

Oberstes Ziel der Sportkardiologie ist die Prävention des plötzlichen Herztods im Sport

EKG-Interpretation bei Sportlern – die «Seattle-Kriterien»

Michael J. Schindler, Christian Schmied

UniversitätsSpital Zurich, Switzerland

Summary

Current guidelines for ECG interpretation in athletes – the “Seattle Criteria”

According to most surveys, sudden cardiac death is the most common sports-related cause of death amongst young athletes, whether during training or competitions, both for professional athletes and for those engaging in recreational sports.

Reliable screening is crucial in order to prevent such tragic deaths. ECGs still make up a vital diagnostic tool to this end. Critics of this method have long condemned the high number of false-positive results, which have led to numerous unnecessary, unsettling and costly investigations, particularly for athletes exhibiting physiological changes on account of the athletic heart syndrome. Through steady refinement of the ECG criteria for athletes, however, the investigation’s specificity has improved considerably in recent years. The “Seattle Criteria” or the latest “refined criteria” currently lay out the most accurate guidelines for ECG diagnostics amongst athletes. Besides consistently high sensitivity, the implementation of these guidelines has also allowed the specificity of the examination to be increased to over 90%. This makes arguments against the integration of ECGs into the basic screening examinations of young athletes difficult to understand, and hopefully the latest “Seattle Criteria”, scheduled for publication in 2016, will serve as a basis for internationally accepted preventive examinations in young athletes.

Key words: ECG; prevention; screening; sudden cardiac death; sports; Seattle Criteria; refined criteria

Der plötzliche Herztod stellt in den meisten Erhebungen die häufigste sportassoziierte Todesursache bei jungen Sportlern dar – im Training oder im Wettkampf, sowohl bei Profiathleten wie auch bei der riesigen Gruppe der immer zahlreicheren ambitionierten Breitensportler [1–4].

Oberstes Ziel der Sportkardiologie ist deshalb die Prävention des plötzlichen Herztods im Sport. In der Primärprophylaxe ist dazu ein kardiales Screening indiziert, das die meist asymptomatischen oder durch unspezifische Symptome charakterisierten zugrundeliegenden Erkrankungen detektiert [5–8]. Bei Vorliegen

der meisten kardiovaskulären Erkrankungen ist ein generelles Sportverbot praktisch nie notwendig, jedoch sind auf den aktuellen Richtlinien basierende, aber immer auch individuell angepasste Sportempfehlungen essentiell [9]. Auch weil eine vollständige Detektion aller bisweilen morphologisch und klinisch inapperzepten Erkrankungen trotz optimaler Vorsorgestrategie letztlich niemals möglich sein wird, kommt selbstverständlich auch der Sekundärprävention bzw. der Akutbehandlung bei Herzstillstand eine entscheidende Rolle zu.

Der Erfolg der Akutbehandlung hängt neben der verzugslosen Herzmassage unmittelbar mit der Verfügbarkeit von externen Defibrillatoren zusammen [10]. Im Rahmen dieser Übersichtsarbeit wird diese Thematik für einmal ausgeklammert, und die Primärprävention durch kardiales Screening wird in den Vordergrund gestellt.

Trotz inzwischen guter Daten- und Studienlage herrscht immer noch kein globaler Konsens bezüglich der anzustrebenden Screening-Strategie [5–8]. Die in diesem Artikel formulierten Überlegungen und ein spezifisches Ausleuchten des entscheidenden Screening-Tools, des Ruhe-EKG, sollen den Standpunkt der grossen Sportverbände und der «Sports Cardiology Section» der Europäischen Gesellschaft für Kardiologie begründen.

