

# Primjena informacijsko-komunikacijskih tehnologija u svrhu poboljšanja zdravlja i dobrobiti konja

---

**Hasija, Martina**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /  
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:293218>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-19**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical  
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of  
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Martina Hasija

Diplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Specijalna zootehnika

**PRIMJENA INFORMACIJSKO-KOMUNIKACIJSKIH  
TEHNOLOGIJA U SVRHU POBOLJŠANJA ZDRAVLJA I  
DOBROBITI KONJA**

**Diplomski rad**

**Osijek, 2021.**

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Martina Hasija

Diplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Specijalna zootehnika

**PRIMJENA INFORMACIJSKO-KOMUNIKACIJSKIH  
TEHNOLOGIJA U SVRHU POBOLJŠANJA ZDRAVLJA I  
DOBROBITI KONJA**

**Diplomski rad**

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. doc. dr. sc. Maja Gregić, predsjednik
2. prof. dr. sc. Mirjana Baban, mentor
3. prof. dr. sc. Pero Mijić, član
4. izv. prof. dr. sc. Mislav Đidara, zamjenski član

**Osijek, 2021.**

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. ICT – INFORMACIJSKA I KOMUNIKACIJSKA TEHNOLOGIJA .....	2
2.1. ICT u konjogojstvu .....	3
3. 3D PRINTANJE .....	5
3.1. 3D printanje potkova.....	5
3.2. 3D printanje implantata za regeneraciju kostiju .....	7
4. ROBOTI.....	12
4.1. Dizalo za konje .....	12
4.2. Uređaji za skeniranje.....	18
4.2.1. Radiografija .....	19
4.2.2. Ultrazvuk.....	22
4.2.3. Računalna tomografija.....	24
4.2.4. Magnetska rezonancija.....	28
4.2.5. Nuklearna scintigrafija.....	30
4.2.6. Termografija.....	31
4.2.7. Pozitronska emisiona tomografija .....	36
4.2.8. Endoskopija .....	38
4.2.9. Venogram.....	40
5. UMJETNA INTELIGENCIJA.....	42
5.1. Uređaji za praćenje zdravlja i kondicije konja .....	42
5.2. Uređaji za praćenje ždrijebljenja .....	47
5.3. Simetrija konja i jahača .....	51
5.4. Analiza hoda konja .....	53
6. ZAKLJUČAK.....	56
7. POPIS LITERATURE .....	57
8. SAŽETAK.....	63
9. SUMMARY .....	64
10. POPIS SLIKA.....	65
TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA.....	66
BASIC DOCUMENTATION CARD.....	67

## 1. UVOD

Tehnologija je obuhvatila sve aspekte ljudskog života. Vrlo važnu ulogu ima u uzgoju životinja jer omogućava lakši pristup informacijama, prikupljanje i obradu informacija, povezuje uzgajivače i veterinare, omogućuje bržu i učinkovitiju dijagnozu bolesti što dovodi do toga da je bolest ili ozljedu moguće prevenirati i učinkovitije liječiti. ICT je sustav različitih tehnoloških alata i izvora kojima se stvaraju, šire, pohranjuju, analiziraju i upravljaju informacije. ICT obuhvaća komunikacijske tehnologije kao što su internet, wireless mreže, mobiteli, satelitska komunikacija, digitalna televizija, računala, internetske i mobilne aplikacije. Prednosti ICT-a su učinkovitost, dostupnost informacija, bolje razumijevanje zdravstvenog stanja životinja i mogućnost poboljšanja zdravlja i dobrobiti životinja. Cilj ovog diplomskog rada je predstaviti suvremene ICT metode koje se koriste u svrhu poboljšanja zdravlja i dobrobiti konja. Pregledom dostupne znanstveno-stručne literature izdvojene su tehnologije koje poboljšavaju navedene aspekte uzgoja konja. Svaka tehnologija je opisana te su navedene njezine temeljne značajke kao i relevantna istraživanja provedena u svrhu uvida u učinkovitost pojedine tehnologije. U radu su opisane sljedeće tehnologije: 3D printanje (printanje potkova i implanata), roboti (dizala za konje i uređaji za skeniranje što uključuje radiografiju, ultrazvuk, magnetsku rezonanciju, računalnu tomografiju, nuklearnu scintigrafiju termografiju, pozitronsku emisiju tomografiju, endoskopiju i venogram) i umjetna inteligencija (uređaji za praćenje ždrijebljenja te zdravlja i kondicije konja, simetrija konja i jahača i analiza hoda konja).

## 2. ICT – INFORMACIJSKA I KOMUNIKACIJSKA TEHNOLOGIJA

ICT (Information and Communication Technologies) ili informacijska i komunikacijska tehnologija djelatnost je i oprema koja čini tehničku osnovu za sustavno prikupljanje, pohranjivanje, obradu, širenje i razmjenu informacija različitih oblika (znakova, teksta, zvuka i slike) (<http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=27406>). Prema Sireeshu i sur. (2014.), ICT je sustav različitih tehnoloških alata i izvora kojima se stvaraju, šire, pohranjuju, analiziraju i upravljaju informacije. Kako bi se razumjelo što je ICT važno je znati definicije ključnih pojmova tehnologije. Informacija je skup podataka s pripisanim značenjem, osnovni element komunikacije koji povećava čovjekovo znanje. Informacijska znanost bavi se nastajanjem, prikupljanjem, organizacijom, tumačenjem, pohranjivanjem, pretraživanjem, širenjem, preoblikovanjem i uporabom informacija (<http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=27405>). Komunikacija je prijenos informacija, a masovno komuniciranje je proces u kojem se informacije prenose javno, posredno i jednosmjerno, preko masovnih komunikacijskih sredstava, raspršenoj i anonimnoj publici (<http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=32686>). Tehnologija je razvoj i primjena alata, strojeva, materijala i postupaka za izradu nekog proizvoda ili obavljanje neke aktivnosti, ali i znanost koja proučava primjenu znanja, vještine i organizacije u provedbi nekog procesa (<http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=60658>).

