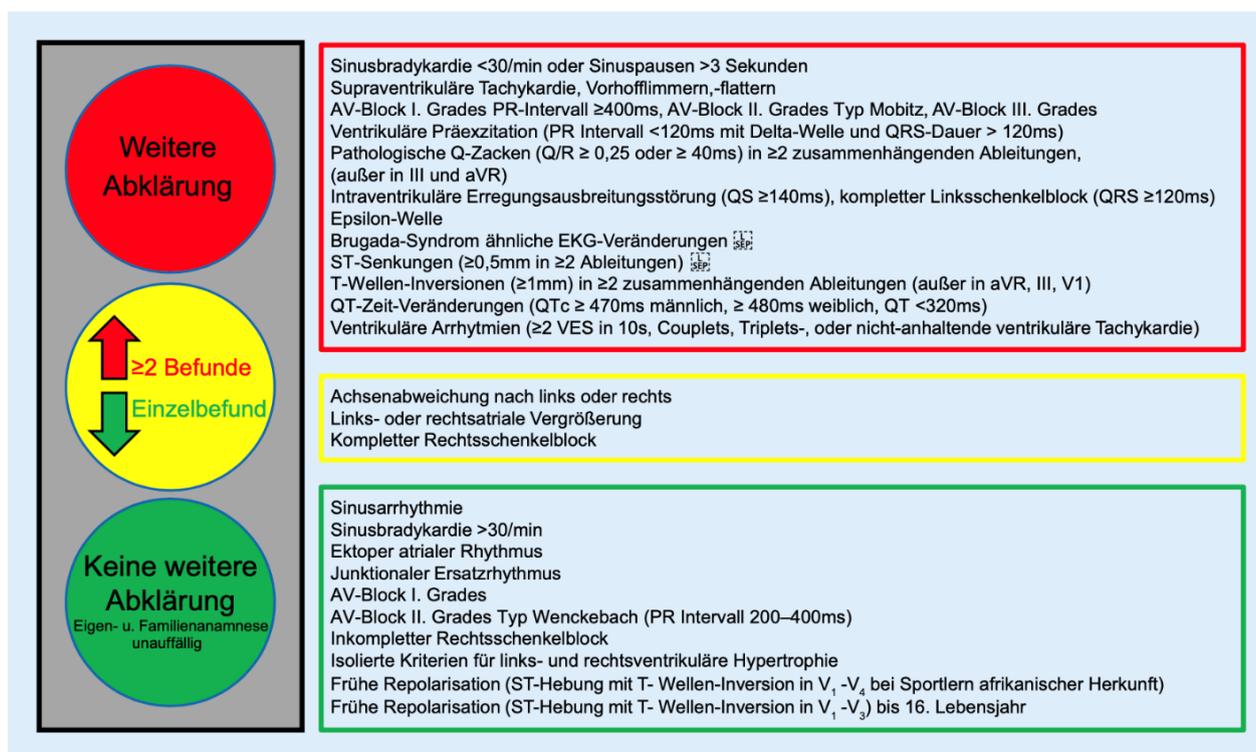


Abbildung 1: EKG-Ampel für über 14-jährige (Kriterien und Bewertung nach Sharma et al. 2018) <sup>21</sup>

Für eine Untersuchung der Sporttauglichkeit sollte bei belastungsabhängigen Beschwerden ergänzend eine Blutdruckmessung und ggf. eine Echokardiographie und (Spiro-) Ergometrie durchgeführt werden.

Empfehlung 2:	Leitlinie Sport
	
<b>Untersuchungen bei belastungsabhängigen Beschwerden</b>	
<p>Die Sporttauglichkeitsuntersuchung für Kinder (ohne bekannte Vorerkrankungen) mit belastungsabhängigen Beschwerden soll eine</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eigen-/Fremd- und Familienanamnese</li> <li>• Trainings-/Sportanamnese</li> <li>• Klinische Untersuchung (internistische und orthopädische Aspekte)</li> <li>• Blutdruckmessung</li> <li>• sowie ein 12-Kanal-EKG enthalten.</li> </ul>	
<p>Je nach Befund kann ergänzend eine</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• eine Echokardiographie</li> <li>• ein 24-Stunden-EKG</li> <li>• eine Lungenfunktionsdiagnostik</li> <li>• sowie eine (Spiro-) Ergometrie durchgeführt werden.</li> </ul>	

### 5.1.2. Kinder, Jugendliche und junge Erwachsene mit angeborenen Herzerkrankungen

Eine Einschätzung der Sporttauglichkeit sollte bei Kindern mit angeborenen Herzerkrankungen spätestens im Vorschulalter erfolgen, um eine Beratung in Bezug auf die Schulsportteilnahme durchführen zu können.<sup>22,23</sup>

Ziel der Sporttauglichkeitsuntersuchung bei Kindern, Jugendlichen und jungen Erwachsenen mit angeborenen oder erworbenen Herzerkrankungen ist es, in einer detaillierten herzfehlerspezifischen Nachuntersuchung alle Restdefekte zu erfassen und eventuelle Risiken beim Sport zu minimieren. Hierbei hängt die Sporttauglichkeit nicht von der Leistungsfähigkeit ab, sondern ausschließlich vom Risiko, dass beim Patienten sportbedingt akut kardiale Probleme auftreten oder diese langfristig bei sportlicher Betätigung entstehen können. Die körperliche Belastungseignung hängt daher nicht nur vom ursprünglichen Herzfehler ab, sondern vor allem von den aktuellen Befunden.<sup>10-14</sup>

In dieser Leitlinie werden ausschließlich die Untersuchungen zur Sporttauglichkeit beschrieben. Die genaue Kenntnis des Herzfehlers, der durchgeführten Behandlungen und des aktuellen herzfehlerspezifischen Status einschließlich aller Restbefunde ist notwendige Voraussetzung. Hier verweisen wir auf die jeweiligen Leitlinien der DGPK.

**Tabelle 4:** Anamnese (modifiziert nach Schober <sup>23</sup>)

<b>Familienanamnese</b>	
Herz-Kreislaufkrankungen angeboren	frühe Todesfälle vor dem 40. Lebensjahr, unklare Todesfälle, Herzrhythmusstörungen Kardiomyopathien
erworben	arterieller Hypertonus Myokardinfarkt Gefäßerkrankungen
Stoffwechselerkrankungen	Diabetes mellitus Fettstoffwechselstörungen Schilddrüsenerkrankungen
<b>Eigenanamnese</b>	
Angeborener Herzfehler	Bezeichnung, Schweregrad, Operationen/Interventionen Herz-/Kreislaufwirksame Medikamente Komplikationen NYHA-Klassifikation
Aktuelle Beschwerden in Ruhe / bei Belastung	Zyanose, Thoraxschmerzen, Dyspnoe Palpitationen / Arrhythmie, Schwindelgefühl
Herz-Kreislauf	(Prä-)Synkopen
orthopädische Beschwerden	
Sonstige Beschwerden	
Neurologische Erkrankung	Krampfleiden
Entwicklungsstörung	Parese, Koordinationsstörung, psychomotorische /-mentale /- soziale Entwicklungsverzögerung
Sonstige chronische Erkrankungen	Allergien, Asthma bronchiale arterielle Hypertonie Diabetes mellitus u.a.
Sonstige relevante Vorerkrankungen / Operationen, Verletzungen	Meningitis, Pneumonie u.a.
Sonstige Medikamentöse Dauertherapie	
Seh- / Hörstörung	Seh- / Hörhilfe
Impfstatus	Tetanusschutz
Ernährung/Ernährungsstörung	Anorexie / Bulimie Adipositas
Nikotin-, Alkohol-, Drogenabusus, Energy- Drinks, Shisha-Pfeife	
evt. gynäkologische Anamnese	
Trainingsanamnese	Ausgeübter Sport Verlauf seit Voruntersuchung

### **5.1.2.1. Anamnese**

Eine detaillierte Erhebung der Familien- und Eigenanamnese ist für alle Kinder und Jugendlichen mit angeborenen Herzerkrankungen obligat (Tabelle 4). Besonders wichtig ist die Frage nach belastungsabhängigen Symptomen wie thorakalen Schmerzen, ausgeprägter Dyspnoe, Belastungszyanose, Palpitationen, Schwindelgefühl und Synkope.

### **5.1.2.2. Klinische Untersuchung**

Neben der Erfassung des kardiopulmonalen Status ist auch eine vollständige körperliche Untersuchung einschließlich Erhebung der Vitalparameter, Körpergröße und -gewicht, BMI, transkutaner Sauerstoffsättigung und Ruheblutdruck erforderlich. Auch eine orientierende orthopädische und sportmotorische Untersuchung in Anlehnung an die altersentsprechenden pädiatrischen Vorsorgeuntersuchungen sollte durchgeführt werden, um dem Entwicklungsstand des Kindes Rechnung tragende Sportaktivitäten zu empfehlen. Gegebenenfalls sollten weitergehende diagnostische oder therapeutische Maßnahmen (z.B. in Sozialpädiatrischen Zentren) eingeleitet werden.

### **5.1.2.3 Ruhe-Elektrokardiogramm**

Die Ableitung eines 12-Kanal-Ruhe-EKG mit Rhythmusstreifen ist obligat. Erfasst werden neben Rhythmusstörungen, Zeichen für angeborene Herzerkrankungen, die mit Arrhythmien oder einer Dilatation der Vorhöfe bzw. ventrikulären Hypertrophien verbunden sind. Hierzu gehören u.a. die Morphologie der P-Welle, die AV-Überleitung, die frequenzkorrigierte QT-Zeit (QTc), Hypertrophiezeichen, Repolarisationsstörungen, ein Präexzitationsmuster sowie Extrasystolen.

### **5.1.2.4 Langzeit-Elektrokardiogramm**

Die Ableitung eines Langzeit-EKG erfolgt bei anamnestischen Hinweisen auf kardiale Arrhythmien wie Palpitationen, Schwindel oder (Prä-)Synkopen, bei auffälligen Befunden im Ruhe- oder Belastungs-EKG sowie bei bestimmten angeborenen Herzfehlern, die gehäuft mit überwachungspflichtigen bzw. behandlungsbedürftigen Herzrhythmusstörungen einhergehen (Fallotsche Tetralogie, Ebstein-Anomalie, D-Transposition der großen Arterien, kongenital korrigierte Transposition der großen Arterien, funktionell univentrikuläre Herzen, Herzschrittmacherpatienten, Z.n. Herztransplantation).

