

# Repolarisationsstörungen im EKG: in jedem Fall Koronarerkrankung?

Lucien Weiss, Jean Jacques Perrenoud

Service de médecine interne et de réhabilitation, Hôpital des Trois-Chêne, Thônex/Genève

## Quintessenz

- Repolarisationsstörungen im EKG sind häufig; oft sind sie unspezifisch.
- Für den praktizierenden Arzt sind sie meist Warnsignal einer Koronarerkrankung. Es ist aber auch an andere Erkrankungen und an physiologische Veränderungen zu denken.
- Eine ST-Hebung sieht man bei STEMI, linksventrikulärer Hypertrophie oder auch bei Perikarditis.
- Eine ST-Senkung ist typisch für den NSTEMI, findet sich aber auch bei Hypokaliämie oder bei Digoxinbehandlung.
- Eine negative T-Welle, wie sie beim NSTEMI gewöhnlich vorliegt, beobachtet man auch bei Lungenembolie oder Stress-Kardiomyopathie.

## Einleitung

Repolarisationsstörungen (ST-Strecke und T-Welle) treten häufig auf und müssen daher richtig interpretiert werden. Oft sind sie Anzeichen eines akuten Koronarsyndroms, manchmal aber handelt es sich um unspezifische Symptome anderer Erkrankungen [1], oder sie können sogar physiologisch sein. Wie schwierig es ist, sie zu interpretieren, zeigt eine Studie von 116 EKGs mit ST-Hebung, die von internationalen Experten ausgewertet wurden, wobei die durchschnittliche Sensitivität und Spezifität bei der Abgrenzung einer ischämischen Ursache bei 75 bzw. 85% lag [2]. Bei fehlerhafter Interpretation kann das für den Patienten notfallmässige unnütze Zusatzuntersuchungen zur Folge haben [3]. Interessanter-




weise wurden selbst «leichte» ST-T-Anomalien mit erhöhter langfristiger Mortalität an kardiovaskulären Erkrankungen in Zusammenhang gebracht [4].

Ziel dieses Beitrags ist es, die typischen EKG-Veränderungen bei koronaren Erkrankungen in Erinnerung zu rufen und dann die Differentialdiagnose nichtkoronarer Ursachen zu erörtern.

## Störungen bei koronaren Erkrankungen

Veränderungen der ST-Strecke zeigen eine schwerere Ischämie an als diejenigen der T-Welle. Deshalb wird bei ST-Hebung von transmuraalem und bei ST-Senkung von subendokardialen Infarkt gesprochen.

### ST-Hebung

Sie ist typisches Anzeichen für einen Myokardinfarkt vom Typ STEMI und spricht für eine transmurale Läsion. Gemessen wird sie am J-Punkt im EKG, dem Übergang zwischen QRS-Komplex und ST-Strecke. Die Definition beruht auf einem Konsensus aus dem Jahr 2007 [5], ergänzt 2009, wo bei Männern auch das Alter miteinbezogen wurde [6] (Tab. 1 ). Die Form ist hier *konvex*, und dazu kommen «Spiegelbilder» (Tab. 2 ). In den peripheren Ableitungen entspricht einer ST-Hebung in aVL eine ST-Senkung in III / aVF (Abb. 1 ) und umgekehrt [7]. In den Brustwandableitungen verhält es sich

### Abkürzungen

AKS = akutes Koronarsyndrom  
CVA = zerebrovaskulärer Insult  
LSB = Linksschenkelblock  
LVH = linksventrikuläre Hypertrophie  
NSTEMI = Myokardinfarkt ohne ST-Hebung  
STEMI = Myokardinfarkt mit ST-Hebung




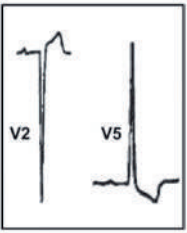
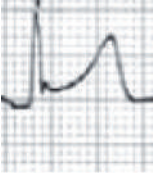


Lucien Weiss

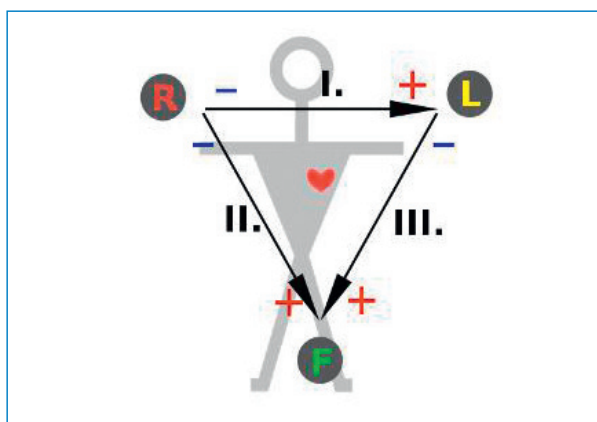
Die Autoren haben keine finanzielle Unterstützung und keine anderen Interessenskonflikte im Zusammenhang mit diesem Beitrag deklariert.