ICT obuhvaća komunikacijske tehnologije kao što su internet, wireless mreže, mobiteli, satelitska komunikacija, digitalna televizija, računala, internetske i mobilne aplikacije. To ujedno znači da se odnosi na računalne i telekomunikacijske tehnologije kojima se informacije primaju i šire u elektronskom formatu pomoću računala i ostalih komunikacijskih tehnologija (Yadav i sur., 2016.). ICT uključuje umjetnu inteligenciju, procesuiranje slika, prepoznavanje uzoraka, izračunavanje vjerojatnosti, grafove, algoritme, webinare, virtualne učionice i konferencije (Raja i sur., 2017.).

Yadav i sur. (2016.) navode sljedeće ICT metode:

a) Cyber-extension uključuje uporabu online mreža, računalnih komunikacijskih i digitalnih interaktivnih medija. Obuhvaća internet, masovne medije, edukacije za uporabu računala, aplikacije, tekstove, grafove, audiozapise, videozapise i animacije.

- b) Interaktivni video obuhvaća audiozapise i videozapise i simulacije kojima se korisnik služi. Omogućuje da korisnik sam odlučuje koji dio programa želi vidjeti i koristiti.
- c) Telekonferencije su razgovori uživo putem videozapisa preko mobitela, računala ili satelita. Povezuju ljude iz svih krajeva svijeta i zamjenjuju sastanke licem u lice.
- d) Audiokonferencije su razgovori telefonom bez vizualnog kontakta.
- e) Računalne konferencije odnose se na razmjenu mailova.
- f) Baze podataka sadrže sve vrste informacija vezanih uz područje djelovanja.
- g) Teletekst i faks su zamjena za elektroničku poštu jer teletekst podatke objavljuje na televiziji, a faks prenosi dokumente, fotografije, mape i grafove elektronski.

Prednosti ICT-a su sljedeće: osigurava kvalitetnu zdravstvenu skrb, povećava sigurnost pacijenta i zaštitu podataka, omogućava dostupnost podataka, brzu i učinkovitu komunikaciju, smanjuje operativne i administracijske troškove. ICT se može koristiti u edukaciji, menadžmentu, istraživanjima, čuvanju podataka i komunikaciji s pacijentima (<https://www.frontenders.in/blog/information-communication-technology-healthcare.html>).

## **2.1. ICT u konjogojstvu**

Područja uporabe ICT-a u uzgoju životinja su uzgoj, hranidba, menadžment, briga o zdravlju, razvojni programi, planiranje projekata, marketing, administracija i širenje informacija (Sireesha i sur., 2014.).

Cilj ICT-a u poljoprivredi, a tako i u konjogojstvu, je uskladiti moderni napredak u istraživanju poljoprivrede s napredovanjem tehnologije te primjena informacija i komunikacijskih tehnologija koje poljoprivreda i konjogojstvo nude. Prvi korak u prihvaćanju ICT-a je uviđanje potencijala u brzini širenja informacija uzgajivačima, dostupnosti informacija i osnaživanje svjesnosti da je ključ uspjeha komunikacija među uzgajivačima. ICT uključuje videozapise, animacije i simulacije koje zamjenjuju eksperimentiranje sa životinjama i pomažu u podučavanju uzgajivača (Raja i sur., 2017.).

Idrissi i sur. (2021.) kao prednosti ICT-a u poljoprivredi i uzgajanju životinja navode: pristup vrijednim informacijama koje mogu pomoći uzgajivačima u donošenju najboljih odluka, poboljšanje kvalitete proizvoda, sigurnost, detaljno i kontinuirano praćenje životinja, praćenje bolesti, liječenje, praćenje zalihe lijekova i cjepiva (Idrissi i sur., 2021.).

Prednosti ICT-a u konjogojstvu su pomoć u donošenju odluka pri planiranju i izradi razvojnih programa (primjerice informacije o obilježjima područja na kojem se žele

uzgajati konji), poboljšanje sustava (transparentnost, veća kvaliteta usluge, manje papirologije, brža i lakša isplata uzgajivačima), veća dostupnost informacija i znanja uzgajivačima te njihovo educiranje, razvoj ruralnih područja, utjecaj na razvoj ekonomije (poboljšava proizvodnju u poljoprivredi, konjogojstvu i industriji), poboljšanje kvalitete i sigurnosti hrane, stvaranje novih radnih mjesta, uključivanje malih uzgajivača i upoznavanje s novim trendovima, stvaranje veze između uzgajivača (Yadav i sur., 2016.). Glavne prednosti ICT-a su brži protok informacija i znanja koja omogućavaju lakšu i uspješniju proizvodnju uzgajivačima (Ali, 2011.).