Die Entwicklung des kardialen Screenings von Sportlern

Vorreiter aus klinischer wie auch wissenschaftlicher Sicht waren Ende der siebziger Jahre die italienischen Kollegen: Das Problem des plötzlichen Herztods im Sport wurde damals erkannt. Nach Definition der Ursachen der fatalen Ereignisse bei jungen Sportlern wurde ein entsprechendes Screening-Konzept mit Nachdruck umgesetzt [11, 12]. So wurde gar gesetzlich verankert, dass alle Sportler, die kompetitiven Sport betreiben, sich einer kardialen Vorsorgeuntersuchung zu unterziehen haben. Diese Strategie hat bis heute Bestand. Erst bei negativem Screening-Resultat kann eine Sport-erlaubnis bzw. die offizielle Lizenz ausgestellt werden.

Auch die Anamnese und eine fokussierte klinische Untersuchung sind global akzeptierte Bestandteile des Basis-Screenings (beispielsweise orientiert an den Richtlinien der European Society of Cardiology oder des Internationalen Olympischen Komitees: *Lausanne Recommendations* [6, 7]). Gerade die italienischen Langzeitdaten demonstrieren jedoch die zentrale und entscheidende Bedeutung des EKG. So konnten mittels EKG neben den Ionenkanalerkrankungen und Reizleitungsstörungen die meisten der zugrundeliegenden angeborenen Kardiopathien, insbesondere die hypertrophe Kardiomyopathie (HCM) und die Arrhythmogene Rechtsventrikuläre Kardiopathie/Dysplasie (ARVC/D), zuverlässig detektiert werden und die zuvor alarmierend häufig fatalen kardialen Ereignisse relevant und auf das Niveau der Normalbevölkerung reduziert werden [11–13].

Dieses Screening-Konzept wird seit Jahrzehnten bei einer grossen Kohorte von Athleten unterschiedlichen Leistungsniveaus und verschiedener Sportarten durchgeführt. Die Langzeitdaten sind überzeugend. Doch noch ruft der Einsatz des Ruhe-EKG im Basis-Screening viele Kritiker auf den Plan. Sie stellen der potentiellen Detektion der meisten hereditären Kardiopathien die zumindest früher nicht von der Hand zu weisende hohe Zahl falsch positiver Befunde gegenüber, die zu unnötigen, die Athleten verunsichernden und kostentreibenden Zusatzuntersuchungen führen, um eine Verdachtsdiagnose zu widerlegen [5].

Das Ruhe-EKG als «crux of the matter»

Trotz teilweise berechtigtem Widerstand (von vor allem nordamerikanischen Fachgesellschaften) implementierte unter anderem die Europäische Gesellschaft für Kardiologie (ESC) 2010 Empfehlungen, wie die EKG-Interpretation in einem kardialen Screening umgesetzt werden sollte [14].

Auch die grossen Sportverbände, wie etwa der Weltfussballverband FIFA, schlossen sich früh der Strategie mit Integration der EKG-Untersuchung an, während die kritischen Stimmen aufgrund der zwar unumstrittenen Sensitivität, aber je nach Interpretationsansatz ungenügenden Spezifität der Untersuchung an einem Basis-Screening festhielten und weiterhin festhalten, das neben der Anamneseerhebung lediglich einen fokussierten klinischen Status beinhaltet [5, 8]. Dadurch lässt sich zwar zweifelsohne die Spezifität erhöhen, doch die Sensitivität des kardialen Screenings fällt durch diese Massnahme auf ein inakzeptabel tiefes Niveau ab.

Baggish und Kollegen lieferten dazu eindrückliche Zahlen [15]: Während die nordamerikanische Strategie

(ohne EKG) zwar eine Spezifität von 94,4% (95% CI, 92,0 bis 96,2%) erreichte, zeigte sich eine sehr tiefe Sensitivität des kardialen Screenings von lediglich 45,5% (95% CI, 16,8 bis 76,2%). Das «europäische» Konzept mit Integration des EKG, das nach den damaligen Interpretationsrichtlinien der ESC beurteilt wurde, erreichte eine sehr gute Sensitivität von 90,9% (CI, 58,7 bis 99,8%). Aufgrund falsch positiv interpretierter EKG-Untersuchungen in bis zu 16,9% ist die Spezifität dabei mit 82,7% (CI, 79,1 bis 86,0%) aber relativ tief [15]. Gerade bei Sportlern afro-karibischer Abstammung führen die ursprünglichen ESC-Kriterien zu einer weiteren Zunahme (falsch-) positiver EKG-Befunde [16–18].

