



EKG sportovce: Od fyziologie k patologii

Interpretace dle International Criteria 2017
a návrhu 2025

Klinická výzva: 19letý cyklista

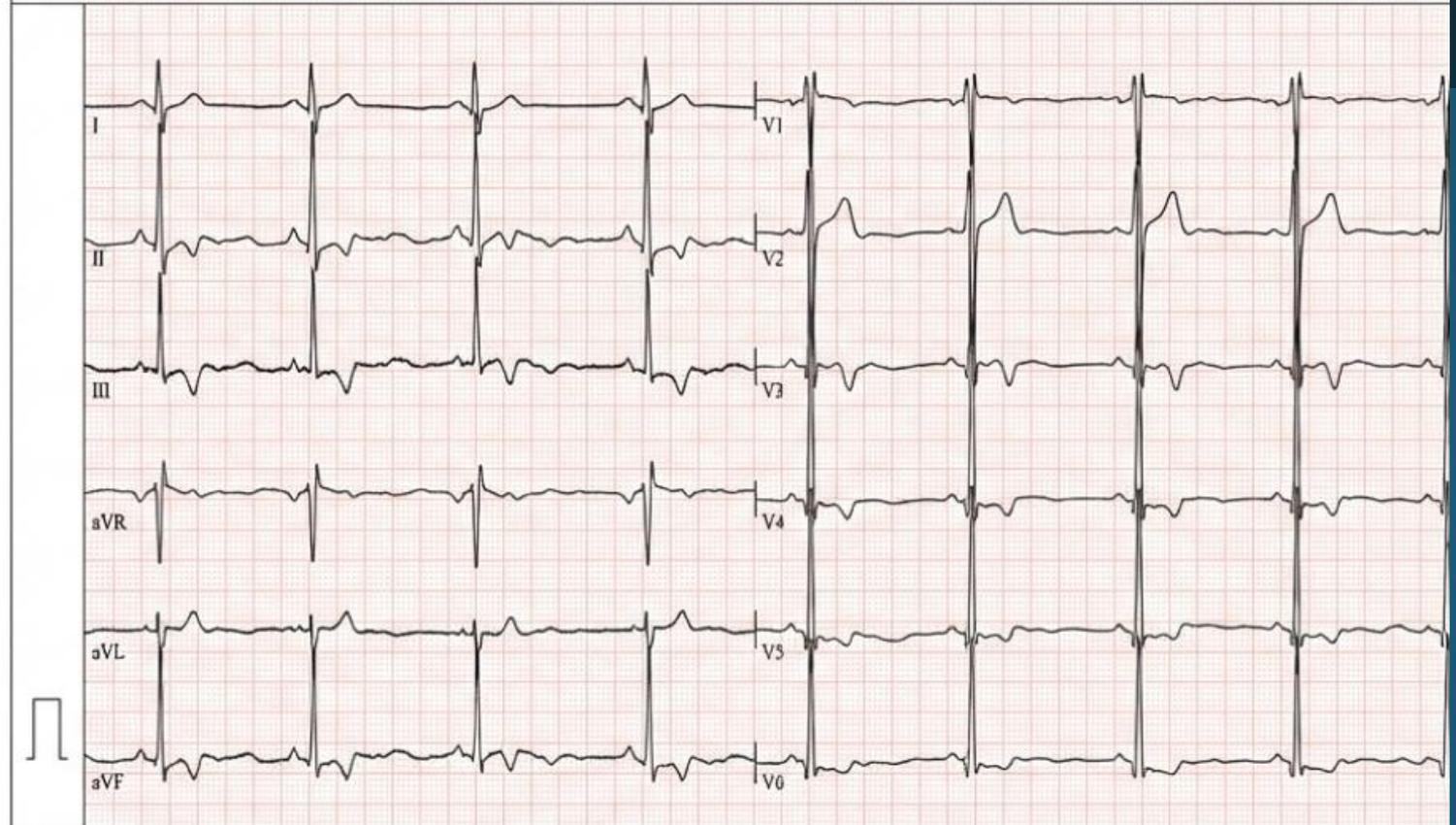
Anamnéza

Asymptomatický vrcholový cyklista. Negativní rodinná anamnéza.

Parametry EKG

- Komorová frekvence: 50 t/min (Bradykardie)
- Interval PR: 138 ms
- QTc: 414 ms
- Vysoká voltáž QRS

Komorová frekv.	50/min
Interval PR	138ms
trvání QR	104ms
QT/QTc	414/377ms
osy P-R-T	51/82/-39°
trvání P	108ms
interval RR/PP	1190/1200ms