Postoje i određeni problemi u uporabi ICT-a jer ICT može dovesti do ovisnosti o tehnologiji i zanemarivanju stvarnih potreba životinja, a manjak skupih telekomunikacijskih infrastruktura i needuciranost uzgajivača loše utječe na planiranje i ostvarivanje projekata i planova vezanih uz uzgoj konja (Yadav i sur., 2016.).

Neki od istraživača i znanstvenika koriste pojam telezdravlje (telehealth) i telemedicina (telemedicine). Telezdravlje je širok pojam koji se odnosi na medicinu putem tehnologije. Pojednostavljeno, to znači prakticiranje medicine dok je liječnik fizički udaljen od pacijenta. Telemedicina je grana telezdravlja koja se odnosi na uporabu alata kao što su mobiteli i aplikacije kako bi se izliječilo pacijenta (<https://eq-am.com/equine-telehealth-its-just-beginning/>).

Prednosti telemedicine konja za vlasnike i trenere su sljedeće: povezanost s veterinarom, brže dobivanje podataka, brže utvrđivanje zdravlja, dijagnosticiranje problema prije pogoršanja stanja (u fazi u kojoj će tretman biti učinkovit), sprječavanje komplikacija, poboljšanje prognoze bolesti, ušteda vremena i novca što se odnosi na stalni nadzor nad konjem i povrat informacija uz manju potrošnju novca i vremena vlasnika i veterinarima (<https://eq-am.com/equine-telehealth-its-just-beginning/>).

Kao prednosti telemedicine konja za veterinare navodi se sljedeće: dostupnost podataka, praćenje većeg broja konja dnevno jer veterinar ne mora fizički doći do njih, ranije otkrivanje problema i postavljanje dijagnoze, redovito i detaljno praćenje važnih parametara, bolja komunikacija s vlasnicima i drugim veterinarima i ušteda vremena (<https://eq-am.com/equine-telehealth-its-just-beginning/>).

Istraživanja su pokazala da vlasnici veterinarima šalju videozapise mailom ili porukama kako bi dobili savjete. Također, vlasnici žele što lakše, brže i jeftinije komunicirati s veterinarima kako bi riješili problem (<https://eq-am.com/equine-telehealth-its-just-beginning/>).



### **3. 3D PRINTANJE**

3D printanje ili 3D ispis je proces aditivne proizvodnje pomoću kojeg se iz digitalnog dizajna dobije fizički, odnosno čvrsti trodimenzionalni predmet. Iako postoje različite tehnologije 3D printanja koje koriste različite materijale, princip rada 3D printera uvijek je isti. Čvrsti trodimenzionalni predmet nastaje tako što se digitalnom 3D modelu predmeta dodaje sloj po sloj te se on pretvara u fizički odnosno trodimenzionalni predmet (<https://izradi.croatianmakers.hr/lessons/uvod-u-3d-printanje/>).

3D printeri mogu dobiti sliku s prijenosnog 3D skenera (<https://thefutureofthings.com/9014-feeling-lucky-3d-printed-horseshoes-may-bring-good-fortune-to-race-horses/>). 3D skeniranje je proces u kojem se analiziraju te prikupljaju podaci o izgledu i obliku pravog objekta. Nakon toga, moguće je isprintati trodimenzionalni model skeniranog objekta (Budimir, 2015.).

Prednosti 3D printanja su jednostavna izrada prototipova za testiranje raznih aplikacija, brzina dostupnosti samog prototipa ovisno o kompleksnosti samog modela, jednostavno ponavljanje printanja te niža cijena printanja u odnosu na standardni proces izrade predmeta. Osim prednosti, postoje i nedostaci 3D printanja, a glavni nedostatak je ograničen raspon materijala koji se koristi za 3D printanje (<http://enso.hr/3d-printanje/>).

3D printeri u konjogojstvu pomažu kod saniranja ozljeda konja i nepravilnog rasta kostiju i ekstremiteta. Tom tehnologijom mogu se isprintati gips, udlage, proteze i protetike za konje s ozlijeđenim ili slomljenim kostima. Pomoću te tehnologije moguće je isprintati brojna pomagala kako bi se riješili zdravstveni problemi konja (<https://www.alltech.com/blog/digital-horsepower-how-technology-transforming-equine-world>).

#### **3.1. 3D printanje potkova**

Konjima su najvažnija zdrava kopita jer ona kratkoročno i dugoročno utječu na zdravlje konja i na njihovu dobrobit. Za konja koji pati od jedne ili više ortopedskih abnormalnosti u mišićno-koštanom sustavu, od najveće važnosti je potkova napravljena po mjeri. I najmanje odstupanje u položaju kopita dovodi do boli i smanjenja dobrobiti konja, što može dovesti čak i do hromosti ili drugih poremećaja u mišićno-koštanom sustavu. U najekstremnijim slučajevima može doći do eutaniziranja konja (<https://paardenwelzijn.vriendendiergeneeskunde.nl/project/3dhoefbeslag>).

Za razvoj 3D printane potkove prvo se mora podrezati kopito, a zatim ga skenirati 3D skenerom. Nakon toga u računalu se unosi oblik i dimenzije kopita, a sve ortopedske i/ili terapijske značajke dodaju se pomoću specijaliziranog softverskog programa. Takvo dizajniranje potkova na računalu rezultira potkovama izrađenim po mjeri individualno za svakog konja (<https://paardenwelzijn.vriendendiergeneeskunde.nl/project/3dhoefbeslag>).