### 5.1.2.5 Ergometrie und Spiroergometrie

Eine Belastungsuntersuchung ist ab einem Alter von 6-8 Jahren relativ zuverlässig möglich. Zuvor ist die Motivation zur Ausbelastung auch auf dem Laufband schwierig, für rhythmologische Fragestellungen jedoch möglich. Für die meisten Patienten mit angeborenen Herzerkrankungen wird die Belastungsuntersuchung sowohl zur Risikostratifizierung als auch zur Erstellung eines Trainingsplanes empfohlen.<sup>13,24</sup> Darüber hinaus kann eine Belastungsuntersuchung mit Ausschluss von signifikanten Befunden (Synkope, höhergradige Rhythmusstörungen, inadäquates Blutdruckverhalten) zur besseren Akzeptanz der Erziehungsberechtigten und Lehrer bezüglich der Sportausübung des Kindes führen.

Die **Ergometrie** (EKG, Blutdruckmessung und Messung der peripheren Sauerstoffsättigung unter steigender Belastung) dient dem Ausschluss von belastungsabhängigen Herzrhythmusstörungen, eines mangelnden Herzfrequenzanstiegs (chronotrope Inkompetenz), von Repolarisationsstörungen (ST-Streckensenkungen um mehr als 0.2 mV), einem unzureichenden Blutdruckanstieg bzw. einem Blutdruckabfall, sowie der Überprüfung einer sporttauglichen Schrittmacherprogrammierung.

Die **Spiroergometrie** ist gegenüber der einfachen Ergometrie bei der Sportberatung aussagekräftiger. Sie liefert zusätzlich Daten zur Ventilation, zum Gasaustausch sowie zur Sauerstoffsättigung. Mit ihr können, eine Kreislaufinsuffizienz unter Belastung (Ischämie, Klappenstenosen, -insuffizienz, Myokardinsuffizienz), belastungsabhängige Shunts (Belastungzyanose), Ventilationsstörungen, ein Ventilations-/Perfusionsmismatch und viele Stoffwechselerkrankungen aufgedeckt werden. Zusätzlich liegt mit der peakVO<sub>2</sub> ein objektiver Messwert für die maximale Leistungsfähigkeit vor, der zusammen mit der aeroben Kapazität an der ventilatorisch bestimmten Schwelle Grundlage zur Ermittlung der aeroben Leistungsfähigkeiten und Erstellung eines Trainingsprogramms ist.<sup>13</sup>

### 5.1.2.6 Echokardiographie

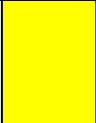
Die Echokardiographie ist essentieller Bestandteil der kinder-kardiologischen Untersuchung und dient der Beurteilung der individuellen anatomischen Situation sowie der kardialen Funktion und somit der Einschätzung der hämodynamischen Gesamtsituation. Obligat ist die Durchführung einer 2D- sowie Farbdoppler-Echokardiographie. Als fakultative Möglichkeit zur myokardialen Funktionsbeurteilung können in ausgesuchten Fragestellungen ergänzend die Gewebedoppler-Bildgebung (TDI), die Speckle-Tracking-Echokardiographie (Strain, strain rate), TAPSE und MAPSE herangezogen werden.<sup>2</sup>

### 5.1.2.7 Magnetresonanztomographie (MRT)

Die Ruhe-MRT-Untersuchung des Herzens wird herzfehlerspezifisch als Ergänzung zur Echokardiographie eingesetzt, insbesondere bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen, die hierzu in der Regel keine Sedierung benötigen. Nach operativer Korrektur einer Aortenisthmusstenose gehört sie zum Ausschluss von aortalen Aneurysmen auch bei unauffälligen Echobefunden dazu.<sup>26</sup> Nach Korrekturoperation einer Fallot'schen Tetralogie sollte sie zur Beurteilung der Ventrikelfunktion und Quantifizierung der pulmonalarteriellen Perfusion sowie der Pulmonalinsuffizienz eingesetzt werden.<sup>27</sup> Nach neonataler arterieller Switch-Operation bei D-Transposition der großen Arterien hat sie sich als aussagekräftige Methode zur nichtinvasiven Darstellung des proximalen Verlaufs der reinserierten Koronararterien sowie der pulmonalarteriellen Perfusion erwiesen und sollte routinemäßig durchgeführt werden. Eine Dobutamin-Stress-MRT-Untersuchung als bestmögliche nichtinvasive Simulation eines physiologischen adrenergen Stresses mit zunehmender Herzarbeit und Bewegung der Koronararterien kann bei Patienten mit bekanntem abnormalem Koronarstatus sowie insbesondere vor Aufnahme einer Leistungssportaktivität ergänzend erfolgen.<sup>28-30</sup>

### 5.1.2.8 Röntgen, Computertomographie, Herzkatheteruntersuchung

Der Einsatz von ionisierender Strahlung zur alleinigen Beurteilung einer Sporttauglichkeit außerhalb von klinischen Fragestellungen ist nicht vertretbar. Wenn sich im Rahmen der Sporttauglichkeitsuntersuchung Auffälligkeiten im EKG oder Echokardiogramm zeigen, sollten weitere Untersuchungen, wie MRT, CT oder eine Herzkatheteruntersuchung erwogen werden.

Empfehlung 3:	Leitlinie Sport
<b>Sporttauglichkeitsuntersuchungen beim herzkranken Kind, Jugendlichen oder Erwachsenen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Die ausführliche Anamnese soll aus Patientenanamnese, Familienanamnese sowie Trainings-/Sportanamnese bestehen.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Ableitung eines 12-Kanal EKG ist obligat.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Durchführung einer 2D- und Farbdoppler-Echokardiographie ist obligat.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Eine (Spiro-) Ergometrie (ab ca. 6-8 Jahren) sollte nach ärztlichem Ermessen und ggf. auf Anforderung Dritter (z.B. Sportverbänden) im Rahmen der Untersuchung erfolgen.</li> </ul>	

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ein Langzeit-EKG sollte bei Arrhythmien, unklaren Synkopen, Herzfehlern, die mit Arrhythmien assoziiert sind, erfolgen.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eine MRT sollte bei TOF, TGA, CoA, AS, Aortopathien, echokardiographisch V.a. AoA-Dilatation, V.a. Kardiomyopathien sowie echokardiographisch schlecht einsehbaren Befunden erwogen werden.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Einsatz von ionisierender Strahlung zur alleinigen Beurteilung einer Sporttauglichkeit außerhalb von klinischen Fragestellungen ist nicht vertretbar.</li> </ul>	

## 6 Sportempfehlungen

### 6.1 Kinder und Jugendliche mit angeborenen Herzerkrankungen

Die Sportausübung ist für die Gesamtentwicklung eines herzkranken Kindes nicht nur im körperlichen und motorischen Bereich, sondern auch auf dem Gebiet der kognitiven, emotionalen und psychosozialen Entwicklung von herausragender Bedeutung.<sup>10, 24, 31- 43</sup> Ohne signifikante Residualbefunde ist in der Regel volle Sporttauglichkeit gegeben.<sup>11</sup> Die Beratung im Rahmen der Sporttauglichkeitsuntersuchung sollte einen körperlich aktiven Lebensstil der Patienten mit angeborenen Herzerkrankungen fördern. Ein Sportverbot ist nur in seltenen Fällen notwendig. Eine Einschränkung ist auch bei reduzierter Belastbarkeit nur nach individueller Risikoeinschätzung gerechtfertigt. Auch aus psychosozialen Gründen ist eine Teilnahme am Schulsport zu fordern, hierbei sollte sich die Benotung an der individuellen Belastbarkeit orientieren oder die Teilnahme ohne Benotung erfolgen.

### 6.2 Sonderfall: Junge Leistungssportler mit angeborenem Herzfehler

Die Betreuung junger Leistungssportler mit einem angeborenem Herzfehler fußt nach aktuellen Empfehlungen der ESC, EAPC und AEPC auf der hämodynamischen, elektrophysiologischen und funktionellen Einschätzung der kardiovaskulären Situation (Abb. 2)<sup>44</sup>. Unter Berücksichtigung der gewählten Sportart sollen hierzu neben Anamnese und körperlicher Untersuchung insgesamt 5 Parameter erhoben werden, auf denen die Freigabe zum Leistungssport beruht:

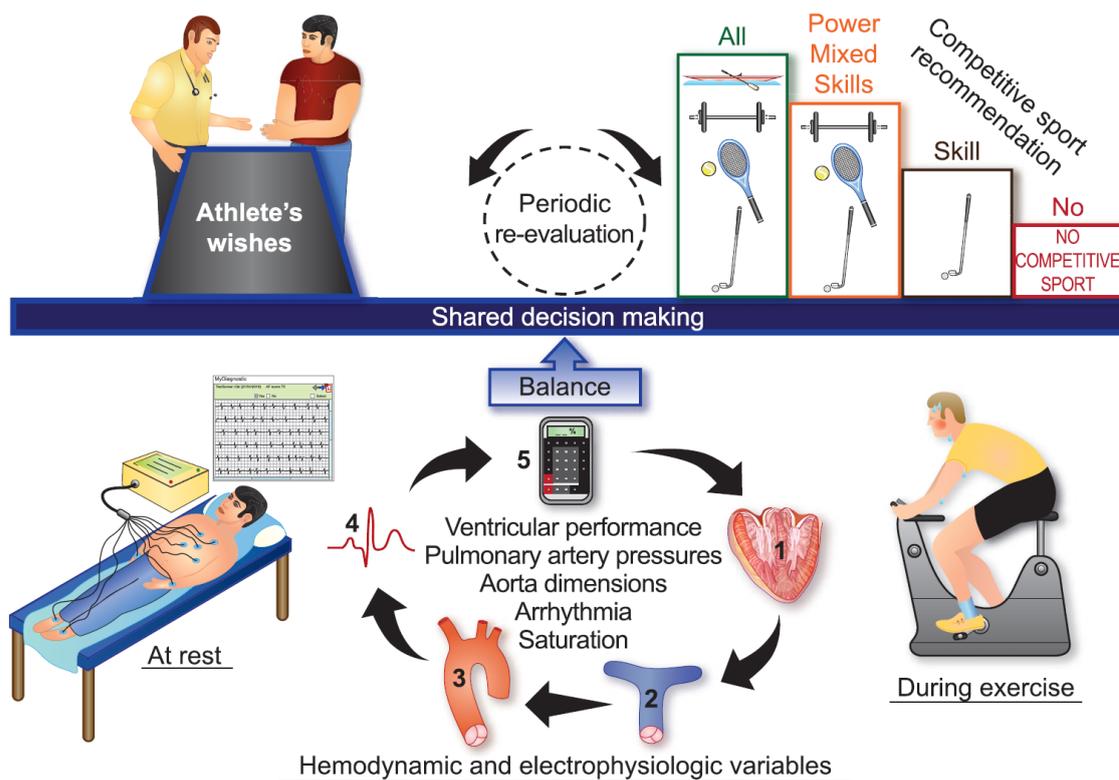
- Ventrikelstruktur und –funktion (insbesondere zur Differenzierung physiologischer Adaptation von beginnender Kardiomyopathie)
- Dimension der Aorta
- Pulmonalarterieller Druck

- Vorhandensein und Art von Arrhythmien
- periphere Sauerstoffsättigung

Alle 6-12 Monate sollte eine Belastungsuntersuchung zur Bestimmung der kardiopulmonalen Indices, zum Ausschluss belastungsinduzierter Arrhythmien, Ischämiezeichen, Hypoxämien oder chronotroper Inkompetenz erfolgen, im Einzelfall gekoppelt mit einer Stressechokardiographie.

