

EKG U HRVATSKOG POSAVCA I LIPICANCA

Mjerenja i morfološke karakteristike valova, intervala i kompleksa



ECG IN CROATIAN POSAVAC AND LIPIZZAN HORSES

Measurements and Morphological Characteristics of Waves, Intervals, and Complexes

Grden*, D., M. Torti, N. Brkljača Botarego, P. Bratić, K. Miljak, V. Matijatko, I. Šmit, M. Crnogaj

Sažetak

40

Elektrokardiogram (EKG) sastavni je dio svakog kardiološkog pregleda u humanoj i veterinarskoj medicini, a analiza oblika EKG valova ključna je za njegovu interpretaciju. U ovom radu analizirali smo EKG karakteristike naših najvažnijih autohtonih pasmina konja, hrvatskog posavca i lipicanaca, te usporedili izmjerene vrijednosti, i međusobno i s nedavno objavljenim vrijednostima za EKG valove i intervale, kao i njihove morfološke karakteristike u zdravih konja. U istraživanje su uključena ukupno 82 konja: 51 posavac i 32 lipicanca. Elektrokardiogrami su snimani 5 minuta u bazno-vršnom odvodu, a zatim je provedena analiza koja je uključivala mjerenje trajanja P-vala, PR intervala, QRS kompleksa, QT intervala i T-vala, kao i amplitude P, Q, R, S i T-vala. Morfološki oblici P-valova i T-valova zabilježeni su zasebno. Ovo je istraživanje identificiralo brojne razlike između naših rezultata i podataka iz različitih objavljenih istraživanja, kao i statistički značajne razlike između dviju pasmina za P-val i T-val te QRS kompleks. Osim toga, utvrđene su i statistički značajne razlike između životinja s obzirom na spol. Potrebna su daljnja istraživanja elektrokardiografskih karakteristika posavaca i lipicanaca, s većim brojem uključenih životinja kako bi se odredili referentni intervali za svaku pasminu i razjasnili učinci spola na elektrokardiografske parametre.

Ključne riječi: EKG, hrvatski posavac, lipicanac

Abstract

The electrocardiogram (ECG) is an essential component of cardiological examinations in both human and veterinary medicine. The analysis of ECG waveforms is crucial for accurate interpretation. In this study, we analyzed the ECG characteristics of the two most important indigenous horse breeds in Croatia, the Croatian Posavac and the Lipizzaner, comparing the measured values both with each other and with previously published data on ECG waveforms, intervals, and their morphological characteristics in healthy horses. A total of 82 horses were included in the study: 51 Croatian Posavac and 32 Lipizzaners. Electrocardiograms

dr. sc. Darko GRDEN, dr. med. vet., docent, dr. sc. Marin TORTI, dr. med. vet. izvanredni profesor, dr. sc. Nika BRKLJAČA BOTAGARO, dr. med. vet., izvanredna profesorica, Petra BRATIĆ, dr. med. vet., Katarina MILJAK, dr. med. vet., dr. sc. Vesna MATIJATKO, dr. med. vet. redovita profesorica, dr. sc. Iva ŠMIT, dr. med. vet., izvanredna profesorica, dr. sc. Martina CRNOGAJ, dr. med. vet., izvanredna profesorica Veterinarski fakultet u Zagrebu. Dopisni autor: dgrden@vef.unizg.hr

were recorded for five minutes using a base-apex lead, followed by an analysis that included measurements of the duration of the P wave, PR interval, QRS complex, QT interval, and T wave, as well as the amplitudes of the P, Q, R, S, and T waves. The morphological patterns of the P and T waves were recorded separately. This study identified numerous differences between our results and previously published data, as well as statistically significant differences between the studied breeds in the P and T waves and the QRS complex, and additionally significant sex-based differences were observed. Further research with a larger sample size is necessary to establish breed-specific reference intervals and to clarify the effects of sex on electrocardiographic parameters.

Key words: ECG, Croatian Posavac, Lipizzan

Uvod

Elektrokardiogram (EKG) važan je dijagnostički alat koji se primjenjuje u procjeni električne aktivnosti srca. EKG najčešće povezujemo s humanom medicinom, ali on ima važnu ulogu i u veterinarskoj medicini, pa tako i u procjeni kardiološkog zdravlja konja, osobito u dijagnostici poremećaja ritma. Zbog veličine njihova srca i jedinstvenog provodnog sustava EKG zapisi u konja znatno se razlikuju od onih zabilježenih u malih sisavaca, što zahtijeva specijaliziranu interpretaciju.

Osnovni uzorak električne aktivnosti srca otkriven je prije više od stotinu godina. Sastoji se od tri vala, koje označavamo kao P, QRS (kompleks valova) i T. U konja ti valovi pokazuju veću varijabilnost nego u drugih vrsta (Menzies-Gow, 2001.). U veterinarskoj medicini konja EKG se rutinski snima u specijalističkim klinikama, no posljednjih godina i terenski veterinari sve više uključuju elektrokardiografiju u svoje preglede. Budući da je EKG snimke lako podijeliti, one se mogu jednostavno poslati specijalistima na interpretaciju ili razmijeniti među kolegama radi rasprave o uočenim promjenama.

