

Neue internationale Empfehlungen zur EKG-Beurteilung bei Sportlern: Panta rhei oder Endpunkt?

New International Recommendations for ECG Interpretation in Athletes: Panta Rhei or Final Version

Zusammenfassung

- ▶ **In den letzten 12 Jahren** haben mehrere Konferenzen und Arbeitsgruppen die Interpretation des Sportler-EKGs bearbeitet. Zahlreiche Studien auf diesem Gebiet lieferten in den letzten Jahren wichtige Erkenntnisse zur Bewertung. Dies führte zu einer erheblich besseren Validität des Ruhe-EKGs bei trainierten Sportlern, zugleich sank die Rate an falsch positiven Beurteilungen.
- ▶ **Die jetzige Empfehlung** stuft die Kriterien für eine Hypertrophie oder Vergrößerung der Ventrikel und Vorhöfe mit Achsenabweichung als grenzwertig ein („borderline“), wenn sie isoliert auftreten. Bei zusätzlichen abnormalen Kriterien ist eine weitere Abklärung erforderlich. Weiterhin werden die Abläufe zur diagnostischen Abklärung nochmals erläutert. Mit dieser Empfehlung ist die Zuverlässigkeit des Ruhe-EKGs beim Sportler der Anamnese und klinischen Untersuchung zur Erkennung möglicher abnormaler Befunde eindeutig überlegen. So kann der Sportarzt das Herz des Sportlers besser vor möglichen fatalen Ereignissen schützen.
- ▶ **Damit sollte heute** das Ruhe-EKG bei der sportärztlichen Untersuchung als Standard gelten. Auch wenn eine zuverlässige Interpretation durch eine PC-gesteuerte Analyse in EKG-Geräten möglich ist, bedarf es einer besonderen ärztlichen Kenntnis des Sportler-EKGs. Damit erfährt die Fortbildung auf dem Gebiet der Sportkardiologie für jeden Sportarzt eine zunehmende Bedeutung.

SCHLÜSSELWÖRTER:

EKG, Analyse, Konsensus, Sportler, EKG-Gerät

Summary

- ▶ **Within the last twelve years**, many consensus conferences and working groups have reported new recommendations for ECG interpretation in endurance exercise athletes. New data have improved validity and reliability of resting ECG in athletes, reducing especially false positive findings.
- ▶ **In particular**, these new recommendations classify ECG signs of hypertrophy and enlargement of ventricles or atria, or axis deviation in isolation as borderline findings. Conversely, signs of hypertrophy or enlargements associated with other abnormal findings require further evaluation. In addition, procedures for the diagnostic evaluation of abnormal findings are described in detail.
- ▶ **With this recommendation**, the reliability of the resting ECG is superior to anamnesis and clinical examination in the recognition of abnormal findings, and should be a mandatory part of pre-participation examination for all athletes. Even though the reliability is supported by integrated PC-assisted ECG analysis, special cardiological knowledge in ECG interpretation is required. Therefore, special education in sports cardiology is strongly recommended for all qualified sports physicians.

KEY WORDS:

ECG, Interpretation, Consensus, Athletes, ECG Device

Einleitung

Seit vielen Jahren und Jahrzehnten ist in der Sportmedizin das „Sportherz“ oder „Athlete's heart“ bekannt. Darunter versteht man die physiologischen Anpassungen des Herzens und Kreislaufsystems an ein intensives Ausdauertraining. Folge dieser Anpassungen sind häufig EKG-Veränderungen, die beim gesunden Nichtsportler durchaus als pathologisch oder abnormal bezeichnet werden. Für den Sportler sind es

aber Normvarianten, dies gilt insbesondere für afroamerikanische Athleten. Bei der Abgrenzung und EKG-Analyse ist eine Grauzone bei Sportlern zu beachten (Abb. 1). Die Bewertung dieser Interpretation setzt eingehende sportkardiologische Kenntnisse voraus, insbesondere in der EKG-Beurteilung. Hinzu kommt die Diskussion zwischen amerikanischen und europäischen Experten auf dem Gebiet der

ÜBERSICHT

ACCEPTED: April 2017

PUBLISHED ONLINE: June 2017

DOI: 10.5960/dzsm.2017.284

Löllgen H. Neue Internationale Empfehlungen zur EKG-Beurteilung bei Sportlern: Panta rhei oder Endpunkt? Dtsch Z Sportmed. 2017; 68: 137-141.

1. PRAXIS FÜR KARDIOLOGIE UND SPORTKARDIOLOGIE, Remscheid



Article incorporates the Creative Commons Attribution – Non Commercial License.
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



QR-Code scannen und Artikel online lesen.