**Abbildung 2:** Evaluation für die Freigabe zum Leistungssport<sup>44</sup>

Sportler mit angeborenem Herzfehler, die Wettkampfsport anstreben, sollten hinsichtlich der folgenden 5 hämodynamischen und elektrophysiologischen Parameter evaluiert werden. Der vorgeschlagene Algorithmus soll mit den Wünschen/ Erwartungen des Sportlers abgeglichen und regelmäßig wiederholt werden. Untersuchungsumfang und Inhalt orientieren sich an den Zielen des Sportlers.



- 1 – Ventrikelfunktion, 2 – Pulmonalarteriendruck, 3 – Dimensionen der Aorta, 4 – Arrhythmien, 5 – Sauerstoffsättigung

Im Folgenden werden einzelne Krankheitsbilder hinsichtlich ihres Risikopotentials beschrieben.

### 6.3 Sport nach Fontanoperation

Die Daten der letzten Jahre zeigen, dass es nicht nur sicher, sondern in der Regel förderlich ist, dass Patienten mit einer univentrikulären Kreislaufsituation, unabhängig vom zugrunde liegenden Herzfehler, Sport treiben. Der wesentliche Unterschied zu Patienten mit einer biventrikulären Zirkulation besteht im fehlenden subpulmonalen Ventrikel und damit in der ausschließlich passiven Lungenperfusion. Daraus resultieren eine Reduktion der Ventrikelfüllung und damit eine eingeschränkte Steigerung des Schlagvolumens unter Belastung. Weitere limitierende Faktoren sind eine Veränderung des Lungengefäßbettes mit endothelialer Dysfunktion und restriktiver Lungenfunktion sowie eine verminderte Muskelmasse. Dieser Umstand führt im Durchschnitt zu einer Verminderung der kardiopulmonalen Leistungsfähigkeit auf ca. 60-65% des gesunden Vergleichskollektivs. Durch die Teilnahme am Sport können eine Verbesserung der kardiopulmonalen Leistungsfähigkeit, eine effektivere Atemtätigkeit und ein Muskelaufbau zu einer Verbesserung der Lebensqualität dieser Patienten führen.<sup>45</sup>

Somit gilt auch hier die allgemeine Empfehlung von mindestens 60 min. körperlicher Aktivität in mittleren bis hohen Intensitätsbereichen an 5 Tagen/Woche für Jugendliche und 150 Min./Woche für Erwachsene (Definition WHO).<sup>46</sup>

Vor Aufnahme sportlicher Aktivitäten bzw. begleitend dazu sollte in regelmäßigen Abständen eine Spiroergometrie durchgeführt werden (alle 2-3 Jahre), um potentielle Gefahren frühzeitig zu erkennen. In zahlreichen Studien konnte inzwischen die Sicherheit und der Nutzen von moderaten und sogar intensiven Trainingseinheiten bewiesen werden.<sup>47</sup>

Somit sollten Patienten jeden Alters zu sportlicher Aktivität auch in Vereinen ermutigt werden. Von kompetitivem Sport mit Leistungscharakter sollte in der Regel abgeraten werden. Ein Ausschluss vom Schulsport ist auch hier, bis auf wenige Ausnahmen, nicht akzeptabel. Der Freiraum zur Unterbrechung der sportlichen Tätigkeit sollte diesen Patienten jedoch jederzeit, auch im Schulsport, gewährt werden. Der generelle Ausschluss von der Benotung im Schulsport ist kritisch zu sehen, da dies für einige Fontanpatienten mit guter Belastbarkeit zu einer zusätzlichen Stigmatisierung führen kann. Hier müssen ggf. individuelle Absprachen mit den Lehrkräften getroffen werden.

### 6.3.1 Limitationen

#### ***Kontaktsportarten:***

Unter Antikoagulation muss die Gefahr von Kontaktsportarten individuell abgewogen werden.

#### ***Tauchen:***

Da bei Anstieg des intrathorakalen Drucks die Lungenperfusion und somit das Herzzeitvolumen bei Fontanpatienten abnimmt, muss ein Valsalva-Maneuver (Pressen bei starker Kraftanstrengung) strikt vermieden werden. Daher sollen Patienten nach Fontanoperation nicht tauchen.<sup>48</sup>

#### ***Kraftsport mit Maximalkraftübungen und Übungen mit hoher statischer Belastung:***

Aus den oben genannten Gründen (Gefahr durch Valsalva-Maneuver) ist von Maximalkraftübungen abzuraten. Kraftausdauertraining mit 12-15 Wiederholungen kann und sollte zur Verbesserung der muskulären Situation durchgeführt werden.<sup>49</sup>

#### ***Höhenexposition:***

In einigen Studien zur Höhenexposition von Fontanpatienten konnte für kurzfristige Aufenthalte bis zu 6 Stunden auf 2500-3500 m gezeigt werden, dass diese gut toleriert werden und in den Studienpopulationen nicht zu unerwünschten Ereignissen geführt haben. Die Belastbarkeit in der Höhe nimmt verglichen mit einem gleichaltrig gematchten Normalkollektiv prozentual in gleichem Maße ab und liegt ca. 20 % niedriger als unter normalen Bedingungen. Dennoch sind, in Abhängigkeit von der Ausgangssättigung und Grunderkrankung, individuelle Entscheidungen erforderlich.<sup>50-52</sup>

## 6.4 Sport bei Zyanose

Bei den meisten zyanotischen Vitien verstärkt sich die Zyanose unter Belastung. Dies schränkt die Leistungsfähigkeit und somit auch die Aktivität der Patienten ein. Vor Aufnahme sportlicher Aktivitäten sollte bei Patienten mit einem zyanotischen Vitium eine ausführliche Diagnostik mit Spiroergometrie erfolgen, um das Ausmaß der Zyanose unter Belastung und deren potentielle Folgen, wie z. B. Arrhythmien, besser einschätzen zu können. Darauf basierend kann dann eine individuelle Empfehlung ausgesprochen werden. Grundsätzlich gilt für klinisch stabile Patienten ohne Symptome eine Trainingsbeschränkung auf niedrige Intensitätsbereiche.<sup>53</sup>

## 6.5 Pulmonale Hypertonie

Bei Patienten mit pulmonaler Hypertonie und einem Rechts-Links-Shunt gelten die Empfehlungen wie bei Patienten mit einem zyanotischen Herzfehler. Liegt jedoch keine Shuntmöglichkeit (mehr) vor, kann es unter körperlicher Belastung zum Kreislaufversagen und Synkopen kommen. Diese Patienten sollten sich auf Sportarten mit leichter dynamischer und leichter statischer Belastung beschränken und diese auch nur ohne Leistungsdruck ausüben. Finden sich bereits Synkopen in der Anamnese, ist körperliche sportliche Belastung ohne adäquate medizinische Überwachung auf ein Minimum zu beschränken. Dennoch ist sportliche Betätigung ein wichtiger Bestandteil der Therapie zur Steigerung der Leistungsfähigkeit und Lebensqualität dieser Patienten.<sup>54,55</sup>

## 6.6 Aortendilatation und –dissektion

Generell ist bei einer Dilatation der aufsteigenden Aorta ( $> 2$  SD der Norm) Sport auf niedrige bis mittlere dynamische Belastungen zu begrenzen, statische Belastungen sollten wegen des Blutdruckanstieges vermieden werden. Sportarten mit der Gefahr der Thoraxkompression sind strikt zu meiden, da insbesondere die Insertionsstelle des Ligamentum arteriosum am Aortenisthmus für eine Dissektion gefährdet ist. Von Sportwettkämpfen wird generell abgeraten.

Bei Patienten mit Bindegewebserkrankungen mit Aortenbeteiligung wie Marfan-Syndrom, Loeys-Dietz-Syndrom oder Ehlers-Danlos-Syndrom ist individuell nach Aortenbefund und –verlauf zu beurteilen, ob nicht noch weitergehende Einschränkungen notwendig sind.

Bei einer bereits bestehenden Dissektion der absteigenden Aorta (*Typ B Dissektion*), die nicht operationspflichtig ist, kann je nach Symptomatik, Befund und Progressionsneigung unter Umständen Freizeitsport auf Sportarten mit leichter dynamischer Belastung ohne wesentliche statische Belastung erlaubt werden.<sup>56</sup>

## 6.7 Aortenisthmusstenose

Bei unauffälligem kardiovaskulärem Restbefund und unauffälligem Blutdruck-Langzeitmonitoring ist der Patient uneingeschränkt belastbar. Regelmäßiger Ausdauersport ist entsprechend den individuellen ergometrischen Befunden empfohlen. Statische Belastung hoher Intensität soll vermieden werden. Einschränkungen hinsichtlich der Sportausübung gelten, wenn sich eine signifikante Aortendilatation ( $> 3$  SD der Norm) besteht, oder sich ein Aneurysma im Isthmus-Bereich entwickelt hat, oder wenn ein Belastungshypertonus vor

allem bei einem Restgradienten in Ruhe > 20 mmHg (periphere Blutdruckmessung) besteht. Für alle anderen Situationen gelten keine Sporeinschränkungen.<sup>57</sup>

### **6.8 Fallot'sche Tetralogie, Pulmonalatresie mit VSD nach Korrektur**

Der typische Residualbefund einer Volumenbelastung des RV durch eine relevante / progrediente Pulmonalinsuffizienz wird in der Regel bis zur Ausbildung einer Funktions-einschränkung des RV gut toleriert.