Iako svi konji imaju koristi od nošenja potkova, za trkaće konje potkove su posebno važne zbog vuče i smanjenja stresa na kopitu i nozi. Standard u konjskim utrkaama bile su lagane aluminijske potkove, dok se titan nije koristio zbog većih troškova. Prednost titana nad aluminijem je ta što je titan kvalitetniji, lakši i jači od aluminija. Međutim, zahvaljujući razvoju tehnologije i 3D printanju to se polako mijenja. Umjesto aluminija, u 3D printerima može se koristiti titanov prah koji je jača i pristupačnija alternativa. Titanove potkove napravljene po mjeri iz 3D printera omogućile bi svakom konju posebno dizajniranu potkovu. Prijenosni 3D skener može skenirati svako kopito, a 3D printer istovremeno može isprintati četiri potkove pomoću presjeka slike i slojeva titanovog praha. Čitav postupak bi mogao trajati svega nekoliko sati (<https://thefutureofthings.com/9014-feeling-lucky-3d-printed-horseshoes-may-bring-good-fortune-to-race-horses/>).



Slika 1. Titanove potkove napravljene po mjeri iz 3D printera

(Izvor: <https://www.csiro.au/> )

Tvrtka CSIRO u Australiji stvorila je 3D isprintanu potkovu pomoću softvera za obradu slika koji pomno analizira kopita (<https://www.alltech.com/blog/digital-horsepower-how-technology-transforming-equine-world>). CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation) nacionalna je agencija za istraživanje znanosti u Australiji. Cilj CSIRO-a je rješavanje najvećih izazova koristeći inovativnu znanost i tehnologiju, a sve to kako bi stvorili bolju budućnost zajednice, ekonomije i planeta Zemlje

(<https://www.csiro.au/en/About>). Nakon što su razvili 3D isprintanu potkovu za trkaćeg konja, tim iz CSIRO-a započeo je suradnju s veterinarima kako bi stvorili prvu 3D isprintanu potkovu za liječenje kronične bolesti kopita. Konji, kao i ostali kopitari, mogu patiti od laminitisa. Laminitis je bolest koja utječe na vezu između kopita i kosti te uzrokuje bol i upalu. Zbog toga je bilo potrebno prilagođeno dizajniranje potkova koje će omogućiti kopitu zacjeljivanje. Tim iz CSIRO-a i veterinari koristili su 3D skener kako bi precizno slikali kopita zahvaćena laminitisom, a zatim prilagodili 3D isprintanu potkovu koja će poduprijeti kopito i omogućiti mu ozdravljenje. Takve nove 3D isprintane potkove raspodjeljuju težinu dalje od bolnih područja laminitnog kopita kako bi konji dobili bolju priliku za oporavak. One su ujedno i ključ za izlječenje laminitisa, zahvaljujući mogućnosti prilagodbe dizajna potkova pojedinačnom konju (<https://www.csiro.au/en/Research/MF/Areas/Metals/Lab22/Horseshoe>).

### **3.2. 3D printanje implantata za regeneraciju kostiju**

Kost je složeno dinamičko tkivo čija je glavna uloga pružanje biomehaničke stabilnosti tijela te je vrlo važna za proizvodnju krvotvornih stanica i homeostazu kalcija. Unatoč sposobnosti za samoizlječenje kostiju, oštećenja kostiju koja su veća od njihove kritične iscjeliteljske veličine ( $\approx 10$  mm), nemaju nikakve šanse za izlječenje. Takve situacije stvaraju vanjske intervencije za potporu obnavljanja kostiju, kao na primjer, transplantacija biomaterijalima. Poslije desetljeća intenzivnog istraživanja kosti, autotransplantacijski postupci i dalje su standard u ortopedskoj kirurgiji. Koštani autotransplantati mogu služiti za urastanje osteoblasta te za induciranje diferencijacije nediferenciranih koštanih stanica u osteogenoj lozi. Kako je autotransplantacija povezana s morbiditetom donatorskog mjesta te ograničenom dostupnošću, kao alternativa je istražen široki spektar biomaterijala za koštanu autotransplantaciju (Vindas Bolanos i sur., 2020.).

Između različitih vrsta biomaterijala, sintetička keramika, na bazi kalcijevog fosfata (CaP), od posebnog je interesa zbog sličnog sastava minerala kao kod kostiju te potencijala resorpcije. Poznato je nekoliko vrsta kalcijeva fosfata (CaP), ovisno o njihovom molarnom omjeru kalcij/fosfat (Ca/P), a najčešći su hidroksiapatit (HA), trikalcijev fosfat (TCP) (dolazi u dva kristalna oblika:  $\beta$ -trikalcijev fosfat ( $\beta$ -TCP) i  $\alpha$ -trikalcijev fosfat ( $\alpha$ -TCP)) te dikalcijev fosfat dihidrat (ili brusit). Učinak nabrojanih kalcijevih fosfata uvelike ovisi o određenim svojstvima materijala. Fazni sastav, veličina kristala i poroznost ključni su čimbenici koji određuju brzinu resorpcije i mehaničku stabilnost tih materijala te njihov