GE CardiacSoft V6.73(2)
25mm/s 10mm/mV 0.01-40Hz 50Hz Filtr 12SL V21

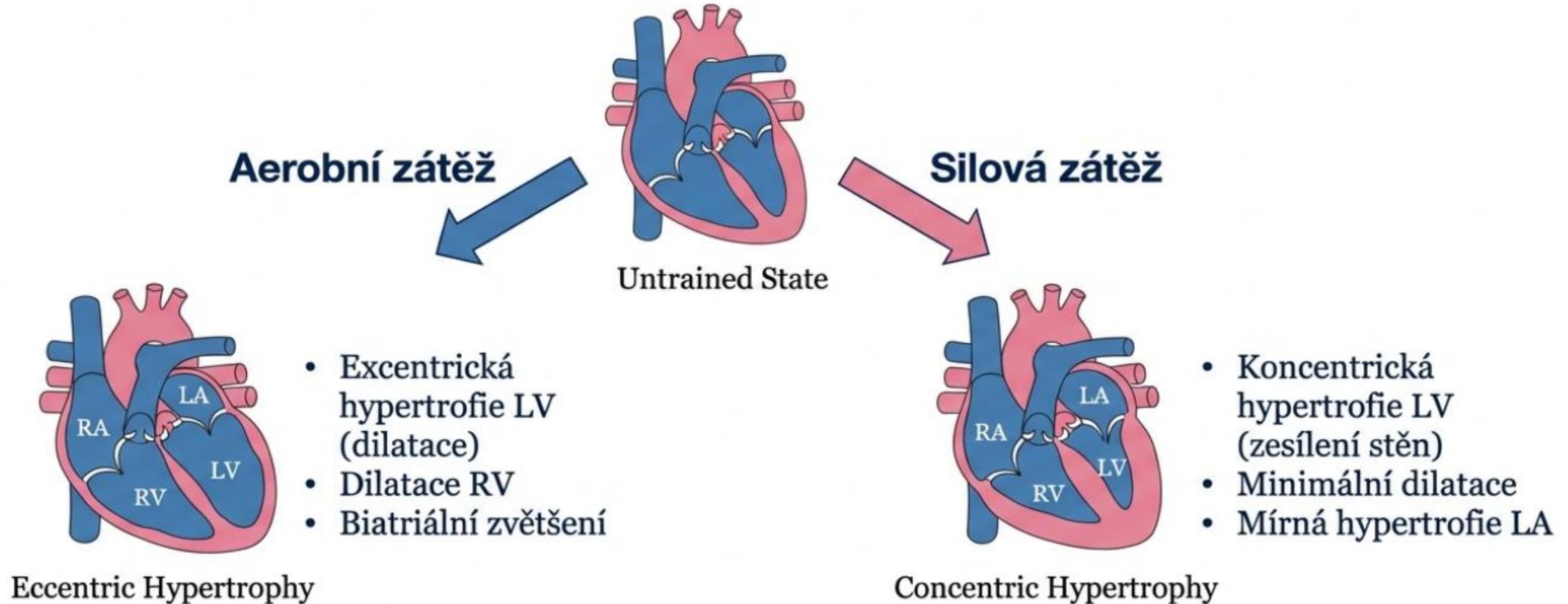
Nepotvrzeno

Ošetřující lékař:

Strana 1

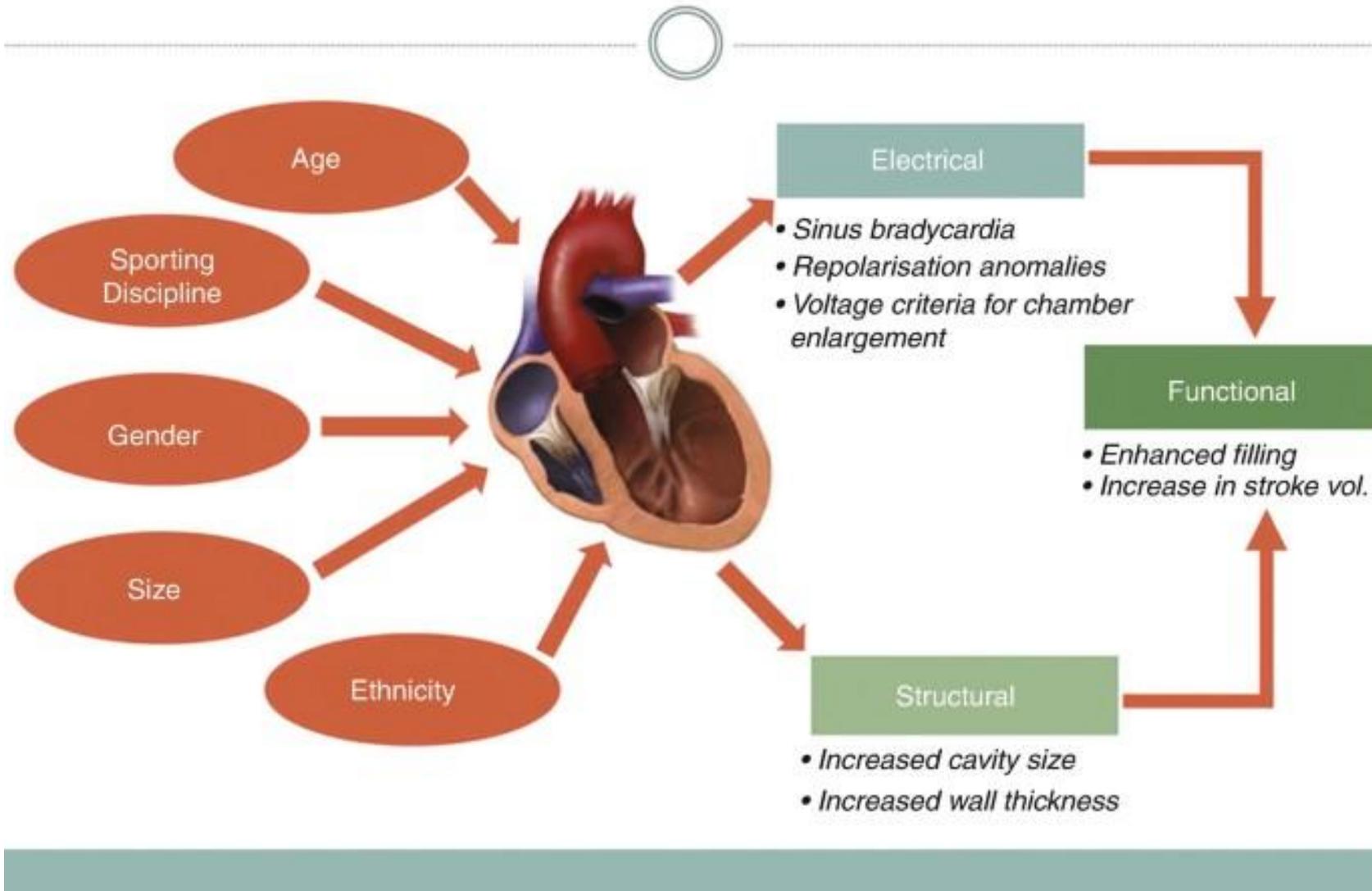
Je toto EKG projev fyziologické adaptace, nebo tichý zabiják?