Potencijalan problem u interpretaciji EKG zapisa u konja proizlazi iz znatnih razlika u veličini tijela, građi i atletskoj sposobnosti različitih pasmina. Posljedično postoje razlike u veličini srca, što utječe na rezultate elektrokardiografskih mjerenja (Mcintosh Bright i Marr, 2010.), stoga je važno utvrditi na koji način razlike među pasminama utječu na EKG valove i intervale.

Elektrokardiografski uređaji koji se rutinski primjenjuju u kardiologiji konja prilagođeni su za snimanje Einthovenovih perifernih odvoda (I, II, III, AVr, AVL, AVf). Pojam *odvod* odnosi se na standardiziranu kombinaciju elektroda, nazvanu prema mjestu na kojemu su one spojene.

EKG se konjima najčešće snima u bazno-vršnom odvodu jer su kompleksi zabilježeni u ovom odvodu veći i lakši za očitavanje, a zbog položaja elektroda ova je metoda manje podložna smetnjama uzrokovanim pokretima životinje.

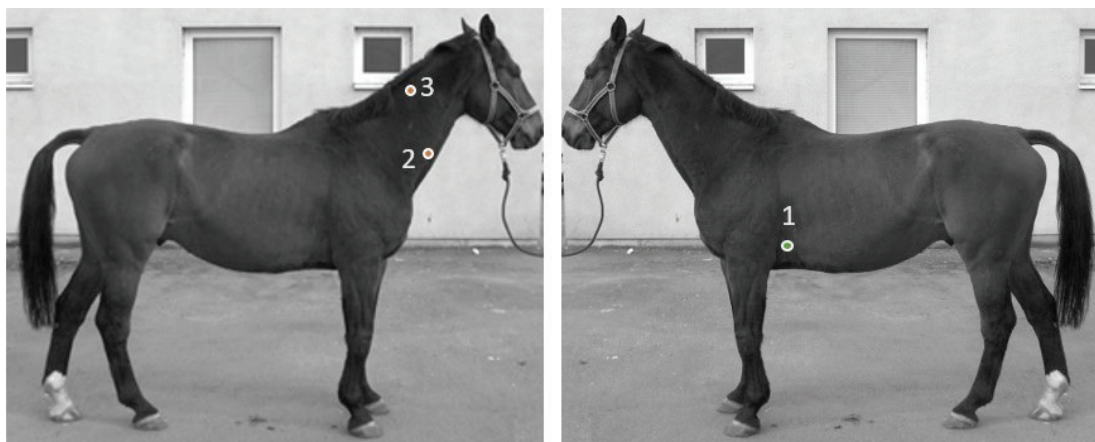
Postoje dvije glavne vrste EKG zapisa, koje se razlikuju prema trajanju snimanja. Kratkotrajni EKG, koji se snima u mirovanju, obično traje do 5 minuta i snima se u sklopu kardiološkog pregleda, često u dijagnostici aritmija. Dugotrajni EKG, tradicionalno nazvan holter-EKG, snima se obično 24 sata te služi za dijagnosticiranje poremećaja ritma kod konja sa strukturnim bolestima srca ili kod onih životinja kod kojih je postavljena sumnja na aritmiju, ali na kratkotrajnom EKG-u nisu uočene abnormalnosti (Mitchell, 2019.).

U elektrokardiogramu mjerenjem i određivanjem morfoloških karakteristika valova, intervala i kompleksa možemo identificirati i određene srčane aritmije. Analiza EKG zapisa mora se provoditi logičnim redoslijedom, uz određenu razinu stručnosti kako bi se prepoznala normalna morfologija EKG-a i detektirali abnormalni kompleksi (Mitchell, 2019.).

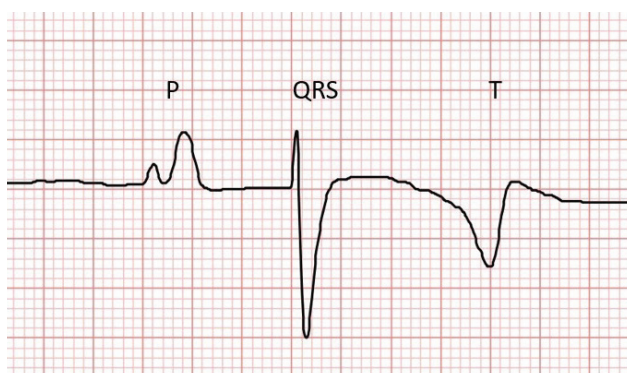
U ovom radu istražili smo karakteristike elektrokardiograma naših najvažnijih autohtonih pasmina konja, hrvatskog posavca i lipicanca, koje se u Hrvatskoj uzgajaju stoljećima. Lipicanska pasmina europski je toplokrvni jahači konj, jedna od najstarijih europskih konjskih pasmina, a sastoji se od osam linija pastuha među kojima je jedna hrvatska linija, Tulipan, čiji je uzgoj započeo početkom 18. stoljeća.