**Tabelle 1. EKG-Veränderungen bei Myokardischämie (ohne LVH und LSB, in zwei benachbarten Ableitungen).**

	Thygesen 2007	Wagner 2009
ST-Hebung	Bei Frauen $\geq 0,15$ mV (1,5 mm) in V2–V3 $\geq 0,1$ mV in anderen Ableitungen	Idem <i>bei Frauen</i>  Bei Männern $\geq 40$ Jahre $\geq 0,2$ mV in V2–V3 0,1 mV in anderen Ableitungen  Bei Männern $< 40$ Jahren $\geq 0,25$ mV in V2–V3
ST-Senkung	$\geq 0,05$ mV (horizontal oder abfallend)	$\geq 0,05$ mV in V2–V3 $\geq 0,1$ mV andere Ableitungen
Inversion der T-Welle	$\geq 0,1$ mV (in 2 benachbarten Ableitungen mit ausgeprägtem R- oder R/S-Verhältnis $> 1$ )	

**Tabelle 2. Verschiedene Typen von ST-Hebung. Adaptiert nach [27].**

	STEMI	LVH	Vorzeitige Repolarisation	LSB	Perikarditis
EKG					
Form	– Konkav – Aus R-Welle entspringend	– Konkav – Tiefe von S proportional zu ST-Hebung	Konkav	– Konkav – Diskordanz ST und QRS	Konkav
Lokalisation	Je nach betroffenem Gebiet	V1→V3	V4 («notch»)	V1–V2 oder V3 allein	Diffus
Weitere dazugehörige Anomalien	– Q-Welle	– ST Senkung V5–V6	– Spitze T-Wellen – PR-Senkung (weniger als bei Perikarditis)	– ST-Senkung V4–V6	– PR-Senkung – ST/T >0,25 in V6 – keine Konkordanz zwischen erhöhtem ST und negativem T wie bei STEMI – Fehlen der Q-Welle
Periphere Spiegelbilder	– Inferiorer Infarkt: ST in III höher als in II – ST-Senkung in aVL		– ST in II höher als in III – ST-Senkung in aVR, aber nicht in aVL		– ST-Senkung in aVR ± (minimal) in V1



**Abbildung 1**  
Einthoven-Dreieck.

gleich zwischen V1/V2 und V5/V6. Bei ischämischen Prozessen sind die *EKG-Veränderungen dynamisch und durchlaufen verschiedene Stadien*; es kann eine Nekrose-Q-Zacke erscheinen, und die T-Welle kann negativ werden.

**ST-Senkung**

Sie ist charakteristisch für den NSTEMI und zeigt eine subendokardiale Läsion an. Häufig geht sie mit einer Abflachung oder Inversion der T-Welle einher.

**T-Welle**

Eine symmetrische, spitze T-Welle (>50% der R-Welle) in mindestens zwei benachbarten Ableitungen ist ein seltenes Frühsymptom einer subendokardialen Ischämie, das nur ein paar Minuten andauert. Beim NSTEMI findet sich in der Regel eine Inversion der T-Welle, vor

allem in den Brustwandableitungen, wo sie oft auch tief ist (subepikardiale Ischämie). Eine Inversion der T-Welle kann auch Anzeichen für die Entwicklung eines STEMI sein. Sie kann sich in diesen Fällen nach Tagen oder Wochen normalisieren oder aber persistieren. Bleibt sie über ein Jahr bestehen, ist sie zusammen mit Q-Wellen Zeichen für eine transmurale Nekrose und abgestorbenes Myokard [8].

