



EKG-Grundlagen: 2015

W. Haverkamp

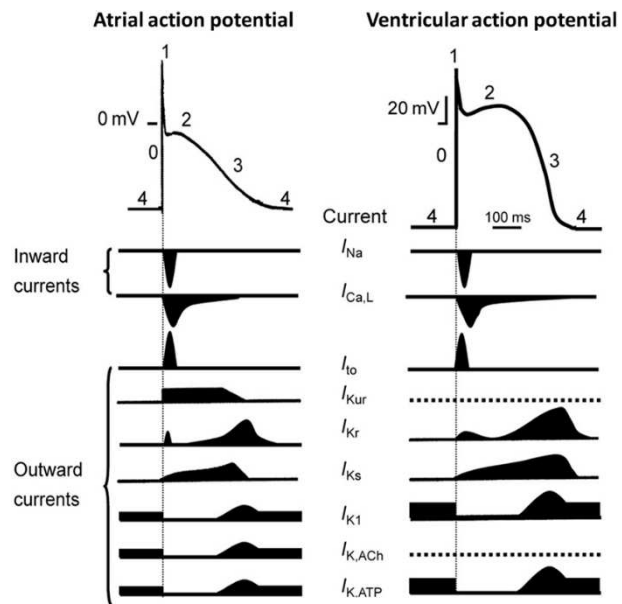
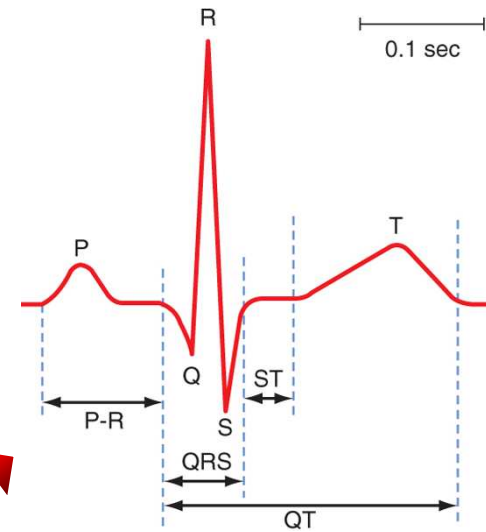
**Mediz. Klinik m. S. Kardiologie
Campus Virchow-Klinikum**



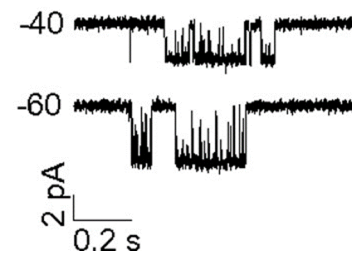
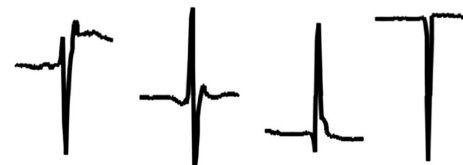
Wie gut kennen Sie sich mit dem EKG aus?

1. Ich bin Experte
2. Ich kenne mich gut aus
3. Ich kenne mich ausreichend aus
4. Ich bin auf dem Gebiet eher unsicher

EKG-Grundlagen



* Corroborated in human atria

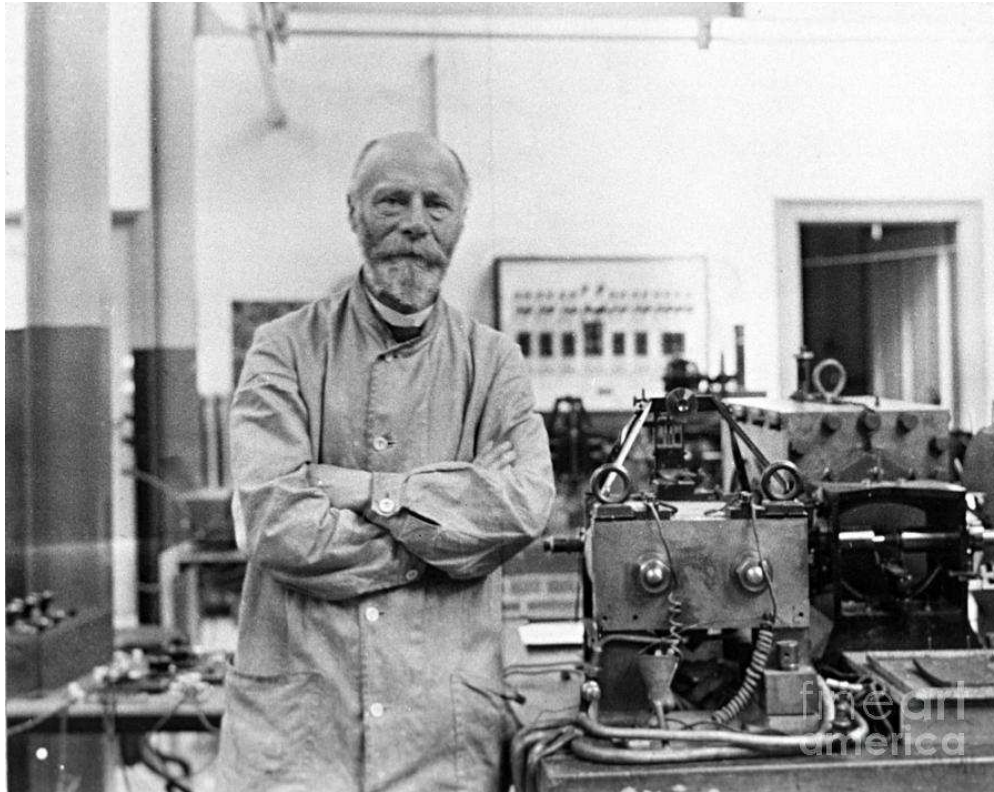


Inverses Problem

- Ein mathematisches Problem wird ein **inverses Problem** genannt, wenn man von einer beobachteten oder gewünschten **Wirkung** eines Systems auf die der Wirkung zugrunde liegende **Ursache** zurückschließen will. Inverse Probleme sind meistens sehr schwierig oder gar nicht lösbar.

www.wikipedia.de

Willem Einthoven (1860–1927)



Grundlegende Arbeiten:

1903: Saitengalvanometer;
PQRST; Ableitungen I, II, III

1908: Einthoven-Dreieck, Herzerkrankungen, Variabilität der Befunde, inkl. Einflussfaktoren, Lagetyp, Arrhythmien

1924: Nobel-Preis



Augustus Desiré Waller (1856-1922)

Grundlegende Arbeiten:

1887: Registrierung des ersten menschlichen EKGs; ABCD;

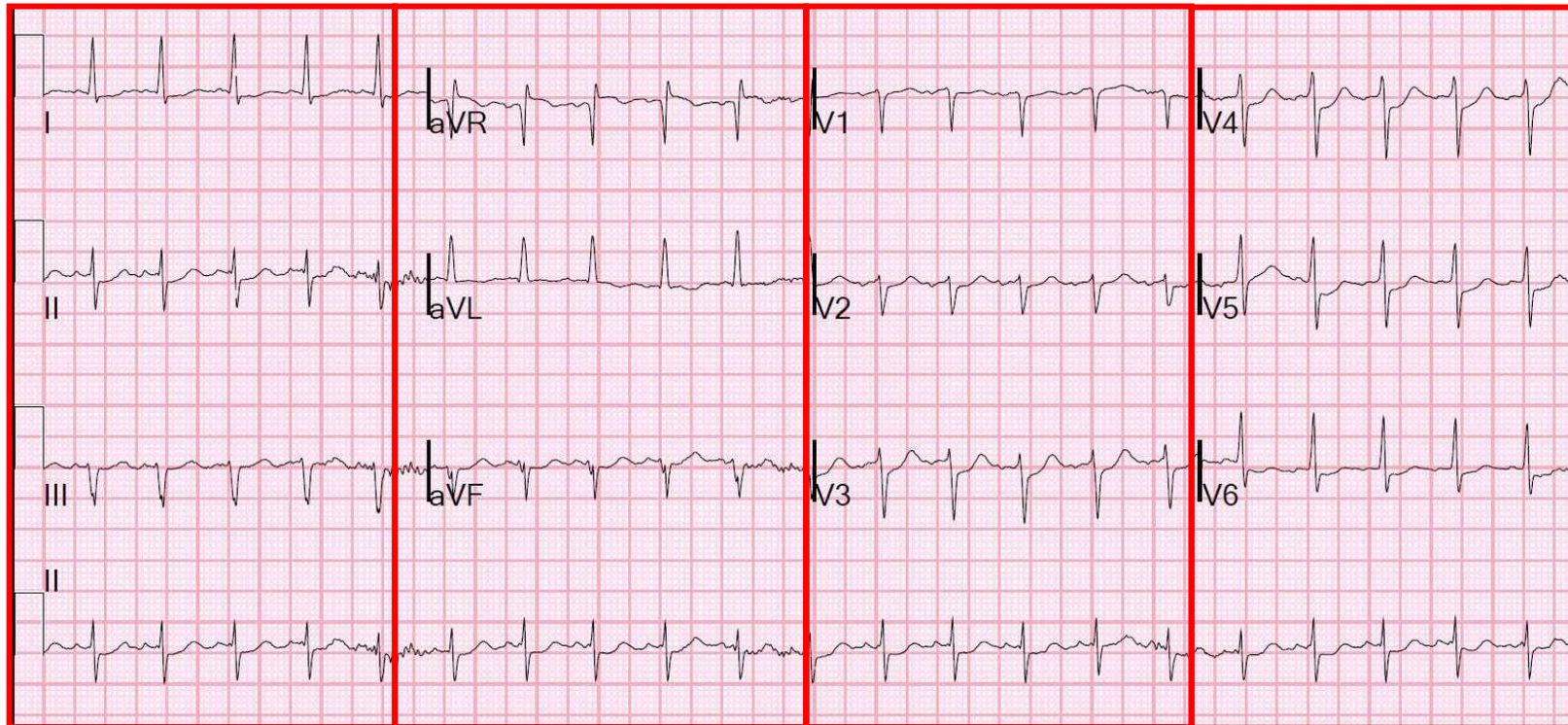
1889: Ableitung von der Brustwand, Dipol-Theorie

EKG - Heute

- Darüber hinaus fasziniert das EKG noch auf eine besondere Art: Es gleicht einer speziellen Schrift, deren Kenntnis dem Leser kompakt in wenigen Zeichen multiple Informationen vermittelt. Diese sind besonders interessant, weil sie unmittelbar den Schlüssel zum Verständnis einer Symptomatik oder Erkrankung liefern können.