Slika 1. Hrvatski posavac



Slika 2. Postavljanje elektroda za bazno-vršni odvod. Brojevi pokazuju pozicije elektroda, 1 - Pozitivna elektroda (LA, žuta) postavlja se na grudni koš s lijeve strane, odmah iz lakta; 2-negativna elektroda (RA, crvena) postavlja se u desni jugularni žlijeb između donje i srednje trećine vrata; 3- (LL, crna) postavlja se na vrat, što dalje od srca, najčešće ispod grive.



Slika 3. EKG konja, snimljen u bazno-vršnom odvodu sa bifidnim P valom, QRS-om u RS konfiguraciji i negativnim T valom.

42

Hrvatski posavac (slika 1) jest srednje težak hladnokrvni konj koji se tradicionalno koristio kao radni konj u poljoprivredi i šumarstvu.

Cilj je ovog istraživanja usporediti trajanje, amplitudu i morfološke karakteristike valova, intervala i kompleksa u EKG-u snimljenom zdravim konjima pasmina hrvatski posavac i lipicanac, kako bismo utvrdili postoje li statistički značajne razlike između pasmina i kako bismo, s objavljenim rezultatima istraživanja o mjerenjima i morfološkim karakteristikama EKG-a zdravih konja, utvrdili primjenjivost dostupnih referentnih intervala u interpretaciji EKG-a hrvatskog posavca i lipicanca.

Materijali i metode

Odabir konja

U istraživanje su bile uključene dvije pasmine konja: hladnokrvni hrvatski posavac iz istočnih dijelova Zagrebačke županije i toplokrvni lipicanci iz Državne ergele Lipik i Državne ergele Đakovo. Skupina hrvat-

skih posavaca sastojala se od 51 konja oba spola, dok je skupina lipicanaca obuhvaćala 32 konja oba spola.

Sve su životinje prije uključivanja u istraživanje detaljno klinički pregledane kako bi se potvrdilo da su zdrave. U sklopu provjere zdravstvenog stanja konjima su uzeti uzorci krvi iz kojih su učinjene hematološke i biokemijske pretrage. U istraživanje su uključeni samo zdravi konji. Svim konjima uključenima u istraživanje detaljno je klinički pregledan kardiovaskularni sustav te nakon toga snimljen elektrokardiogram.

Snimanje elektrokardiograma

Svim je konjima u bazno-vršnom odvodu snimljen EKG u trajanju od 5 minuta, pri čemu je pozitivna elektroda (LA, žuta) postavljena na prsni koš s lijeve strane, odmah iza lakta, a negativna elektroda (RA, crvena) u desni jugularni žlijeb, na prijelazu iz donje u srednju trećinu vrata. Treća elektroda (LL, crna) postavljena je na vrat, što dalje od srca, obično ispod grive (slika 2). Bazno-vršni odvod bilježi se kao prvi odvod elektrokardiograma (Van Loon i Patteson, 2010.).

Tijekom snimanja konji su se nalazili u svom uobičajenom okruženju i stajali na suhoj podlozi. EKG je sniman uređajem Ascard Mr. Silver (Aspel S.A., Češka) s osjetljivošću od 10 mm/mV i brzinom papira od 25 mm/s.

Ovo je istraživanje odobreno odlukom Povjerenstva za etiku u veterinarstvu Veterinarskog fakulteta u Zagrebu koja je potvrđena na 33. redovitoj sjednici Fakultetskog vijeća 22. listopada 2010. godine.

Analiza elektrokardiograma

Snimljeni elektrokardiogrami analizirani su sustavno kako bi se izbjegle moguće pogreške. Analiza

se provodila slijeva nadesno, pri čemu su identificirani i isključeni svi artefakti.

Za analizu valova odabrana su tri uzastopna pravilna srčana ciklusa iz svakog EKG-a. Analiza valova uključivala je mjerenje trajanja P-vala, PR intervala, QRS kompleksa, QT intervala i T-vala, kao i amplitude P-vala, Q-vala, R-vala, S-vala i T-vala. Morfološki oblici P-valova i T-valova bilježeni su zasebno. P-val zabilježen je kao bifidan (P1 i P2, pri čemu su obje amplitude u istom smjeru) ili monofazan, označen kao P2. T-val je zabilježen kao monofazan (T+ i T-) ili bifazan (T+ i T-) (slika 3).

Statistička analiza

Statistička analiza uključivala je deskriptivnu statistiku, pri čemu su srednje vrijednosti skupina kategoriziranih prema pasmini i spolu uspoređene t-testom. Prag za statističku značajnost postavljen je na $P < 0,05$. Statistička analiza provedena je pomoću softverskog programa StatSoft Statistica 9.