Die Teilnahme am Schul- und Freizeitsport ist ohne Einschränkungen möglich. Die Ausübung von Wettkampf- und Leistungssport ist bei funktionell moderater PI und erhaltener RV-Funktion möglich, wird aber bei höhergradiger Insuffizienz, relevanter RV-Druckbelastung, Hinweisen auf atriale oder ventrikuläre Tachyarrhythmien bzw. eingeschränkter RV- oder LV-Funktion nicht empfohlen.<sup>18,58</sup>

Bei Adoleszenten und Erwachsenen orientieren sich die Empfehlungen für die Teilnahme am Wettkampf- und Leistungssport an den objektivierbaren Befunden in den kardiologischen Kontrolluntersuchungen.<sup>18</sup>

Regelmäßige sportliche Aktivität mit moderater Intensität wird für alle Patienten empfohlen, die keine deutlichen Herzinsuffizienzzeichen aufweisen (NYHA I, II). Eine eingeschränkte Ventrikelfunktion, eine relevante residuelle RV-Druckbelastung, anhaltende Tachyarrhythmien oder eine systemarterielle Untersättigung unter Belastung führen abhängig von ihrer Ausprägung zur Empfehlung einer sportlichen Aktivität nur im aeroben Bereich mit reduzierter Intensität. Patienten mit manifesten Herzinsuffizienzsymptomen (NYHA III, IV) sollen keinen Wettkampf oder Leistungssport betreiben.<sup>18,58-61</sup> Für weitere Informationen wird auf die Leitlinie Fallot Tetralogie verwiesen.

### **6.9 Truncus arteriosus communis**

Die Funktion des Conduits, der Truncusklappe und der beiden Ventrikel sowie das Ausmaß einer möglichen pulmonalen Hypertonie sowie das Vorhandensein von Herzrhythmusstörungen bestimmen über die Sporttauglichkeit dieser Patienten.

### **6.10 Ebstein Anomalie**

Die klinische Ausprägung der Ebstein-Anomalie ist sehr heterogen. Im Allgemeinen gilt: Auch Kinder, Jugendliche und EMAH mit Ebstein-Anomalie sollen im Rahmen der Prävention von Herz-Kreislaufkrankungen und zum Training des muskuloskelettalen Apparats sportlich aktiv sein. Das Ausmaß denkbarer Herzrhythmusstörungen, einer Herzinsuffizienz oder

sonstiger kardiopulmonaler Einschränkungen bestimmt im Einzelfall die Möglichkeit zur Teilnahme am Wettkampf- oder Leistungssport. Die Teilnahme am Schulsport ist in der Regel möglich – im Einzelfall unterstützt durch einen Schul(sport)begleiter. Die Einschränkung oder eine Befreiung vom Schulsport obliegt der Entscheidung des Schularztes (Amtsarzt).

Asymptomatische Patienten mit einer milden Form der Ebstein Anomalie ohne Zyanose mit einer akzeptablen RV-Größe, einer milden Trikuspidalinsuffizienz, einer normalen linksventrikulären Funktion sowie ohne atriale und ventrikuläre Herzrhythmusstörungen können uneingeschränkt Sport treiben.

Asymptomatische Patienten mit moderater Trikuspidalinsuffizienz, normaler Sauerstoffsättigung und paroxysmalen supraventrikulären Tachykardien, die medikamentös oder katheterinterventionell behandelt sind, können Sportarten mit niedriger dynamischer und moderater statischer Komponente betreiben.<sup>13</sup>

Das Ausmaß der Trikuspidalklappeninsuffizienz sowie die Größe und Funktionseinschränkung des rechten Ventrikels können zu deutlichen Einschränkungen der körperlichen Belastbarkeit führen. Insbesondere das Vorhandensein von Arrhythmien kann die Sporttauglichkeit beeinträchtigen. Die Belastung für Reisen ist von der individuellen Anatomie und Hämodynamik abhängig.

**Tabelle. 5:** Einteilung der Sportarten nach Verletzungsrisiko

Verletzungsrisiko	Beispielsportarten	Sportempfehlung bei Antikoagulation
hoch (zu erwarten)	Kampfsportarten, Fechten Turmspringen, Reiten Körperbetonte Mannschaftssportarten (ab Jugendalter), z.B. Fußball, Handball, Basketball, Eishockey, Rugby	Generelles Verbot
mittel (kann vorkommen)	Mannschaftssportarten mit Kontakt (im Kindesalter) Ski (alpin), Eiskunstlauf, Feldhockey Fahrradrennsport, Squash, Baseball	Verbot von Leistungssport, gefährliche Situationen im Freizeitsport meiden, als Anfänger eher meiden
gering (nicht zu erwarten)	Leichtathletik, Kraftsport, Gymnastik, Yoga Bogenschießen, Schießen, Schwimmen, Ski (nordic), Tennis, Volleyball, Golf Bewegungsspiele	ausdrücklich empfohlen

### 6.11 Thrombozytenaggregationshemmung, Antikoagulation

Unter Thrombozytenaggregationshemmung sind Sportarten mit hohem und mittlerem Risiko von stumpfen Kopftraumen (z. B. Boxen, Karate, Tae-Kwon-Do) zu vermeiden.

Unter Antikoagulation ist die obige Empfehlung, auf alle Sportarten (siehe Tabelle) mit einem mittleren und hohen Verletzungsrisiko zu erweitern.

### 6.12 Schwere systemventrikuläre Dysfunktion

Liegt eine schwere Dysfunktion des Systemventrikels vor, können durch hohe Belastung ventrikuläre Tachykardien getriggert werden. Dies ist unter anderem bei einer dilatativen Kardiomyopathie, bei einer hypertrophen Kardiomyopathie, aber auch bei einigen Patienten mit systemischem rechtem Ventrikel zu beachten. Deshalb sollten sich diese Patienten sportlich auf niedrige und mittlere Belastungsintensitäten beschränken.

Empfehlung 4:	Leitlinie Sport	 DGPK
<b>Sonderfälle mit speziellem Risikoprofil</b>		
Patienten mit Pulmonaler Hypertonie und Synkopen sollen keinen Sport treiben.		
Bei Patienten mit einem zyanotischen Vitium sollte vor Aufnahme sportlicher Aktivitäten eine ausführliche Diagnostik mit Spiroergometrie erfolgen.		
Patienten nach Fontan-Palliation sollten in allen Altersgruppen zu sportlicher Aktivität auch in Vereinen ermutigt werden. Von kompetitivem Sport mit Leistungscharakter sollte in der Regel abgeraten werden.		
Unter Antikoagulation muss die Gefahr von Kontaktsportarten individuell abgewogen werden.		
Unter Antikoagulation werden alle Sportarten (siehe Tabelle) mit einem mittlerem und hohen Verletzungsrisiko nicht empfohlen.		
Unter Thrombozytenaggregationshemmung sind Sportarten mit einem mittleren und hohem Risiko von stumpfen Kopftraumen zu meiden.		
Bei Patienten mit einer Dilatation der ascendierenden Aorta ( $> 2$ SD ) sollten statische Belastungen wegen des Blutdruckanstieges vermieden werden.		
Bei Patienten mit einer Dilatation der ascendierenden Aorta ( $> 2$ SD ) ist Sport auf niedrige bis mittlere dynamische Belastungen zu begrenzen.		
Bei Patienten nach erfolgreicher chirurgischer oder interventioneller Therapie einer Aortenisthmusstenose wird <b>regelmäßiger Ausdauersport empfohlen</b> .		
Bei Patienten nach chirurgischer oder interventioneller Therapie einer Aortenisthmusstenose sind statische Belastungen hoher Intensität zu vermeiden.		

### 6.13. Nach Herzkatheteruntersuchung und nach herzchirurgischem Eingriff

Eine Wiederaufnahme vorheriger sportlicher Aktivität ist nach unkomplizierten interventionellen oder chirurgischen Eingriffen in der Regel nach ein bis vier Wochen gegeben. Der konkrete Zeitpunkt und Art und Ausmaß der vertretbaren Sportart müssen anhand der Restbefunde und der Medikation individuell festgelegt werden. In einem

überwachten Rehabilitationsprogramm kann dies auch früher erfolgen. Während der Effekt einer frühen körperlichen Rehabilitation in der Kardiologie und Herzchirurgie nach stattgehabtem Herzinfarkt durch randomisierte klinische Studien belegt ist, fehlen entsprechende Nachuntersuchungen im Bereich der angeborenen Herzfehler. Die Zeitdauer bis zum Erreichen der maximalen Belastbarkeit kann bis zu mehreren Monaten nach Herzlungenmaschinenoperation reichen.<sup>56</sup> Der Heilungsprozess nach Sternotomie ist nach ca. 6 Wochen abgeschlossen, sodass diesbezüglich wieder statische Belastungen und Kontaktsportarten möglich sind.

Empfehlung 5:	Leitlinie Sport
<b>Sporteinschränkungen bei angeborenen Herzfehlern</b> 	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sport ist auch für Patienten mit angeborenen Herzfehlern für die geistige und körperliche Entwicklung sowie Prävention weiterer Erkrankungen notwendig. Die Teilnahme soll von ärztlicher Seite nur eingeschränkt werden, wenn eines der folgenden vital gefährdenden Risiken vorliegt:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ventrikuläre Tachykardie</li> <li>- Aortendissektion</li> <li>- Synkope unter Belastung</li> <li>- Erhöhte Blutungsgefahr durch Antikoagulation</li> <li>- Beschädigung eines kardiovaskulären Implantates</li> </ul> </li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Sporteinschränkungen sollen zusammen mit allen Befunden und den Sportwünschen der Patienten individuell beurteilt und besprochen werden.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nach erfolgreicher Behandlung einer zugrundeliegenden Ursache sollte eine Neubewertung der Sporteinschränkung erfolgen.</li> </ul>	

## 7 Arrhythmien

### 7.1 Supraventrikuläre Extrasystolen

Supraventrikuläre Extrasystolen werden bei Kindern und Jugendlichen häufig beobachtet. Wenn es keine Hinweise für weitere Arrhythmien oder eine spezifische Ursache gibt, besteht keine Notwendigkeit einer Einschränkung der sportlichen Aktivitäten.<sup>62,63</sup>

## 7.2 Ventrikuläre Extrasystolen

Ventrikuläre Extrasystolen treten bei Kindern und Jugendlichen ebenfalls häufig auf. Im 24-Stunden- EKG können bei bis zu 27 % der gesunden Jugendlichen ventrikuläre Extrasystolen beobachtet werden,<sup>64</sup> meist sind sie harmlos, in etwa der Hälfte der Fälle verschwinden sie im weiteren Leben der Kinder spontan.<sup>65</sup> Als Benignitätskriterien gelten ein Verschwinden der Extrasystolie unter körperlicher Belastung, ein monomorphes Bild im Langzeit- EKG sowie ein normales QT-Intervall und eine unauffällige echokardiographische Untersuchung (Expertenkonsens). Allerdings können ventrikuläre Extrasystolen auch ein Hinweis auf eine Myokarditis, eine hypertrophe Kardiomyopathie, eine arrhythmogene rechtsventrikuläre Kardiomyopathie oder andere strukturelle Herzerkrankungen bzw. kongenitale Inonenkanalerkrankungen/Arrhythmiesyndrome sein, die mit einem erhöhten Risiko für einen plötzlichen Herztod assoziiert sind. Daher sollten bei Kindern und Jugendlichen mit ventrikulären Extrasystolen eine Echokardiographie, ein Langzeit-EKG und ein Belastungs-EKG erfolgen. Werden hierbei auffällige Befunde erhoben, oder ist die Familienanamnese im Hinblick auf plötzliche Todesfälle auffällig, sind auch weitergehende Untersuchungen wie ein kardiales MRT, eine Gendiagnostik oder eine Herzkatheteruntersuchung mit elektrophysiologischer Untersuchung sinnvoll. Ebenso sollte bei einem Anteil der VES >10% aller QRS-Komplexe eine weiterführende Diagnostik erfolgen.