Pravidelná zátěž mění morfologii i elektriku srdce



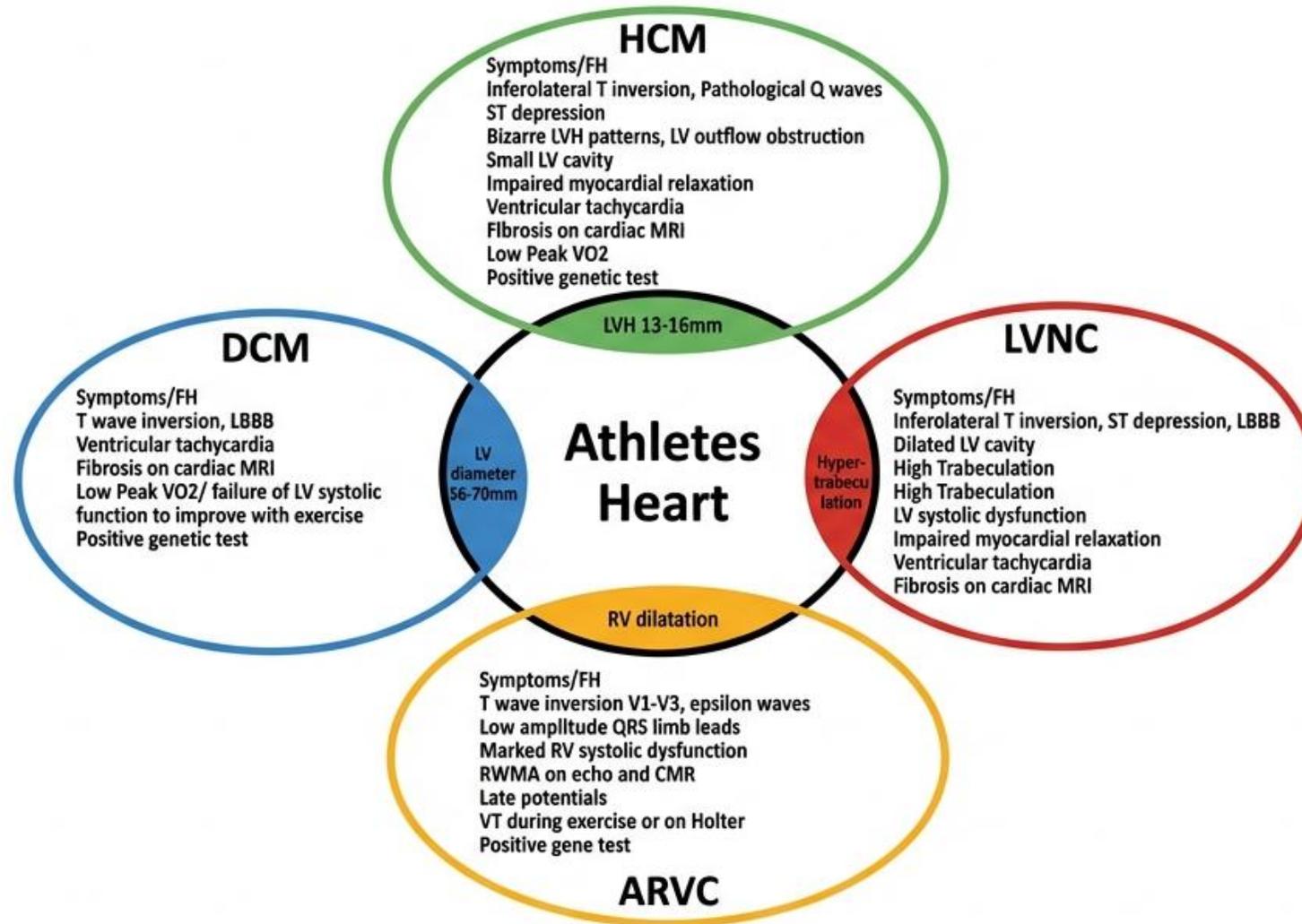
“Atletické srdce” je fyziologická adaptace, která je reverzibilní.
Změny struktury vedou ke změnám na EKG.