KORRESPONDENZADRESSE:

Prof. Dr. Herbert Löllgen
 Ehrenpräsident der DGSP
 Praxis für Kardiologie und Sportkardiologie
 Daniel-Schürmann-Str. 14
 42853 Remscheid
 ✉: loellgen@dgsp.de

Tabelle 1

Normalbefunde bei ausdauertrainierten Sportlern.

NORMALE BEFUNDE BEI SPORTLERN → KEINE WEITERE ABKLÄRUNG NOTWENDIG

Sinusbradykardie, Sinusarrhythmie
Ektoper atrialer Rhythmus
Junktionaler „escape“-Rhythmus, AV-Block 1. Grades (PQ>200ms)
AV-Block II Grades Typ1 (Wenckebach)
Inkompletter Rechtsschenkelblock
QRS-Amplituden wie bei Links- und Rechtsherzhypertrophie
Frühe Repolarisation (ST-Hebung, J-Punkt-Anhebung, J-Wellen oder terminales QRS-„Verschleifen“ („Slurring“))
Convexe ST-Hebung kombiniert mit T-Welleninversion in V1-V4 bei schwarzen afrikanischen Sportlern
T-Wellen-Inversion in V1-V3 bei jungen Sportlern (<16 Jahre)

Tabelle 2

Grenzwertige Befunde bei Sportlern. Diese Befunde sind, wenn sie isoliert auftreten, nicht pathologisch bei Sportlern. Treten zwei oder mehr dieser Befunde auf, ist eine Abklärung erforderlich.

GRENZWERTIGE EKG-BEFUNDE

Vektor-Achsenabweichung nach rechts oder links
Zeichen der links- oder rechtsatrialen Vergrößerung
Vollständiger Rechtsschenkelblock
Folgerung: Bei mehr als zwei Befunden → weitere Abklärung Bei „isoliertem“ Befund → keine weitere Abklärung

Tabelle 3

Abnormale Befunde bei ausdauertrainierten Sportlern. Diese Befunde sind unabhängig von trainingsbedingten Anpassungen als pathologisch zu betrachten und können auf kardiovaskuläre Krankheiten hinweisen (z. B. strukturelle Herzkrankheiten, elektrische Herzkrankheiten bzw. elektrophysiologische Pathologika).

ABNORMALE EKG-BEFUNDE → WEITERE ABKLÄRUNG ERFORDERLICH

T-Wellen-Inversion über V2 hinaus bei kaukasischen (weißen) Sportlern
T-Wellen-Inversion über V4 hinaus bei schwarzen Sportlern
ST-Streckensenkung
Pathologische Q-Zacken
Vollständiger Linksschenkelblock
Intraventrikuläre Erregungsausbreitungstörung (>140ms)
Epsilon-Welle
Ventrikuläre Präexcitation
Langes QT-Intervall (Männer: >470ms, Frauen >480ms, bei QTc >500ms)
Ausgeprägte Sinusbradikardien <30/min
AV-Block 1. Grades mit PQ-Dauer >400ms
AV-Block 2. Grades Typ Mobitz II
Totaler (drittgradiger) AV-Block
>2 ventrikuläre Extrasystolen innerhalb von 10 Sekunden
Atriale Tachyarrhythmien (z. B. supraventrikuläre Tachykardien und Vorhofflimmern, ventrikuläre Tachykardien, Kammerflattern etc.)

Sportkardiologie: Der Stellenwert des Ruhe-EKGs beim Sportler wurde in den USA als wenig bedeutsam betrachtet, in Europa jedoch deutlich höher bewertet und ist obligater Teil der sportärztlichen Vorsorgeuntersuchung (18).

Historische Hinweise

In den letzten 10 Jahren wurden mehrfach Empfehlungen zu EKG-Beurteilungen, u. a. als Konsensempfehlungen, bei

Sportlern publiziert. Ausgangspunkt waren EKG Veränderungen bei Sportlern, die bei Normalpersonen als möglich pathologisch, bei Sportlern aber als Normvarianten bewertet wurden. Eine erste wegweisende Darstellung publizierten Corrado und Pelliccia et al. (6, 7). Der nächste wichtige Schritt war die Empfehlung der Europäischen Gesellschaft für Kardiologie (ESC), die einen Standard vorgaben. Sie prägten die Unterscheidung in normale und trainingsbedingte Normalbefunde und abnormale, nicht trainingsbedingte EKG-Befunde bei Sportlern (8). Dazu kamen und kommen grenzwertige Befunde, die einer weiteren Abklärung bedürfen. Diese ersten Studien zeigten aber immer noch unzureichende prädiktive Werte, was zur Kritik am Stellenwert des Ruhe-EKGs beim Sportler führte, insbesondere bei amerikanischen Experten (23, 26).