Symptomfreie Kinder und Jugendliche, die eine unauffällige Echokardiographie, eine normale QT-Zeit und im Langzeit-EKG monomorphe ventrikuläre Extrasystolen aufweisen, die unter Belastung verschwinden, können ohne Einschränkungen Sport treiben. Allerdings sollten jährliche Verlaufskontrollen erfolgen und die Empfehlung bezüglich der sportlichen Aktivitäten anhand der dabei erhobenen Befunde aktualisiert werden.<sup>63,66</sup>

## 7.3 Paroxysmale Supraventrikuläre Tachykardien (PSVT; AVRT, AVNRT)

Die häufigste Ursache für supraventrikuläre Tachykardien bei Kindern und Jugendlichen sind akzessorische atrioventrikuläre Leitungsbahnen (offen oder verborgen) und duale AV-Knoten-Leitungseigenschaften. Bei strukturell unauffälligem Herzen ist, nach erfolgreicher Katheterablation oder mit stabiler medikamentöser Einstellung, Sport ohne Einschränkungen möglich. Ferner können Kinder und Jugendliche, die nur seltene und über wenige Sekunden anhaltende Tachykardien ohne hämodynamische Beeinträchtigung haben, ebenfalls uneingeschränkt Sport ausüben.<sup>63</sup> Bei symptomatischen supraventrikulären Tachykardien sollte bis zu einer gezielten Therapie keine Teilnahme an wettkampfsportlichen Aktivitäten erfolgen. Nach erfolgreicher Katheterablation besteht in der Regel nach 4 Wochen Wettkampftauglichkeit.<sup>67</sup>

## 7.4 Asymptomatische ventrikuläre Präexzitation vom WPW-Typ

Bei asymptomatischer Präexzitation scheint im Falle einer schnellen antegraden Leitfähigkeit der akzessorischen Bahn, insbesondere bei Wettkampfsportlern, ein erhöhtes Risiko für einen plötzlichen Herztod zu bestehen. Daher sollte in diesen Fällen eine Evaluation mit einem Belastungs-EKG erfolgen. Zeigt sich dabei ein abrupter und vollständiger Verlust der Präexzitation, wird ein geringes Risiko angenommen. Die Teilnahme an sportlichen Aktivitäten ist dann ohne Einschränkungen möglich. Bei Persistenz der Präexzitation sollte eine elektrophysiologische Untersuchung in einem Labor mit altersentsprechender Expertise erfolgen.<sup>62,67</sup>

## 7.5 Ventrikuläre Tachykardien

**Tabelle 6:** Sportempfehlungen für Patienten mit idiopathischen ventrikulären Arrhythmien (modifiziert nach Heidbuche<sup>66</sup>)

Arrhythmie	Kriterien	Empfehlungen	Häufigkeit der Kontrollen
Idiopathische monomorphe ventrikuläre Extrasystolen	Asymptomatisch leere Familienanamnese für plötzlichen Herztod monomorphe VES oder Couplets Keine Häufung unter Belastung Keine strukturelle oder arrhythmogene Erkrankung als Ursache	Keine Einschränkungen	jährlich
Polymorphe VES	Spezifische kinder-kardiologische/elektrophysiologische Diagnostik erforderlich	Trainingspause bis zur Diagnoseklärung	3-12 monatlich
Idiopathische monomorphe VT (RVOT-VT, LVOT-VT, Verapamil-sensitive LV- VT)	Asymptomatische, kurze, nicht-anhaltende monomorphe VT (<10-er Salve)	Keine Einschränkungen	jährlich
	Nach erfolgreicher Ablation	Keine Einschränkungen	3-12 monatlich
	Nach Beginn einer medikamentösen Therapie ohne Rezidiv für mind. 3 Monate	Kein Leistungssport, Vermeidung von extremen Belastungsspitzen	3-12 monatlich

Beim Nachweis von VT ist eine ausführliche rhythmologische und strukturelle Diagnostik notwendig (siehe DGPK-Leitlinie Tachykardie Herzrhythmusstörungen). Bis zum Abschluss

der Diagnostik ist ein Sportverbot auszusprechen.

Die idiopathischen ventrikulären Tachykardien haben praktisch kein erhöhtes Risiko für einen plötzlichen Herztod (Tabelle 6) im Gegensatz zu den ventrikulären Tachykardien bei Ionenkanalerkrankungen (Tabelle 6) oder Kardiomyopathien (Tabelle 7). Daher dürfen Patienten mit idiopathischer, monomorpher VT nach erfolgreicher medikamentöser Einstellung / erfolgreicher Ablation und 3-monatiger Symptomfreiheit inklusive CPET wieder uneingeschränkt am Sport teilnehmen.<sup>66</sup>

Patienten mit anhaltenden VT bei zugrundeliegender struktureller Herzerkrankung oder einer Ionenkanalerkrankung sollten unabhängig von der Ansprechbarkeit auf eine Ablation oder medikamentöse Therapie keinen Wettkampfsport oder intensiven Sport betreiben.<sup>66</sup>

## **7.6 Ionenkanalerkrankungen**

Ionenkanalerkrankungen sind selten auftretende genetische Erkrankungen des Herzens, die mit einem erhöhten Risiko für einen plötzlichen Herztod einhergehen. Die häufigsten Ionenkanalerkrankungen sind das Long QT-Syndrom, das Brugada-Syndrom, die Katecholamin-sensitive polymorphe ventrikuläre Tachykardie (CPVT) und das Short QT-Syndrom. Insbesondere für das Long QT-Syndrom und die CPVT ist bewiesen, dass sportliche Aktivitäten und psychischer Stress lebensbedrohliche Arrhythmien triggern können. Bei Vorliegen dieser Ionenkanalerkrankungen sind wettkampfsportliche Aktivitäten kontraindiziert.<sup>62,63,66,68</sup> Freizeitsportliche Aktivitäten und Schulsport können unter Umständen ausgeübt werden (Tabelle 7). Dabei sollten plötzliche Belastungsspitzen, sehr lange Belastungsdauer und Sport bei großer Hitze oder hoher Luftfeuchtigkeit vermieden werden. Die Teilnahme am Leistungssport ist für LQTS-Patienten weiterhin Gegenstand der Expertendiskussion.<sup>69</sup> Vorläufige Daten haben gezeigt, dass für einzelne Patienten mit einem LQTS die Teilnahme am Leistungssport sicher war.<sup>70</sup> Dies traf auf genetisch gesicherte LQTS Patienten mit niedrigem Risiko, grenzwertig verlängertem QT-Intervall, fehlenden Symptomen und leerer Familienanamnese unter entsprechender Therapie sowie unter Aufsicht von geschultem Personal und Bereitstellung eines Automatischen Elektrischen Defibrillators (AED) zu.

Bei Vorliegen dieser Ionenkanalerkrankungen sind wettkampfsportliche Aktivitäten kontraindiziert.“

**Tabelle 7: Sportempfehlungen für Patienten mit Ionenkanalerkrankungen** (modifiziert nach Heidbuchel<sup>66</sup>, ICD- Indikationen siehe DGPK-Leitlinie „Tachykardie Rhythmusstörungen: Indikationen zur ICD Therapie“)

Arrhythmie	Kriterien	Empfehlungen	Häufigkeit der Kontrollen
Alle LQTS	Symptomatisch (Synkope) mit oder ohne ICD	Kein Leistungssport Kein Sport bis Therapie mit $\beta$ -Blocker Dann allenfalls Freizeitsport mit moderater Belastung	3-6 monatlich
LQTS1	Asymptomatische Genträger mit normaler QT-Zeit	Kein Wassersport Aber Schwimmen unter Beobachtung möglich. Untertauchen sollte vor Gewöhnung an die Wassertemperatur vermieden werden.	jährlich
	Asymptomatisch, QTc < 470/480 ms	Freizeitsport mit moderater Intensität, Kein Mannschaftssport Kein Leistungssport	6 Monate
	Asymptomatisch, aber QTc > 500 ms auch mit $\beta$ -Blockertherapie	Allenfalls Freizeitsport mit moderater Belastung Cave: Dies sind die Gefährdeten!	6 Monate
	VT trotz $\beta$ -Blocker-Therapie	Kein Sport Optimierung/Erhöhung der Therapie mit $\beta$ -Blocken, Klasse 1 Antiarrhythmika bei LQT 2 und 3 Linksseitige kardiale Sympathektomie und ICD erwägen	3-6 monatlich
LQTS 2 und 3	Asymptomatische Genträger mit normaler QT-Zeit mit $\beta$ -Blocker	Alle Formen von Freizeitsport können erwogen werden. Kein Mannschaftssport	6 Monate
	Asymptomatisch, aber QT-Zeit-Verlängerung	$\beta$ -Blocker und Mexiletin Kein Sport	6 Monate

Andere LQTS, unklassifizierte LQTS	Asymptomatische Genträger mit normaler QT-Zeit	Kein Leistungssport Keine klaren Empfehlungen vorhanden	jährlich
	Asymptomatisch, aber QT-Zeit- Verlängerung	Keine klaren Empfehlungen vorhanden	jährlich
oder medikamenten- induzierte LQTS		Kein Sport vor Beendigung der entsprechenden Therapie, dann nur mit niedriger oder mittlerer Belastung	jährlich
SQTS		Unklar, eher nicht mit Sport assoziiert, dennoch z.Zt. nur leichter bis moderater Freizeitsport	jährlich
BRS (Brugada)	Genträger ohne EKG- Veränderungen oder mit EKG- Veränderungen aber niedrigem Risiko	Im Freizeitsport keine Einschränkungen Leistungssport nur mit niedriger oder mittlerer Belastung Cave bei Ausdauersport in extremer Hitze!	jährlich
	Synkope oder VT	Chinidin und ICD erwägen Kein Sport vor Therapie Nach ICD-Implantation und 3 Monate Symptomfreiheit keine Beschränkung im Freizeitsport. Ggf. Wettkämpfe möglich	3-6 monatlich
CPVT	Keine Symptome oder VT	Freizeitsport mit niedriger Belastung, nur wenn CPET unauffällig Kein Leistungssport	6 Monate 3-6 monatlich
	Synkopen oder anhaltende VT trotz $\beta$ -Blocker-Therapie	Kein Sport Maximale Therapie mit $\beta$ - Blocker und Flecainid Linksseitige kardiale Sympathektomie und ICD erwägen	

## 7.7 Kardiomyopathien (Hypertrophe Kardiomyopathie HCM, dilatative Kardiomyopathie DCM, non-compaction Kardiomyopathie NCCM, arrhythmogene rechtsventrikuläre Kardiomyopathie ARVC)

Kardiomyopathien gehören zu den häufigsten Todesursachen im Leistungssport.<sup>71</sup> Neuere Studien zeigen jedoch, dass das Risiko für Patienten mit einer HCM an einem plötzlichen Herztod zu versterben geringer ist, als lange vermutet, so dass ein generelles Verbot für Wettkampfsport wahrscheinlich nicht gerechtfertigt ist und es einer individuellen Risikoabschätzung bedarf.<sup>18,72</sup> Hier muss ein Gleichgewicht zwischen der potentiellen Gefahr eines lebensgefährlichen Ereignisses und dem psychosozialen Nutzen von Sport gefunden werden.<sup>17</sup> Es sind je nach Befund individuelle Pläne für den Freizeitbereich zu erstellen (siehe Tabelle 8).