**Nichtkoronar bedingte Veränderungen**

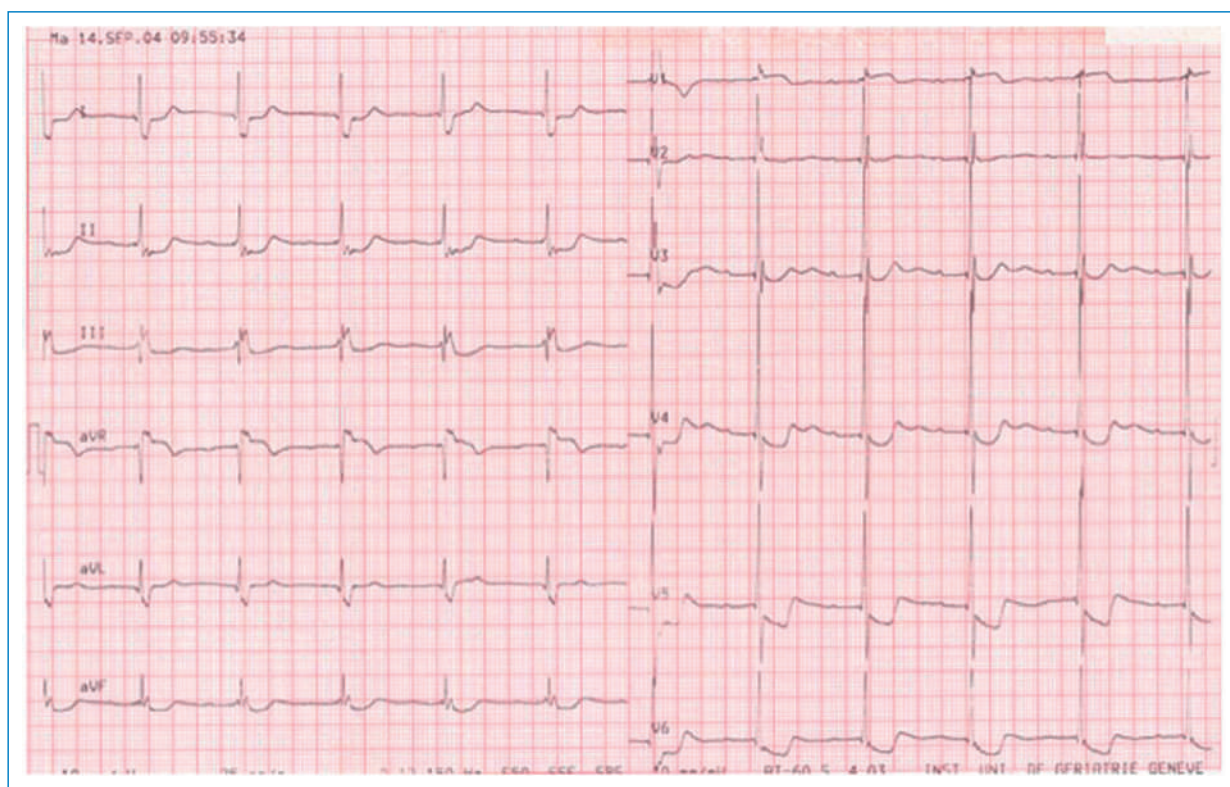
**Pathologisch**

*ST-Hebung (Tab. 2)*

*LVH:* Die LVH manifestiert sich zwar hauptsächlich durch eine erhöhte Amplitude der Ausschläge (objektiviert anhand des Sokolow-Index: S in V1 + R in V5 oder V6 ≥3,5 mV [35 mm]), kann aber auch die Repolarisation beeinflussen. Bei Patienten mit Thoraxschmerzen kann sie in bis zu 30% der Fälle ein ischämisches Geschehen vortäuschen. Typisch sind eine *konkave* ST-Hebung von V1 bis V3 mit stark ausgeprägter T-Welle [9, 10] sowie eine ST-Senkung in V5–V6.

Diese als Überlastung («strain») bezeichneten Anomalien (vorzuziehen wäre der Ausdruck LVH mit ST-T-Veränderungen) sind Ausdruck einer subendokardialen Ischämie mit schlechter Prognose [11]. Hinzu kommt eine vergrößerte Ventrikelmasse [12, 13].

*Perikarditis:* Man unterscheidet 4 Stadien der Perikarditis: Stadium I (PR ↓, ↑ST), Stadium II (PR und ST↔), Stadium III (diffuse Inversionen der T-Wellen) und Stadium IV mit Wiederherstellung des ursprünglichen EKG. Die konkave ST-Hebung und PR-Senkung finden sich