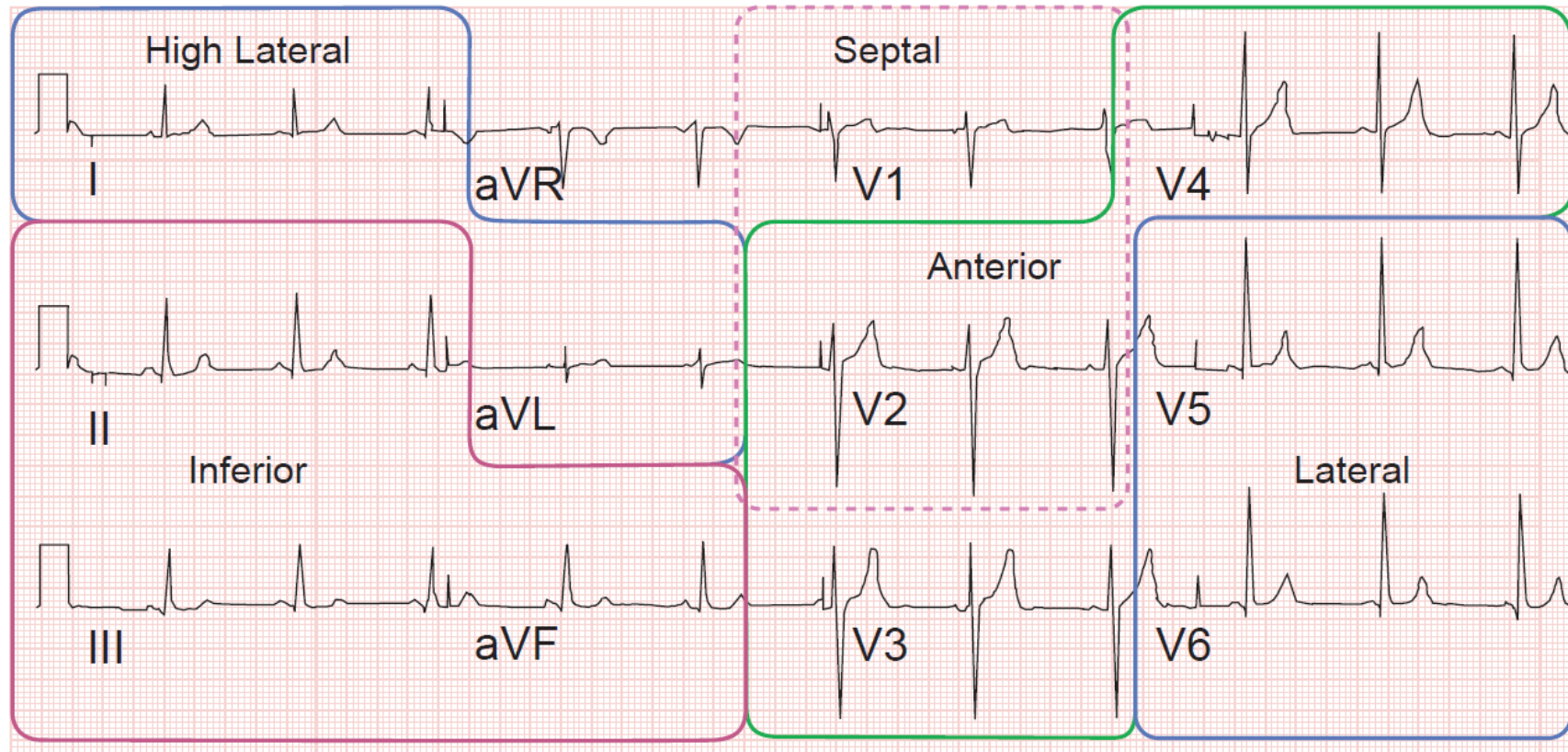
Israel, 2015

12-Kanal-EKG



9 Elektroden, 12 Ableitungen

EKG und Herzregion

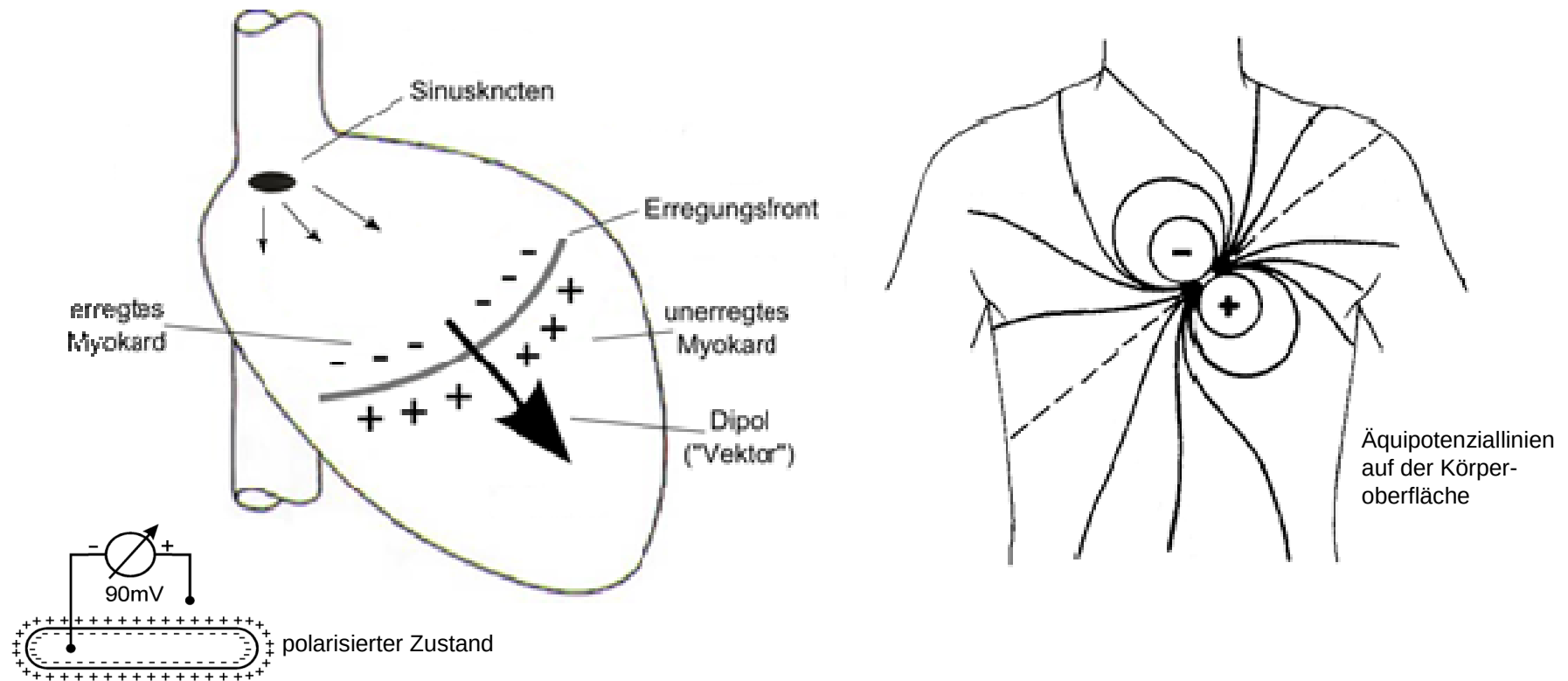


www.nottingham.ac.uk

Dipol- und Vektortheorie

- Einthoven stellte sich das elektrisch aktive Herz in erster Näherung als einen **Dipol** vor (**Dipol-Konzept**), d.h. eine Spannungsquelle mit zwei Polen unterschiedlicher Polarität (minus und plus)
- Das **erregte** Myokard verhält sich **elektronegativ**, das **unerregte** Myokard **elektropositiv**.
- Der Dipol hat eine Größe und eine Richtung und kann somit auch als **Vektor** dargestellt werden.

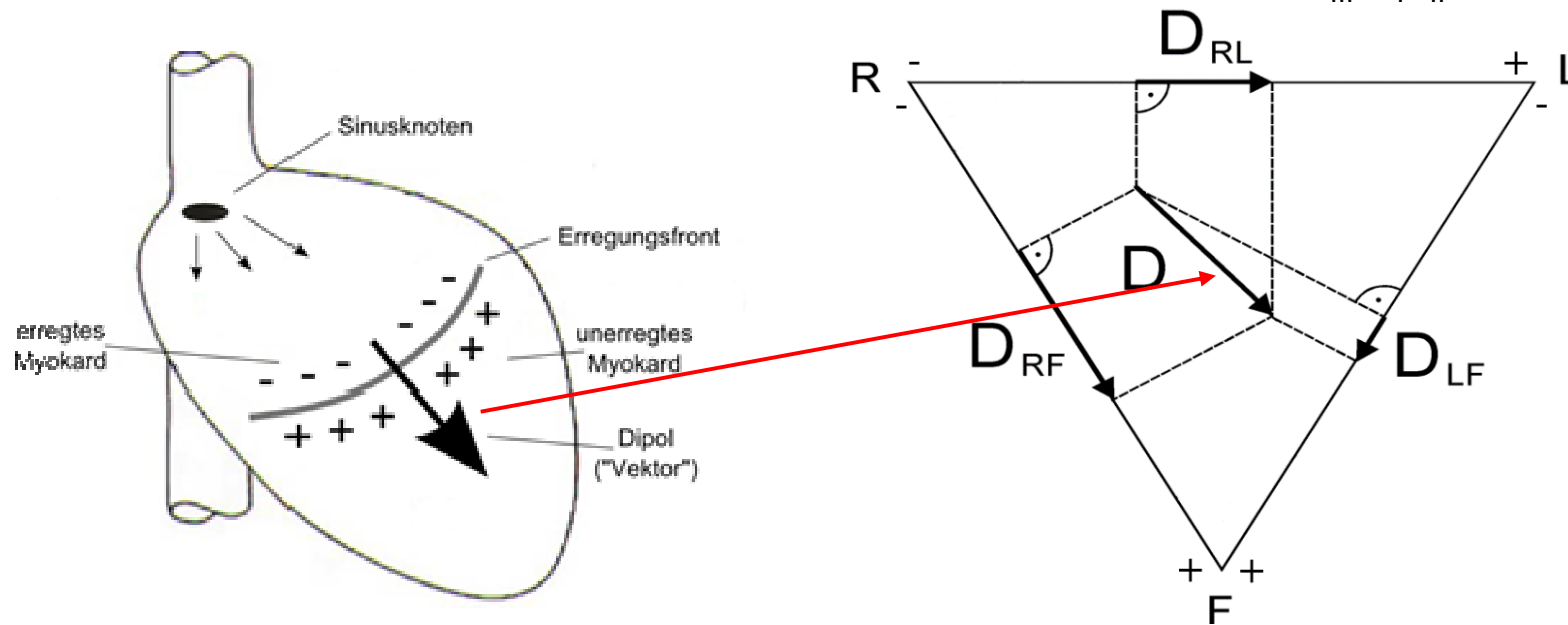
Dipol-Theorie



Das **erregte** Myokard verhält sich **elektronegativ**, das **unerregte** Myokard **elektropositiv**.
Physikalische Stromrichtung von **minus** nach **plus**.

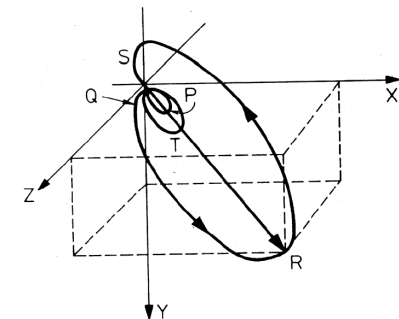
Vektor-Theorie

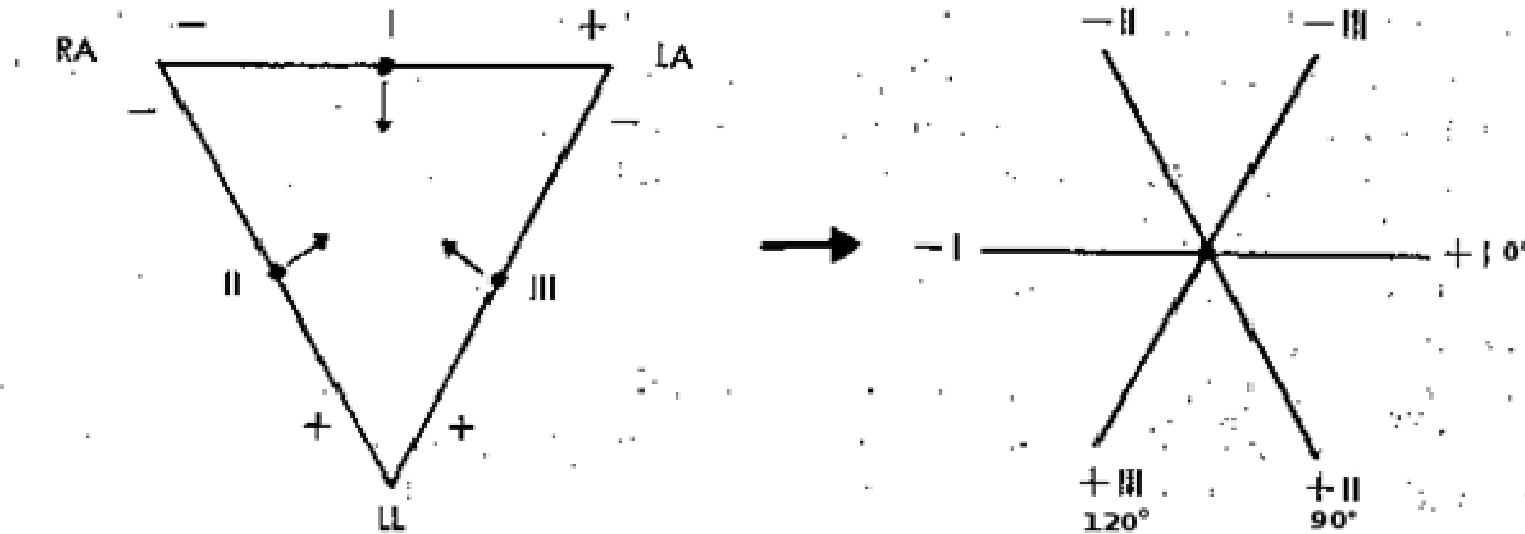
2 Ableitungen reichen aus, die andere kann berechnet werden;
 $I = II - III$
 $II = I + III$
 $III = -I + II$



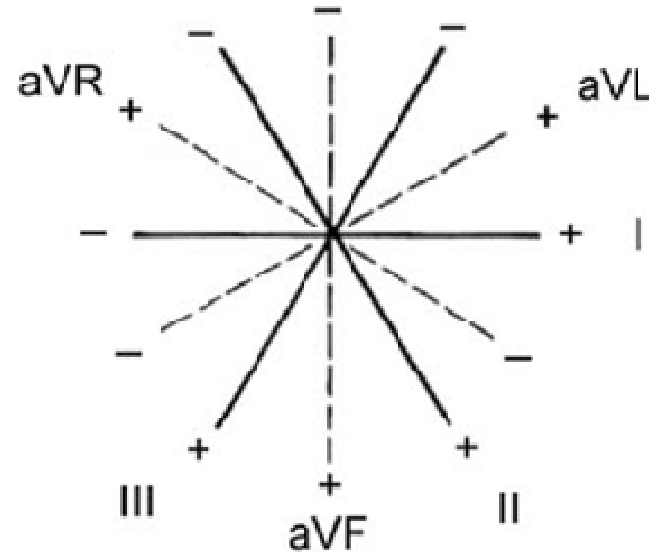
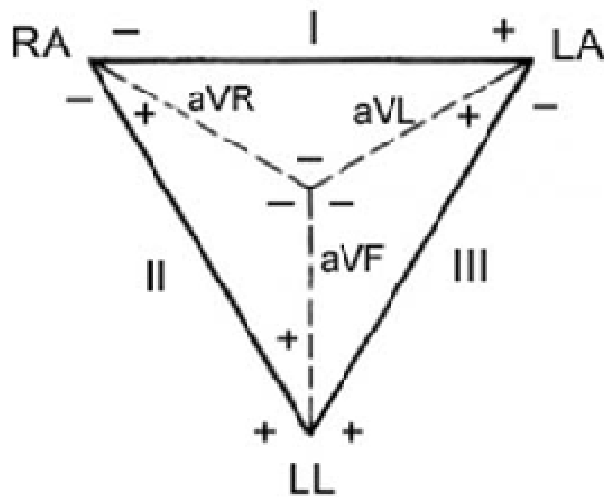
Vektor (klassische Physik):
 physikalische Größe, die durch
 einen Betrag und eine Richtung
 gekennzeichnet ist.

Vektor-Elektrokardiographie:
 die Vektorspitze „zeichnet“
 die Schleifen





- Ein positiver Ausschlag in **Ableitung I** bedeutet, dass sich die Erregung nach **links** ausbreitet.
- Ein positiver Ausschlag in **Ableitung II** bedeutet, dass sich die Erregung nach **links unten** (kranio-kaudal) ausbreitet.
- Ein positiver Ausschlag in **Ableitung III** bedeutet, dass sich die Erregung nach **rechts unten** (kranio-kaudal) ausbreitet.
- Negative Ausschläge ergeben sich bei einer Ausbreitung der Erregung in umgekehrter Richtung.

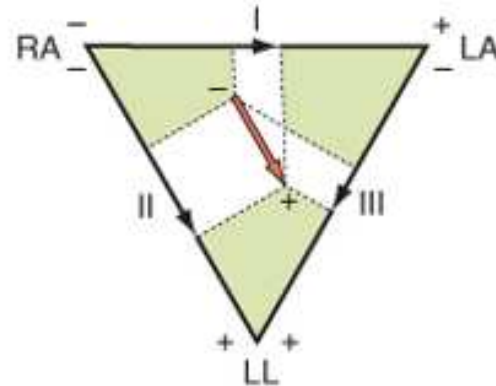
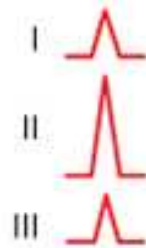


- Die Ableitungen nach **Goldberger*** (1942) ergänzen die Einthoven-Ableitungen
- Ein positiver Ausschlag in **Ableitung aVR** bedeutet, dass sich die Erregung nach **rechts oben** ausbreitet.
- Ein positiver Ausschlag in Ableitung **aVL** bedeutet, dass sich die Erregung nach **links oben** ausbreitet.
- Ein positiver Ausschlag in **Ableitung aVF** bedeutet, dass sich die Erregung nach **unten** ausbreitet.