Die jeweiligen Empfehlungen für die einzelnen Kardiomyopathieformen sind in der folgenden Tabelle (Tabelle 8) aufgeführt. Auch die ESC Leitlinien basieren teilweise auf Expertenmeinungen, so dass hier keine Verbindlichkeit besteht und die Erfahrungen des behandelnden Kollegen nicht außer Acht gelassen werden sollten.

**Tabelle 8:** Sportempfehlungen für Patienten mit Kardiomyopathien (modifiziert nach Pellicia<sup>18</sup>)

Erkrankung	Kriterien	Empfehlungen	Häufigkeit der Kontrollen
ARVC	Genträger ohne typische Befunde	Kein Leistungssport, kein hochintensiver Freizeitsport	jährlich
	Mit phänotypischer Ausprägung	Falls überhaupt: Milder bis moderater Freizeitsport, wenn keine Synkopen, anamnestisch kein Herzkreislaufstillstand, keine belastungsinduzierten Arrhythmien	jährlich
HCM	Genträger ohne phänotypische Ausprägung	Im Freizeitsport keine Einschränkungen Leistungssport kann erwogen werden	jährlich
	Mit phänotypische Ausprägung aber Septum- oder Hinterwanddicke < 30 mm bzw. z-Wert < 6	Freizeitsport nur mit niedriger oder mittlerer Belastung Kein Leistungssport	jährlich
	Gradient LVOT >30 mmHg in Ruhe oder	Freizeitsport nur mit niedriger Belastung	jährlich

	Wanddicke > 30 mm oder z-Wert > 6 oder Symptome	Kein Leistungssport	
DCM	Genträger ohne phänotypische Ausprägung (Ausnahme Hochrisikomutationen Lamin A/C oder Filamin C)	Teilnahme am Wettkampfsport kann erwogen werden	3-6 monatlich
	Unabhängig von EF, wenn keine belastungsinduzierten ventrikulären Arrhythmien	Freizeitsport nur mit niedriger bis moderater Belastung	
	Asymptomatische Patienten mit EF 45-50% (steigerbar um 10- 15% bei Belastung) ohne komplexe oder belastungsinduzierte Arrhythmien  Symptomatische Patienten, EF<45%, relevante Arrhythmien, Z.n. Synkopen, Träger von Hochrisikomutationen	Wettkampfsport und hochintensives Training kann erwogen werden (keine Sportart mit erhöhtem Risiko bei Synkopen)  Kein Wettkampfsport, kein intensives Training	
NCCM	Asymptomatisch, LVEF ≥ 50%, keine relevanten ventrikulären Arrhythmien	Keine Sportart mit erhöhtem Risiko bei Synkopen. Arrhythmierisiko eher gering	6 Monate
Myokarditis	akut	Kein Sport für 6 Monate	6- monatlich

## 7.8 Synkopen

Die Abklärung sollte anhand der aktuellen Empfehlungen erfolgen (siehe DGPK und ESC Leitlinie Synkope).<sup>73,74</sup> Bei einer Synkope unter körperlicher Belastung sollte bis zur Klärung der Ursache kein Sport betrieben werden. Zeigt die Diagnostik, dass es sich um Reflexsynkopen handelt, ist jegliche Sportausübung möglich.

Bei kardialen Synkopen richtet sich die Sporttauglichkeit nach der zugrunde liegenden Erkrankung.<sup>63</sup>

## 8 Medizinische Implantate

### 8.1 Herzschrittmacher

Grundsätzlich können Patienten mit einem Herzschrittmacher nach ausführlicher kardiologischer Evaluation und in Abhängigkeit von der Grunderkrankung Sportarten mit niedriger bis moderater Intensität ausüben.<sup>75-77</sup> Bei der Beurteilung der Sporttauglichkeit müssen die zugrunde liegende Herzerkrankung und der aktuelle kardiale Status

Berücksichtigung finden. Bei der Auswahl der Sportart ist zu bedenken, dass das Schrittmachersystem durch einen direkten Schlag oder durch wiederholte Quetschung der Elektrode zwischen Clavicula und Rippe dauerhaft geschädigt werden kann.<sup>77-80</sup> Daher sollten Kampfsportarten und Ballsportarten mit einem hohen Risiko für einen Schlag gegen den Brustkorb vermieden oder individuell angefertigte Protektoren getragen werden. Bei Sportarten mit starker Belastung eines Armes sollte der Schrittmacher auf der Gegenseite implantiert werden. Beim Tauchen wird der Schrittmacher einem hohen Druck ausgesetzt, was zum Eindringen von Flüssigkeit mit nachfolgendem Funktionsverlust führen kann.<sup>80</sup> Die Hersteller empfehlen je nach Modell nur eine maximale Tauchtiefe von 5-20 Metern, direkte Tests in der Druckkammer zeigten keine Veränderungen bis 30 Meter Tauchtiefe.<sup>81</sup> Auch Sportarten, die bei plötzlicher Präsynkope oder Synkope mit einer erhöhten Gefährdung des Patienten oder von Begleitpersonen einhergehen, sollten von Schrittmacherträgern nicht ausgeübt werden auch wenn sie seit langer Zeit synkopenfrei sind.<sup>75</sup>

## **8.2 Implantierbarer Cardioverter Defibrillator (ICD)**

ICD werden bei Kindern und Jugendlichen zur Primär- oder Sekundärprophylaxe des plötzlichen Herztods implantiert.<sup>82,83</sup> In der Leitlinie der ESC wird als Hilfe für die Entscheidung, ob Sport mit einem ICD möglich ist, die „4 D-Regel“ vorgestellt. Bei der Auswahl der sportlichen Aktivität sollten die folgenden Faktoren einbezogen werden: danger (Gefahr), disease (Grunderkrankung), device (Gerät) und dysarrhythmia (Arrhythmien). Da bei einigen der zugrundeliegenden Erkrankungen wie bei der hypertrophen Kardiomyopathie, dem Long-QT- Syndrom, der arrhythmogenen rechtsventrikulären Kardiomyopathie oder der CPVT, Sport ein Trigger für ventrikuläre Arrhythmien sein kann, sollten bei diesen Patienten auch nach ICD-Implantation und adäquater medikamentöser Therapie nur leichte bis mittlere freizeitsportliche Aktivitäten erlaubt werden.<sup>63,66,68</sup> Aber auch unabhängig von der Grunderkrankung wird bei Patienten mit einem ICD von intensiven sportlichen Aktivitäten abgeraten (Tabelle 9)<sup>66,70</sup> Ähnlich wie bei Schrittmachern besteht das Risiko einer Beschädigung von Aggregat und Elektroden, so dass Sportarten mit Körperkontakt und Ballsportarten, die mit der Gefahr einer traumatischen Schädigung des Systems einhergehen, vermieden oder individuell angefertigte Protektoren getragen werden sollten. Auch von Sportarten mit häufiger und intensiver Armbewegung (Volleyball, Basketball, Tennis oder Klettern) sollte abgeraten werden. Ebenso dürfen – analog zum Positionspapier der DGK für die Kfz-Fahrtauglichkeit<sup>84</sup> – drei Monate nach ICD-Implantation wegen ventrikulärer Tachykardie mit Synkope bzw. drei Monate nach adäquater Schockabgabe

keine Sportarten betrieben werden, die zu einer Gefährdung des Patienten führen wie Wassersport, Bergsteigen, Ski fahren, Motorsport oder Radrennen.<sup>66,69</sup>

**Tabelle 9:** Sportempfehlungen für Patienten mit ICD (Heidbuchel 2021 <sup>66</sup>)

Kriterien	Empfehlungen	Häufigkeit der Kontrollen
generell	Keine Sportarten mit Risiko für Beschädigung der Sonden oder des ICD (Kontaktsportarten, extreme Armbewegungen auf der Generator-Seite, Flaschentauchen) Freizeitsport mit niedriger oder mittlerer Belastung in Anlehnung an die Grunderkrankung Keine Verwendung von magnetischen oder elektrischen Geräten am Körper zur Trainingsüberwachung	6 monatlich
Nach Implantation	Kein Sport für 6 Wochen CPET vor Wiederaufnahme sportlicher Aktivität	Nach 4 und 12 Wochen
Nach sekundärprophylaktischer Implantation wegen ventrikulären Tachykardien mit Synkope	Kein Sport für 3 Monate	3 Monate
Nach adäquaten Schock	Keine Sportarten mit Gefahr bei Bewusstseinsverlust für 3 Monate	3 Monate

### 8.3 Sonstige Implantate

Prinzipiell können Patienten mit künstlichen Herzklappen, Stents, Conduits oder sonstigen Implantaten Sport betreiben. Es liegen keinerlei Daten vor, die eine direkte mechanische Schädigung der Implantate durch Ausübung von Sport belegen. Hier muss, insbesondere bei Kontaktsportarten, lediglich die teilweise erforderliche Antikoagulation beachtet werden.