Zweifelsohne ist eine derart hohe Rate an falsch positiven Befunden problematisch. Doch der Ansatz, eine Untersuchung aufgrund ungenügender Spezifität zu übergehen, dadurch aber über die Hälfte der theoretisch detektierbaren Erkrankungen zu übersehen, ist in unseren Augen nicht vertretbar.

Die Lösung dieses Dilemmas konnte nur dahingehend gesucht werden, die Spezifität des teilweise durch die physiologischen Adaptionen im Rahmen eines Sportherzens schwierig zu interpretierenden Ruhe-EKG bei jungen Sportlern zu verbessern. Dies wurde mit dem Überarbeiten der ESC-Richtlinien von Uberoi und Kollegen getan, was die Spezifität der Untersuchung bereits etwas verbesserte [19]. Doch bezeichnenderweise war es mit Jonathan Drezner ein Sportmediziner und kein Kardiologe, auf dessen Initiative die sogenannten «Seattle Criteria» entwickelt wurden, die aktuell akkuratesten Richtlinien zur Interpretation von Sportler-EKG [20–23].

Erstmals 2012 kamen in Seattle, Washington, international anerkannte Sportkardiologen und Experten der EKG-Interpretation zusammen, um die aktuellen Richtlinien zu verbessern. Dabei wurden Vertreter aus Europa, hauptsächlich aus dem Kreise der «Section of Sports Cardiology» der ESC, Experten aus dem Mittleren Osten, Südamerika und vor allem auch von den bekannten nordamerikanischen Hochschulen eingeladen. Dies gilt es besonders hervorzuheben, da doch gerade aus Nordamerika die kritischen Stimmen hinsichtlich Integration des EKG in das Basis-Screening herrühren und dort auch heute die zwei grossen kardiologischen Fachgesellschaften am herkömmlichen Regime offiziell festhalten [5].

Zuverlässige Richtlinien auch für «Nicht-Kardiologen»

Drezner erkannte als Sportarzt, dass EKG-Richtlinien für Ärzte geschrieben werden müssen, die sich nicht regelmässig in der Interpretation der EKG-Befunde von

Sportlern üben, um die Spezifität der Untersuchung nachhaltig zu verbessern.

Primäres Ziel war es deshalb, durch regelmässigen Sport bedingte und somit physiologische EKG-Veränderungen zu definieren (Tab. 1).

Eindeutig pathologische EKG-Veränderungen wurden einerseits strukturellen, andererseits elektrischen Kardiopathien zugeordnet (Tab. 2 und 3). Die 2012/13 im *British Journal of Sports Medicine* (BJSM) publizierten Seattle-Kriterien umfassten somit mehrere Einzelpublikationen [20–23].

Physiologische Veränderungen beim jungen Sportler (Tab. 1)

Physiologische EKG-Veränderungen ohne Krankheitswerte sind bei Sportlern sehr häufig (bis zu 60%). Sie sind auf physiologische Veränderungen im Rahmen eines «Sportherzens» mit elektrischem und strukturellem Remodelling zurückzuführen [21].

Auf eine primär elektrische Kardiopathie hinweisende EKG-Veränderungen (Tab. 2)

Hereditäre primäre Arrhythmiesyndrome, wie etwa Ionenkanalerkrankungen und weitere Reizleitungsstörungen, sind häufige Ursachen für fatale kardiale Ereignisse im Sport. Oftmals bleiben diese Athleten lange asymptomatisch, und einzig das EKG ermöglicht eine frühzeitige und häufig auch akkurate Diagnostik. Insbesondere die im Vergleich zu den ursprünglichen ESC-Richtlinien deutlich grosszügigeren Normwerte für die QTc-Intervalle führten zu einer massiven Reduktion der «pathologischen» Befunde.