**Abbildung 2**  
Digitalis-Intoxikation.


**Tabelle 3. Anomalien der ST-Strecke: Differentialdiagnose. Adaptiert nach [7–9].**

ST-HEBUNG	ST-SENKUNG
<b>Kardial</b>	<i>LVH/LSB*</i>
Ischämie	Schrittmacher (via atypischen LSB)
– Myokardinfarkt, Prinzmetal	Digoxin
– St. n. Infarkt (Aneurysma)	Hypokaliämie
Perikarditis	St. n. Elektrokonversion
Vorzeitige Repolarisation	CVA
<i>LVH/LSB</i> <sup>°</sup>	Myokardkontusion
Weitere (selten)	Lungenembolie (Rechtsherüberlastung)
– akute Myokarditis	Hyperventilation
– Myokardkontusion	
Vagotonus (Sinusbradykardie)	
St. n. Elektrokonversion	
Sekundäre Ursache: Schrittmacher (via atypischen LSB)	
Brugada	
Tako-Tsubo	
<b>ZNS</b>	
Intrakranielle Hämorrhagie	
CVA	
<b>Pulmonal</b>	
Massive Lungenembolie	
Hyperventilation	
<b>Medikamentös</b>	
Digoxin	
<b>Metabolisch</b>	
Hypothermie (Osborn-Welle)	
Mässige bis schwere Hyperkaliämie	
Hyperkalzämie	
<sup>°</sup> in re. Brustwandableitungen	
* in li. Brustwandableitungen	

*diffus* in allen Ableitungen mit Umkehrung in aVR und gewöhnlich in V1. Die PR-Senkung kann das erste und bei vielen Patienten einzige Anzeichen sein [14]. Das beste Kriterium zur Abgrenzung scheint das Verhältnis zwischen ST-Hebung in mm und Grösse der T-Welle in mm in V6 zu sein. Ein Verhältnis von über 0,25 ist mit einem positiven Voraussagewert von 100% assoziiert [15, 16].

Schliesslich sei differentialdiagnostisch an eine mässige Hyperkaliämie [17], massive Lungenembolie [18], Tako-Tsubo-Kardiomyopathie [19] und das Brugada-Syndrom Typ 1 erinnert (Tab. 3 .

#### *ST-Senkung*

Hier findet man die Hypokaliämie [20], weiter medikamentöse Ursachen, bestes Beispiel Digoxin (Abb. 2 ). Eine ST-Senkung und Inversion der T-Welle findet sich auch in 15% der Fälle von CVA in der akuten Phase ohne begleitende ischämische Kardiopathie [21].

#### *Negative T-Welle*

Bei negativer T-Welle in V2 und V3 sollte man an ein pathologisches Geschehen am rechten Ventrikel denken (Lungenembolie, Verbindung zwischen den Vorhöfen). Bei Stress-Kardiomyopathie (Tako-Tsubo) kommen tiefe, negative T-Wellen oft vor, speziell in den Brustwandableitungen. Sie sind in der Regel reversibel.

#### *Lungenembolie*

Das EKG ist hier unspezifisch und nicht sensitiv. Bei Patienten, die wegen Lungenembolie hospitalisiert wurden, findet man dagegen bei 68% eine T-Inversion in den Brustwandableitungen. Diese zeigt eine subepikardiale

Ischämie an («*subepicardial ischemic pattern*») und korreliert mit dem Schweregrad. Die Rückbildung dieses Phänomens geht zudem mit einer verbesserten Hämodynamik einher [22].

Schliesslich kann eine negative T-Welle, oft zusammen mit einer verlängerten QT-Strecke, ein Anzeichen für eine Subarachnoidalblutung sein. Überdies findet man sie selten auch bei Hypothyreose [20]. Klassisch ist sie beim Chatterjee-Effekt: Es handelt sich um eine negative T-Welle nach einer elektrischen Ventrikelstimulation durch einen Herzschrittmacher (Abb. 3 [6]).

### Physiologische Normvarianten

#### ST-Hebung

In einer Studie an 6014 gesunden Freiwilligen der U.S. Air Force (Alter 16–58 Jahre) zeigte das EKG in den Brustwandableitungen bei 91% der Probanden eine ST-Hebung von 1 bis 3 mm, am häufigsten in V2. Beim Mann nimmt die Häufigkeit dieses Phänomens mit zunehmendem Alter ab und erreicht ab dem 75. Altersjahr 30%. Bei Frauen beobachtet man dagegen eine geringere Prävalenz von etwa 20%, die aber mit dem Alter konstant bleibt. Beim Mann darf man daher eine

Hebung um 1 mm als normal betrachten («*male pattern*»).