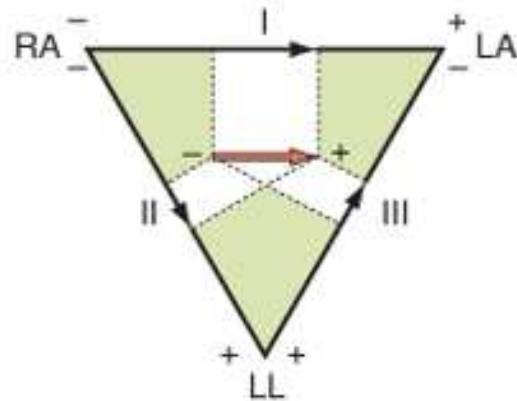
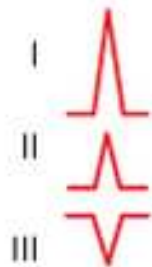
*Modifikation der Wilson-Ableitungen (1934)

QRS-Achsen

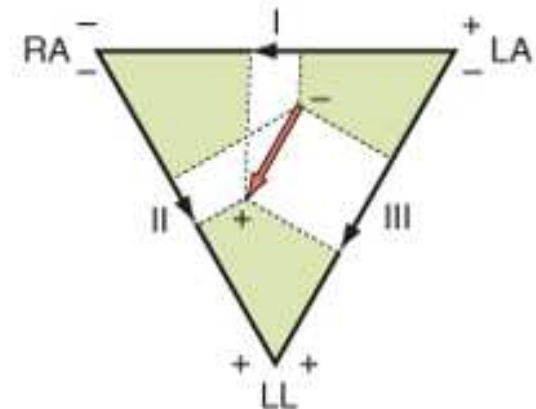
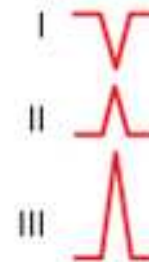
Normal axis
 $\theta = 60$ degrees



Left axis shift
 $\theta = 0$ degrees

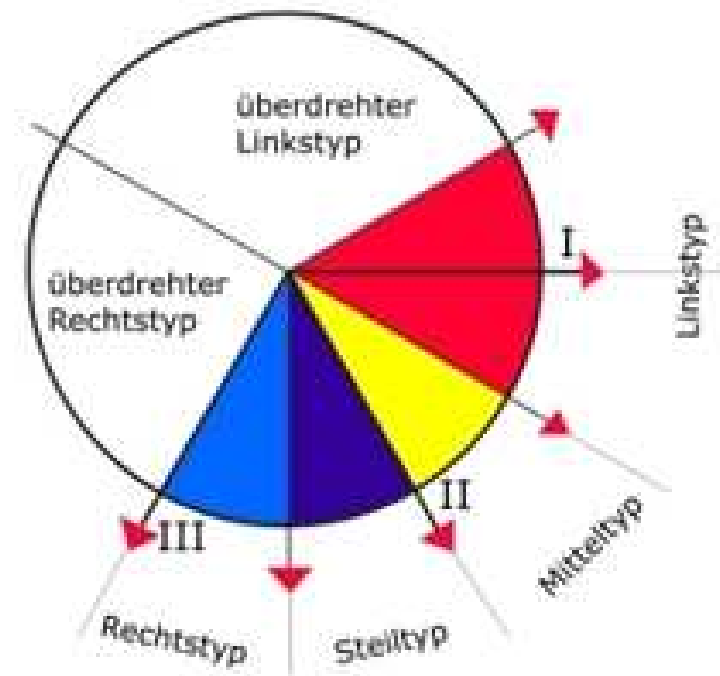
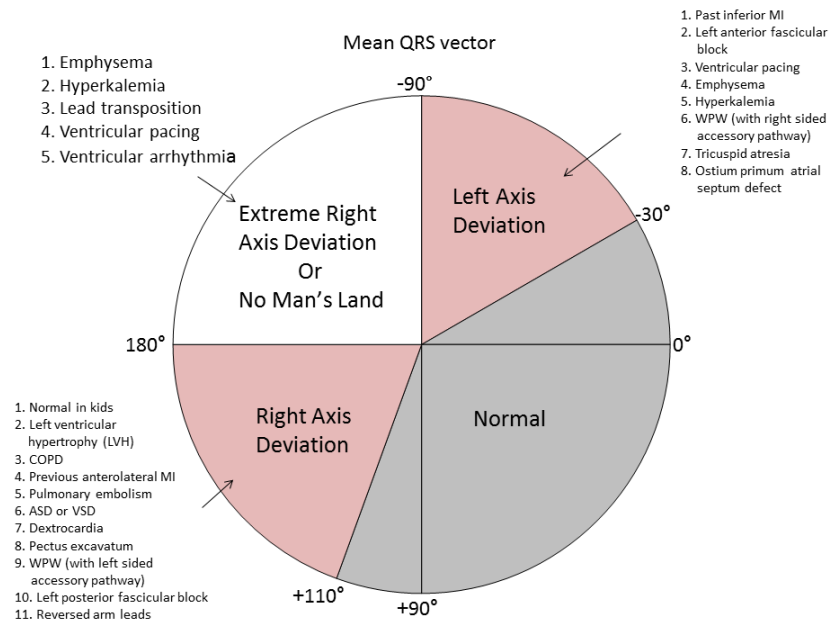


Right axis shift
 $\theta = 120$ degrees

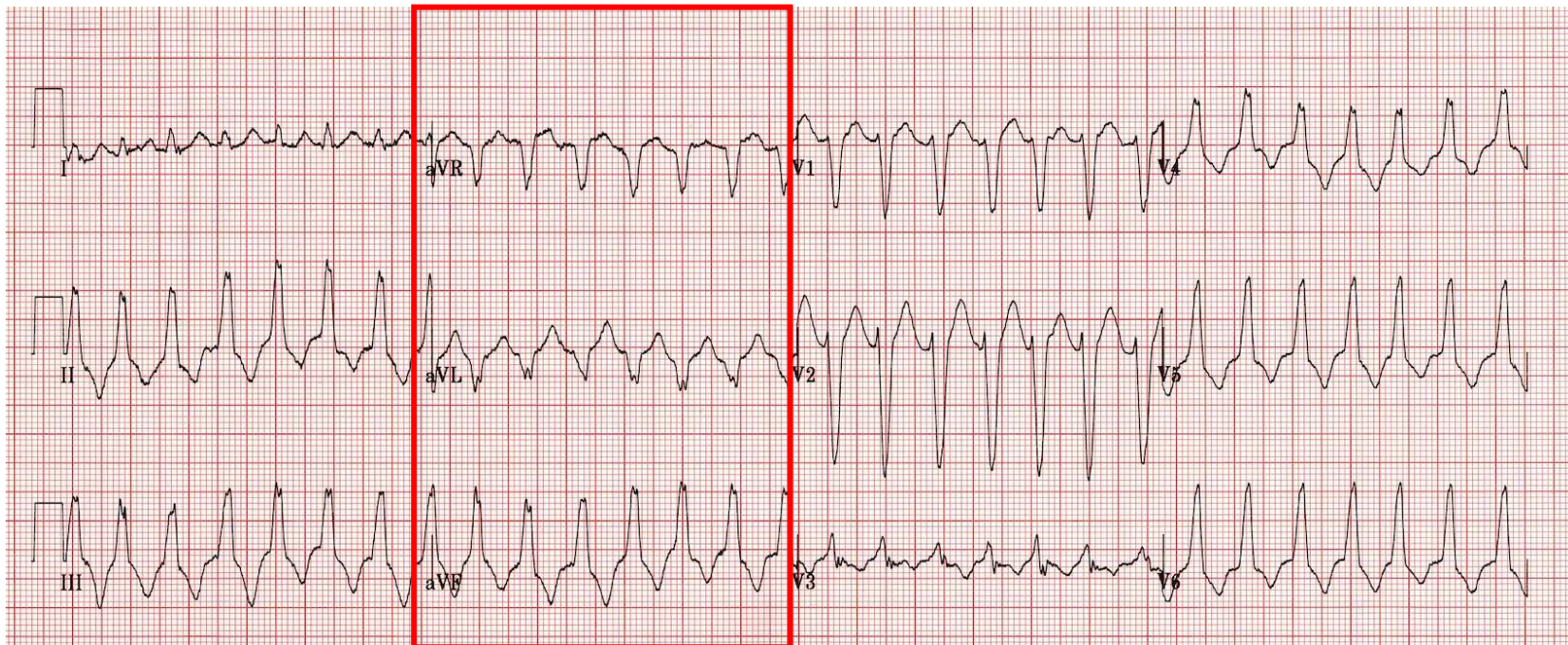


Koeppen & Stanton: Berne and Levy Physiology, 6th Edition.
Copyright © 2008 by Mosby, an imprint of Elsevier, Inc. All rights reserved

QRS-Achsen vs. Lagetypen



Kammertachykardie



CLINICAL CARDIOLOGY: REVIEW

aVR – the forgotten lead

Anil George MD¹, Pradeep S Arumugham MD², Vincent M Figueredo MD^{2,3}

Exp Clin Cardiol 2010



Available online at www.sciencedirect.com

ScienceDirect

Journal of Electrocardiology 47 (2014) 922–929

JOURNAL OF
Electrocardiology

www.jecgonline.com

An evaluation of eye tracking technology in the assessment of 12 lead electrocardiography interpretation ☆, ☆ ☆

Cathal J. Breen, BSc, Hons,^{a,*} Raymond Bond, PhD,^b Dewar Finlay, PhD^c

^a School of Health Sciences, University of Ulster, Shore Road, Newtownabbey, N. Ireland, United Kingdom

^b School of Computing and Mathematics, University of Ulster, Shore Road, Newtownabbey, N. Ireland, United Kingdom

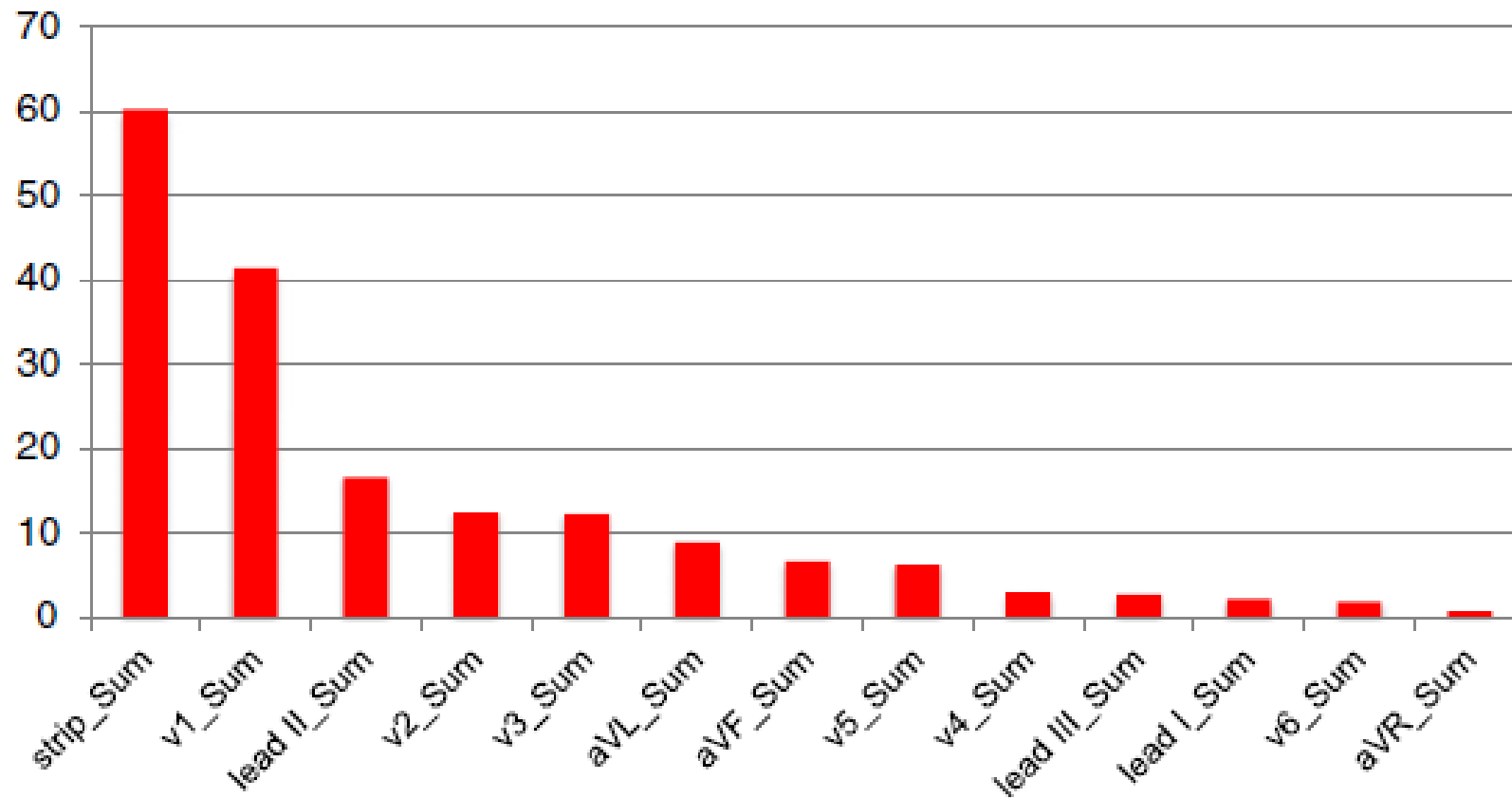
^c School of Engineering, University of Ulster, Shore Road, Newtownabbey, N. Ireland, United Kingdom