Die Kriterien zur EKG-Befundung wurden nach und nach durch verschiedene weitere Studien angepasst und verbessert. Das Ergebnis einer Konsensuskonferenz mit verbesserten Kriterien wurde von Uberoi et al. publiziert (31). Darin wurden auch systematisch die Definitionen der EKG-Varianten aufgelistet. Aber erst die umfangreiche Publikation der Konferenz von Seattle ergab eine deutlich verbesserte Zuverlässigkeit der EKG-Abgrenzung zwischen normalen und nicht-normalen Befunden bei Sportlern (Seattle-Kriterien) (10). Diese ausführliche Darstellung enthielt außerdem detaillierte Definitionen der EKG-Normalbefunde und der abnormalen Veränderungen. Die Seattle-Kriterien wurden danach zum Standard der EKG-Auswertung bei Sportlern (10, 29). In epidemiologischen Analysen an über 274 000 Rekruten mit digitalisiertem EKG bei der Musterung konnten der hohe prädiktive Wert belegt und die niedrige Rate falsch-positiver Ergebnisse bestätigt werden (1).

Bisherige internationale Empfehlungen

In einer weiteren Studie von Sheikh et al (30) verfeinerte diese Arbeitsgruppe die Beurteilung durch Verbesserungen der Hypertrophiekriterien an einer größeren Gruppe afroamerikanischer und weißer Sportler. Hierdurch wurde die Zuverlässigkeit der EKG-Interpretation weiter verbessert, was durch eine größere Studie mit den verbesserten Kriterien bestätigt wurde (25). Dies war schließlich Anlass einer neuerlichen Konsensuskonferenz, auf der EKG-Kriterien bei Sportlern erneut überarbeitet und verbessert wurden. Diese liegen nun als „Internationale Empfehlungen zur EKG-Interpretation“ vor. Die ausführliche Version erschien im British Journal of Sports Medicine (11), kürzere Texte im European Heart Journal und im Journal of American College of Cardiology. Das aktuelle „IOC Manual Sports Cardiology“ konnte diese Ergebnisse auszugswise berücksichtigen (34). Für den praktisch tätigen Sportarzt wird die ausführliche Version in jedem Fall empfohlen (11), alle drei Varianten sind durch „open acces“ verfügbar.

Hervorzuheben ist, dass im Laufe der erwähnten Konferenzen und Empfehlungen in verschiedenen Studien die Rate der falsch positiven EKG-Befunde von 17 auf 4,2% zurückging (5, 11, 13, 25). Weitere aktuelle Studien ergaben für die Seattle-Kriterien sogar nur 2,8% falsch-positive Befunde (26) bzw. einen Rückgang von 26% auf 5,7% (11). Damit ist das Ruhe-EKG in der Erkennung möglicher pathologischer Befunde beim Sportler der Anamnese und klinischen Untersuchung sogar überlegen (13).

Anzumerken ist die wichtige Unterscheidung bei diesen Empfehlungen, dass Sensitivität und Spezifität sehr stark von der Prävalenz einer Erkrankung abhängen. Prävalenz beinhaltet die Häufigkeit einer Erkrankung in der Bevölkerung

von 100 000 Personen. Daher ist nur durch die Bestimmung des positiven und negativen Vorhersagewertes („predictive value“) eine zuverlässige Beurteilung von richtig/falsch positiven Ergebnissen möglich. Dieser wird in der Diskussion um die Validität des Ruhe-EKGs beim Sportler nicht immer beachtet, hat aber besondere Bedeutung beim Belastungs-EKG. Die obigen Zahlenangaben und Veränderungen beinhalteten aber gut vergleichbare Populationen von Sportlern, sodass in dieser Publikation die Aussagen zu Sensitivität und Spezifität zutreffend sind.

Aktuelle internationale Empfehlungen

Die detaillierten Analysen und Definitionen sind der Originalpublikation zu entnehmen, diese sind durch „Open Access“ jedem leicht zugänglich. Die ausführliche Version beinhaltet auch weiterführende Untersuchungen für alle aufgeführten EKG-Normvarianten und sollte primär herangezogen werden (11). Hier ist bemerkenswert, dass die Kernspintomographie einen sehr hohen Stellenwert in der weiteren Abklärung hat, sie steht neben der Echokardiographie an vorderer Stelle.