Rezultati

Rezultati ovog istraživanja prikazani su u tablici 1, koja obuhvaća sve konje uključene u istraživanje i svaku pasminu zasebno. Tablica 2 prikazuje rezultate za sve životinje uključene u istraživanje, podijeljene u skupine prema spolu i pasmini.

Jedan konj pasmine hrvatski posavac isključen je iz istraživanja jer je na njegovu EKG-u uočena zamjena P-valova fibrilacijskim (f) valovima, što upućuje na atrijsku fibrilaciju. Dijagnosticirana mu je atrijska fibrilacija, koja je klinički najvažnija aritmija i može dovesti do smanjene radne sposobnosti konja (Van Loon, 2019.).

P-val kod ispitanih životinja pojavljivao se u oba oblika – monofaznom i bifidnom. Monofazni P-val označen je kao P2, dok su kod bifidnog P-vala dijelovi vala označeni kao P1 i P2. Kod većine životinja P-val je bio monofazan, ali u 43 % ispitanih konja zabilježen je bifidan P-val. Statistički značajne razlike ($P < 0,05$) pronađene su u amplitudi P1 i P2 valova između ispitanih pasmina te između konja različitog spola.

Usporedbom rezultata trajanja P-vala utvrđene su statistički značajne razlike ($P < 0,05$) između dviju ispitanih pasmina, kao i između ženskih životinja obiju pasmina. Također, pronađene su statistički značajne razlike ($P < 0,05$) između muških i ženskih konja lipicanske pasmine.

Analiza EKG-a otkrila je tri različite konfiguracije ventrikularne depolarizacije. Najčešća konfiguracija bila je RS, pronađena u 40 konja (49 %), zatim izolirani S-val u 30 konja (36,4 %), QRS kompleks u 9 konja (11 %), te QS kompleks u 3 konja (3,6 %).

Statistički značajne razlike ($P < 0,05$) pronađene su u trajanju QRS kompleksa između konja različitih pasmina, kao i između konja različitog spola.

Analiza elektrokardiograma otkrila je statistički značajne razlike ($P < 0,05$) u trajanju QT intervala između ispitanih pasmina te unutar obiju pasmina između životinja različitog spola. Q-val zabilježen je u samo 14,6 % konja te nisu pronađene statistički značajne razlike. Nisu pronađene statistički značajne razlike u amplitudi R-vala. Vrijednosti amplitude S-vala pokazale su statistički značajne razlike ($P < 0,05$) između ispitanih pasmina, razlika u amplitudi S-vala između mužjaka različitih pasmina, kao i između ženki ispitanih pasmina, bila je statistički značajna ($P < 0,05$). Unutar pasmine hrvatski posavac pronađena je statistički značajna razlika ($P < 0,05$) u amplitudi S-vala između muških i ženskih konja. Za T-val utvrđene su statistički značajne razlike ($P < 0,05$) u njegovu trajanju između pasmina te između životinja različitog spola unutar iste pasmine. Zabilježeno je da se u lipicanskih konja monofazni T-val pojavljivao isključivo u obliku T+.

Rasprava

Kod konja P-val ima varijabilnu morfologiju s nekoliko različitih konfiguracija, pri čemu je najčešći bifidni P-val (Hamlin i sur., 1970.; Fregin, 1982.; Costa i sur., 1985.; Ayala i sur., 1999.). Amplituda i oblik P-vala ovise o poziciji elektroda na površini tijela i o tonu vagusa (Fregin, 1982.). Prva komponenta P-vala (P1), koja nastaje aktivacijom desnog atrija, nestabilna je i u potpunosti je pod utjecajem tonusa autonomnog živčanog sustava. Druga komponenta P-vala (P2) nastaje aktivacijom interatrijskog septuma i znatno je manje pod utjecajem autonomnog živčanog sustava (Fregin, 1982.).

U istraživanih konja nađena su dva morfološka tipa P-vala, bifidni te jedinstveni pozitivni P-val. U posavaca je u 28 % konja P-val bio bifidan, a u 70 % konja P-val bio je jedinstven i pozitivan, za razliku od lipicanaca kod kojih je u 66 % konja P-val bio bifidan, a u 34 % konja je P-val bio jedinstven i pozitivan, što odgovara rezultatima u citiranoj literaturi (Ayala i sur., 2000.; Alidadi i sur., 2002.; Tavanaei-Manesh i Dalir-Naghadeh, 2010.; Triguinha i sur., 2023.). U istraživanju Triguinha i suradnika (2023.), ženski konji pasmine luzitano nisu pokazali jednostavni pozitivni P-val u svojim EKG zapisima, što predstavlja odstupanje u odnosu na naše rezultate i rezultate iz literature (Ayala i sur., 2000.; Alidadi i sur., 2002.; Tavanaei-Manesh i Dalir-Naghadeh, 2010.).