Cardiac Adaptation to Exercise – The Athlete's Heart



Charakter srdeční adaptace je závislý na pohlaví, typu sportu, věku, etnickému původu a individuální genové vý

Nebezpečný překryv: Adaptace vs. Patologie



Historical Progression of ECG Interpretation Criteria in the Athletes

1998

Screening for HCM in young athletes.

NEJM. 339(6)

Initial presentation of formal ECG criteria for differentiation of pathology from normality in athletes

Key Advances

-First published ECG criteria designed to detect occult structural disease in athletes

2005

"ESC 2005"

Eur Heart J. 26(5)

First consensus document presenting quantitative ECG criteria for use in athletes

Key Advances

-First published consensus document describing the rationale for clinical ECG interpretation in athletes

2010

"ESC 2010"

Eur Heart J. 31(2)

Criteria update aimed at acknowledging the difference between "common/training related" ECG patterns and "uncommon/training unrelated" ECG patterns

Key Advances

-Segregated athlete ECG patterns into "Group 1" (training related) and "Group 2" (training unrelated)

2013

"Seattle Criteria"

Br J Sports Med 47(3)

Criteria update aimed at refining the ESC 2010 criteria with an emphasis on the development of training modules for sports medicine practitioners.

Key Advances

-Provided refined quantitative definitions for numerous ECG

2014

"Revised Criteria"

Circulation. 129(16)

Criteria focused on further improving the specificity of athlete ECG interpretation by using primary data derived from sizeable multi-ethnic athlete cohorts.

Key Advances

-Reclassified several common isolated ECG

2017

"International"

JACC. 69(5)