Das wichtigste Ergebnis der aktuellen Empfehlungen sind, dass die Kriterien für eine Hypertrophie und Vergrößerung, einschließlich der Achsenabweichungen, für Ventrikel und Vorhöfe im EKG als grenzwertige Befunde beschrieben werden („borderline findings“). Kommen weitere abnormale Befunde hinzu, ist eine weitere Abklärung notwendig. Auch der vollständige Rechtsschenkelblock bedarf dann einer Abklärung, wenn zusätzliche abnorme Befunde im EKG vorliegen (Abb. 1). Eine vorausgegangene Publikation von D’Ascenzi et al. hatte hierzu bereits nachgewiesen, dass die „normalen“ echokardiographischen Dimensionen der Vorhöfe und Ventrikel bei Sportlern größer sein können, als sie bisher als „normal“ angegeben wurden (9). Dem entsprach auch eine umfangreiche Studie von Bohm et al. (4). Diese und zahlreiche weitere Studien widerlegen auch Untersuchungen zur angeblichen Rechtsherzschädigung durch Sport (15, 20).

Die frühe Repolarisation im EKG bei Sportlern wird, auch nach neueren Studien, nicht als abnormaler Befund betrachtet, ebenso nicht die verkürzte QT-Dauer (14, 21, 22, 32). Die Epsilon-Welle wird erwähnt und sollte immer Anlass sein, nach einer arrhythmogenen rechtsventrikulären Kardiomyopathie zu suchen (Abb. 1). Eine aktuelle Check-Liste hierzu wurde kürzlich publiziert (27). Auf die stets notwendige Checkliste bei Verdacht auf ein Marfansyndrom, bei dem seltener EKG-Anomalien zu finden sind, wird hingewiesen, dies insbesondere bei hochwüchsigen Sportlern (>190cm) und somit bei vielen Basketballspielern. Diese Sportler gehören zur Gruppe, die am höchsten gefährdet ist für einen kardialen Zwischenfall und plötzlichen Tod (12, 26).

Die Probleme und Analyse der T-Wellen im Ruhe-EKG nimmt einen breiten Raum ein und erfordert eine sorgfältige Bewertung im Sportler-EKG. Hingewiesen wird auch auf die T-Wellen (bzw. T-Zacken) bei Kindern und Jugendlichen.

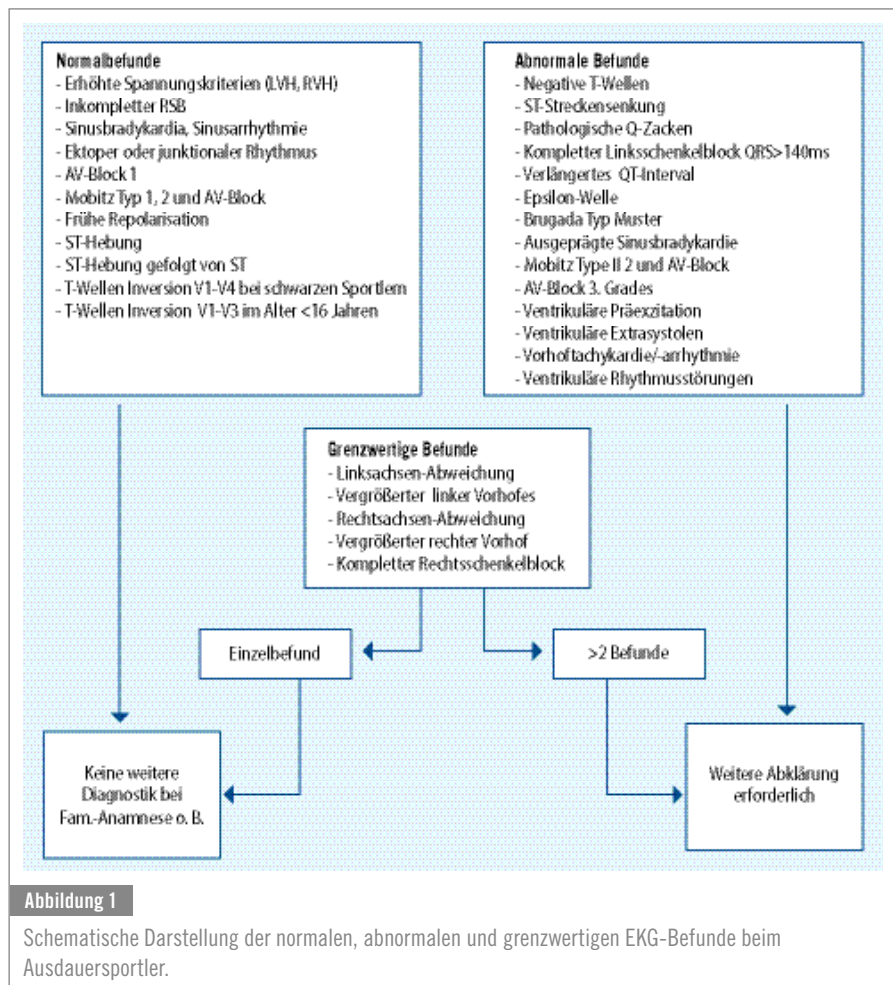


Abbildung 1

Schematische Darstellung der normalen, abnormalen und grenzwertigen EKG-Befunde beim Ausdauersportler.