kasniji uspjeh ili neuspjeh u regeneraciji kostiju in vivo. Dok se sintetizirani hidroksiapatit ne razgrađuje in vivo, trikalcijev fosfat i dikalcijev fosfat dihidrat su topljivije faze koje imaju veći potencijal za regeneraciju kostiju nakon otapanja. U slučajevima velikih i složenih koštanih oštećenja, odlučujući čimbenik je sposobnost oblikovanja biomaterijala prema potrebnom obliku i sa željenom brzinom biorazgradnje. Takva koštana oštećenja teško se mogu liječiti pastoznim koštanim materijalima te zahtijevaju ugradnju performirane koštane potporne strukture, često složene geometrije (Vindas Bolanos i sur., 2020). Brojne tehnike 3D printanja razvijene su za proizvodnju koštanih transplantata, a najviše su istražene tehnike koje uključuju 3D printanje u prahu, 3D printanje na temelju ekstruzije na niskim temperaturama i na visokim temperaturama (Golafshan i sur., 2020). 3D printanje u prahu (3DPP) je obećavajuća tehnika proizvodnje koja služi za izradu pojedinih koštanih transplantata na bazi keramike (Vindas Bolanos i sur., 2020.).

U istraživanju Vindas Bolanos i sur. (2020.), korišteni su implantati cilindrične geometrije i međusobno povezane makroporoznosti koji u budućim istraživanjima mogu poslužiti kao potencijalno ostealno učvršćivanje hondralnih implantata na bazi hidrogela. Implantati su bili umetnuti u eksperimentalno stvorena oštećenja u bočnoj kvrgi (*tuber coxae*) u osam konja i izvađeni su šest mjeseci nakon ugradnje, a razgradnja implantata i regeneracija kostiju je procijenjena mikro-računalnom tomografijom ( $\mu$ CT) i histološkim analizama. U istraživanju je korišteno osam zdravih konja pasmine criollo, od toga je bilo pet kobila i 3 kastrata. Prosječna dob konja iznosila je 6 godina s rasponom od 4 do 9 godina, a srednja tjelesna težina iznosila je 288 kg s rasponom od 275 do 350 kg. Konji korišteni u istraživanju nisu bolovali od laminitisa (hromosti) te nisu imali kliničke ili radiografske podatke o akutnim ili kroničnim ozljedama. Za obavljanje kirurškog postupka konji su anestetizirani te postavljeni na ležanje u leđnom položaju. Za *tuber coxae* model, napravljen je vertikalni rez kroz kožu i potkožno tkivo duljine otprilike 10 cm. Kada je koštana površina *tuber coxae* bila izložena, okomito na koštanu površinu napravljeno je jedno cilindrično oštećenje, promjera 11 mm i dubine 10 mm. Oštećenja su isprana fiziološkom otopinom prije ugradnje potporne strukture. Kontrolna oštećenja iste veličine i dubine stvorena su na sličan način u kontralateralnim *tuber coxae* i ostali su prazni. Nakon toga, koža je zašivena najlonskim šavovima. Konji su postoperativno primali antibiotike 8 dana i nesteroidne protuupalne lijekove tijekom prvih 14 dana. Postoperativno, 7 od 8 konja se oporavilo bez problema i nije imalo komplikacija u vezi zacjeljivanja kirurških rezova. Jedan od 8 konja je 3 dana nakon operacije pokazivao znakove lokalne infekcije na mjestu kirurškog reza (osjetljivost, oteklina, drenaža), ali su znakovi izliječeni antibioticima i

čišćenjem u prvom tjednu postoperativno. Konji su bili svakodnevno klinički praćeni i to prema sljedećim karakteristikama: stav, ponašanje, izgled, rektalna temperatura, brzina otkucaja srca te brzina disanja. Hematologija i biokemija seruma su provjeravane postoperativno nakon prvog, drugog, četvrtog i šestog mjeseca, a te su vrijednosti ostale unutar normalnih fizioloških vrijednosti tijekom izvođenja istraživanja. Svi su konji eutanazirani 6 mjeseci nakon operacije. Nakon otvaranja kože i potkožnog tkiva preko *tuber coxae*, napravljene su makroskopske slike te su izrezani blokovi tkiva koji sadrže oštećenja. Dijelovi koji su sadržavali tretirano oštećenje fiksirani su u 10%-tnom formalinu za mikro-CT analizu, analizu difrakcije x-zraka i histološku procjenu nakon ugradnje u metilmetakrilat (MMA). Kako bi se vizualiziralo kalcificirano tkivo na mjestu oštećenja, na tkivu fiksiranom u formalinu izvršena je mikro-CT analiza. Također, i novoizrađeni implantati su analizirani mikro-CT-om. Rekonstrukcija dvodimenzionalnih projekcija je automatski izvedena pomoću ugrađenog softvera mikro-CT-a. Propadanje implantata je izmjereno usporedbom rekonstruiranog volumena implantata prije i 6 mjeseci nakon ugradnje. Šest mjeseci nakon ugradnje implantata, uočeno je veće taloženje nove kosti na svim oštećenjima koji sadrže 3D isprintane implantate, u odnosu na prazna oštećenja. Urastranje kostiju pronađeno je tijekom oštećenja i to pretežno unutar makropora implantata te u kontaktu sa isprintanim materijalima. Nasuprot tome, prazna oštećenja očekivano nisu ispunjena novom kosti nakon 6 mjeseci. Resorpcija implantata određena je usporedbom volumena implantata prije i nakon in vivo razdoblja. Oko 40% vidljivog volumena implantata je degradirano nakon 6 mjeseci, što znači da su implantati brusita uspjeli potaknuti stvaranje nove kosti. Difrakcija X-zraka uzoraka implantata prije i nakon ugradnje prikazala je različite faze kalcijeva fosfata. Prije ugradnje, printani su implantati sastavljeni od brusita i nereagiranih faza trikalcijeva fosfata, dok su se nakon ugradnje, implantati uglavnom sastojali od hidroksiapatita i trikalcijeva fosfata, što bi moglo značiti da je brusit možda transformiran u manje topive faze kalcijeva fosfata reakcijom otapanja-taloženja. Novo urastranje kostiju unutar makropora implantata pokazalo je bojenje metilen plavom bojom i osnovnim fuksinom. Nasuprot tome, malo novih formiranja kostiju otkriveno je u praznim oštećenjima koja su bila ispunjena fibrotičnim ožiljnim tkivom. Crvenim bojenjem potvrđena je prisutnost kolagena i prema tome mineraliziranog tkiva unutar makropora implantata i na površinskim šupljinama implantata. U praznim oštećenjima uočeni su manji tragovi mineraliziranog tkiva (Vindas Bolanos i sur., 2020.). Keramički materijali poput hidroksiapatita, trikalcijevog fosfata i dikalcijevog fosfata imaju ograničenu osteoinduktivnost zbog pokrivanja polimera i niže topljivosti keramičkih