Amplitude P1-vala u hrvatskih konja kretale su se od 0,1 do 0,3 mV, s prosječnom vrijednošću ($\pm$ SD) od

0,15 ($\pm 0,056$) mV. Za P2, amplitude su se kretale od 0,1 do 0,7 mV, s prosječnom vrijednošću ($\pm SD$) od 0,31 ($\pm 0,14$) mV. Statistički značajne razlike ($P < 0,05$) pronađene su u amplitudama P1 i P2-valova između pasmina. Također su pronađene statistički značajne razlike u amplitudama P1 i P2-valova između mužjaka i ženki lipicanaca. U posavaca su značajne razlike pronađene u amplitudi P2-vala između mužjaka i ženki.

U kurdskih konja amplitude P1-vala kretale su se od 0,03 do 0,8 mV, s prosječnim vrijednostima ($\pm SD$) od 0,21 ($\pm 0,14$) mV. Za P2, amplitude su se kretale od 0,25 do 0,9 mV, s prosječnim vrijednostima ($\pm SD$) od 0,42 ($\pm 0,12$) mV (Tavanaei-Manesh i Dalir-Naghadeh, 2010.). Raspon amplituda P-vala kod turkmenskih konja bio je od 0,175 do 0,385 mV, s prosječnim vrijednostima ($\pm SD$) od 0,21 ($\pm 0,008$) mV (Alidadi i sur., 2002. Hanton i Rabemampianina (2006.) izvještavaju o pozitivnoj korelaciji između amplitude P-vala i srčane frekvencije. Međutim, budući da je srčana frekvencija u konja iz ovog istraživanja bila u prosjeku 54 (± 13) u posavaca i 51 (± 12) u lipicanaca (Grden i sur., 2020.), što je veća vrijednost nego kod drugih pasmina (Ayala i sur., 2000.; Alidadi i sur., 2002.; Tavanaei-Manesh i Dalir-Naghadeh, 2010.; Triguinho i sur., 2023.), niže amplitude P-vala u ovom istraživanju ne mogu se objasniti samo srčanom frekvencijom. Sličan zaključak postavili su Tavanaei-Manesh i Dalir-Naghadeh (2010.) u svom istraživanju kurdskih konja, jer njihov nalaz niže srčane frekvencije i više amplitude P-vala također ne odgovara spomenutom načinu korelacije P-vala i srčane frekvencije. Tavanaei-Manesh i Dalir-Naghadeh (2010.) objašnjavaju veću amplitudu P-vala u kurdskih konja u usporedbi s drugim pasminama kao posljedicu nižeg tonusa vagusa u tih konja.

Kod istraživanih je pasmina trajanje P-vala ($\pm SD$) bilo 0,122 ($\pm 0,0337$) sekundi, s rasponom od 0,04 do 0,2 sekunde. Statistički značajne razlike pronađene su između ispitivanih pasmina i između ženskih životinja te između mužjaka i ženki lipicanaca. Prosječno trajanje ($\pm SD$) P-vala u kurdskih konja bilo je 0,13 ($\pm 0,02$) sekundi, s rasponom od 0,08 do 0,16 sekundi (Tavanaei-Manesh i Dalir-Naghadeh, 2010). Trajanje ($\pm SD$) P-vala u turkmenskih konja bilo je 0,128 ($\pm 0,003$) sekundi, s rasponom od 0,07 do 0,18 sekundi (Alidadi i sur., 2002.).

Raspon trajanja P-R intervala bio je od 0,04 do 0,40 sekundi, s prosječnom vrijednošću ($\pm SD$) od 0,22 ($\pm 0,06265$) sekunde. Raspon odgovara referentnim vrijednostima iz literature (Ayala i sur., 2000.; Alidadi i sur., 2002.; Tavanaei-Manesh i Dalir-Naghadeh, 2010.; Triguinho i sur., 2023.).

Konfiguracija QRS kompleksa u EKG-u definira na je lokaliziranom depolarizacijom u apikalnoj tre-

ćini interventrikularnog septuma (Muylle i Oyaert, 1977.). Elektrokardiogram će ventrikularnu depolarizaciju registrirati kao manji pozitivan otklon (R) nakon kojega slijedi veći negativan otklon (S).

Analiza EKG-a pokazala je tri različite konfiguracije ventrikularne depolarizacije. Najčešća je bila RS konfiguracija, pronađena u 40 konja (49%), zatim samo S-val u 30 konja (36,4 %), QRS u 9 konja (11 %) i QS konfiguracija u 3 konja (3,6 %). Kod luzitano konja pronađene su tri konfiguracije QRS kompleksa: RS (62,2 %), S (35,4 %) i QRS (2,4 %) (Triguinho i sur., 2023.). U istraživanju kurdskih konja konfiguracija ventrikularne depolarizacije bila je pretežno RS (80 %), što odgovara QRS konfiguracijama opisanima za druge pasmine konja (Alidadi i sur., 2002.; Ayala i sur., 2000.; Fregin, 1982.).