Negative T-Wellen bis zum Alter von 16 Jahren in Ableitungen V1-V3 sind normal unter Beachtung von Größe und Gewicht. Bei positiver Familienanamnese kann eine weitere Abklärung sinnvoll sein (11).

Beim WPW-Syndrom wird ein Belastungs-EKG empfohlen, das Verschwinden der Delta-Welle soll für eine gutartige Form sprechen. Im Zweifelsfall und bei klinischer Symptomatik wird aber immer zu einer elektrophysiologischen Untersuchung geraten. Dabei ist die effektive Refraktärzeit eine wichtige Größe zur Frage der Ablation der akzessorischen Bahn (11, 24).

Bei Sportlern über 30 Jahren sollte verstärkt an eine koronare Herzerkrankung gedacht werden, einschließlich einer Koronararteriosklerose. Hier wird stets zu einem Belastungs-EKG (mit Ausbelastung) geraten. Gleiches gilt im Übrigen bei Verdacht auf die seltene, catecholaminerge polymorphe ventrikuläre Tachykardie (CPVT) (6, 24).

Kommentar

Für die Sinusbradykardie wird eine untere Herzfrequenz von 30/min als noch normal angenommen, dennoch beobachtet man bei hochtrainierten Ausdauersportler gelegentlich auch Werte darunter, die normal sind und unter Belastung regulär ansteigen. Im Begleittext wird dies auch so durch die Autoren erläutert. Bei Sportlern wie bei Normalpersonen sind solche Bradykardien von Borelliose- oder Sarkoidose-bedingten Bradykardien abzugrenzen, bei Sarkoidose auch mittels kardialer Kernspintomographie.

Höhergradige AV-Blockierungen sind in seltenen Fällen als noch normal zu bewerten. Bei einem Sportler in der eigenen Praxis mit intensivem Ausdauertraining fand sich ein

nächtlicher AV-Block III. Grades, der sich nach Reduzierung des Trainingsumfanges zurückbildete. So konnte bei diesem Sportler die bereits auswärts vorgeschlagene Schrittmacherimplantation vermieden werden konnte (19). Die Autoren der aktuellen internationalen Empfehlungen weisen darauf hin, dass im Einzelfall bei abnormalen Befunden stets eine weiterführende Diagnostik notwendig ist. Die Ergebnisse sind stets durch Sportkardiologen und einem sportmedizinisch geschulten Kardiologen zu bewerten.

Wie schon bei den Seattle-Kriterien diskutiert, konnten Berge et al. zeigen, dass die PC-unterstützte EKG-Interpretation der visuellen überlegen ist (2, 3). Eine solche rechnergestützte Analyse ist vor allem bei der Berechnung der Zeitwerte, Amplituden bzw. Spannungswerten dem Auge überlegen. Dies erspart naturgemäß nicht die kritische Betrachtung eines sportkardiologisch geschulten Arztes, hilft aber dem weniger Erfahrenen bei der Bewertung des Sportler-EKGs weiter.

Supraventrikuläre Arrhythmien werden im Text erwähnt und besprochen. Es liegt nur ein kurzes Kapitel zum paroxysmalen Vorhofflimmern bei Sportlern vor, ohne dass auf Häufigkeit, Ursachen und Sportart sowie eine ausführliche Diagnostik und Therapie ausreichend eingegangen wird. Diese Arrhythmieform, das Vorhofflimmern, ist derzeit von aktuellem Interesse und hoher klinischer Relevanz (17, 28).

Die Bedeutung des Ruhe-EKGs in der sportärztlichen Vorsorgeuntersuchung

Inzwischen scheint die Diskussion um die Rolle des Ruhe-EKGs im Rahmen der sportärztlichen Untersuchung zu Ende zu gehen zu Gunsten des EKGs (13, 18, 32). Auch die neueren Publikationen jenseits des Ozeans empfehlen eine großzügige Indikation zum Ruhe-EKG aufgrund der individuellen Entscheidung. Alle großen Weltfachverbände des Sports empfehlen – meist obligat – ein Ruhe-EKG vor dem Wettkampfsport, auch die zahlreichen Studien und Konsensus-Empfehlungen bestätigen dies.