Auf eine primär strukturelle Kardiopathie hinweisende EKG-Veränderungen (Tab. 3)

Eine Publikation im Rahmen der «Seattle Criteria» befasst sich mit EKG-Veränderungen, die primär strukturelle Kardiopathien, wie etwa Kardiomyopathien, suggerieren.

Erfolg der Seattle-Kriterien

Aufgrund zahlreicher neuerer Daten konnte gezeigt werden, dass durch die akkurate Anwendung der «Seattle Criteria» die Anzahl pathologischer EKG-Befunde im Vergleich zu den ESC-Richtlinien von 17 auf 4% gesenkt werden konnte, und dies obwohl gleichzei-

Tabelle 1: Normale EKG-Befunde bei Athleten. Diese EKG-Veränderungen stellen physiologische Adaptationen dar, die aufgrund regelmässigen Trainings als Normalvariante bei Athleten auftreten können. Bei asymptomatischen Athleten mit isoliertem Auftreten eines oder mehrerer dieser Kriterien sind keine weiterführenden Abklärungen notwendig. (Adaptiert nach Drezner JA, Fischbach P, Froelicher V, Marek J, Pelliccia A, et al. Normal electrocardiographic findings: recognising physiological adaptations in athletes. *Br J Sports Med.* 2013;47:125–36, mit freundlicher Genehmigung.)

1.	Sinusbradykardie (Herzfrequenz $\geq 30/\text{min}$)
2.	Sinusarrhythmie
3.	Ektoper atrialer Rhythmus
4.	Junktionaler Ersatzrhythmus
5.	AV-Block Grad 1 (PQ-Zeit > 200 ms)
6.	AV-Block Grad 2, Typ Wenckebach
7.	Inkompletter Rechtsschenkelblock
8.	Isolierte QRS-Amplituden-Kriterien für linksventrikuläre Hypertrophie (cave Ausnahme: falls zusammen mit weiteren Kriterien für linksventrikuläre Hypertrophie wie Vergrösserung des linken Vorhofs, überdrehter Linkslagetypp, ST-Senkung, T-Wellen-Inversion oder pathologischer Q-Welle)
9.	Frührepolarisation («Early Repolarisation»): ST-Hebung, J-Punkt Hebung, J-Welle oder «verzogener» terminaler QRS-Komplex: «Slurring»)
10.	Konvexe ST-Hebung («domed») zusammen mit T-Wellen-Inversion in Ableitung V1–V4 bei schwarzen/afrikanischen Athleten

Tabelle 2: Abnorme EKG-Befunde, die auf eine primär elektrische Pathologie hinweisen. Diese EKG-Veränderungen entstehen nicht aufgrund eines regelmässigen Trainings und stellen keine physiologischen Adaptationen dar. Sie lassen eine pathologische kardiovaskuläre Krankheit vermuten und benötigen deshalb weiterführende Abklärungen. Amplitude 1 mm entspricht 0,1 mV. (Adaptiert nach Drezner JA, Ackerman MJ, Cannon BC, Corrado D, Heidbuchel H, Prutkin JM, et al. Abnormal electrocardiographic findings in athletes: recognising changes suggestive of primary electrical disease. *Br J Sports Med* 2013;47:153–167, mit freundlicher Genehmigung.)

EKG-Befund	Definition
1. Ventrikuläre Präexzitation	PQ-Zeit < 120 ms mit Delta-Welle und breitem QRS-Komplex (> 120 ms)
2. Lange QT-Zeit*	QTc ≥ 470 ms (männlich), QTc ≥ 480 ms (weiblich), QTc ≥ 500 ms (immer)
3. Kurze QT-Zeit*	QTc ≤ 320 ms
4. Brugada-ähnliches EKG	Hoher ST-Abgang und deszendierende ST-Streckenhebung ≥ 2 mm, gefolgt von einer negativen T-Welle in mindestens 2 benachbarten EKG-Ableitungen (V1–V3)
5. Sinusbradykardie	Herzfrequenz $< 30/\text{min}$ oder Sinuspausen ≥ 3 s
6. Atriale Tachyarrhythmien	Supraventrikuläre Tachykardie, Vorhofflimmern, Vorhofflattern
7. Ventrikuläre Extrasystolen	≥ 2 pro 10 s EKG-Aufzeichnung
8. Ventrikuläre Arrhythmien	Couplet, Triplet, nicht anhaltende ventrikuläre Tachykardie