Empfehlung 6:	Leitlinie Sport	 DGPK
<b>Sonderfälle mit Rhythmusstörungen</b>		Green
Bei isolierten SVES besteht keine Notwendigkeit einer Einschränkung der sportlichen Aktivitäten.		
Symptomfreie Kinder und Jugendliche mit VES, die eine unauffällige Echokardiographie, eine normale QT-Zeit und im Langzeit-EKG monomorphe ventrikuläre Extrasystolen aufweisen, die unter Belastung verschwinden, können ohne Einschränkungen Sport treiben.		
Bei Pat. mit paroxysmalen SVT mit strukturell unauffälligem Herzen ist nach erfolgreicher Katheterablation oder mit stabiler medikamentöser Einstellung Sport ohne Einschränkungen möglich.		Green
Bei symptomatischen supraventrikulären Tachykardien sollte bis zu einer Therapie keine Teilnahme an wettkampfsportlichen Aktivitäten erfolgen.		
Bei asymptomatischen Patienten mit Präexzitation sollte vor Teilnahme an Leistungssportlichen Aktivitäten ein Belastungs-EKG erfolgen. Zeigt sich dabei ein abrupter und vollständiger Verlust der Präexzitation, ist die Teilnahme an sportlichen Aktivitäten ohne Einschränkungen möglich. Bei Persistenz dieser Präexzitation unter Belastung sollte eine elektrophysiologische Untersuchung in einem Labor mit altersentsprechender Expertise erfolgen.		Yellow
Bei Patienten mit VT ist bis zum Abschluss der Diagnostik ein Sportverbot auszusprechen.		
Patienten mit anhaltenden VT bei einer strukturellen Herzerkrankung sollten unabhängig von der Ansprechbarkeit auf eine Ablation oder medikamentöse Therapie keinen Wettkampfsport oder intensiven Sport betreiben		Red
Bei Patienten mit Ionenkanalerkrankungen sind wettkampfsportliche Aktivitäten kontraindiziert		
Unabhängig von der Grunderkrankung wird Patienten mit ICD von intensiven sportlichen Aktivitäten abgeraten.		Red
Für Patienten mit Herzschrittmacher oder ICD sollten Kampfsportarten und Ballsportarten mit einem hohen Risiko für einen Schlag gegen den Brustkorb vermieden oder individuell angefertigte Protektoren getragen werden.		

## 9 Literatur

1. Siaplaouras J et al. Physical Activity Among Children With Congenital Heart Defects in Germany: A Nationwide Survey. *Frontiers in Pediatrics* April 2020 | Volume 8 | Article 1
2. Bjarnason-Wehrens B, Schulz O, Gielen S, et al. Leitlinie körperliche Aktivität zur Sekundärprävention und Therapie kardiovaskulärer Erkrankungen. *Clin Res Cardiol* 2009;4:1-44
3. US Department of Health and Human Services. Atlanta GUDoHaHSCfDCaP, National Center for Chronic Disease and Health Promotion. Physical activity and health: a report of the surgeon general. 1996
4. Hollmann W, Strüder HK. Sportmedizin Grundlagen für körperliche Aktivität Training und Präventivmedizin. 5 ed. Stuttgart: Schattauer; 2009
5. Graf C, Höher J. Fachlexikon Sportmedizin. Bewegung, Fitness und Ernährung von A-Z. Deutscher Ärzte-Verlag; 2009
6. Percentage of children ages 5-17 with activity limitation resulting from one or more chronic health conditions by gender, selected years 1997-2018. [https://www.childstats.gov/americaschildren/health\\_fig.asp#health5](https://www.childstats.gov/americaschildren/health_fig.asp#health5)
7. Mauz E, Schmitz R, Poethko-Müller C (Kinder und Jugendliche mit besonderem Versorgungsbedarf im Follow-up: Ergebnisse der KiGGS-Studie 2003 – 2012. *Journal of Health Monitoring* 2017;2(4):45–65
8. Etscheberg K. et al. Erkrankungen als Problem in Schule und Unterricht - Handreichungen für Lehrerinnen und Lehrer der Klassen 1-10 S. 8, S. 20 L5: Erkrankungen als Problem in Schule und Unterricht - Handreichungen für Lehrerinnen und Lehrer. BZGA-aktuelle Handreichungen ISBN 3-12-990584-7
9. Gielen S. Trainingstherapie – Theoretische Grundlagen und Evidenz. In: B. Rauch, M. Middeke, G. Bönner, M. Karoff and K. Held, eds. *Kardiologische Rehabilitation* Stuttgart: Thieme; 2007
10. Schickendantz S, Sticker EJ, Dordel S, Bjarnason-Wehrens B. Bewegung, Spiel und Sport mit herzkranken Kindern. *Deutsches Ärzteblatt* 2007;104:A563-569.
11. Schickendantz S, Dubowy KO, Sticker EJ, et al. Sporttauglichkeit bei Kindern mit angeborenen Herzfehlern. *Monatsschr Kinderheilkd* 2013;161:15-20
12. Hartmann M., Meyer M., Brudy L, et al. Bewegung und Sport bei chronischen Erkrankungen. *Monatsschr Kinderheilkd* 2020; 8:703-714
13. Takken. T, Giardini A, Reybrouck T, et al. A. Recommendations for physical activity,

recreation sport, and exercise training in paediatric patients with congenital heart disease: a report from the Exercise, Basic & Translational Research Section of the European Association of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation, the European Congenital Heart and Lung Exercise Group, and the Association for European Paediatric Cardiology. *Eur J Prev Cardiol* 2012;19:1034-65

14. Vanhees L, De Sutter J, Gelada SN, et al. Importance of characteristics and modalities of physical activity and exercise in defining the benefits to cardiovascular health within the general population: recommendations from the EACPR (Part I). *Eur J Prev Cardiol* 2012;19:670-86
15. Lawrenz W. Keine ausreichende Evidenz für das EKG als obligater Bestandteil der sportmedizinischen Vorsorgeuntersuchung bei Kindern und Jugendlichen. *Monatsschr Kinderheilkd* 2020; 168:1048–1050
16. Siaplaouras J, Apitz C, Fritsch P, et al. Das 12-Kanal-Ruhe-EKG in der sportmedizinischen Untersuchung von Kindern und Jugendlichen. Stellungnahme der Arbeitsgemeinschaft Herzkreislaufkrankungen der Gesellschaft für Pädiatrische Sportmedizin. *Monatsschr Kinderheilkd* 2019;167:1157–1161
17. Pelliccia, A, Solberg EE, Papadakis M, et al. Recommendations for participation in competitive and leisure time sport in athletes with cardiomyopathies, myocarditis, and pericarditis: position statement of the Sport Cardiology Section of the European Association of Preventive Cardiology (EAPC). *Eur Heart J* 2019; 40, 19–33
18. Pelliccia A, Sharma S, Gati S, et al.. The Task Force on sports cardiology and exercise in patients with cardiovascular disease of the European Society of Cardiology (ESC). ESC Guidelines on sports cardiology and exercise in patients with cardiovascular disease. *Eur Heart J*. 2021 Jan 1;42(1):17-96
19. Williams EA, Pelto HF, Toresdahl BG, et al. Performance of the American Heart Association (AHA) 14-point evaluation versus electrocardiography for the cardiovascular screening of high school athletes: a prospective study. *J Am Heart Assoc* 2019; 8(14): e12235
20. Koch S, Cassel M, Linné K, et al. ECG and echocardiographic findings in 10-15-year-old elite athletes; *European Journal of Preventive Cardiology* 2014; Vol. 21(6)774–781
21. Sharma S et al. International Recommendations for Electrocardiographic Interpretation in athletes. *JACC* 2017;69(8):1057-75
22. Schickendantz S, Dubowy KO, Hövels-Gürich H. *Handbuch Sportattest.*

23. Schober PH and Windhaber J. Sport- und Wettkampftauglichkeitsuntersuchungen im Kindes- und Jugendalter. *Monatsschr Kinderheilkd.* 2014;162:207-214
24. Longmuir PE, Brothers JA, de Ferranti SD, et al. American Heart Association Atherosclerosis H and Obesity in Youth Committee of the Council on Cardiovascular Disease in the Y. Promotion of physical activity for children and adults with congenital heart disease: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 2013;127:2147-59
25. Laser KT, Herberg U, Hofbeck M, et al. Qualitätsstandards für die Echokardiographie bei Kindern und Jugendlichen mit angeborenen und erworbenen Herzfehlern. Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Pädiatrische Kardiologie (DGPK) zur Durchführung von echokardiographischen Untersuchungen im Kindes- und Jugendalter. *Der Kardiologe* 2014;8:231–243
26. Frydrychowicz A, Arnold R, Hirtler D, et al. Multidirectional flow analysis by cardiovascular magnetic resonance in aneurysm development following repair of aortic coarctation. *J Cardiovasc Magn Reson.* 2008; 10(1): 30. Published online 2008 Jun 8. doi: 10.1186/1532-429X-10-30
27. Sarikouch S, Koerperich H, Dubowy KO, et al. Impact of gender and age on cardiovascular function late after repair of tetralogy of Fallot: percentiles based on cardiac magnetic resonance German Competence Network for Congenital Heart Defects Investigators.. *Circ Cardiovasc Imaging* 2011; Nov; 4(6):703-11
28. Frick, M, Hamada, S, Kirschfink, et al. Dobutamin-Stress-Kardio-MR (CMR) und Spiroergometrie (CPX) bei jungen Erwachsenen nach arterieller Switch- Operation im Neugeborenenalter bei Transposition der großen Arterien. *Thorac Cardiovasc Surg* 2017;65(Suppl 2):111-140
29. Hövels-Gürich H, Ostermayer S, Hamada S, et al. Increase of Right Ventricular Stroke Volume during Dobutamine Stress Magnetic Resonance: Relation to Lung Perfusion and Peak Oxygen Uptake in Young Adults after Neonatal Arterial Switch Operation in Transposition of the Great Arteries. *Thorac Cardiovasc Surg* 2019; 67(02):101-128
30. Hövels-Gürich H, Hamada S, Kirschfink A, et al. . Coronary Artery Morphology and Function Late after Neonatal Arterial Switch Operation (ASO) for Transposition of the Great Arteries (TGA) A Cardiac Magnetic Resonance (CMR) Study and Follow-up Recommendations. *The Thorac Cardiovasc Surg* 2020; 68(02):79-10