faza. Stoga su uvedeni magnezijev fosfatni cement (MPC) ili metalni ioni u kalcijev fosfatni cement (CPC), jer pokazuju velike mogućnosti za poticanje stvaranja kostiju. Ti materijali imaju visoku in vivo topivost te male tendencije pretvaranja u niže topljive kalcijev fosfat faze u fiziološkim uvjetima. Također, ugradnja osteopromotivnih iona (na primjer  $\text{Sr}^{2+}$ ) u kalcijev fosfat i magnezijev fosfat inducira novo stvaranje kostiju (Golafshan i sur., 2020.).

U istraživanju Golafshan i sur. (2020.) razvijene su pojedinačno oblikovane 3D printane potporne strukture od magnezijeva fosfata s kontroliranim mehaničkim i biološkim svojstvima. Kontrola nad tim svojstvima postignuta je ugrađivanjem polikaprolaktona (PCL) koji je široko prihvaćen termoplastični materijal za oporavak kostiju te niskih doza biološki aktivnih iona  $\text{Sr}^{2+}$ . Prema količini polimera (100, 50, 40 i 30 mas.%), različiti su sastavi identificirani samo kao PCL, MgPSr-PCL50, MgPSr-PCL40 i MgPSr-PCL30. U istraživanje je bilo uključeno osam odraslih poni kobila u dobi od 5 do 14 godina, sa srednjom tjelesnom težinom  $173 \pm 38$  kg. Kirurški zahvat obavljen je u stojećem položaju, pod lokalnom anestezijom. Oštećenje kritične veličine stvoreno je u obje bočne kvrge (*tuber coxae*) ponija. Stvoren je vertikalni rez kroz kožu, potkožicu (*subcutis*) i pokostnicu (*periosteum*) na kosti *tuber coxae*. Zatim je seciran periosteum iz kosti. Pomoću ortopedске bušilice stvorena je rupa/oštećenje promjera 11 mm i dubine 10 mm. Cilindrične potporne strukture MgPSr-PCL30 ugrađene su s jedne strane *tuber coxae*, dok su kontralateralni *tuber coxae* ostali prazni kao kontrola. Nakon operacije, koža je zatvorena u 3 sloja uporabom sintetičkog resorpcijskog šava. Klinički parametri, poput stupnja hromosti, nelagode i temperature, praćeni su svakodnevno tijekom 4 tjedna postoperativno. Šest mjeseci nakon operacije, poniji su eutanizirani, a *tuber coxae* je izvađen te fiksiran u formalinu za preradu i daljnju analizu. Za vizualizaciju kalcificiranog tkiva na mjestu oštećenja, uzorak je podvrgnut mikro-CT analizi. Uzorci su prerezani na 2 dijela: jedna polovica je ugrađena u polimetilmetakrilat (MMA) dok je druga polovica dekalificirana u formalinu i etilen-amin tetra-octenoj kiselini (EDTA) tijekom 3 mjeseca, a zatim je ugrađena u parafin. Polovica ugrađena u polimetilmetakrilat (MMA) izrezana je na dijelove od 300–400  $\mu\text{m}$  te su dijelovi obojeni metilen plavim fuksinom i procijenjeni svjetlosnim mikroskopom. Polovica ugrađena u parafin na mikrotomu je podijeljena na dijelove od 5  $\mu\text{m}$  te obojena hematoksilinom i eozinom za anлізу pregleda tkiva, a za analizu kolagena je obojena picro-sirius crvenom bojom. Orijentacija kolagena vizualizirana je polariziranom svjetlošću. Mikro-CT analiza otkrila je da oštećenja ispunjena potpornim strukturama MgPSr-PCL30 sadrže  $12 \pm 2\%$  novonastalog koštanog