* QTc-Zeit idealerweise bei einer HF von 60–90/min gemessen. EKG-Wiederholung nach leichter aerober Aktivität erwägen für grenzwertige oder abnorme QTc-Zeit bei einer Herzfrequenz $< 50/\text{min}$.
QTc: korrigierte QT-Zeit.

Tabelle 3: Abnorme EKG-Befunde, die auf eine Kardiomyopathie hinweisen. Diese EKG-Veränderungen entstehen nicht aufgrund eines regelmässigen Trainings und stellen keine physiologischen Adaptationen dar. Sie lassen eine pathologische kardiovaskuläre Krankheit vermuten und benötigen deshalb weiterführende Abklärungen. Amplitude 1 mm entspricht 0,1 mV. (Adaptiert nach Drezner JA, Ashley E, Baggish AL, Börjesson M, Corrado D, Owens DS, et al. Abnormal electrocardiographic findings in athletes: recognising changes suggestive of cardiomyopathy. Br J Sports Med 2013;47:137-152, mit freundlicher Genehmigung.)

EKG-Befund	Definition
1. T-Wellen-Inversion	>1 mm Tiefe in 2 oder mehr Ableitungen in V2–V6, II und aVF oder I und aVL (mit Ausnahme III, aVR und V1)
2. ST-Senkung	≥0,5 mm Senkung in 2 oder mehr Ableitungen
3. Pathologische Q-Zacke	>3 mm Tiefe oder >40 ms Dauer in 2 oder mehr Ableitungen (mit Ausnahme III und aVR)
4. Kompletter Linksschenkelblock	QRS ≥120 ms, mehrheitlich negativer QRS-Komplex in V1 (QS oder rS) und monophasische, steil ansteigende R-Zacken in I und V6
5. Intraventrikuläre Reizleitungsstörung	jede QRS-Verbreiterung ≥140 ms
6. Überdrehter Linkslagetyp	–30° bis –90°
7. Linksatriale Vergrößerung	P-Welle >120 ms in I oder II mit negativem P-Wellen-Anteil ≥1 mm und ≥40 ms Dauer in V1
8. Rechtshypertrophiezeichen	überdrehter Rechtslagetyp und R in V1 + S in V5 >10,5 mm
9. Ventrikuläre Extrasystole	≥2 pro 10 s EKG-Aufzeichnung
10. Ventrikuläre Arrhythmien	Couplet, Triplet, nicht anhaltende ventrikuläre Tachykardie

tig keine Einbusse bezüglich Sensitivität der Untersuchung in Kauf genommen werden musste [24]. Ausserdem berücksichtigten die Seattle-Kriterien erstmals ethnisch bedingte Normvarianten, wie etwa T-Inversionen über V1–V4 mit vorangehender ST-Hebung bei Athleten afro-karibischer Herkunft [20–23].

Die «revidierten» Kriterien 2015

Durch die nun seit längerer Zeit klinisch breit etablierte Anwendung der «Seattle Criteria» konnten in den letzten Jahren wichtige Erfahrungen gesammelt werden [24–26]. Dabei rückten insbesondere EKG-Kri-