EKG: Eye-Tracking-Analyse



Breen et al., 2014

EKG: Eye-Tracking-Analyse



Breen et al., 2014

Polarität der Ableitungen

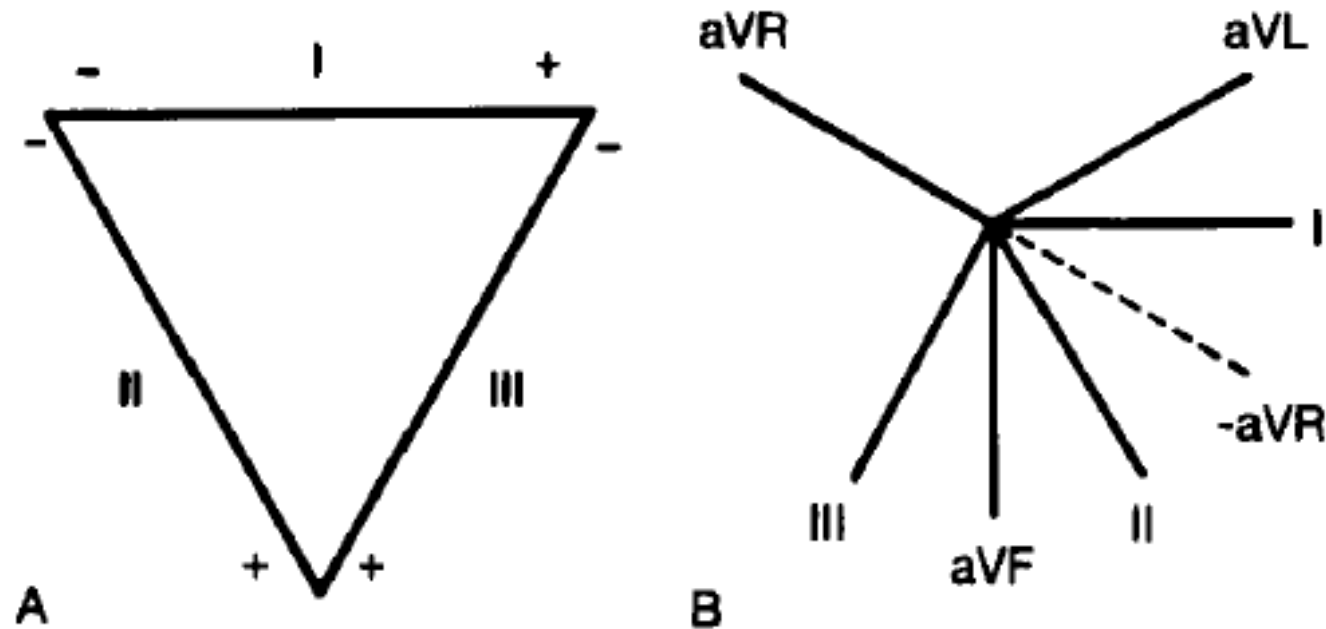
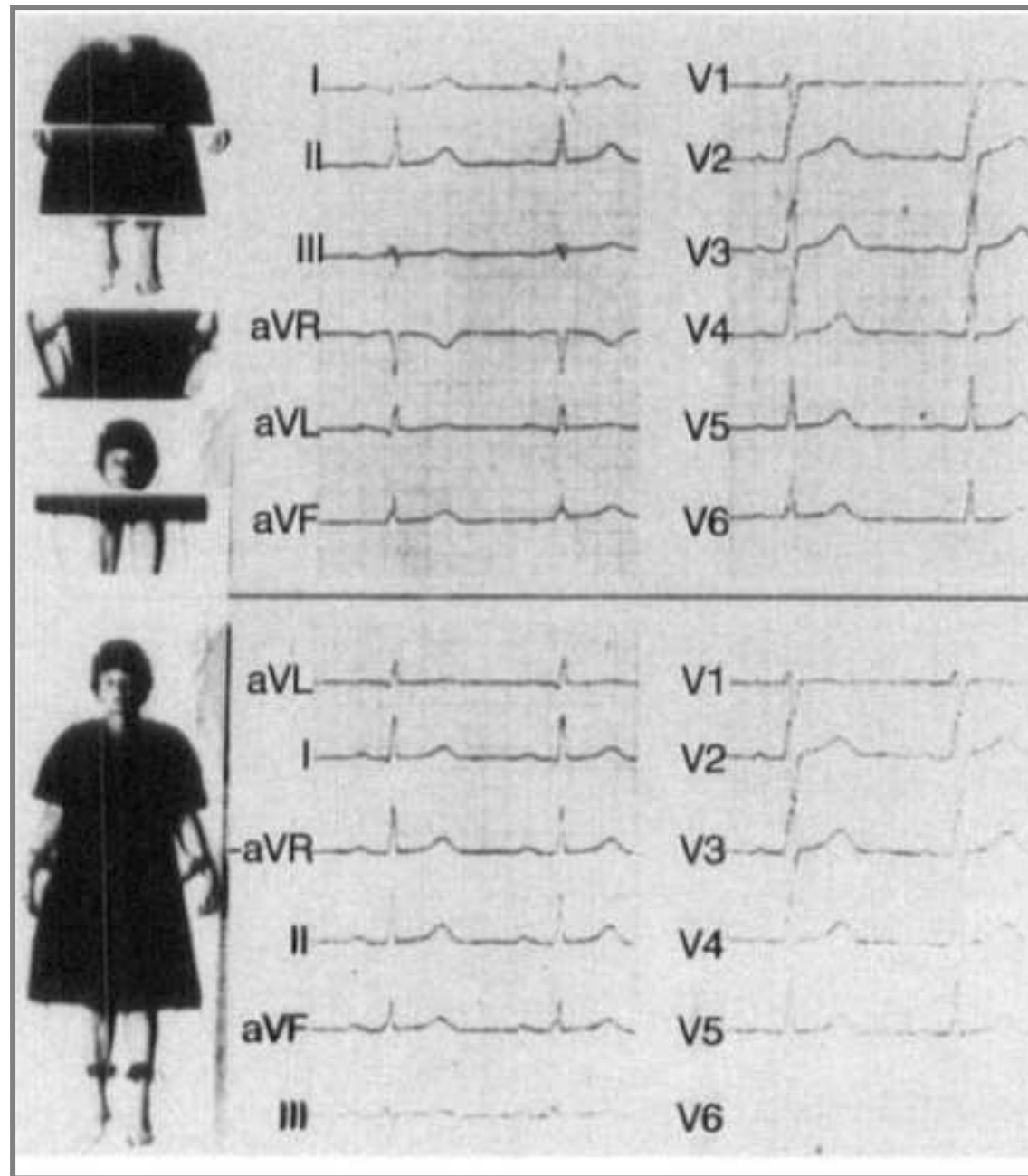
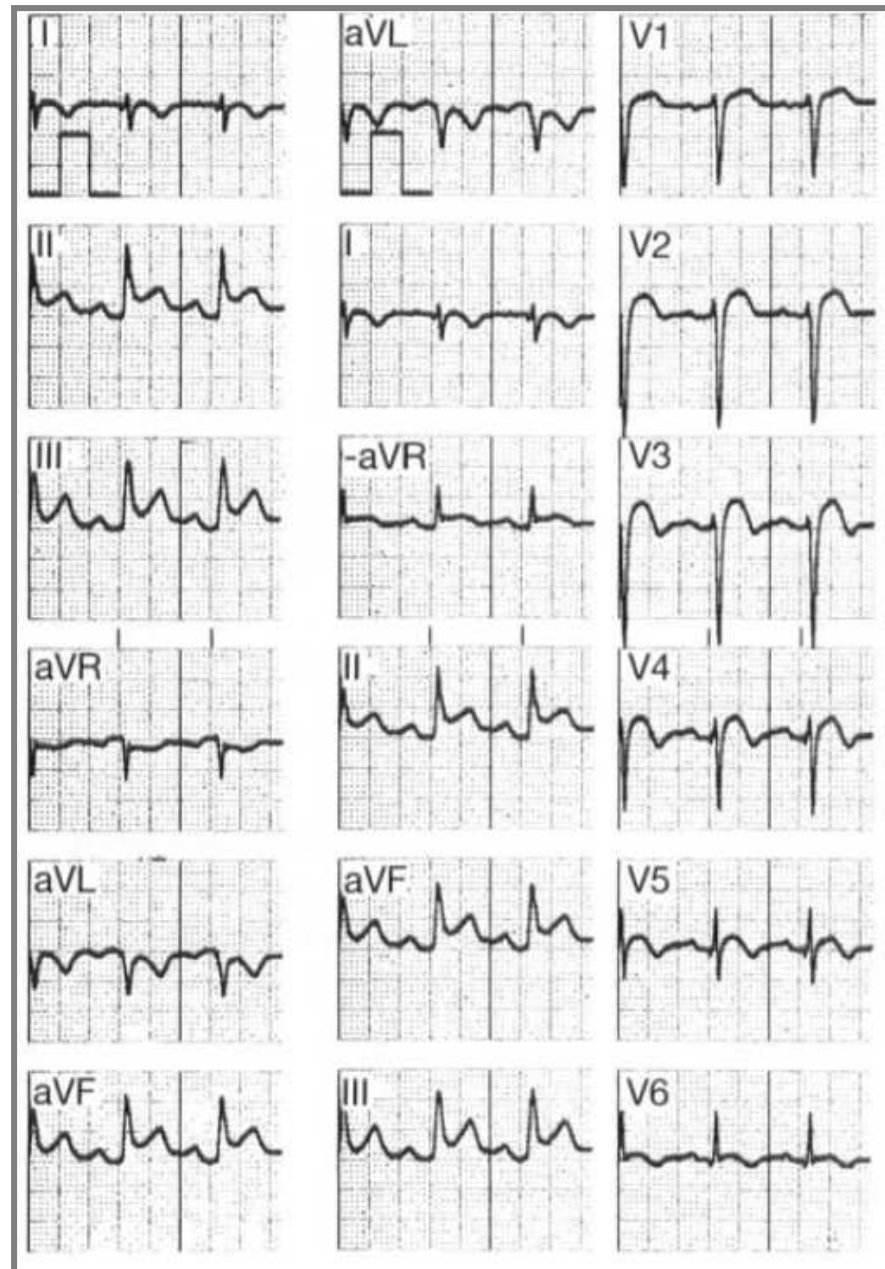


FIG. 1 (A) Inconsistent polarity of limb leads results in Einthoven's law: $\text{Lead I} + \text{Lead II} = \text{Lead III}$. (B) Hexaxial order of limb leads; note sequence obtained by reversing polarity of aVR.

Dower et al., 1990



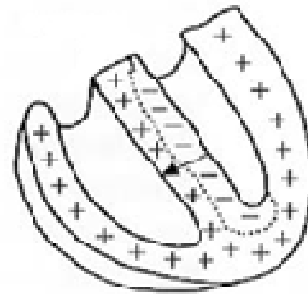
Dower et al., 1990



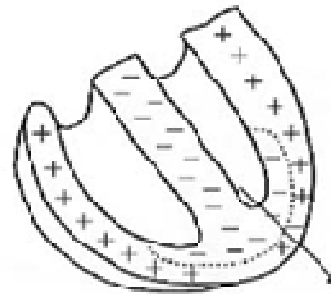
Dower et al., 1990

EKG: De- und Repolarisation

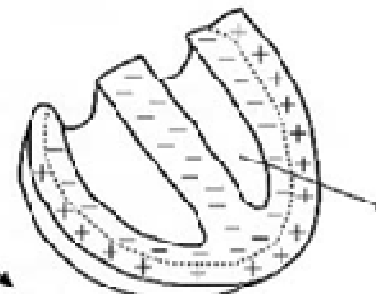
Septale
Depolarisation



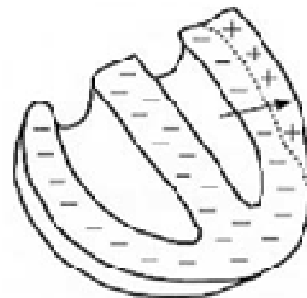
Apikale
Depolarisation



Linksventrikuläre
Depolarisation



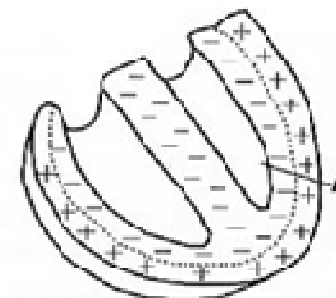
Linkslaterale
Depolarisation



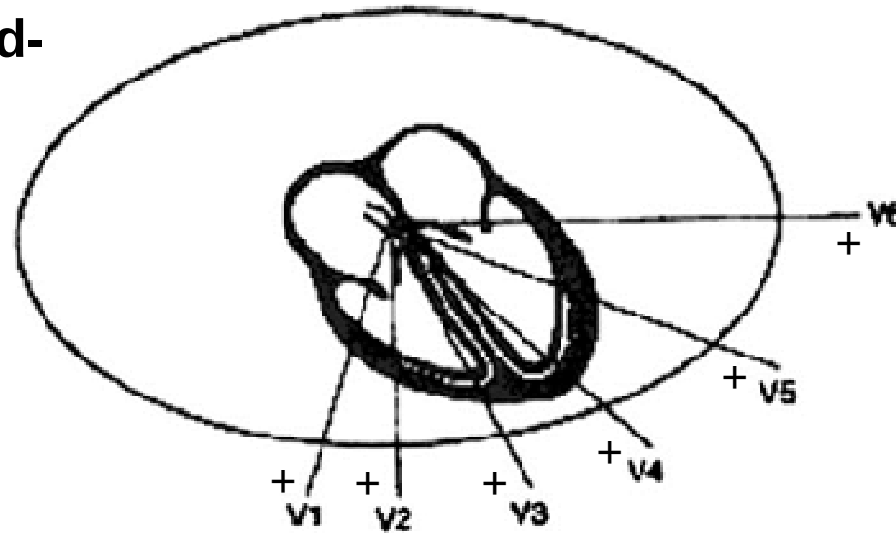
Ventrikel
depolarisiert



Repolarisation

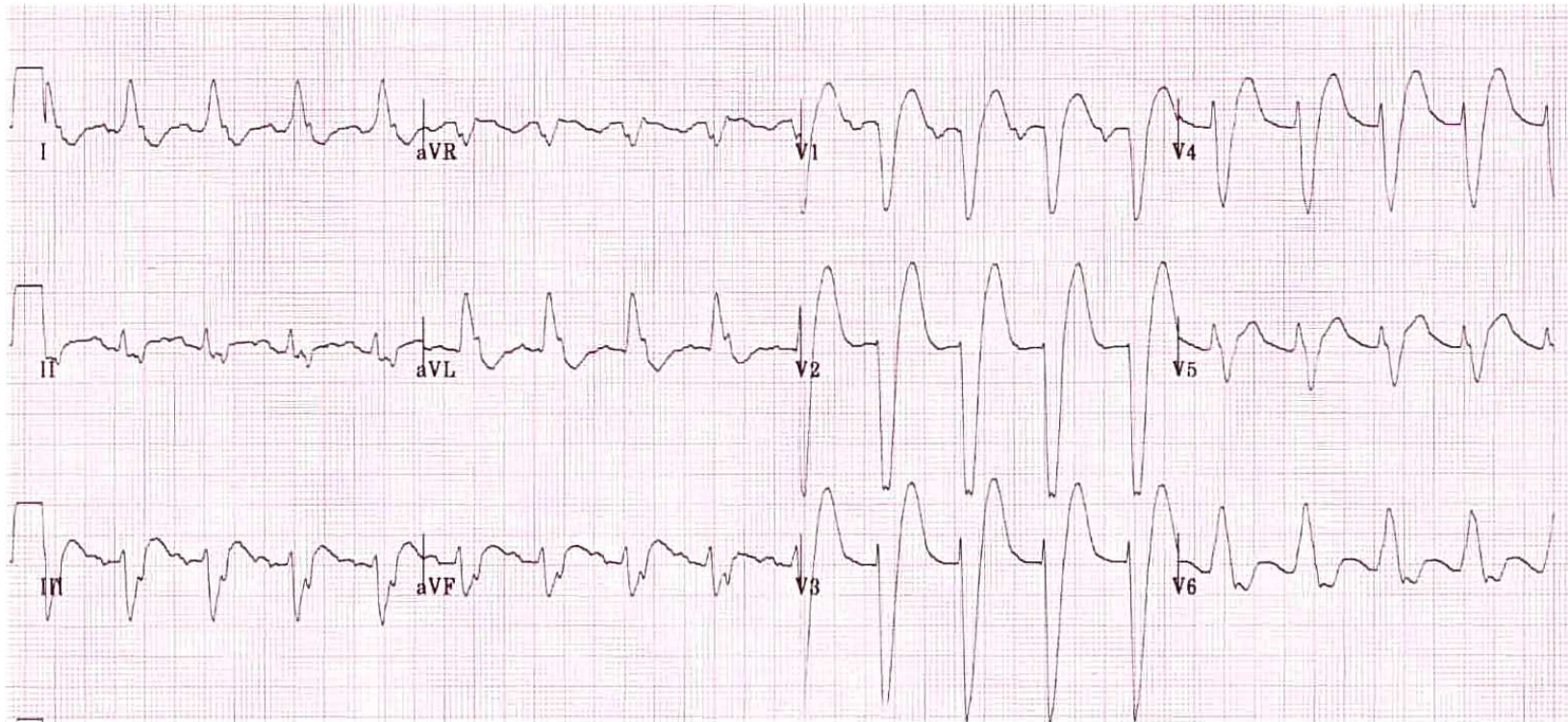


Wilson-Brustwand-ableitungen



- Ein positiver Ausschlag in **Ableitung V1/V2** bedeutet, dass die Erregung sich nach **rechts vorn** ausbreitet (nach rechtspräkordial).
- Ein positiver Ausschlag in **Ableitung V3/V4** bedeutet, dass die Erregung sich nach **links vorn** (bzw. links apikal) ausbreitet.
- Ein positiver Ausschlag in **Ableitung V5/V6** bedeutet, dass die Erregung sich nach **links seitlich** (bzw. links lateral) ausbreitet.
- Umgekehrte Ausbreitungsrichtungen ergeben sich bei negativen Ausschlägen..