Most up to date International collaboration with high scrutiny of definition

Key Advances

-Most rigorous attempt to provide a

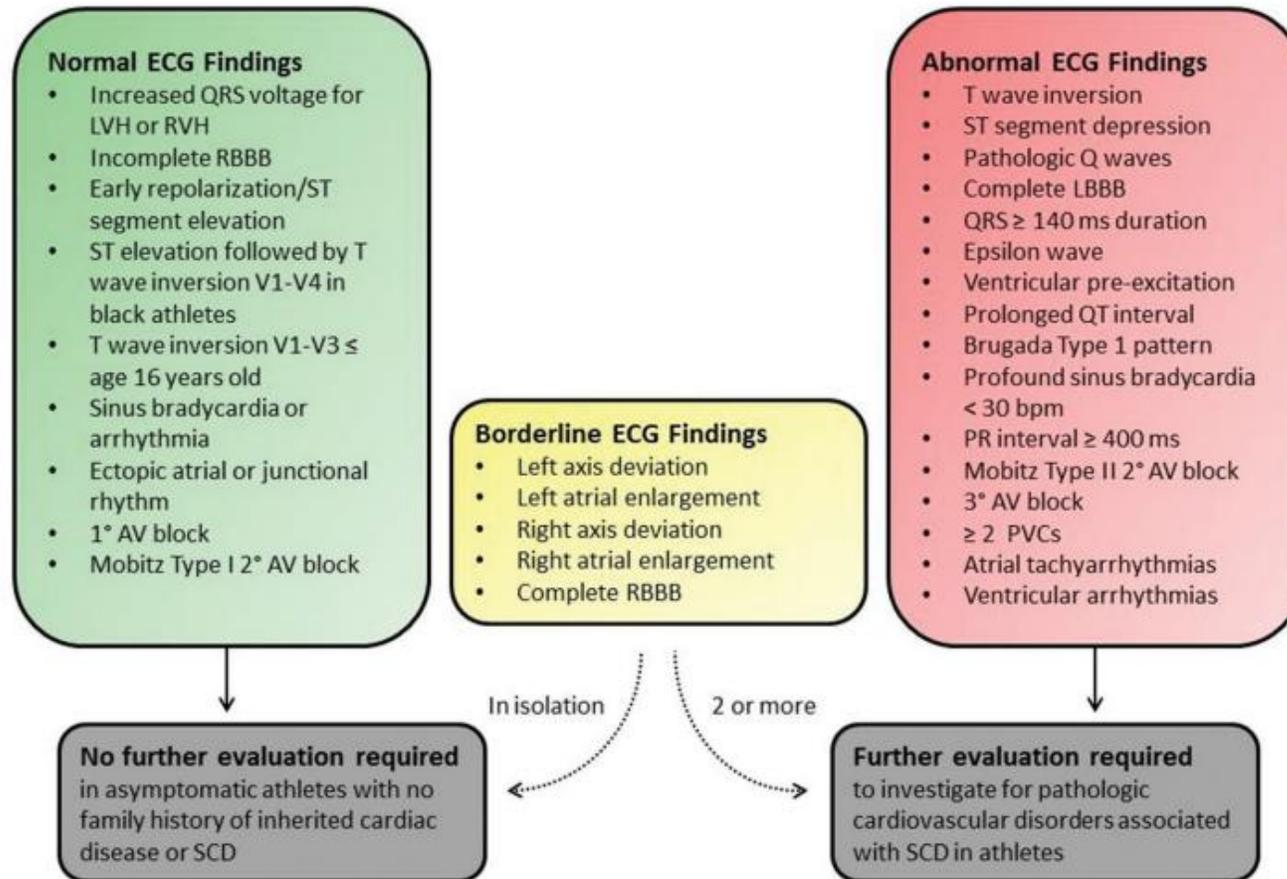


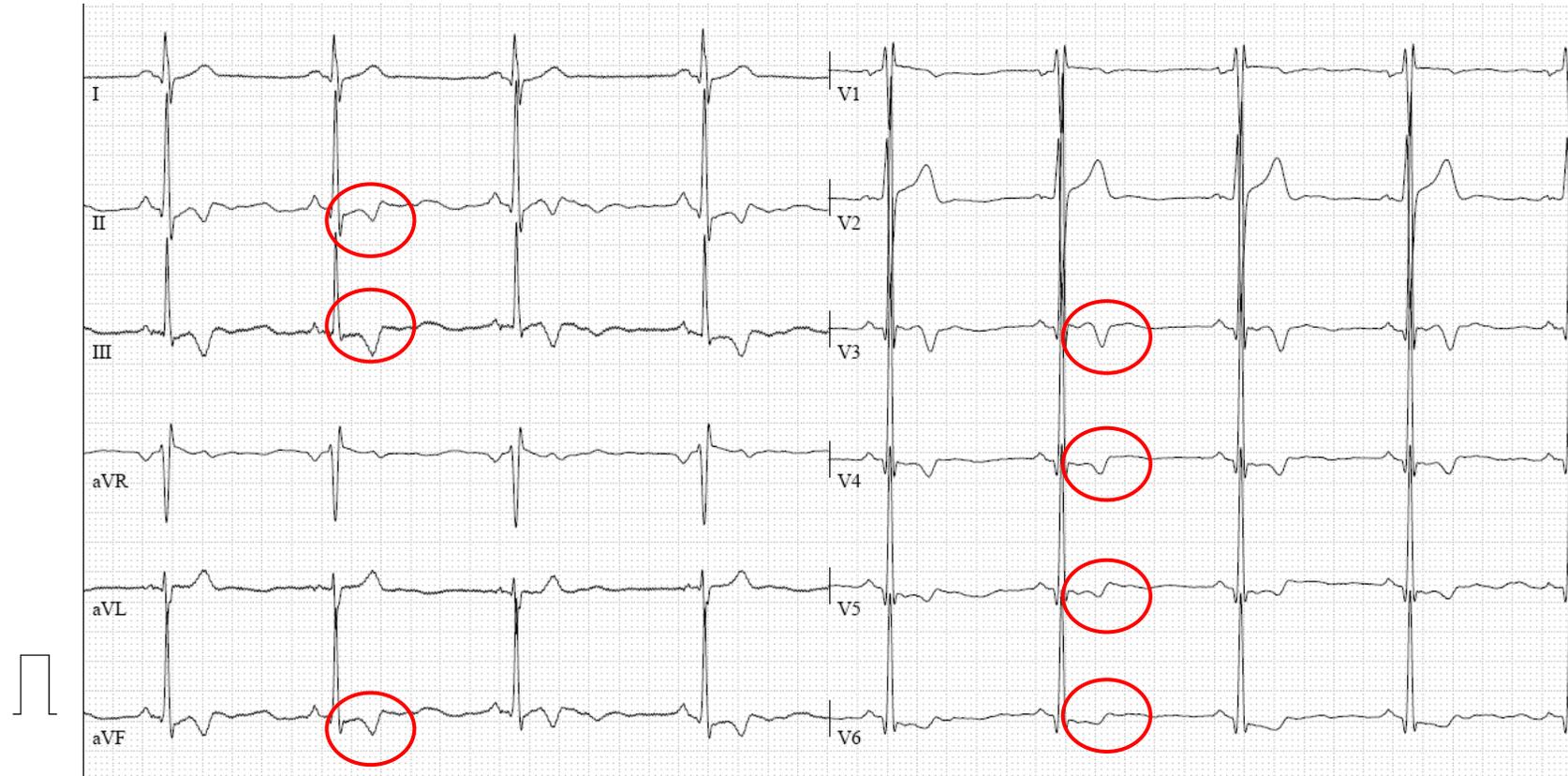
Figure 1 International consensus standards for ECG interpretation in athletes. AV, atrioventricular; LBBB, left bundle branch block; LVH, left ventricular hypertrophy; PVC, premature ventricular contraction; RBBB, right bundle branch block; RVH, right ventricular hypertrophy; SCD, sudden cardiac death.