tkiva, a samo  $2 \pm 1\%$  u praznim oštećenjima. Rast kostiju uočen je i na krajevima potporne strukture i u njegovom središtu. Izmjereni volumen potporne strukture MgPSr-PCL30 unutar stvorenih oštećenja pokazao je da je  $15 \pm 2,7\%$  potpornih struktura razgrađeno 6 mjeseci nakon ugradnje potpornih struktura. Histološka analiza bojanjem hematoksilina i eozina potvrdila je da su koštana oštećenja ispunjena potpornim strukturama MgPSr-PCL30 mogle potaknuti stvaranje nove kosti. Kod praznih oštećenja nije primijećen novi rast kostiju. Bojenje metilen plavim fuksinom nije pokazalo nikakve znakove lokalne reakcije tkiva ili infekcije 6 mjeseci nakon operacije. Područja s pozitivnim bojanjem za kolagen nalazila su se homogeno na čitavoj potpornoj strukturi. Mineralizacija novog koštanog tkiva potvrđena je EDX analizom, a rezultati su pokazali homogeni raspored kalcija i fosfora u novonastaloj kosti, kao što je i slučaj u urođenoj kosti (Golafshan i sur., 2020.).

## 4. ROBOTI

Roboti su automatizirani strojevi koji imaju višestruku namjenu, to jest mogu obavljati zadaće koje obavljaju ljudi (<https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=53100>). U konjogojstvu roboti mogu spašavati živote konja. Roboti imaju sposobnost podizanja konja vrlo pažljivo kontrolirajući raspodjelu težine. Takav način podizanja konja smanjuje rizik od ozljeda u operacijama koje mogu biti opasne po život, poput slomljenih nogu i laminitisa. Osim podizanja, roboti se mogu koristiti i za precizno skeniranje konja (<https://www.alltech.com/blog/digital-horsepower-how-technology-transforming-equine-world>).

### 4.1. Dizalo za konje

Znanstvenici sa sveučilišta Saskatchewan (SAD) dizajnirali su dizalo koje pomaže u rehabilitaciji konja koji pate od akutnih ozljeda i drugih problema koštanog sustava pružajući raspodjelu težine i podršku. Sama ideja dizala za konje potječe iz sličnog sustava dizala koji je osmišljen kako bi se pomoglo ljudima s multiplom sklerozom. Nakon što se konj podvrgne operaciji, na primjer kod prijeloma noge, obično je ograničen na stalak i prima lijekove za ublažavanje boli. Međutim, zbog velike težine konja oporavak od problema s mišićno-koštanim sustavom je prepun komplikacija. Iz tog razloga osmišljen je sustav za podizanje konja koji može smanjiti i raspodijeliti težinu koju konj dinamički nosi. Sustav omogućava da životinja bude pokretna s težinom djelomično ili u potpunosti potpomognutom dizalom. Konj se može kretati tako da nema problema s gubitkom mišića. Ta funkcija dizala omogućuje i kontroliraniju rehabilitaciju konja (<https://www.horsejournals.com/horse-care/illness-injury/first-aid/new-device-gives-healing-horses-lift>).

Mišićno-koštani poremećaji kod konja uključuju prijelome, septički artritis, lezije tetiva i ligamenata te laminitis. Ozljede mišića i kostiju konja, ali i neki drugi uzroci smanjenog kretanja mogu se pogoršati zbog sekundarnih komplikacija koje se razvijaju tijekom oporavka ili rehabilitacije, a to može uključivati laminitis potpornih udova (SLL - supporting limb laminitis) te probleme povezane s ventilacijom ili perfuzijom zbog dugotrajnog ležanja konja. Laminitis potpornih udova povezan je s smanjenom pokretljivošću te povećanim opterećenjem, što može dovesti do eutanazije te predstavlja značajnu brigu za dobrobit konja. Konji ne mogu ležati duži vremenski period kako bi se spriječile navedene sekundarne komplikacije, a dulji ostanak u bočnom ležećem položaju



može dovesti do razvoja komplikacija koje uključuju oštećenje ventilacije, probleme s perfuzijom, oštećenje živaca te paralizu ili oštećenje mozga. Stoga bi konji trebali ostati uspravni te trebaju uređaje za potporu koji bi smanjili opterećenje i spriječili komplikacije. Jedna od metoda koja se koristi za smanjenje težine uključuje remenje za spašavanje. Ostale metode su prisilno ležanje, flotacijske cisterne, vodene trake i vodene terapije. Iako su mnoge od ovih metoda uspješne u pojedinačnim istraživanjima, u većini slučajeva su primijećene značajne komplikacije. Jedno od značajnih razmatranja prilikom smanjenja opterećenja jest odražavanje pokretljivosti kako bi se omogućio dovoljan protok krvi te kako bi se spriječilo trošenje mišića ili osteopenija. Ako se podigne previše kilograma, mogu se pojaviti komplikacije, a ako se ne podigne dovoljno, protok krvi može biti otežan. Glavni izazov kod smanjenja težine jest sprječavanje traume tkiva pri raspodjeli tereta od udova na dijelove tijela koji nisu povezani s nošenjem utega (prsni koš, trbuh). Kada se nakon ozljede odmah primijeni značajna težina na ozlijeđenoj nozi, dolazi do ponovnog ozljeđivanja što rezultira neuspjelim oporavkom, zajedno s razvojem drugih komplikacija koje nisu povezane s početnom ozljedom (Steinke i sur., 2019.).