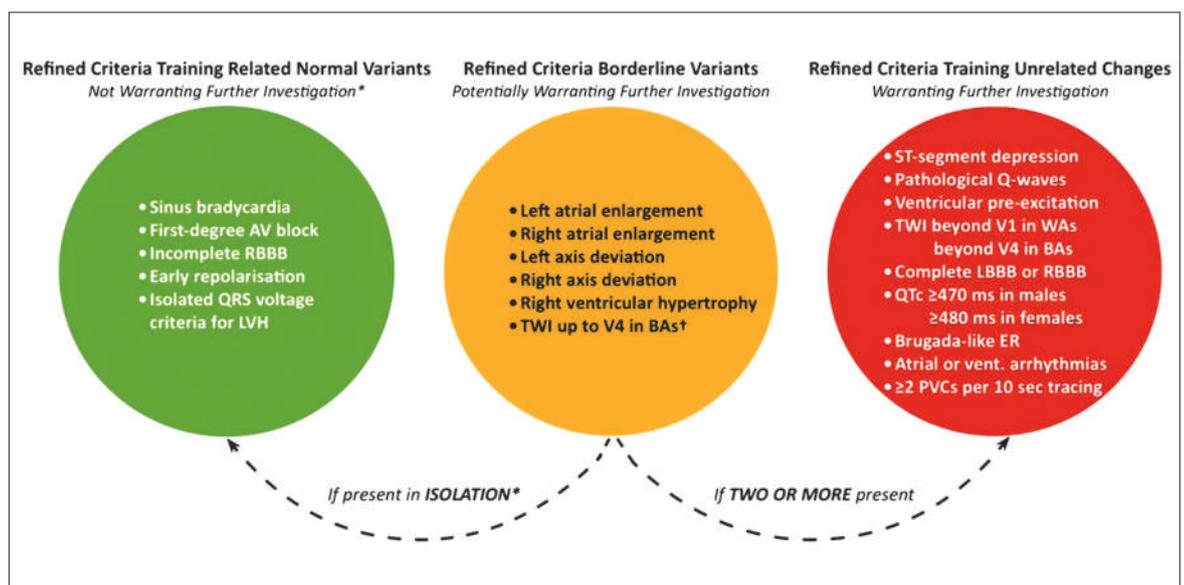


Abbildung 1: Die sogenannten «Refined Criteria». Eine Gruppe «grenzwertiger» Veränderungen ist in isolierter Form als benigne anzusehen. Das Auftreten mehrerer Veränderungen aus dieser Gruppe suggeriert jedoch eine Kardiopathie. (From: Sheikh N, Papadakis M, Ghani S, Zaidi A, Gati S, et al. Comparison of electrocardiographic criteria for the detection of cardiac abnormalities in elite black and white athletes. Circulation. 2014;129(16):1637–4. Reprint with permission. Promotional and commercial use of the material in print, digital or mobile device format is prohibited without the permission from the publisher Wolters Kluwer Health. Please contact healthpermissionswolterskluwer.com for further information.)

terien in den Fokus, die bisher in einem Graubereich hinsichtlich Signifikanz lagen und teilweise nur deshalb in den Seattle-Kriterien verankert wurden, weil damals die Datenlage nicht konklusiv erschien. Die Gruppe um Sanjay Sharma publizierte in diesem Zusammenhang Daten, die eben diese EKG-Kriterien bei einer grossen Zahl von Athleten untersuchte [27]. Die Quintessenz der Untersuchungen stellten die sogenannten «Refined Criteria» dar, also eine weitere Adaption der aktuell geltenden EKG-Interpretations-Richtlinien (Abb. 1). Konkret zeigten sich EKG-Muster, wie etwa eine isolierte (links- oder rechts-)atriale Dilatation, eine isolierte Achsendeviation oder Hinweise für eine rechtsventrikuläre Dilatation mit einer extrem tiefen Wahrscheinlichkeit für eine tatsächlich zugrundeliegende Pathologie.