International criteria 2017

Inferolaterální inverze vln T – nález jednoznačně vyžadující komplexní dovyšetření včetně CMR a genetiky

Abnormal ECG Findings

- T wave inversion
- ST segment depression
- Pathologic Q waves
- Complete LBBB
- QRS ≥ 140 ms duration
- Epsilon wave
- Ventricular pre-excitation
- Prolonged QT interval
- Brugada Type 1 pattern
- Profound sinus bradycardia < 30 bpm
- PR interval ≥ 400 ms
- Mobitz Type II 2° AV block
- 3° AV block
- ≥ 2 PVCs
- Atrial tachyarrhythmias
- Ventricular arrhythmias



2025 International Criteria for ECG Interpretation in Athletes

DRAFT

NO FURTHER EVALUATION

ECG findings are training-related or not generally associated with conditions at risk for SCD

- Increased QRS voltage for LVH or RVH
- Incomplete or complete RBBB < 140 ms
- Non-specific IVCD < 140 ms
- Early repolarization/ST segment elevation
- Athlete repolarization variant (J-point and convex ST elevation followed by T wave inversion V1-V4)
- Juvenile T wave inversion (age < 16 years V1-V3)
- Left atrial enlargement
- Right atrial enlargement
- Sinus bradycardia or arrhythmia
- Ectopic atrial or junctional rhythm
- Premature atrial contractions
- 1° AV block
- Mobitz Type I 2° AV block

MAY REQUIRE EVALUATION

ECG findings have an uncertain relationship with conditions at risk for SCD

- Female athlete T wave inversion V1-V3
- Inferior T wave inversion
- Low QRS voltage
- 1 PVC with inferior axis
- Axis deviation

FURTHER EVALUATION

ECG findings are associated with conditions at risk for SCD

- Lateral T wave inversion
- Anterior TWI (excluding green and yellow box patterns)
- ST segment depression
- Pathologic Q waves
- Complete LBBB
- Complete RBBB or IVCD ≥ 140 ms
- Ventricular pre-excitation
- Prolonged QT interval
- Brugada Type 1 pattern
- PR interval ≥ 400 ms
- Mobitz Type II 2° AV block
- 3° AV block
- ≥ 2 PVCs
- 1 PVC with superior axis or short-coupling
- Atrial or ventricular arrhythmias

Are there ≥ 2 'yellow box' findings or concerning personal or family history?

No

Yes

No further evaluation required
in asymptomatic athletes with no family history of inherited cardiac disease or SCD

Further evaluation required
to investigate for pathologic cardiovascular disorders associated with SCD in athletes

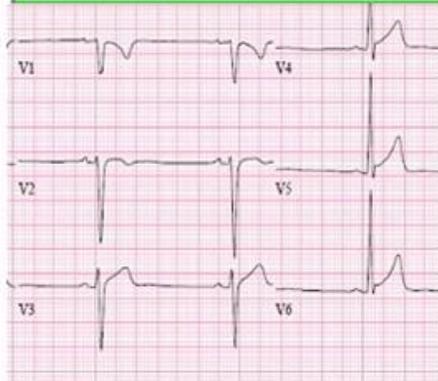


Prozatím NEPUBLIKOVANÝ návrh International criteria 2025 pro hodnocení EKG sportovců

Interpretace EKG sportovce se neustále vyvíjí, např. zde vývoj pro TWI na přední stěně

TWI in V1-V2

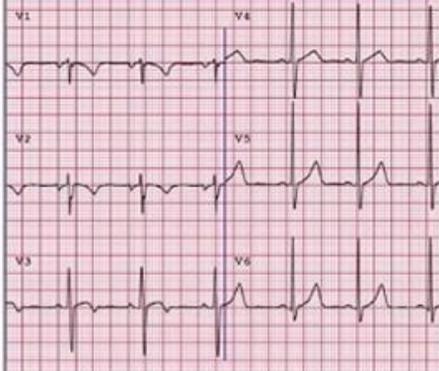
Normal in any athlete



No further evaluation needed

Juvenile (age <16) TWI

Flat or elevated ST segment followed by TWI confined to V1-V3



No further evaluation needed

Athlete Repolarization Variant

J-point elevation ($\geq 1\text{mm}$) and convex ST elevation followed by TWI confined to V1-V4

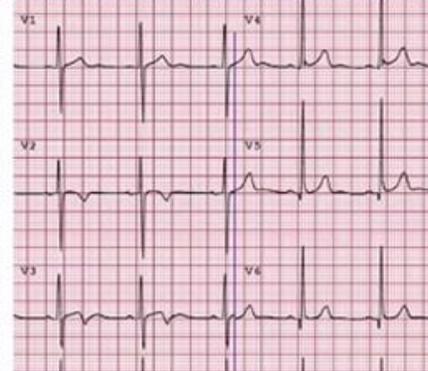


Normal regardless of race/ethnicity

No further evaluation needed

Female Athlete TWI

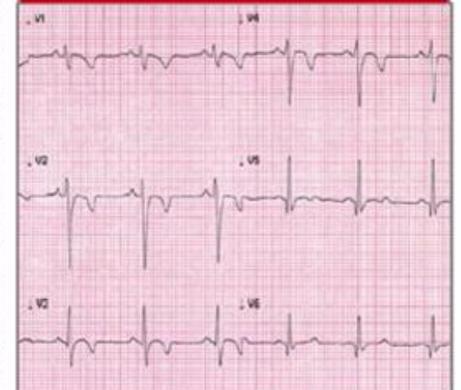
Flat or elevated ST segment followed by TWI confined to V1-V3



Two or more 'yellow box' findings or clinical concerns?