Zudem ist das Ruhe-EKG für die Erkennung möglicher Risiken im Sport der Anamnese und auch der klinischen Untersuchung an Zuverlässigkeit (Validität) deutlich überlegen (14, 18, 19). Die PC-gestützte Auswertung verstärkt diese zusätzlich (1, 2, 3). Bedeutsam an dieser internationalen Empfehlung ist auch, dass stets eine kritische Betrachtung durch einen erfahrenen Sportkardiologen bei schwierigen Befunden notwendig. Stets ist das gesamte klinische Bild mit den weiterführenden Untersuchungsergebnissen zu beachten. Damit wird eine sportkardiologische Fortbildung nachhaltig erforderlich. ■

Angaben zu finanziellen Interessen und Beziehungen, wie Patente, Honorare oder Unterstützung durch Firmen:
Keine

Literatur

- ABÄCHERLI R, SCHMID R, KOBZA R, FREY F, SCHMID JJ, ERNE P. Pre-Participation ECG Screening preventing SCD - Insight from the Swiss Army Heart Rhythm Society 2014, Poster 5719, San Francisco, USA.
- BERGE HM, STEINE K, ANDERSEN TE, SOLBERG EE, GJESDAL K. Measurement methods is important for interpretation of athlete's ECG. *Br J Sports Med.* 2014; 48: 567-568.
- BERGE HM, STEINE K, ANDERSEN TE, SOLBERG EE, GJESDAL K. Visual or computer-based measurements: important for interpretation of athletes' ECG. *Br J Sports Med.* 2014; 48: 761-767. doi:10.1136/bjsports-2014-093412
- BOHM P, SCHNEIDER G, LINNEWEBER L, RENTZSCH A, KRÄMER N, ABDULKHALIQ H, KINDERMANN W, MEYER T, SCHARHAG J. Right and Left Ventricular Function and Mass in Male Elite Master Athletes: A Controlled Contrast Enhanced CMR Study. *Circulation.* 2016; 133: 1927-1935. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.115.020975
- BROSNAN M, LA GERCHE A, KALMAN J, LO W, FALLON K, MACISAAC A, PRIOR D. The Seattle criteria increase the specificity of preparticipation ECG screening among elite Athletes. *Br J Sports Med.* 2014; 48: 1144-1150. doi:10.1136/bjsports-2013-092420
- CORRADO D, PELLICCIA A, BJØRNSTAD HH, VANHEES L, BIFFI A, BORJESSON M, PANHUYZEN-GOEDKOOP N, DELIGIANNIS A, SOLBERG E, DUGMORE D, MELLWIG KP, ASSANELID, DELISE P, VAN-BUUREN F, ANASTASAKIS A, HEIDBUCHEL H, HOFFMANN E, FAGARD R, PRIORI SG, BASSO C, ARBUSTINI E, BLOMSTROM-LUNDQVIST C, MCKENNA W, THIENE G; STUDY GROUP OF SPORT 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. Cardiovascular pre-participation screening of young competitive Athletes for prevention of sudden death: proposal for a common European protocol. Consensus statement of the study group of sport 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: 516-524.
- CORRADO D, BIFFI A, BASSO C, PELLICCIA A, THIENE G. 12-lead ECG in the athlete: physiological versus pathological abnormalities. *Br J Sports Med.* 2009; 43: 669-676. doi:10.1136/bjsm.2008.054759
- CORRADO D, PELLICCIA A, HEIDBUCHEL H, SHARMA S, LINK M, BASSO C, BIFFI A, BUJA G, DELISE P, GUSSAC I, ANASTASAKIS A, BORJESSON M, BJORNSTAD HH, CARRE F, DELIGIANNIS A, DUGMORE D, FAGARD R, HOOGSTEEN J, MELLWIG KP, PANHUYZEN-GOEDKOOP N, SOLBERG E, VANHEES L, DREZNER J, ESTES NA 3RD, ILICETO S, MARON BJ, PEIDRO R, SCHWARTZ PJ, STEIN R, THIENE G, ZEPELLI P, MCKENNA WJ. Section of Sports Cardiology, European Association of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. Recommendations for interpretation of 12-lead electrocardiogram in the Athlete. *Eur Heart J.* 2010; 31: 243-259. doi:10.1093/eurheartj/ehp473
- DASCENZI F, PELLICCIA A, CORRADO D, CAMELI M, CURCI V, ALVINO F, NATALI BM, MARTA FOCARD M, BONIFAZI M, MONDILLO S. Right ventricular remodelling induced by exercise training in competitive athletes. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2016; 17: 301-307. doi:10.1093/ehjci/jev155
- DREZNER JA, ACKERMAN MJ, ANDERSON J, ASHLEY E, ASPLUND CA, BAGGISH AL, BÖRJESSON M, CANNON BC, CORRADO D, DIFIORI JP, FISCHBACH P, FROELICHER V, HARMON KG, HEIDBUCHEL H, MAREK J, OWENS DS, PAUL S, PELLICCIA A, PRUTKIN JM, SALERNO JC, SCHMIED CM, SHARMA S, STEIN R, VETTER VL, WILSON MG. Electrocardiographic interpretation in Athletes: the „Seattle criteria“. *Br J Sports Med.* 2013; 47: 122-124. doi:10.1136/bjsports-2012-092067
- DREZNER JA, SHARMA S, BAGGISH A, PAPADAKIS M, WILSON MG, PRUTKIN JM, GERCHE A, ACKERMAN MJ, BORJESSON M, SALERNO JC, ASIF IM, OWENS DS, CHUNG EH, EMERY MS, FROELICHER VF, HEIDBUCHEL H, ADAMUZ C, ASPLUND CA, COHEN G, HARMON KG, MAREK JC, MOLOSSI S, NIEBAUER J, PELTO HF, PEREZ MV, RIDING NR4, SAAREL T, SCHMIED CM, SHIPON DM, STEIN R, VETTER VL, PELLICCIA A, CORRADO D. International recommendations for electrocardiographic interpretation in athletes. *Br J Sports Med.* 2017; 51: 704-731. doi:10.1136/bjsports-2016-097331