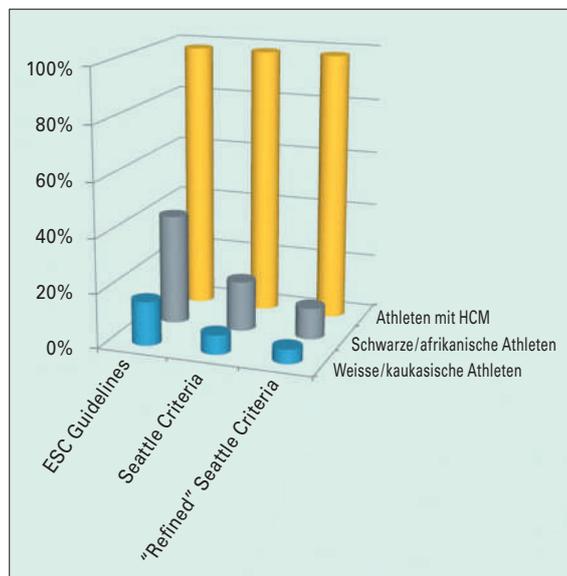


Abbildung 2: Pathologische EKG-Befunde in einer grossen multi-ethnischen Sportlerkohorte: Die ESC-Empfehlungen führten zu der Verdachtsdiagnose einer Kardiopathie bei 16,2% der weissen und 40,4% der schwarzen Athleten. Aufgrund der «Seattle Criteria» konnten die pathologischen EKG-Befunde auf 7,1% bei weissen und 18,4% bei schwarzen Sportlern reduziert werden. Die «Refined Criteria» schliesslich führten zu einer weiteren Reduktion der pathologischen Befunde bei weissen (5,3%) und schwarzen Sportlern (11,5%). Alle drei Interpretations-Strategien identifizierten 98,1% der Athleten mit hypertropher Kardiomyopathie [25].

Obwohl diese EKG-Charakteristika in den «Refined Seattle Criteria» keine Berücksichtigung finden, liessen sich in dieser Studie 98,1% einer Subgruppe von Athleten mit bekannter hypertropher Kardiomyopathie mittels EKG identifizieren [27].

Die gleiche Gruppe untersuchte die «refined» Kriterien in einem grossen Kollektiv von über 2400 Sportlern verschiedener Ethnien [25]: Als Schlüsselergebnis dieser Studie fand sich eine deutlich reduzierte Prävalenz von pathologischen EKG-Befunden (5,3% bei weissen Athleten) im Vergleich zu den «Original» Seattle-Kriterien (11,6%) und den ESC-Richtlinien von 2010 (22,3%), während durch die Anwendung aller drei Kriterien sämtliche relevanten Pathologien mittels EKG erkannt wurden (98,1% Sensitivität) [25]. Verglichen mit den klassischen ESC-Empfehlungen konnte durch die Anwendung der «refined» Kriterien die Spezifität der EKG-Untersuchung bei schwarzen Athleten von 40,3 auf 84,2% und bei weissen Athleten von 73,8 auf 94,1% gesteigert werden.

Auch wenn bei schwarzen Athleten afro-karibischer Abstammung die Anzahl positiver EKG-Befunde immer noch etwa doppelt so hoch ist wie bei weissen Sportlern kaukasischer Ethnie, konnte die Spezifität bei erhaltener optimaler Sensitivität, was ja die unbestrittene Stärke der Untersuchung darstellt, massiv erhöht werden. Somit gehen den Kritikern der Methode wichtige Argumente aus, und es bleibt zu hoffen, dass auch bei den grossen amerikanischen Fachverbänden ein Umdenken stattfindet, das die Integration des EKG im kardialen Screening ermöglicht.

Nicht zuletzt aufgrund dieser eindrücklichen Daten fand im Februar 2015 eine zweite Expertenkonsensuskonferenz in Seattle statt, welche die «refined» Kriterien implementierte und eine entsprechend adaptierte Form der Empfehlungen erarbeitete. Die Publikation ist dieses Jahr geplant.

Disclosure statement

No financial support and no other potential conflict of interest relevant to this article was reported.

References

- Die komplette Literaturliste ist im PDF der Online-Version des Artikels unter www.cardiovascmed.ch zu finden.

Correspondence:
Michael J. Schindler, M.D.
UniversitätsSpital Zürich
CH-8091 Zürich
[michael.schindler\[at\]usz.ch](mailto:michael.schindler[at]usz.ch)