Trajanje QRS kompleksa koristan je parametar u procjeni performansi konja. Trajanje ($\pm SD$) QRS kompleksa u hrvatskih konja bilo je 0,12 sekunde ($\pm 0,0317$), s rasponom od 0,08 sekundi do 0,2 sekunde. Međutim, trajanje QRS kompleksa ($\pm SD$) u posavaca bilo je 0,11 sekundi ($\pm 0,0269$), u usporedbi s 0,14 sekundi ($\pm 0,030$) u lipicanaca, što pokazuje statistički značajnu razliku ($P < 0,05$). Značajne razlike također su pronađene u trajanju QRS kompleksa između mužjaka i ženki istraživanih pasmina, kao i između ženskih životinja različitih pasmina. Referentne vrijednosti smatraju QRS kompleks kraći od 0,14 sekundi fiziološkim u zdravih životinja (Van Loon i Patteson, 2010.).

Konji lipicanske pasmine značajno su odstupali od ovih vrijednosti, pri čemu je 43,8 % uzorkovanih konja imalo trajanje QRS kompleksa dulje od referentnih vrijednosti, dok je u posavaca trajanje QRS kompleksa premašilo referentni interval u samo 12 % životinja. Trajanje QRS kompleksa u kurdskih je konja bilo dulje nego kod nekoliko drugih pasmina, uključujući turkmenske konje (Alidadi i sur., 2002.), *mangalarga marchador*, engleske punokrvnjake i američke kasače (Fregin, 1982.). Raspon trajanja QRS kompleksa u kurdskih konja bio je od 0,1 do 0,16 sekundi, s prosječnom vrijednošću ($\pm SD$) od 0,13 sekundi ($\pm 0,02$). Kline i Foreman (1991.) navode da konji sa širim QRS kompleksom imaju i veće srce. Međutim, istraživanja drugih autora ne podržavaju ovu korelaciju između trajanja QRS kompleksa i mase srca (Gross i sur., 1974.; Leadon i sur., 1982.; Hanson i sur., 1993.; Sampson i sur., 1999.).

Raspon trajanja QT intervala u ovom je istraživanju bio od 0,36 do 0,60 sekundi, s prosječnom vrijednošću ($\pm SD$) od 0,472 ($\pm 0,066$) i statistički značajnim razlikama između životinja različitih pasmina i spola. U literaturi se navodi negativna korelacija

između QT intervala i srčane frekvencije (Detweiler i Patterson, 1972.). U literaturi se navodi negativna korelacija između QT intervala i frekvencije srca (Detweiler i Patterson, 1972.). Muške životinje korištene u ovom istraživanju imale su značajno dulji ($P < 0,05$) QT interval od kobila, što zbog spomenute negativne korelacije pripisujemo višoj srčanoj frekvenciji u ženskih konja (Grden i sur., 2020.).

Prema Stewartu i Steelu (1970.) ventrikularna masa odražava se u trajanju QRS kompleksa, a QT interval odražava veličinu srca. Rezultati ovog istraživanja podržavaju ovu korelaciju, jer je značajno dulje trajanje QRS kompleksa u lipicanaca bilo praćeno statistički značajno duljim QT intervalom.

Q-val često potpuno izostaje iz elektrokardiograma u konja, što potvrđuje i naše istraživanje. Q-val je zabilježen u samo 12 konja (14,6 %). Amplituda Q-vala ($\pm SD$) bila je $0,16 \pm 0,09$ mV, s rasponom od 0,1 do 0,4 mV. Amplituda Q-vala ($\pm SD$) u kurdskih konja bila je $0,08 \pm 0,04$ mV, s rasponom od 0,05 do 0,15 mV (Tavanaei-Manesh i Dalir-Naghadeh, 2010.).

Učestalost R-vala u hrvatskih pasmina konja iznosi 59,8 %, s amplitudom ($\pm SD$) od $0,22 \pm 0,14$ mV i rasponom od 0,1 do 0,8 mV. Maksimalna amplituda R-vala u kurdskih konja bila je 1,5 mV, dok je minimalna amplituda bila 0,05 mV, s prosjekom ($\pm SD$) od $0,51 \pm 0,35$ mV (Tavanaei-Manesh i Dalir-Naghadeh, 2010.).

Svi su hrvatski konji imali S-val s prosječnom amplitudom ($\pm SD$) od $1,5 (\pm 0,68)$ mV i rasponom od 0,3 do 3,4 mV. Statistički značajne razlike ($P < 0,05$) pronađene su u amplitudi S-vala između proučavanih pasmina. Amplituda je ($\pm SD$) bila $2,1344 (\pm 0,5823)$ mV u lipicanaca i $1,094 (\pm 0,348)$ mV u posavaca. S-val bio je prisutan u svih kurdskih konja. Najveće i najmanje amplitude S-vala bile su 4 i 1,5 mV, s prosječnom vrijednošću ($\pm SD$) od $2,85 (\pm 0,47)$ mV (Tavanaei-Manesh i Dalir-Naghadeh, 2010.). Usporedbom rezultata hrvatskih konja s rezultatima kurdskih konja vidljiva je znatno veća razlika između amplitude S-vala kurdskih i posavskih konja nego između kurdskih konja i lipicanaca, što se može objasniti pripadnošću lipicanaca i kurdskih konja u skupinu toplokrvnih konja za razliku od hladnokrvnog posavca.