- (12) **FINOCCHIARO G, PAPADAKIS M, ROBERTUS JL, DHUTIA H, STERIOS AK, TOME M, MELLOR G, MERGHANI A, MALHOTRA A, BEHR E, SHARMA S, SHEPPARD MN.** Etiology of sudden death in sports: insights from a united kingdom regional registry. *J Am Coll Cardiol.* 2016; 67: 2108-2115. doi:10.1016/j.jacc.2016.02.062
- (13) **HARMON K G, ZIGMAN M, DREZNER JA.** The effectiveness of screening history, physical exam, and ECG to detect potentially lethal cardiac disorders in athletes: A systematic review/meta-analysis. *J Electrocardiol.* 2015; 48: 329-338. doi:10.1016/j.jelectrocard.2015.02.001
- (14) **JUNTTILA MJ, SAGER SJ, FREISER M, MCGONAGLE S, CASTELLANOS A, MYERBURG RJ.** Inferolateral early repolarization in Athletes. *J Interv Card Electrophysiol.* 2011; 31: 33-38. doi:10.1007/s10840-010-9528-y
- (15) **LA GERCHE A, BURNS AT, MOONEY DJ, INDER WJ, TAYLOR AJ, BOGAERT J, MACISAAC AI, HEIDBÜCHEL H, PRIOR DL.** Exercise-induced right ventricular dysfunction and structural remodelling in endurance athletes. *Eur Heart J.* 2012; 33: 998-1006. doi:10.1093/eurheartj/ehr397
- (16) **KROGH BROENDBERG A, NIELKSEN JC, BJERR J, NOERUM PEDERSEN L, KRISTENSEN J, LUND HENRIKSEN F, BUNDEGAARD H, KJAERULF H.** Nationwide experience of catechoalaminergic polymorphic ventricular tachycardia caused by RyR2 mutations. *Heart.* 2017. [Epub ahead of print]. doi:10.1136/heartjnl-2016-310509
- (17) **LASZLO R, STEINACKER JM.** Competitive Sports and Atrial Fibrillation. *Dtsch Z Sportmed.* 2016; 67: 237-243. doi:10.5960/dzsm.2016.243
- (18) **LÖLLGEN H, BÖRJESSON M, CUMMISKEY J, BACHL N, DEBRUYNE A.** The Pre-Participation Examination in Sports: EFSMA Statement on ECG for Pre-Participation Examination. *Dtsch Z Sportmed.* 2015; 66: 151-155. doi:10.5960/dzsm.2015.182
- (19) **LÖLLGEN H.** Das EKG beim Sportler (ECG of athletes). *Herzschr Elektrophys.* 2015; 26: 274-290. doi:10.1007/s00399-015-0388-0
- (20) **LÖLLGEN H.** Pre-participation cardiovascular evaluation for athletic participants to prevent sudden cardiac death. (Letter to the editor). *Europace.* 2017; 24: 41.
- (21) **NOSEWORTHY PA, WEINER R, KIM J, KEELARA V, WANG F, BERKSTRESSER B, WOOD MJ, WANG TJ, PICARD MH, HUTTER AM JR, NEWTON-CHEH C, BAGGISH AL.** Early repolarization pattern in competitive Athletes: clinical correlates and the effects of exercise training. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* 2011; 4: 432-440. doi:10.1161/CIRCEP.111.962852
- (22) **NOSEWORTHY PA, TIKKANEN JT, PORTHAN K, OIKARINEN L, PIETILÄ A, HARALD K, PELOSO GM, MERCHANT FM, JULA A, VÄÄNÄNEN H, HWANG SJ, O'DONNELL CJ, SALOMAA V, NEWTON-CHEH C, HUIKURI HV.** The early repolarization pattern in the general population: clinical correlates and heritability. *J Am Coll Cardiol.* 2011; 57: 2284-2289. doi:10.1016/j.jacc.2011.04.003
- (23) **PRICE DE, MCWILLIAMS A, ASIF IM, MARTIN A, ELLIOTT SD, DULIN M, DREZNER JA.** Electrocardiography-inclusive screening strategies for detection of cardiovascular abnormalities in high school Athletes. *Heart Rhythm.* 2014; 11: 442-449. doi:10.1016/j.hrthm.2013.12.002