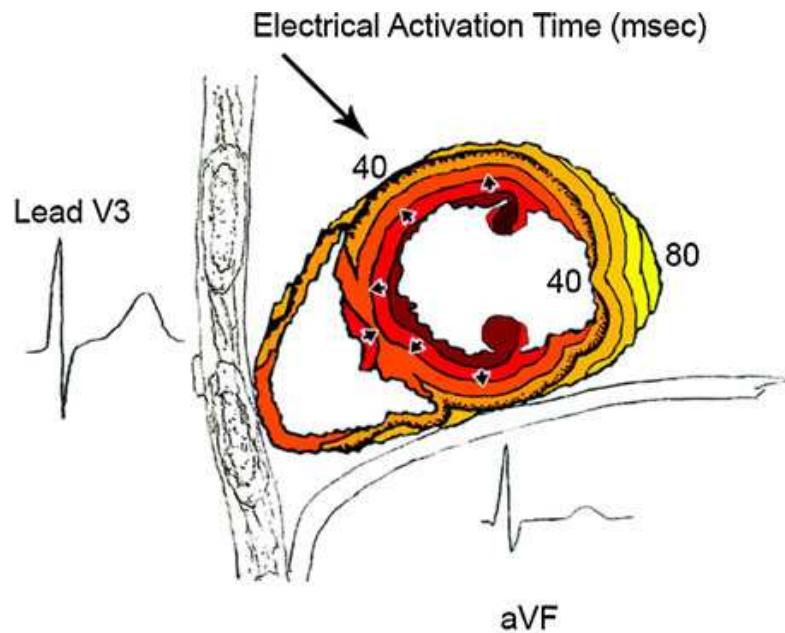
Linksschenkelblock



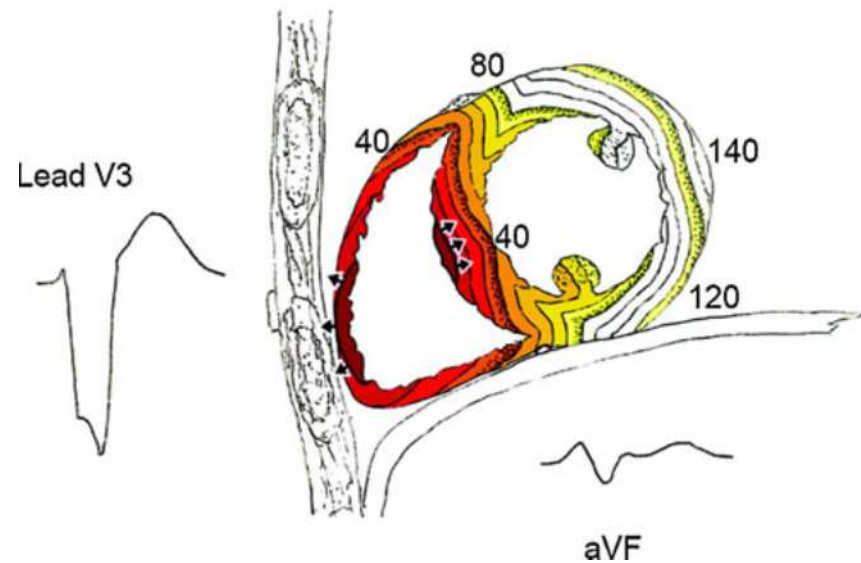
Lifeinthefastlane.com

Normal activation and LBBB

Normal activation



LBBB



Strauss et al., 2011

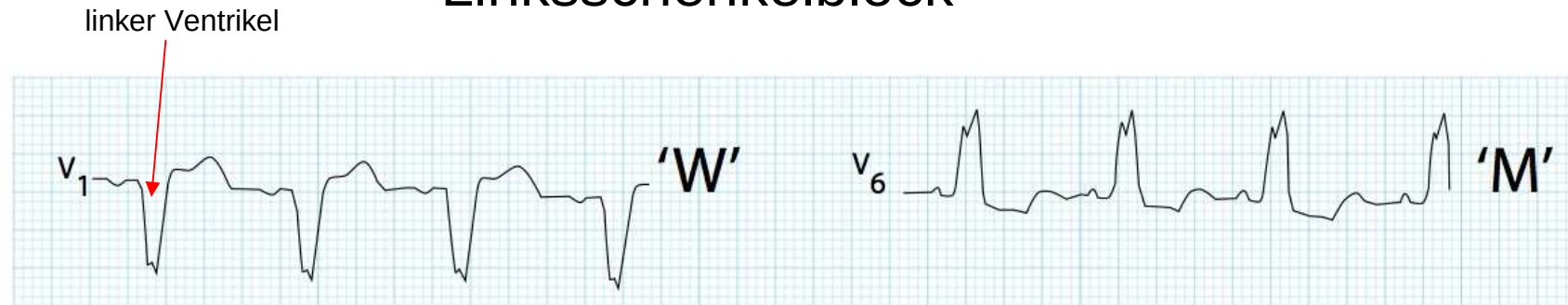
Rechtsschenkelblock



criticalcare.at

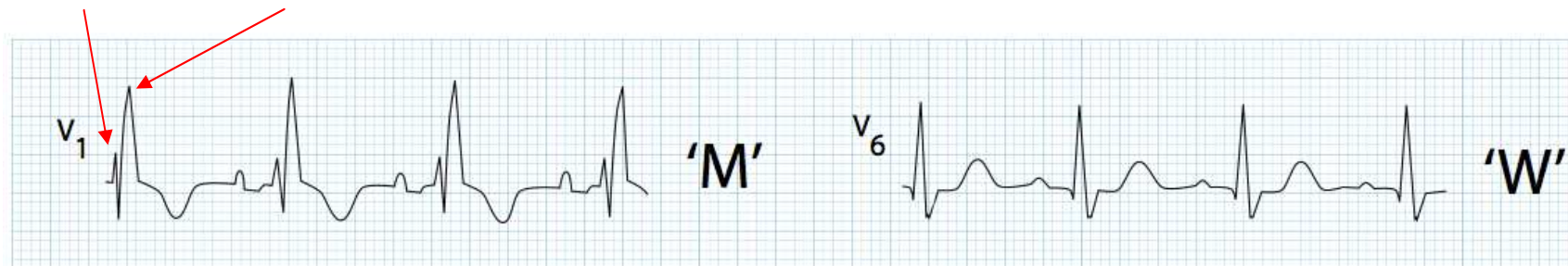
Schenkelblockierungen

Linksschenkelblock



Rechtsschenkelblock

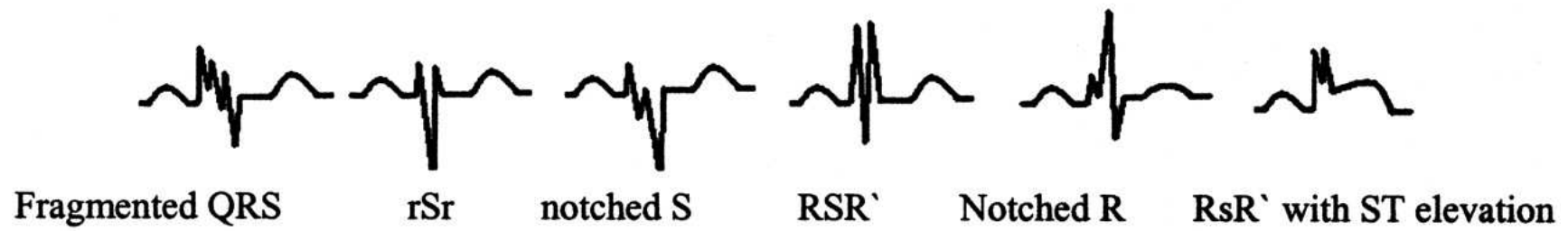
linker Ventrikel rechter Ventrikel



Lifeinthefastlane.com

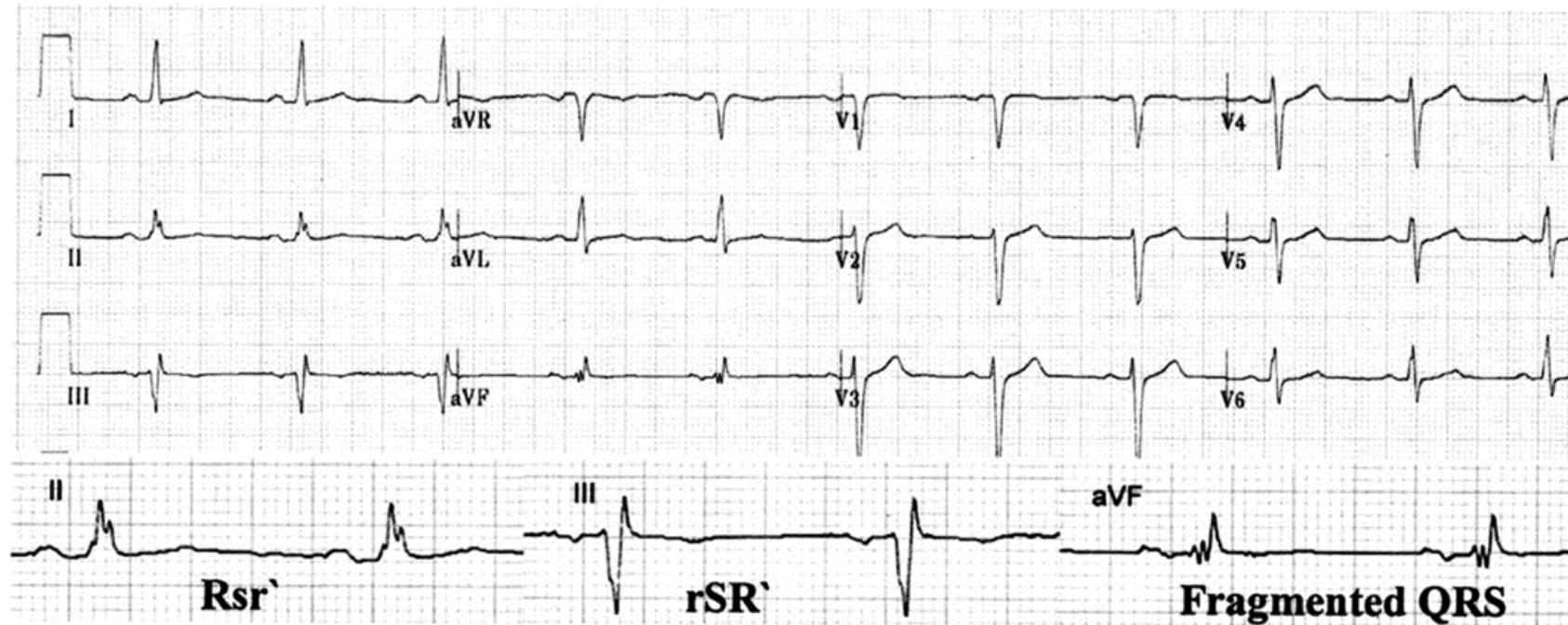
EKG: Fragmentierung

Fragmented QRS

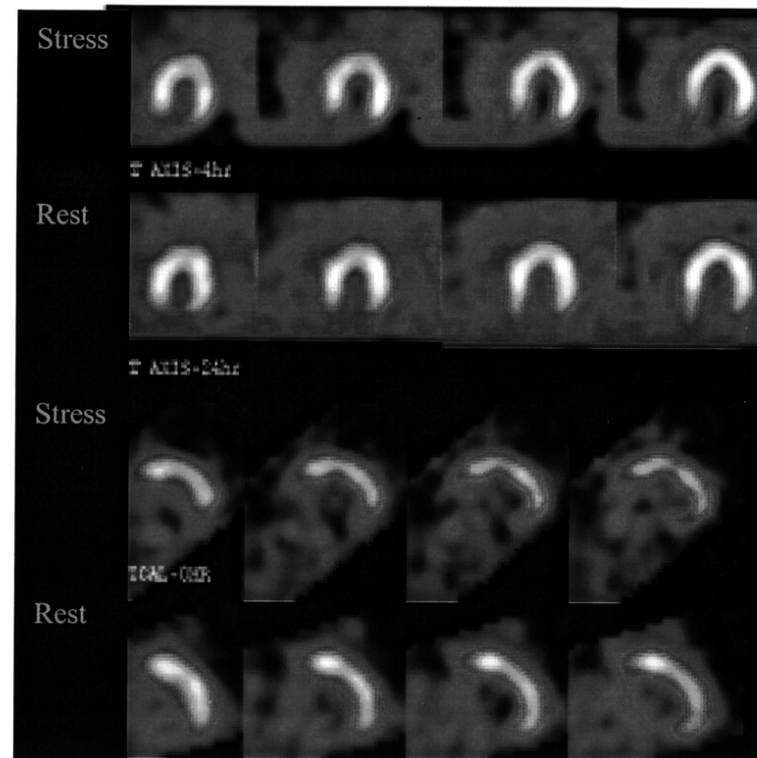
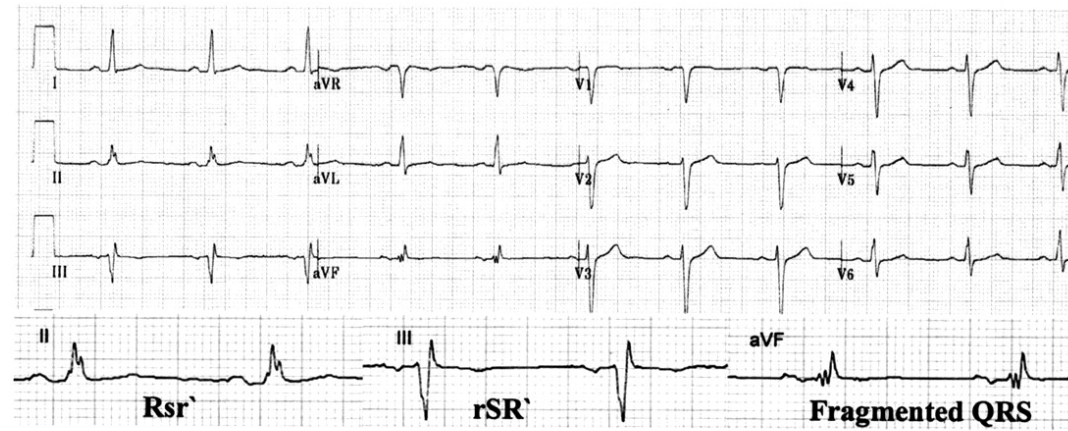