Najvarijabilniji val elektrokardiograma jest T-val, na koji utječe niz čimbenika, uključujući autonomni živčani sustav (Fregin, 1982.), temperaturu, dob, promjene elektrolita, oštećenja miokarda i stupanj oksigenacije miokarda (SPARK, 1970., Holmes i Rezakhani, 1975.).

Opisane su različite konfiguracije T-vala u konja. Može biti monofazan (pozitivan ili negativan) ili bifazan (pozitivan i negativan) (Fregin, 1982.). Tijekom

fizičke aktivnosti T-val postaje pozitivan, dok se nakon fizičke aktivnosti, tijekom faze oporavka, vraća u svoj izvorni oblik koji je imao prije aktivnosti (Holmes i Rezakhani, 1975.). Što je brži oporavak, brže je i vrijeme inverzije T-vala, a u konja s urednom oksigenacijom miokarda T-val je uglavnom negativan ili je istog polariteta kao i QRS kompleks (Spark, 1970.).

Analizom EKG-a hrvatskih konja nađene su dvije konfiguracije T-vala. Monofazna konfiguracija T-vala bila je najčešći morfološki oblik i nađena je u 43 konja (52,4 %), od čega je 18 bilo pozitivnih, a 25 negativnih. Bifazna konfiguracija (-/+) bila je nešto rjeđa i nađena je u 39 konja (47,6 %). T-val u luzitano konja pokazao je tri konfiguracije, pri čemu je najčešća bila bifazna konfiguracija (T- i T+), koja je zabilježena u 82,9 % konja, dok su jednostavne negativne i jednostavne pozitivne konfiguracije T-vala pronađene u 10,5 % i 7,3 % istraživanih jedinki (Triguinho i sur., 2023.).

Amplituda T-vala u lipicanca je, neovisno o konfiguraciji i predznaku, uvijek veća nego u posavskih konja istog spola i dobi, iako razlika nije uvijek statistički značajna.

U konja lipicanske pasmine T-val nije zabilježen u monofaznom obliku, dok je isti val bio prisutan u 50 % posavaca. Potpun izostanak negativnog monofaznog T-vala prema Sparku (1970.) trebao bi govoriti o lošoj oksigenaciji miokarda u lipicanskih konja, za razliku od posavskih konja u kojih je monofazni negativni val zastupljen u 50 % istraživanih životinja. Kako su istraživani posavski konji mjesecima prije snimanja EKG-a držani u staji, na vezu, bez aktivnosti, za razliku od lipicanaca koji se koriste i u zapregama i u sportu, te su u gotovo svakodnevnom treningu, postavlja se pitanje točnosti navedene tvrdnje.

Potpun izostanak monofaznog T-vala u lipicanskih konja može se protumačiti kao značajka pasmine, ali za takvu bi tvrdnju trebalo ponoviti istraživanje na većoj populaciji.

Ovo je istraživanje identificiralo brojna odstupanja naših mjerenja od objavljenih podataka, kao i značajne razlike u većini elektrokardiografskih parametara između posavskih konja i lipicanaca, odnosno između životinja različita spola. Otkrivena viša amplituda P-vala i T-vala u lipicanaca u usporedbi s posavcima u skladu je s njihovom klasifikacijom u toplokrvne pasmine.

Smatramo da je potrebno dodatno istraživanje elektrokardiografskih karakteristika posavaca i lipicanaca, uz nužno uključivanje većeg broja jedinki u istraživanje kako bi se odredili relevantni referentni intervali za svaku pasminu i razjasnili učinci spola na elektrokardiografske parametre.