Als Variante existiert die *vorzeitige Repolarisation* (siehe Tab. 2). Dabei besteht eine Hebung des J-Punktes bei normaler Ausprägung der ST-Strecke. Die Prävalenz wird bei sportlichen jungen Erwachsenen auf 1–5% geschätzt und ist vor allem bei Schwarzen hoch [23]. Eine ST-Hebung findet sich in den Brustwandableitungen, vor allem in V3–V6. Sie wird als konkav beschrieben mit möglichen reziproken Senkungen in aVR und spitzen T-Wellen [24]. Da auch eine vorzeitige Repolarisation der Vorhöfe vorkommt, kann man verkürzte, erniedrigte PR-Strecken antreffen.

Eine finnische Studie von 2009 hat die Gutartigkeit solcher Befunde in unteren und lateralen Ableitungen bei Personen mittleren Alters (44 Jahre) in Frage gestellt; sie fand ein erhöhtes kardiales Mortalitätsrisiko bei Patienten mit ST-Hebung von mindestens 1 mm [25].

#### Negative T-Welle

Beim Erwachsenen über 20 Jahre ist die normale T-Welle in der Ableitung aVR invertiert, positiv oder invertiert in aVL, III und V1, und positiv in I, V3–V6, dazu *asymmetrisch* [26]. Allgemein liegt die Polarität von

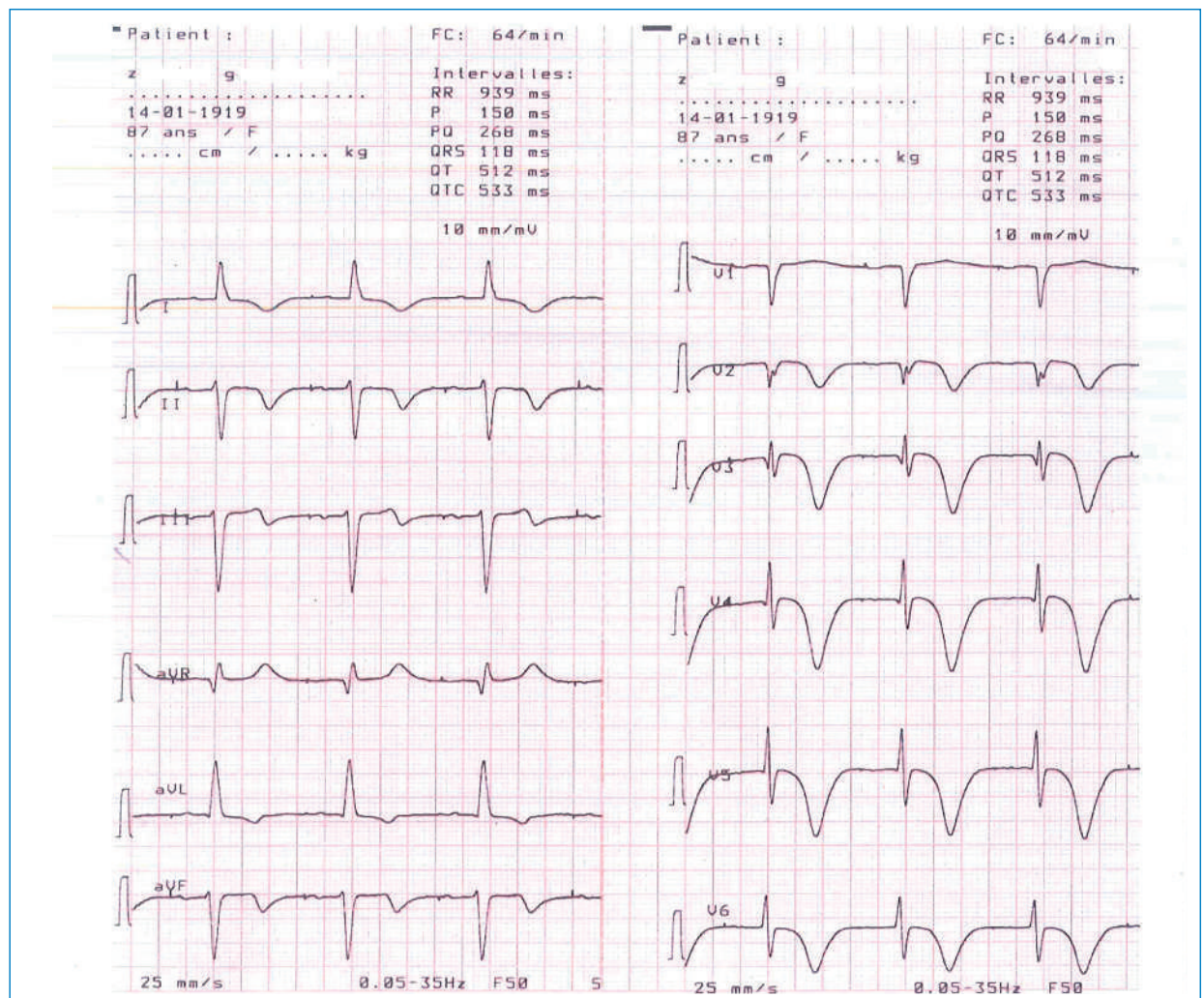



Abbildung 3  
Chatterjee-Effekt.