Abnormal TWI

Minimally elevated J-point ($<1\text{mm}$) and flat ST segment followed by TWI in V1-V4



Co-existing ECG abnormalities:

- S wave in V2 >55 msec
- Epsilon wave
- PVCs
- LQRSV
- Inferior or lateral TWI

Further evaluation needed

Nízká voltáž QRS u sportovců: Skrytý varovný signál fibrózy

Definice LQRSV: Amplituda QRS komplexu (peak-to-nadir) < 0,5 mV (5 mm) ve všech končetinových svodech (I, II, III, aVR, aVL, aVF).

0,3 %

Prevalence
v obecné populaci
Paradox prevalence sportovců.

2,2 % – 4,0 %

Prevalence u
elitních sportovců
Paradoxní prevalence u sportovců

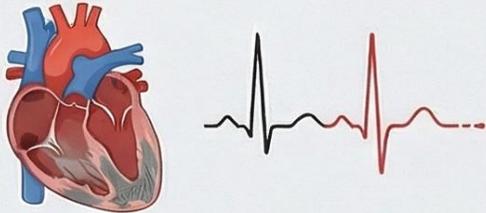
Statistiky a Patofyziologie

40 %  **Riziko fibrózy**

U sportovců s kombinací LQRSV a komorových arytmií prokazuje CMR v 40 % případů pozdní sycení gadolinem (LGE).

Teorie "Fibrózní hypotézy"

Zdravý myokard je nahrazen elektricky inertní fibro-tukovou tkání (např. u ACM nebo stavů pro myokarditidě), což oslabuje elektrický signál.



28 000+ let sledování

Rozsáhlá data potvrzují, že izolované změny bez strukturálního korelátu vyžadují odlišný přístup u mužů a žen.

4-fázový protokol vyloučení



FÁZE I: Extrakardiální vyloučení

Vyloučení útlumu signálu v důsledku habitu (BMI > 30), plicního emfyzému nebo velkého perikardiálního vypotku.



FÁZE II: Profilace rytmu

Povinný 12-svodový Holter, který musí obsahovat tréninkovou jednotku pro zachycení zátěžových arytmií.



FÁZE III: Analýza morfologie

Identifikace "red flag" arytmií: PVC s morfologií širokého RBBB (naznačuje původ v levé komoře a možnou fibrózu).



FÁZE IV: Práh pro CMR

CMR je indikována při jakékoli komorové ektopii, symptomech nebo pozitivní rodinné anamnéze.

Red Flags a Diagnostika

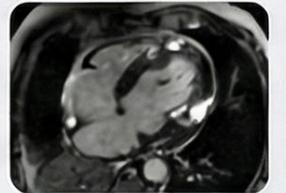
Red Flags pro patologie

- ⚠️ Pozitivní rodinná anamnéza
- ⚠️ Nevysvětlená synkopa
- ⚠️ Komorové extrasystoly (PVC) při zátěži

CMR vs. Echokardiografie



Echo často nestačí; fibróza (zejména mid-wall nebo sub-epikardiální) je pro standardní ultrazvuk neviditelná.



CMR prokazuje ložiska fibrózy (LGE).

Diferenciální diagnóza



Fyziologická adaptace (např. u cyklistů hypertrophy)