Literatura

- ALIDADI, N., M. R. M. DEZFOULI, M. G. NADALIAN, A. REZAKHANI, I. NOUROOZIAN (2002): The ECG of the Turkman horse using the standard lead base apex. *J. Equine Vet. Sci.* 22, 182-184.
- AYALA, I., C. GUTIERREZ, J. L. BENEDITO, J. HERNÁNDEZ, C. CASTILLO, M. LÓPEZ ALONSO, M. MIRANDA, A. MONTES (1999): Morphology and amplitude values of the P and T waves in the electrocardiograms of Spanish-bred horses of different ages. *Zentralbl. Veterinarmed. A* 46, 225-230.
- AYALA, I., C. GUTIERREZ-PANIZO, J. L. BENEDITO, F. PRIETO AND A. MONTES, 2000. Morphology and amplitude values of the electrocardiogram of Spanish-bred horses of different ages in the Dubios lead system. *Vet. Res.* 31, 347-354.
- COSTA, G., M. ILLERA, A. GARCIA-SACRISTAN (1985): Electrocardiographic values in non-trained horses. *Zentralbl. Veterinarmed. A* 32, 196-201.
- DETWEILER, D.K. AND D.F. PATTERSON (1972): The Cardiovascular System. U: *Equine Medicine and Surgery*. 2nd ed. (Catcott, E. J. i J. E. Smithcors, Eds.). American Veterinary Publication. Wheaton, IL. pp. 277-347.
- FREGIN, G. F. (1982): The cardiovascular system. U: *Equine medicine and surgery*, 3rd ed. (Mansmann i sur., Eds.). American Veterinary publications inc. Santa Barbara. pp. 645-704.
- GLAZIER, D. B. (1966): Some aspects of electrocardiography in the horse. *Br. Vet. Assoc. Proc. Dis.* 52-61.
- GRDEN, D., J. GOTIĆ, I. ŠMIT, M. CRNOGAJ, N. BRKLJAČA BOTTEGARO, K. ŠIMONJI, D. IVŠIĆ ŠKODA, B. BEER LJUBIĆ, N. KUČER (2020): EKG u hrvatskog posavca i lipicanca – frekvencija i ritam. *Vet. stanica* 51, 33-45. <https://doi.org/10.46419/vs.51.1.4>
- GROSS, D. R., W. M. MUIR, F. S. PIPERS, R. L. HAMLIN (1974): Reevaluation of the equine heart score. *South West Vet.* 27, 231-233.
- HAMLIN, R. L., D. L. SMETZER, T. SENTA, C. R. SMITH (1970): Atrial activation paths and P-waves in horses. *Am. J. Physiol.* 219, 306-313.
- HANSON, C. M., K. H. KLINE, J. H. FOREMAN (1993): Measurements of heart scores and heart weights in horses of two different morphic types. *Comp. Biochem. Physiol.* 108A, 175-178.
- HANTON, G., Y. RABEMAMPANINA (2006): The electrocardiogram of the Beagle dog: reference values and effect of sex, genetic strain, body position and heart rate. *Lab. Anim.* 40, 123-136.
- HOLMES, J. R., A. REZAKHANI (1975): Observation on the T wave of the equine electrocardiogram. *Equine Vet. J.* 7, 55-62.
- KENCHAIWONG, W., P. SANGPO, A. KUSOL, T. PONTAEMA, W. LERDWEERAPHON (2022): The position of ground electrode affects electrocardiographic parameters in horses. *Vet. World* 15, 1107-1112.
- KLINE, H., J. H. FOREMAN (1991): Heart and spleen weights as a function of breed and somatotype. *Equine Exerc. Physiol.* 3, 17-21.
- LEADON, D. P., E. P. CUNNINGHAM, G. A. MAHON, A. J. TODD (1982): Heart score and performance ability in the United Kingdom. *Equine Vet. J.* 14, 89-90.
- MCINTOSH BRIGHT, J., C. MARR (2010): Chapter 1 – Introduction to cardiac anatomy and physiology. In: Marr, C. M.: *Cardiology of the horse* 2nd edition. Saunders, London (3-19).
- MENZIES-GOW, N. (2001): ECG interpretation in the horse. *In Practice* 23, 454-459.
- MITCHELL, K. J. (2019): Equine Electrocardiography. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 35(1), 65-83. <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2018.12.007>.
- MUYLLE, E., OYAERT W. (1977): Equine electrocardiography: the genesis of the different configurations of the QRS complex. *Zentralbl. Veterinarmed. A* 24, 762-771.
- SAMPSON, S. N., R. L. TUCKER, W. M. BAYLY (1999): Relationship between VO₂ max, heart score and echocardiographic measurements obtained at rest and immediately following maximal exercise in Thoroughbred horses. *Equine Vet. J. Suppl.* 30, 190-194.
- SPARK, J. M. (1970): T-wave variations in performance horses. *Proc. Am. Assoc. Eq. Practnr.* 16, 389-397.
- STEWART, A., J. D. STEEL (1970): Electrocardiography and the heart score concept. *Proc. Am. Ass. Equine Practnr.* 16, 363-381.
- TAVANAEI-MANESH, H., B. DALIR-NAGHADEH (2010): Electrocardiographic parameters in purebred Kurd horse. *J. Anim. Vet. Adv.* 9, 2698-2703.
- doi: 10.3923/JAVAA.2010.2698.2703
- TRIGUINHO, A., A. P. FONTES-SOUSA, J. PIMENTA, M. COTOVIO (2023): Electrocardiographic Reference Values in Clinically Healthy Lusitano Horses. *Vet. Sci.* 10, 518. doi: 10.3390/vetsci10080518.
- VAN LOON, G., M. PATTESON (2010): Electrophysiology and arrhythmogenesis. In: *Cardiology of the horse*, 2nd ed. (Marr, C. M., M. Bowen, Eds.). Saunders Elsevier. Edinburgh. pp. 59-73.
- VAN LOON, G. (2019): Cardiac Arrhythmias in Horses. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 35, 85-102. doi: 10.1016/j.cveq.2018.12.004