**Abbildung 4**  
Physiologische respiratorische Variationen.

ST-T gleich wie diejenige des vorangehenden QRS. In V5–V6 findet man bei weissen Probanden von 60 oder älter bei lediglich 2% eine leicht negative T-Welle (0,1 mV). In I ist ein negatives T meist pathologisch. In den Brustwandableitungen findet sich am gesunden Herzen eine negative T-Welle nur in V1 und überdies in V2 (V3) bei jungen Männern bis 25 und bei Frauen bis 35 [7]. Als Normvariante kann man ein negatives T in V2–V3 auch bei Sinusbradykardie und als Variante in Abhängigkeit vom Respirationszyklus finden (Abb. 4 )

### Schlussfolgerungen

Repolarisationsstörungen sind häufig und oft unspezifisch. Sicher ist es richtig, dass der Arzt in ihnen einen Warnhinweis für eine mögliche Koronarerkrankung

sieht. Trotzdem muss ein weites differentialdiagnostisches Spektrum pathologischer und physiologischer Ursachen mit in Betracht gezogen werden. Eine konvexe ST-Hebung mit Ausbreitung in bestimmten Gebieten zusammen mit einer dynamischen Entwicklung der EKG-Veränderungen lässt in erster Linie an einen STEMI denken. In jedem Fall muss die Beurteilung des EKG die spezifische klinische Gesamtsituation des Patienten miteinbeziehen.

#### Korrespondenz:

Dr. Lucien Weiss  
Service de médecine interne et de réhabilitation  
HUG  
CH-1226Thônex  
[lucien.weiss\[at\]hcuge.ch](mailto:lucien.weiss[at]hcuge.ch)

#### Literatur

- 6 Wagner GS, Macfarlane P, Wellens H, et al. AHA/ACCF/HRS recommendations for the standardization and interpretation of the electrocardiogram: part VI: acute ischemia/infarction: a scientific statement from the American Heart Association Electrocardiography and Arrhythmias Committee, Council on Clinical Cardiology; the American College of Cardiology Foundation; and the Heart Rhythm Society. Endorsed by the International Society for Computerized Electrocardiology. *J Am Coll Cardiol* 2009;53:1003–11.
- 7 Gertsch M. *The ECG A two-step approach to diagnosis*. Heidelberg: Springer Verlag; 2004.
- 20 Slovis C, Jenkins R. ABC of clinical electrocardiography: Conditions not primarily affecting the heart. *BMJ*. 2002;324:1320–3.
- 26 Rautaharju PM, Surawicz B, Gettes LS, et al. AHA/ACCF/HRS recommendations for the standardization and interpretation of the electrocardiogram: part IV: the ST segment, T and U waves, and the QT interval: a scientific statement from the American Heart Association Electrocardiography and Arrhythmias Committee, Council on Clinical Cardiology; the American College of Cardiology Foundation; and the Heart Rhythm Society: endorsed by the International Society for Computerized Electrocardiology. *Circulation*. 2009;119:e241–50.
- 27 Wang K, Asinger RW, Marriott HJ. ST-segment elevation in conditions other than acute myocardial infarction. *N Engl J Med*. 2003;349:2128–35.

Die vollständige nummerierte Literaturliste finden Sie unter [www.medicalforum.ch](http://www.medicalforum.ch).

### CME [www.smf-cme.ch](http://www.smf-cme.ch)

1. Eine ST-Hebung kann Anzeichen sein für:
  - A Lungenembolie.
  - B Myokardinfarkt.
  - C Perikarditis.
  - D Aneurysma des li. Ventrikels.
  - E Digoxinintoxikation.

2. Welches ist im EKG das sicherste Anzeichen für die akute Phase einer Perikarditis?
  - A Schräg abfallende PR-Strecke.
  - B Konkave ST-Hebung.
  - C Verhältnis ST/T >0,25 in V6.
  - D Negative T-Welle.
  - E Diffuse QRS-Verbreiterung.