- (24) **PRIORI SG, WILDE AA, HORIE M, CHO Y, BEHR ER, BERULC, BLOM N, BRUGADA J, CHIANG CE.** HRS/EHRA/APHRS expert consensus statement on the diagnosis and management of patients with inherited primary arrhythmia syndromes: document endorsed by HRS, EHRA, and APHRS in May 2013 and by ACCF, AHA, PACES, and AEPIC in June 2013. *Heart Rhythm.* 2013; 10: 1932-1963. doi:10.1016/j.hrthm.2013.05.014
- (25) **RIDING NR, SHEIKH N, ADAMUZ C, WATT V, FAROOP A, WHYTE GP, GEORGE KP, DREZNER JA, SHARMA S, WILSON MG.** Comparison of three current sets of electrocardiographic interpretation criteria for use in screening athletes. *Heart.* 2015; 101: 384-390. doi:10.1136/heartjnl-2014-306437
- (26) **ROBERTS WO, LÖLLGEN H, MATHESON GO, ROYALTY AB, MEEUWISSE WH, LEVINE B, HUTCHINSON MR, COLEMAN N, BENJAMIN HJ, SPATARO A, DEBRUYNE A, BACHL N, PIGOZZI F; AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE (ACSM); FÉDÉRATION INTERNATIONALE DU MÉDECINE DU SPORT (FIMS).** Advancing the preparticipation physical evaluation: An ACSM and FIMS joint consensus statement. *Clin J Sport Med.* 2014; 24: 442-447. doi:10.1097/JSM.0000000000000168
- (27) **SAGUNER AM, BRUNCKHORST C, DURU F.** Die arrhythmogene rechtsventrikuläre Dysplasie/Kardiomyopathie. *Cardiovasc Med (CH).* 2011; 14: 303-314.
- (28) **SANCHIS-GOMAR F, PEREZ-QUILIS C, LIPPI G, CERVELLIN G, LEISCHIK R, LÖLLGEN H, SERRANO-OSTÁRIZ E, LUCIA A.** Atrial fibrillation in highly trained endurance athletes - Description of a syndrome. *Int J Cardiol.* 2017; 226: 11-20. doi:10.1016/j.ijcard.2016.10.047
- (29) **SCHARHAG J, BURGSTALLER C.** Das Sportler-EKG: Aktuelle Interpretationen und Empfehlungen. *Dtsch Z Sportmed.* 2013; 64: 352-364. doi:10.5960/dzsm.2013.097
- (30) **SHEIKH N, PAPADAKIS M, GHANI S, ZAIDI A, GATI S, ADAMI P, CARRÉ F, SCHNELL F, AVILA P, WILSON M, MCKENNA W, SHARMA S.** Comparison of electrocardiographic criteria for the detection of cardiac abnormalities in elite black and white Athletes. *Circulation.* 2014; 129: 1637-1649. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.113.006179
- (31) **UBEROI A, STEIN R, PEREZ MV, FREEMAN J, WHEELER M, DEWEY F, PEIDRO R, HADLEY D, DREZNER J, SHARMA S, PELLICCIA A, CORRADO D, NIEBAUER J, ESTES NA 3RD, ASHLEY E, FROELICHER V.** Interpretation of the electrocardiogram of young Athletes. *Circulation.* 2011; 124: 746-757. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.110.013078
- (32) **UBEROI A, JAIN NA, PEREZ M, WEINKOPFF A, ASHLEY E, HADLEY D, TURAKHIA MP, FROELICHER V.** Early repolarization in an ambulatory clinical population. *Circulation.* 2011; 124: 2208-2214. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.111.047191
- (33) **VETTER VL.** Should electrocardiographic (ECG) screening of all infants children, and teenagers be performed? Electrocardiographic screening of all infants, children, and teenagers should be performed. *Circulation.* 2014; 130: 688-697. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.114.009737
- (34) **WILSON M, DREZNER JA, SHARMA S.** IOC Manual of Sports Cardiology. United Kingdom: Wiley Blackwell. 2017.