Das et al., 2006

QRS-Fragmentierung

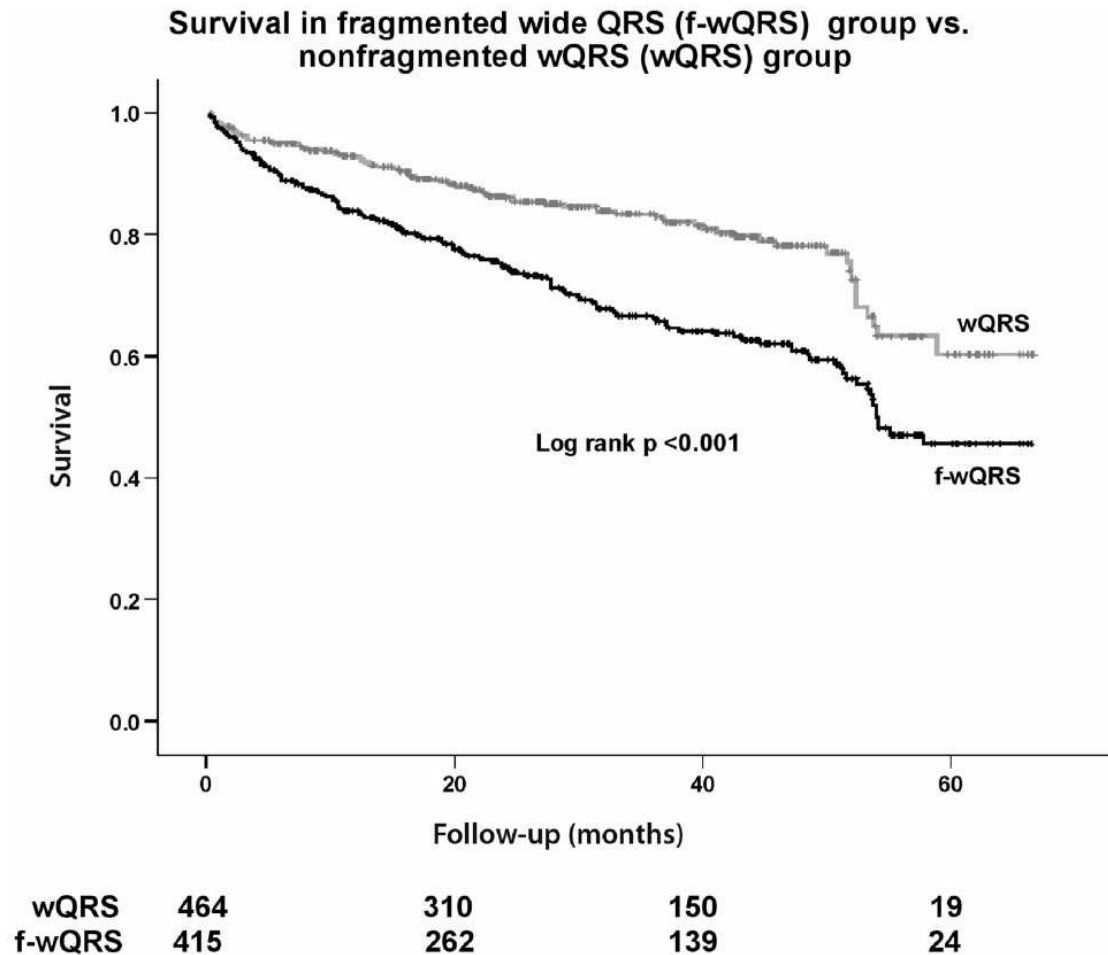


Das et al., 2006



Das et al., 2006

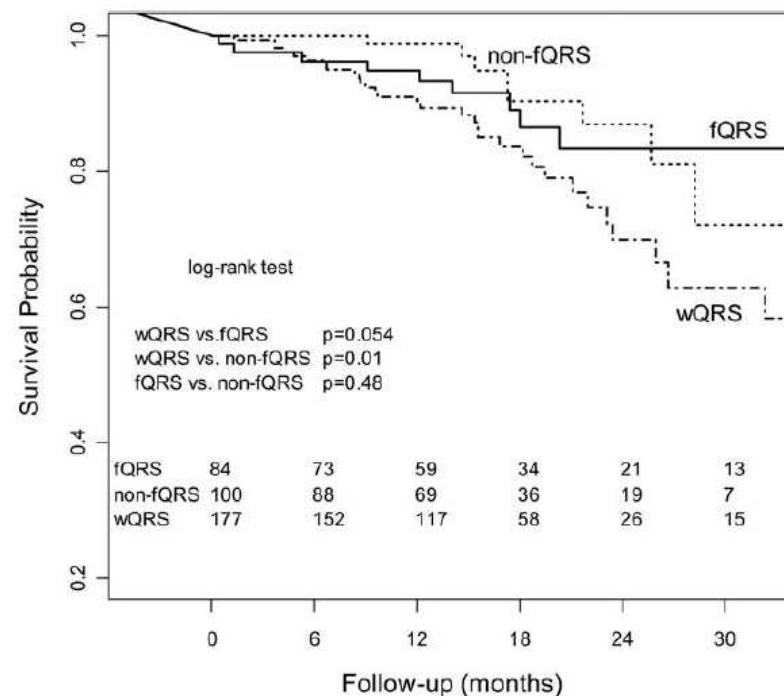
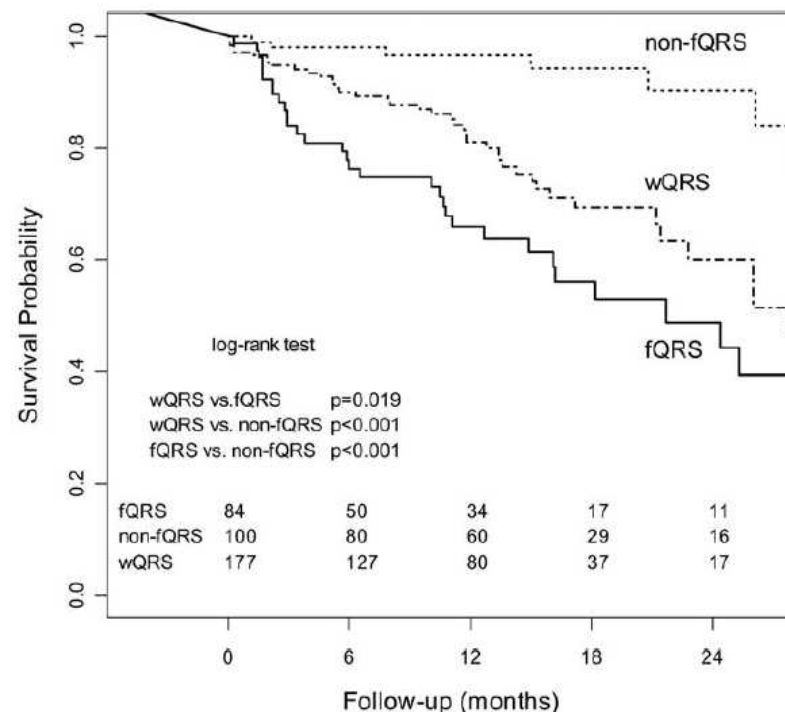
QRS-Fragmentation und Outcome



Das et al., 2008

Fragmented QRS on twelve-lead electrocardiogram predicts arrhythmic events in patients with ischemic and nonischemic cardiomyopathy

Mithilesh Kumar Das, MD, Waddah Maskoun, MD, Changyu Shen, PhD,* Mark A. Michael, MD, Hussam Suradi, MD, Mona Desai, BS, Roopa Subbarao, MD, Deepak Bhakta, MD



2010

Catheter ablation of atrial fibrillation guided by complex fractionated atrial electrogram mapping of atrial fibrillation substrate

Koonlawee Nademanee (MD)*, Evan Lockwood (MD),
Naoya Oketani (MD), Brett Gidney (MD)

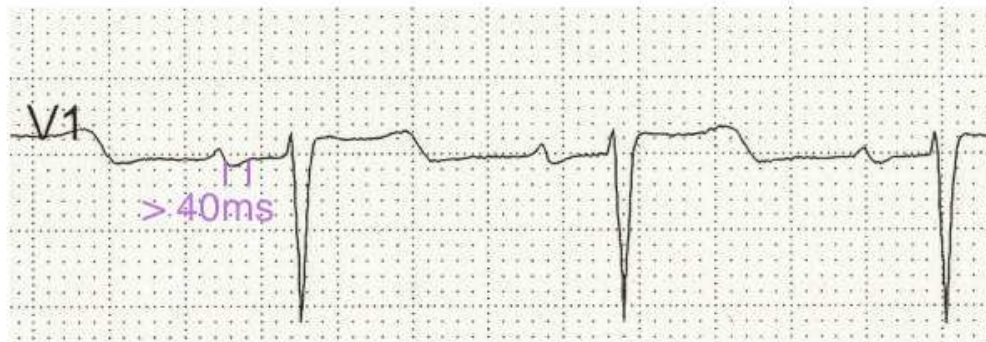


2009

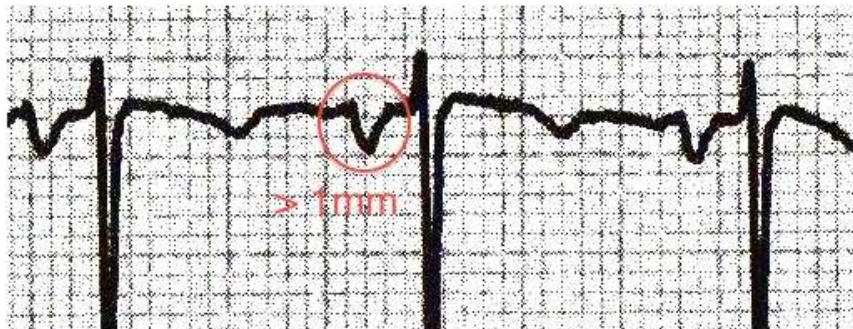
Linksatriale Hypertrophie



Broad (>110ms), bifid P wave in lead II (P mitrale) with > 40ms between the peaks



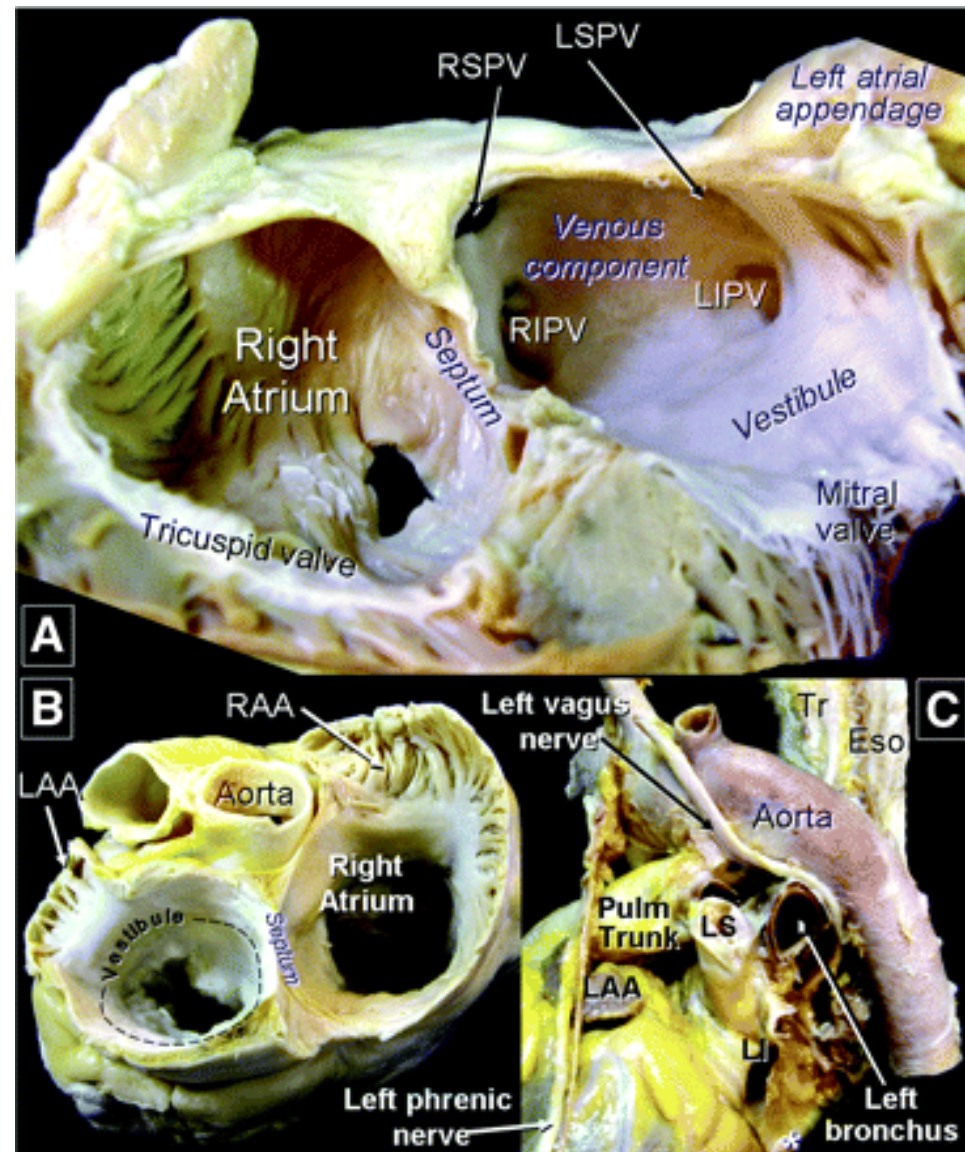
P wave terminal portion > 40 ms duration in V1



P waves with terminal portion > 1mm deep in V1

Lifeinthefastlane.com

Anatomie der Vorhöfe



HO et al., 2012



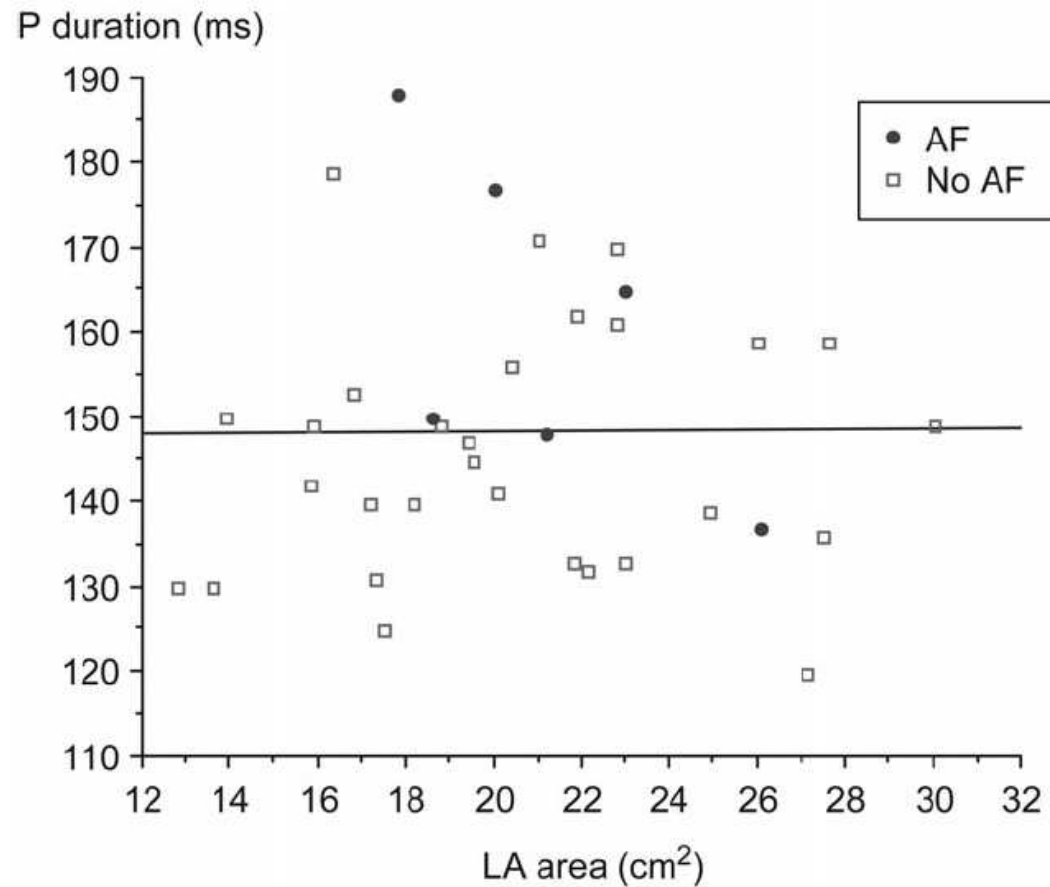
EUROPEAN
SOCIETY OF
CARDIOLOGY®

Europace (2007) 9, vi105–vi108
doi:10.1093/europace/eum214

Prolonged P wave duration in adults with secundum atrial septal defect: a marker of delayed conduction rather than increased atrial size?