Patologická fibróza levé komory

⚠️ **LQRSV není benigní nález.**

🔍 **Hledejte skrytou fibrózu.**

📄 **Holter musí být se zátěží.**

⚡ **Nízký práh pro indikaci CMR.**

📈 **V1 notch u cyklistů je obvykle benigní.**

🤝 **SDM (Sdílené rozhodování) je etický standard.**

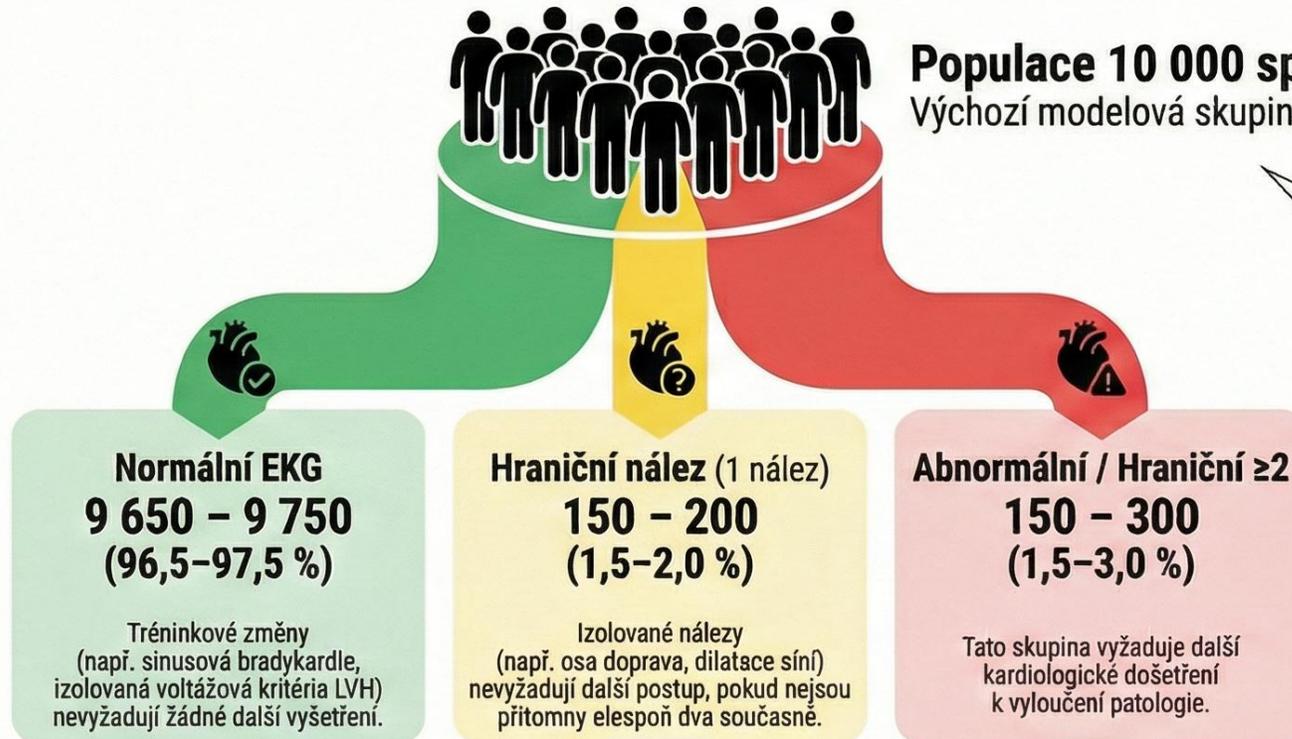
Screeningová kaskáda EKG u sportovců: Model pro 10 000 probandů (Dle International Criteria 2017)



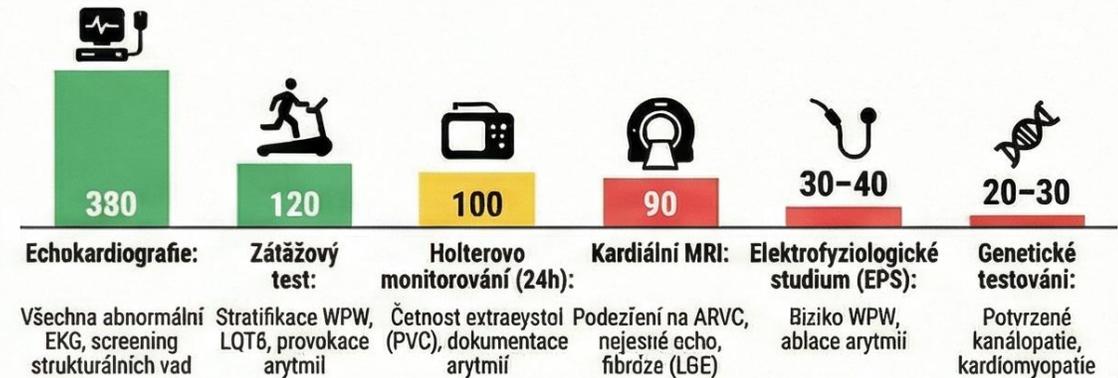
Populace 10 000 sportovců

Výchozí modelová skupina pro aplikaci International Criteria 2017 (IC 2017).

Při správné aplikaci IC 2017 byste měli nacházet podobná čísla.
Výrazně **VÍCE** = over-diagnosis.
Výrazně **MÉNĚ** = missed pathology.



Sekundární vyšetřební vyšetření (Diagnostický proces)



LEVEL 3 – Finální výstupy (Klinický závěr)



LEVEL 4 – Detekované diagnózy (Rozbor patologií)

- Kardiomyopatie (HCM, ARVC, DCM)**
HCM: 4–8 případů, ARVC/ACM: 2–4 případy, DCM: 2–3 případy.
- Kanálopatie (WPW, LQTS)**
WPW (vysoké riziko): 5–14 případů; LQTS: 3–6 případů.
- Ostatní nálezy**
Koronární anomálie (3–5), vrozené vady (3–8), arytmogenní MVP (1–3).

Benchmark Box – Kontrola kvality	
Všř výsledek (% abnormálních)	Interpretace
> 10 %	Over-diagnosis ✗ (Nadinterpretace nálezů)
1,5 – 3,0 %	Správné kalibrace ✓ (Optimální dle IC 2017)
< 1 %	Under-diagnosis ⚠ (Riziko přehlédnutí patologie)

□ 1. ATLETICKÉ SRDCE

Fyziologická adaptace vs. patologie - překryv!

□ 2. INDIVIDUALIZACE

Sport • Pohlaví • Věk • Etnicita • Genetika

□ 3. IC 2017

Normální → Hraniční → Abnormální

□ 4. TWI = VYŠETŘIT

Echo • Zátěž • CMR • CT • Genetika

□ 5. VÝVOJ KRITÉRIÍ

IC 2017 → IC 2025 (brzy!)

☞ □ 6. KONZULTUJTE

Při pochybách vždy!

Take home messages