31. Bös K. Motorische Leistungsfähigkeit von Kindern und Jugendlichen. In: W. Schmidt, I. Hartmann-Tews and W.-D. Brettschneider, eds. Erster Deutscher Kinder- und Jugendsportbericht. 1. Auflage ed. Schorndorf: Hofmann; 2003
32. Tomkinson GR and Olds TS. Secular changes in aerobic fitness test performance of Australasian children and adolescents. *Med Sport Sci* 2007;50:168-82.
33. Huotari PR, Nupponen H, Laakso et al. Secular trends in aerobic fitness performance in 13-18-year-old adolescents from 1976 to 2001. *Br J Sports Med* 2010;44:968-
34. Gahche J, Fakhouri T, Carroll DD, et al. Cardiorespiratory fitness levels among U.S. youth aged 12-15 years: United States, 1999-2004 and 2012. *NCHS data brief*;2014:1-8
35. Lobstein T, Baur L, Uauy R et al. Obesity in children and young people: a crisis in public health. *Obes Rev.* 2004;5 Suppl 1:4-104
36. Flechtner-Mors M, Thamm M, Wiegand S, et al., Comorbidities related to BMI category in children and adolescents: German/Austrian/Swiss Obesity Register APV compared to the German KiGGS Study. *Hormone research in paediatrics.* 2012;77:19-26
37. Kim G and Caprio S. Diabetes and insulin resistance in pediatric obesity. *Pediatr Clin North Am.* 2011;58:1355-1361
38. Herman KM, Chaput JP, Sabiston CM et al. Combined Physical activity/sedentary behaviour associations with Indices of adiposity in 8 to 10 Year Old Children. *J Phys Act Health.* 2015; 12(1):20-9
39. Boddy LM, Murphy MH, Cunningham C, et al. Physical activity, cardiorespiratory fitness, and clustered cardiometabolic risk in 10- to 12-year-old school children: the REACH Y6 study. *Am J Hum Biol.* 2014;26:446-51
40. Strong WB, Malina RM, Blimkie CJ, et al. Evidence based physical activity for school-age youth. *J Pediatr.* 2005;146:732-7.
41. Peterson MD, Saltarelli WA, Visich PS, et al. Strength capacity and cardiometabolic risk clustering in adolescents. *Pediatrics.* 2014;133:896-903
42. Faigenbaum AD, Kraemer WJ, Blimkie CJR, et al. Youth resistance Training: Updated Position Statement Paper From the National Strength and Conditioning Association. *Journal of Strength and Conditioning Research.* 2009;23:S60-79
43. Bjarnason-Wehrens B, Dordel S, Schickendantz S, et al. Motor development in children with congenital cardiac diseases compared to their healthy peers. *Cardiol Young.* 2007;17:487-98
44. Budts W et al. Recommendations for participation in competitive sport in adolescent and

- adult athletes with Congenital Heart Disease (CHD): position statement of the Sports Cardiology & Exercise Section of the European Association of Preventive Cardiology (EAPC), the European Society of Cardiology (ESC) Working Group on Adult Congenital Heart Disease and the Sports Cardiology, Physical Activity and Prevention Working Group of the Association for European Paediatric and Congenital Cardiology (AEPC). *Eur. Heart J.* 2020;41:4191–4199
45. Zenter D et al. Management of People with a Fontan Circulation: a Cardiac Society of Australia and New Zealand Position Statement. *Heart Lung Circ.* 2020;29:5–39
  46. Härtel JA, Herberg U et al. Physical activity and heart rate monitoring in Fontan patients – Should we recommend activities in higher intensities? *PLoS One.* 2020;15
  47. Cordiana R, d’Udekem Y. Long-lasting benefits of exercise for those living with a Fontan circulation. *Opin Cardiol.* 2019 ;34(1):79-86
  48. Turner MS. *Diving Hyperb Med.* 2015;45(2):111-5
  49. Cordina et al. Resistance training improves cardiac output, exercise capacity and tolerance to positive airway pressure in Fontan physiology. *Int J Cardiol.* 2013;168:780-788
  50. Garcia JA et al. *Medicine & Science in Sports & Exercise.* 1999 ;31:269-276
  51. Staempfli R, Schmid J-P, Schenker S, et al. Cardiopulmonary adaptation to short-term high altitude exposure in adult Fontan patients. *Heart* 2016;102:1296–1301
  52. Takken T; Evertse A; de Waard F; et al. Exercise responses in children and adults with a Fontan circulation at simulated altitude. *Congenital Heart Disease.* 2019;14:1005–1012
  53. Buber J, Shafer K.. Cardiopulmonary exercise testing and sports participation in adults with congenital heart disease. *Heart* 2019;0:1-10
  54. Becker-Grunig T, Klose H, Ehlken N, et al. Efficacy of exercise training in pulmonary arterial hypertension associated with congenital heart disease. *Int J Cardiol.* 2013;168(1):375-81
  55. Mereles D, Ehlken N, Kreuzer S, et al. Exercise and respiratory training improve exercise capacity and quality of life in patients with severe chronic pulmonary hypertension. *Circulation.* 2006;114(14):1482-9
  56. Butchart EG, Gohlke-Barwolf C, Antunes MJ, et al., Working Groups on Valvular Heart Disease T, Cardiac R and Exercise Physiology ESoC. Recommendations for the management of patients after heart valve surgery. *Eur Heart J.* 2005;26:2463-2471

57. Van Hare GF, Ackerman MJ, Evangelista JA, et al. American Heart Association Electrocardiography and Arrhythmias Committee of Council on Clinical Cardiology, Council on Cardiovascular Disease in Young, Council on Cardiovascular and Stroke Nursing, Council on Functional Genomics and Translational Biology, and American College of Cardiology. Eligibility and Disqualification Recommendations for Competitive Athletes With Cardiovascular Abnormalities: Task Force 4: Congenital Heart Disease: A Scientific Statement From the American Heart Association and American College of Cardiology. *Circulation*.2015;132:e281-91
58. Doyle T, Kavanaugh-McHugh A, Fish, FA. Management and outcome of tetralogy of Fallot. UpToDate Inc. 2019. <https://www.uptodate.com/contents/management-and-outcome-of-tetralogy-of-Fallot>
59. Stout KK, Daniels CJ, Aboulhosen JA, Bozkurt B, et al.. 2018 AHA/ACC guideline for the management of adults with congenital heart disease. *Circulation* 2019;139(14):e698-e800
60. Baumgartner H, De Backer J, Babu-Narayan SV, et al.,ESC Scientific Document Group, 2020 ESC Guidelines for the management of adult congenital heart disease: The Task Force for the management of adult congenital heart disease of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J*. ehaa554, doi.org/10.1093/eurheartj/ehaa554
61. Pelliccia A, Fagard R, Bjornstad HH, et al. Recommendations for competitive sports participation in athletes with cardiovascular disease: a consensus document from the Study Group of Sports Cardiology of the Working Group of Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology and the Working Group of Myocardial and Pericardial Diseases of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J*. 2005;26:1422-1445
62. Heidbuchel H, Adami PE, Antz M, et al. A. Recommendations for participation in leisure-time physical activity and competitive sports in patients with arrhythmias and potentially arrhythmogenic conditions:Part 1: Supraventricular arrhythmias. A position statement of the Section of Sports Cardiology and Exercise from the European Association of Preventive Cardiology (EAPC) and the European Heart Rhythm Association (EHRA), both associations of the European Society of Cardiology. *Eur J Prev Cardiol*.2020 online ahead of print, DOI: 10.1177/2047487320925635
63. Zipes DP, Ackerman MJ, Estes NA, et al. Task Force 7: arrhythmias. *J Am Coll Cardiol*. 2005;45:1354-63

64. Nagashima, M., Matsushima, M., Ogawa, A., et al. Cardiac arrhythmias in healthy children revealed by 24-hour ambulatory ECG monitoring. *Pediatric Cardiology* 1987;8(2):103-108
65. Cağdaş D, Celiker A, Ozer S. Premature ventricular contractions in normal children. *Turk J Pediatr* 2008;50(3):260-264
66. Heidbuchel H, Arbelo E, D'Ascenzi F, et al. Recommendations for participation in leisure-time physical activity and competitive sports of patients with arrhythmias and potentially arrhythmogenic conditions. Part 2: ventricular arrhythmias, channelopathies, and implantable defibrillators, *Europace* 2021;23:147–148
67. Cohen M I, Triedman J K et al. *Heart Rhythm* 2012;9(6):1006-1024
68. Maron BJ, Chaitman BR, Ackerman MJ, et al. . Recommendations for physical activity and recreational sports participation for young patients with genetic cardiovascular diseases. *Circulation* 2004;109:2807-2816
69. Priori SG, Wilde AA, Horie M, Cho Y, et al. Heart Rhythm S, European Heart Rhythm A and Asia Pacific Heart Rhythm S. Executive summary: HRS/EHRA/APHS expert consensus statement on the diagnosis and management of patients with inherited primary arrhythmia syndromes. *Europace*. 2013;15:1389-1406
70. Johnson JN and Ackerman MJ. Return to play? Athletes with congenital long QT syndrome. *Br J Sports Med*. 2013;47:28-33
71. Maron BJ, Doerer JJ, Haas TS, et al. Sudden deaths in young competitive athletes: analysis of 1866 deaths in the United States, 1980-2006. *Circulation*. 2009;119:1085-1092
72. Pelliccia A, Corrado D, Bjornstad HH, et al. . Recommendations for participation in competitive sport and leisure-time physical activity in individuals with cardiomyopathies, myocarditis and pericarditis. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*. 2006;13:876-885
73. Dittrich S, Dorka R, Dubowy KO, Pillekamp F Synkope im Kindes- und Jugendalter. AWMF Online . AWMF-Register Nr. 023/004
74. Brignole M, Moya A, de Lange FJ, et al. ESC Guidelines for the diagnosis and management of syncope. *Eur heart J* 2018;39:1883-1948
75. Israel CW. Sport for pacemaker patients. *Herzschrittmachertherapie & Elektrophysiologie*. 2012;23:94-106
76. Lotfy W, Hegazy R, AbdElAziz O, et al. Permanent cardiac pacing in pediatric patients. *Pediatr Cardiol*. 2013;34:273-280

77. Schuger CD, Mittleman R, Habbal B, et al. Ventricular lead transection and atrial lead damage in a young softball player shortly after the insertion of a permanent pacemaker. *Pacing Clin Electrophysiol.* 1992;15:1236- 1239
78. Deering JA and Pederson DN. Pacemaker lead fracture associated with weightlifting: a report of two cases. *Mil Med.* 1993;158:833-4
79. Chang SH, Tan CK and Lee SH. Clinical images. Fracture of a pacemaker lead. *CMAJ.* 2009;181:823
80. Kindermann M, Fröhlig G. Körperliche Aktivität und Sport bei Schrittmacherpatienten. *Dtsch Ärztebl.* 2004;101:A3191-3197
81. Lafay V, Trigano JA, Gardette B, et al. Effects of hyperbaric exposures on cardiac pacemakers. *Br J Sports Med.* 2008;42:212-216
82. Apitz C, Gass M, Dornberger V, et al. The use of implantable cardioverter-defibrillators (ICD) in children and adolescents. *Klin Padiatr.* 2006;218:270-275
83. Heersche JH, Blom NA, van de Heuvel F, et al. Implantable cardioverter defibrillator therapy for prevention of sudden cardiac death in children in the Netherlands. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2010;33:179-185
84. Klein HH, Krämer A, Pieske BM, et al. Fahreignung bei Kardiovaskulären Erkrankungen. *Kardiologie* 2010:1-26