Ulf Thilén*, Jonas Carlson, Pyotr G. Platonov, Rasmus Havmøller, and S. Bertil Olsson

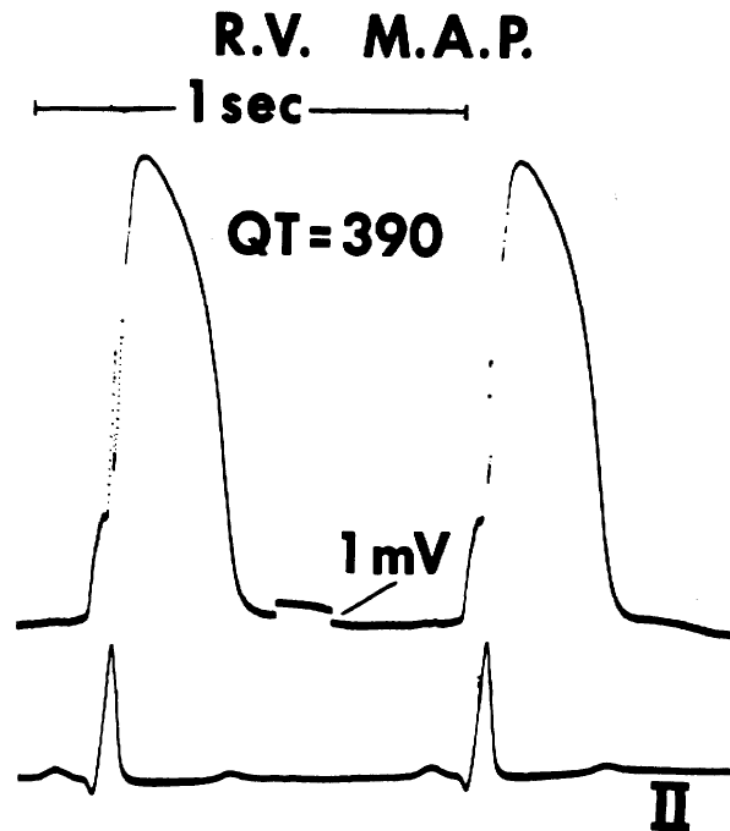
P-Wellendauer und LA-Größe



Thielen et al., 2007

Monophasic Action Potentials in Man

By RALPH SHABETAI, M.D., BORYS SURAWICZ, M.D., AND WILLIAM HAMMILL, M.D.



Shabetai et al, 1968

Monophasic Action Potentials in Man

By RALPH SHABETAI, M.D., BORYS SURAWICZ, M.D., AND WILLIAM HAMMILL, M.D.

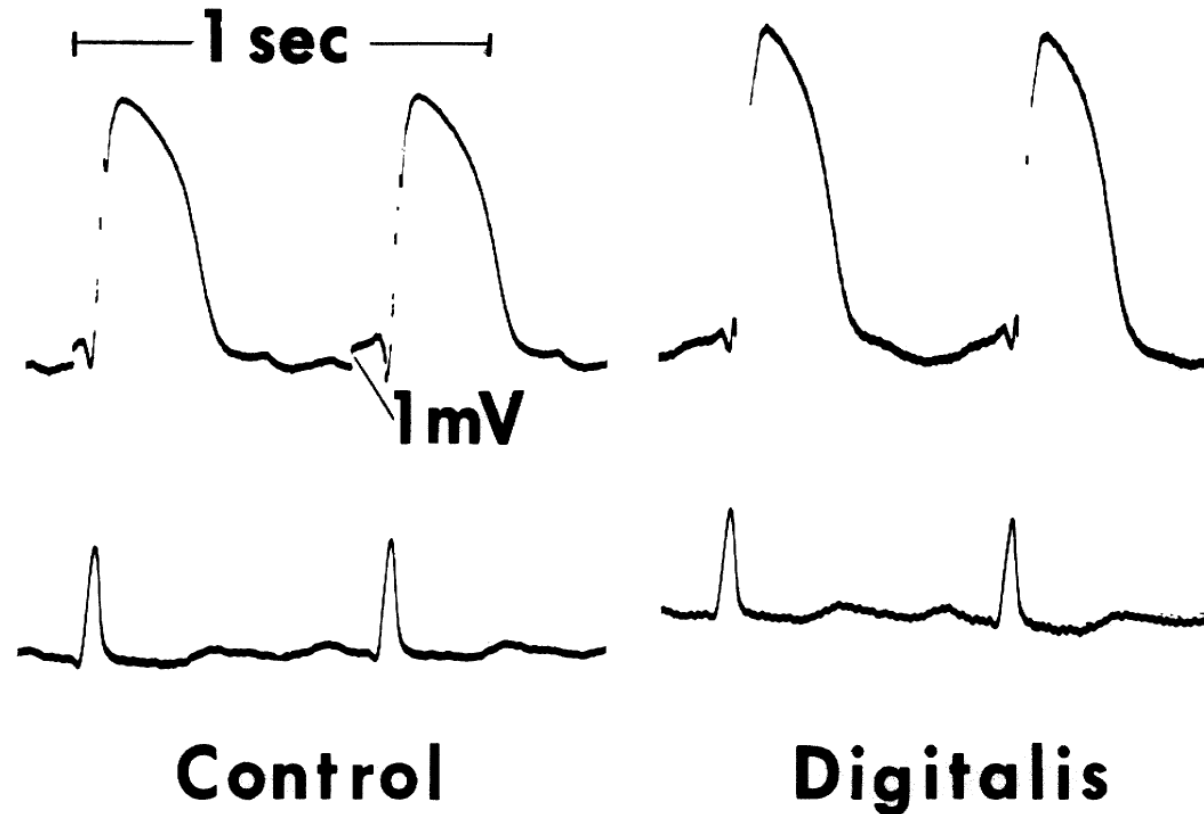
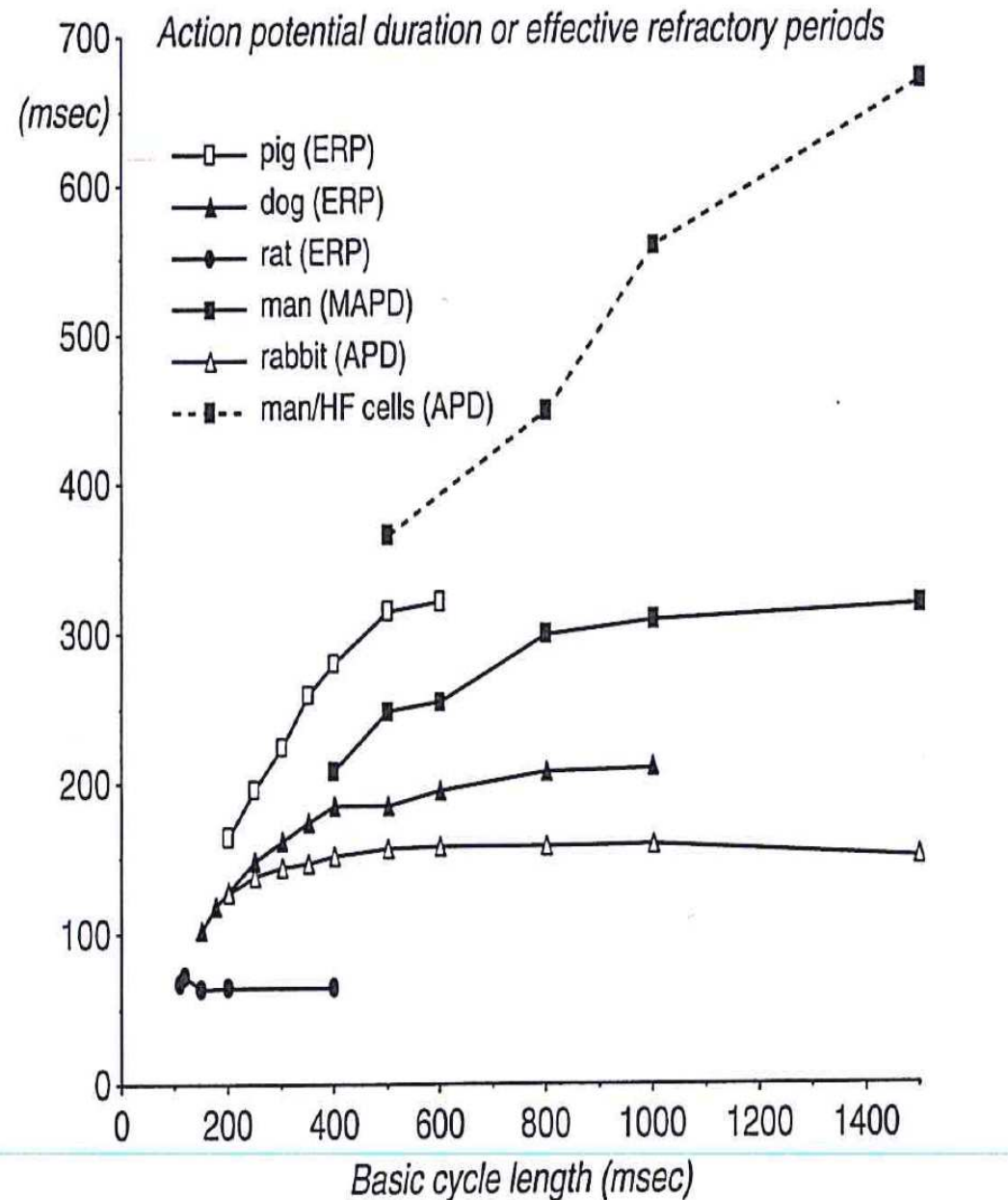


Figure 7

Effect of intravenous administration of 1.5 mg of acetylstrophanthidin on the right ventricular monophasic action potential and lead II. Heart rate before and after acetylstrophanthidin is nearly the same; S-T segment is slightly depressed; and the Q-T is shortened. Note the steeper phase 2 and shorter monophasic action potential after acetylstrophanthidin.

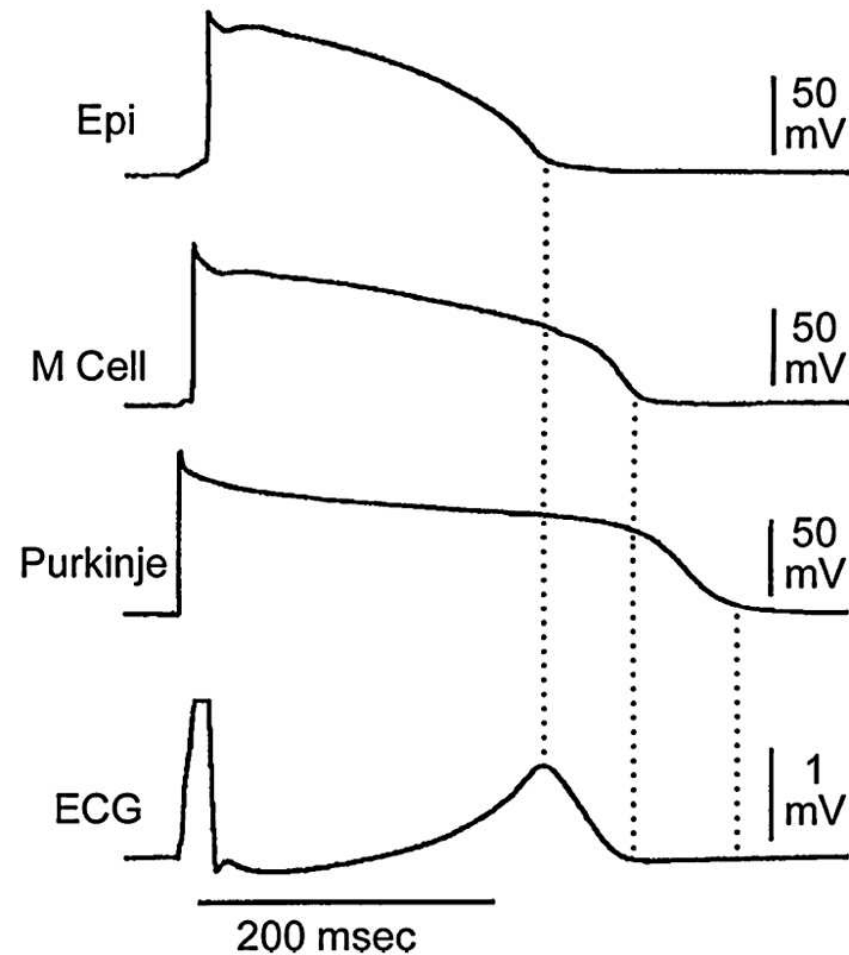
Shabetai et al, 1968

Cycle length and action potential duration



Janse et al, 1998

Intramurale Heterogenität der AP-Eigenschaften

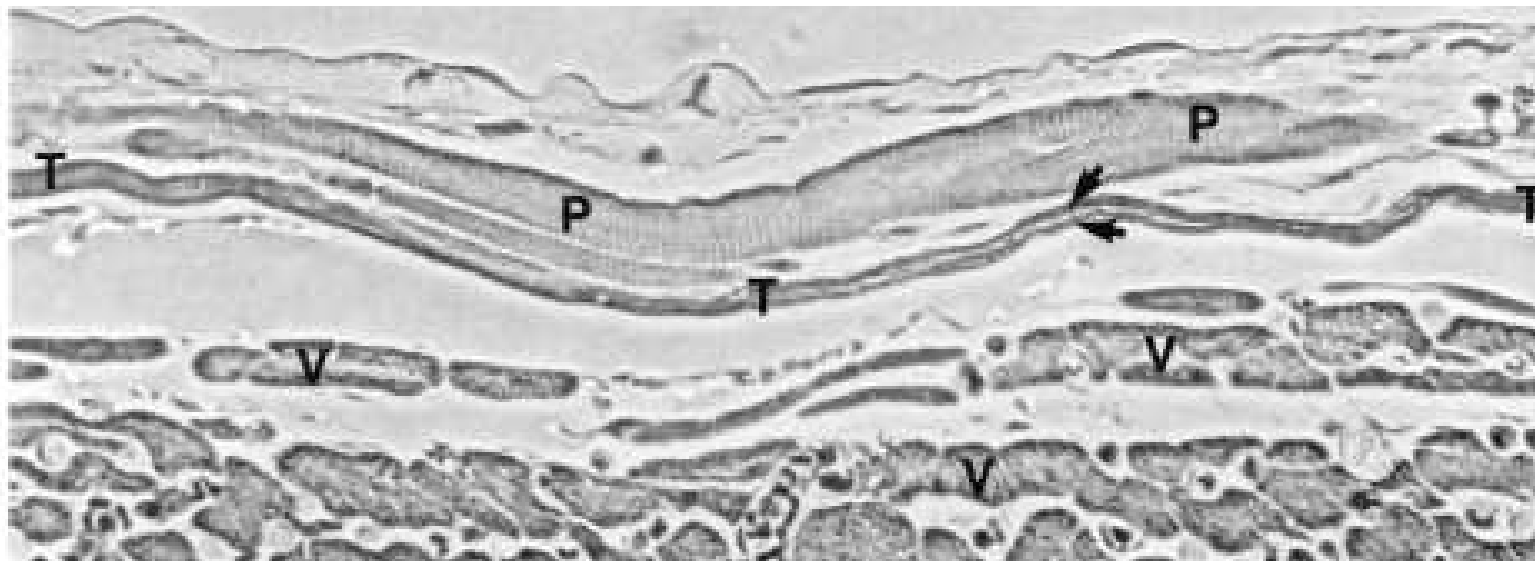


ANTZELEVITCH, 2006

Morphology of Electrophysiologically Identified Junctions Between Purkinje Fibers and Ventricular Muscle in Rabbit and Pig Hearts

Jørgen Tranum-Jensen, Arthur A.M. Wilde, Jessica T. Vermeulen, and Michiel J. Janse

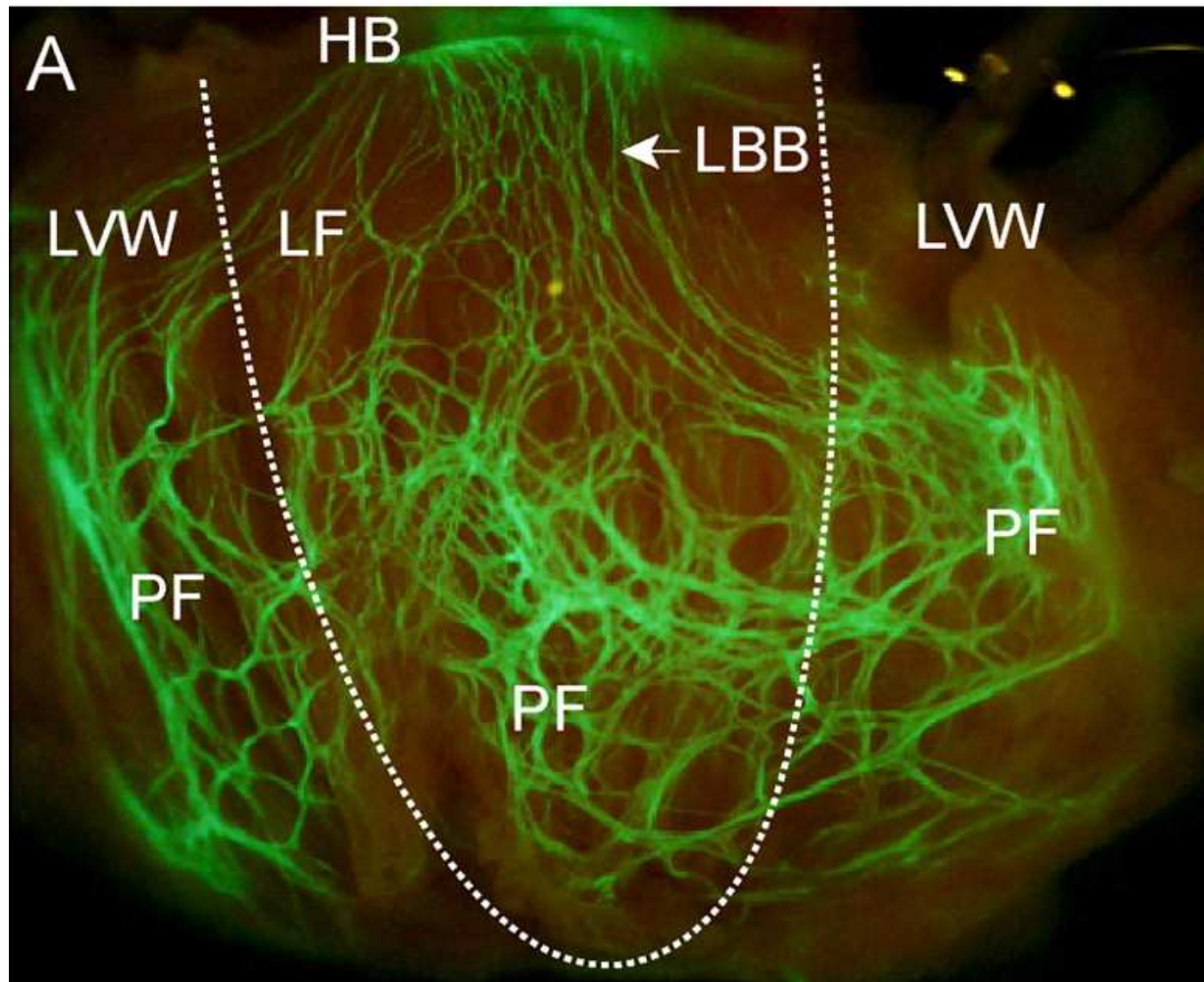
Endokard



P: Purkinje-Faser, T transitionale Zelle, V ventrikuläre Myokard

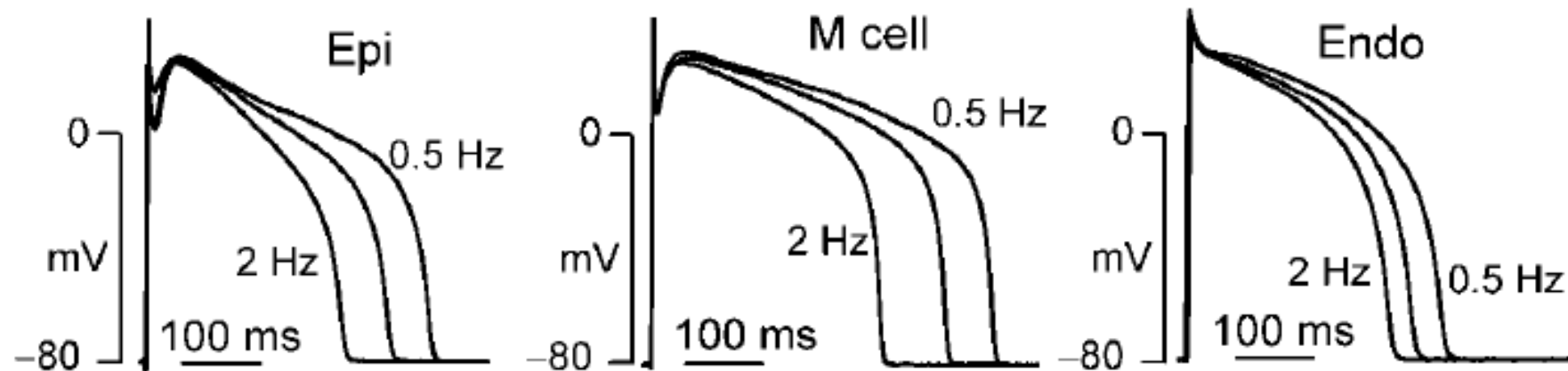
1991

Spezifisches Reizleitungssystem



Miquero et al., 2004

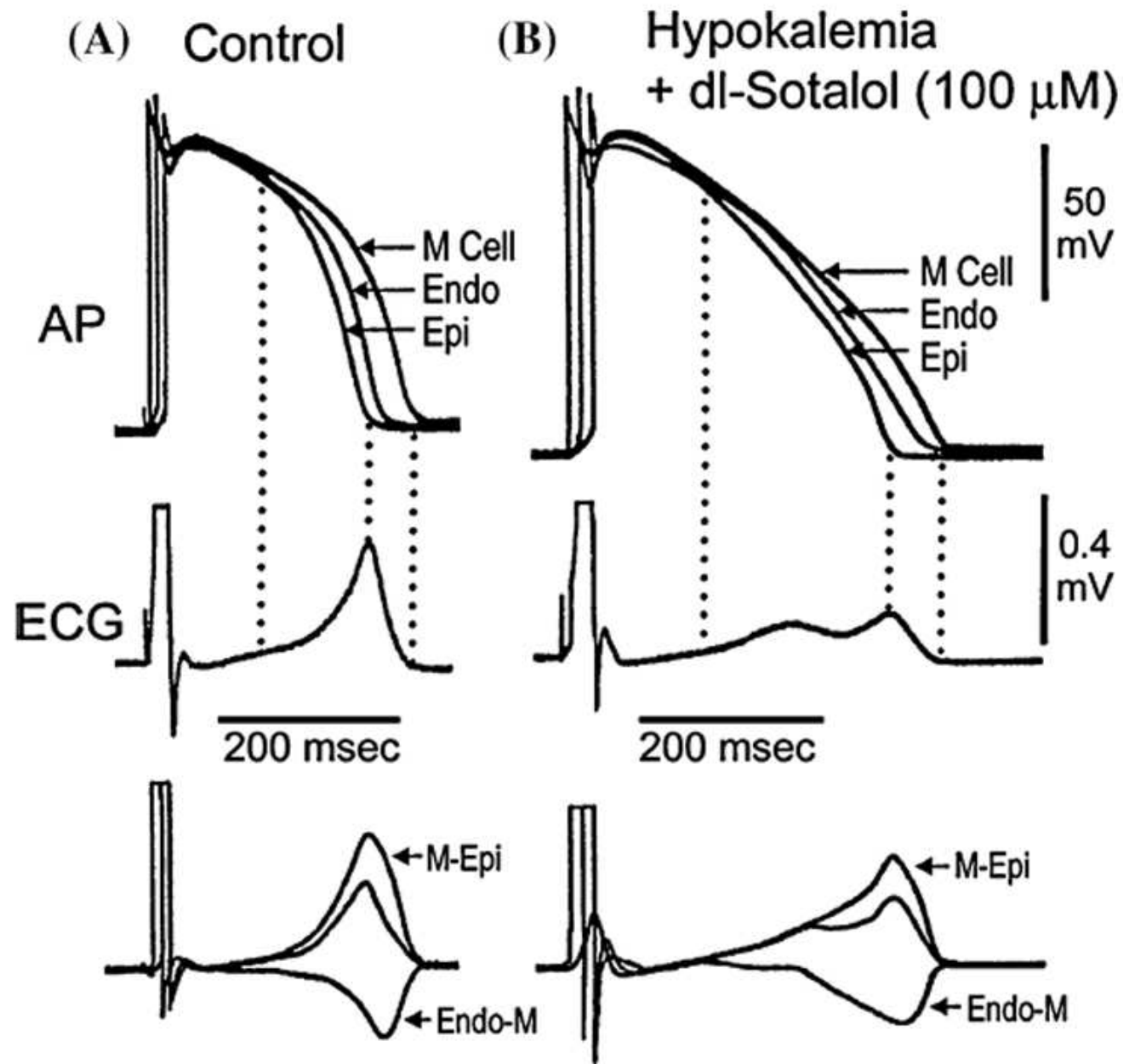
AP-Eigenschaften



EPI- and M cell: spike-and-dome or notched configuration

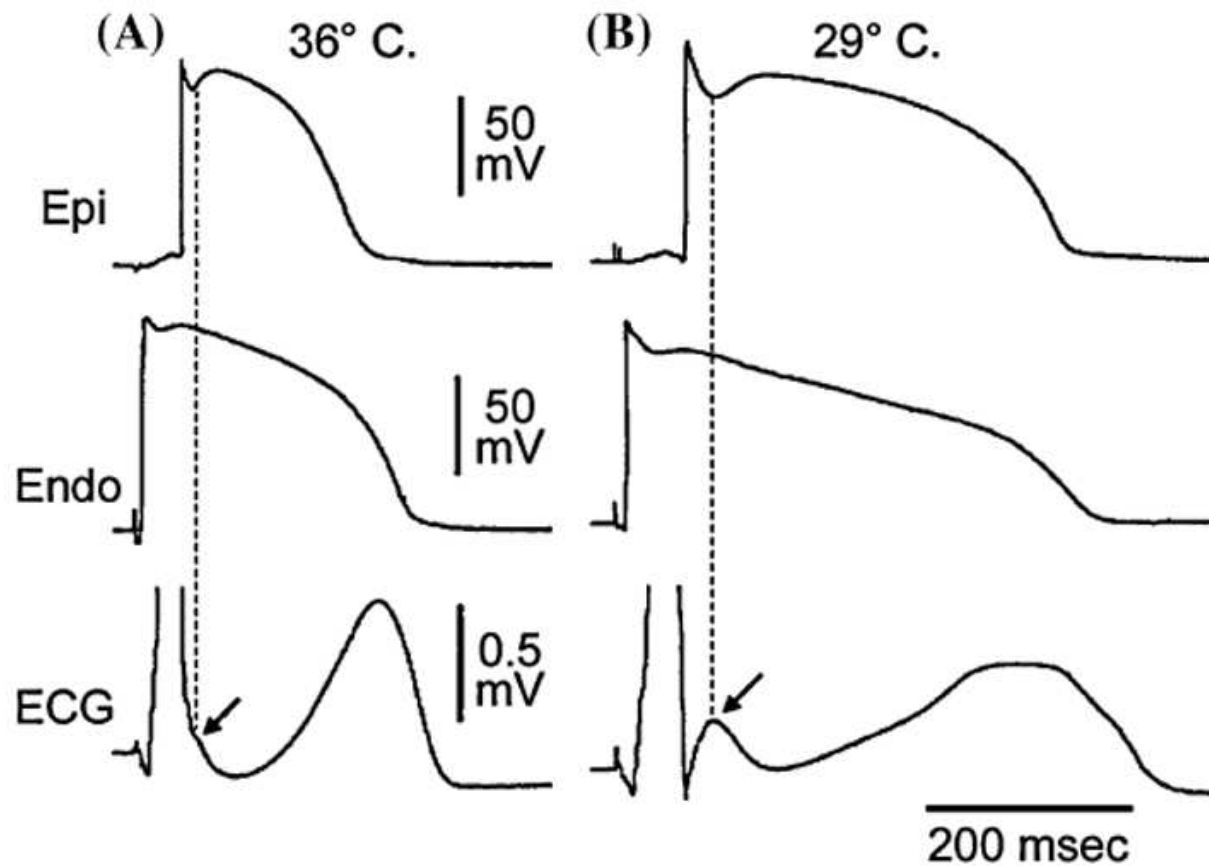
Li et al., 2002

Hypokaliämie und Sotalol



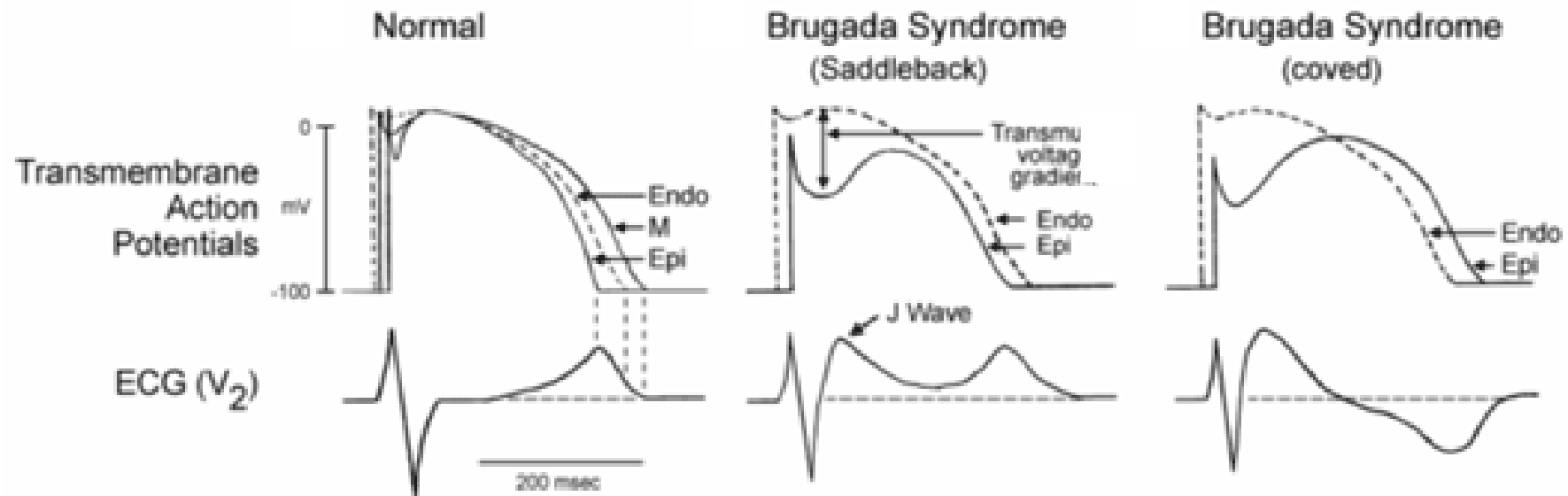
ANTZELEVITCH, 2006

Hypothermie-induzierte J-Wellen



ANTZELEVITCH, 2006

Brugada ECG - Mechanisms



BS-EKG basierend auf transmuralen Spannungsdifferenzen

Antzelevitch et al, 2005

Schlussfolgerungen

Editorial

Herzschr Elektrophys 2015 · 26:173–174
DOI 10.1007/s00399-015-0396-0
Online publiziert: 18. August 2015
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015



Carsten W. Israel

Klinik für Innere Medizin – Kardiologie, Diabetologie & Nephrologie,
Evangelisches Krankenhaus Bielefeld, Bielefeld, Deutschland

Mehr aus dem EKG herauslesen