Trenutno dostupno remenje za spašavanje namijenjeno je kratkotrajnoj uporabi u situacijama spašavanja ili za podizanje ležećih konja. Većina remenja je statična te značajnu težinu stavlja na trbuh. Konvencionalno remenje ima jednu točku preuzimanja koja se pričvršćuje na mehaničku dizalicu kako bi se suspendirala životinja s dvije mogućnosti: potpuno smanjenje opterećenja svih udova ili bez smanjenja opterećenja. Remenje je dragocjen alat u liječenju izazovnih neuroloških ili mišićno-koštanih poremećaja te se koristi u mnogim situacijama: za poboljšanje atrofije mišića i ozbiljnih deformacija udova, kod većih konja za poboljšanje kontrakcija tetiva tijekom vježbanja, izbjegavanje daljnjih ozljeda ili umora te imobilizaciju konja nakon sanacije prijeloma. Sustav remenja za podizanje koristi se u oporavku od anestezije kada postoji povećani rizik od daljnjih ozljeda, služi i za ubrzavanje vremena oporavka, a konju omogućuje da što prije stane uz potporu remenjem. Konji koji pokušavaju stajati nakon bočnog ležanja nakon anestezije, često su neuspješni i nekoordinirani, što uzrokuje stres aksijalnog kostura te rezultira mogućim prijelomima ili drugim ozljedama povezanim s oporavkom. Dostupno remenje trenutno ne dopušta pojedinačnu kontrolu nad prednjim i stražnjim ekstremitetima koji obično podržavaju različitu masu (60%, odnosno 40%). Takva pojedinačna kontrola omogućila bi prilagođavanje potpore ozljedi, primjerice, dopuštajući zadnjim nogama, dok uklanjaju težinu s ozlijeđene prednje noge, da i dalje podupiru punu težinu. Remenje za spašavanje zahtijeva stalni nadzor kako bi se izbjegao izlazak, klizanje ili uvijanje u

remenu. Navedeno predstavlja značajan problem koji uvelike ograničava uporabu mnogih metoda smanjenja težine. Osnovna prednost dobrog remena jest pravilna imobilizacija konja, raspodjela težine te kontrola položaja. Postoji nekoliko razvijenih spasilačkih remenja: PM Horse Swinglifter, Liftex remen, Becker Sling, Sling-Shell System i Anderson remen (Steinke i sur., 2019.).

PM Horse Swinglifter razvijen je za omogućavanje djelomičnog mehaničkog smanjenja opterećenja, a ima samo jedno mjesto preuzimanja. Poželjno je djelomično smanjenje težine jer uklanjanje previše težine može dovesti do gubitka mišića i smanjenja gustoće kostiju. Kontrola količine smanjenja težine omogućuje postupno povećanje težine podržane nogama konja tijekom cijelog razdoblja oporavka (Steinke i sur., 2019.). Uz to dizalo, kao i uz ostala, moguće je koristiti PM ceradu za podizanje konja koja ima posebni poprečni mehanizam. Ta cerada se pokazala kao brzo i učinkovito rješenje za uporabu u klinikama i na terenu. Cerada podupire konja i pruža mu stabilnu potporu. Posebni poprečni mehanizam omogućuje konju da sigurno visi u ceradi i da nije stisnut. Na taj način se rizik od ozljeda tijekom podizanja i transporta značajno smanjuje (<https://www.pmhuftechnik.saarland/home-english/pm-horse-lifting-tarpaulin/>).

Liftex remen koristi se u veterinarskoj praksi kako bi se pomoglo kratkotrajnom upravljanju ležećim konjima. Koristi se jer je veliki Liftex remen jednostavan, može se brzo i sigurno staviti na životinju, lagan je i podesiv te je izrađen od mekih materijala za smanjenje abrazije kože. Remen se također koristi u oporavku od anestezije i operacija te u hitnim slučajevima i spašavanjima (Steinke i sur., 2019.). Prednosti Liftex remena su izvrstan dizajn koji onemogućuje konjima izvlačenje iz remena te onemogućuje sjedanje u remenu poput psa. Osim toga, remen je prozračan, konji se manje znoje te se može prilagoditi konju i pruža fleksibilnost u rukovanju konjima s ozlijeđenim ramenima ili prijelomima nadlaktične kosti ([https://www.naturalhorsetrim.com/Liftex\\_sling\\_use.htm](https://www.naturalhorsetrim.com/Liftex_sling_use.htm)).

Becker Sling (Becker remen) je jednostavan vertikalni sustav dizala koji je prvenstveno dizajniran za kratke postupke izvlačenja velikih životinja, na primjer, iz kanala, bazena, cisterni i ostalih situacija gdje je podizanje životinje neophodno za njihovo postavljanje na sigurno mjesto (<https://www.rescue.hastpsc.com/products/slings/general/general.html>). Izrađen je od teških materijala, a ima namjene u raznim situacijama, od hitnih do svakodnevnih veterinarskih praksi. Ima brzo otpuštajuće kopče za puštanje životinje nakon završetka podizanja. Taj remen se ne može koristiti dugoročno zbog značajnog pritiska na trbuh (Steinke i sur., 2019.).

Sling-Shell System razvijen je za oporavak od anestezije, a izrađen je od dvije prilagođene čahure poboljšane staklenim vlaknima za odrasle konje, koje su povezane kratkim sedlom. Jedan dio pokriva prsa životinje, a drugi dio se stavlja oko trbušnog prsnog koša iza laktova. Za ovaj sistem nije poznato uzrokuje li štetu od pritiska na meko tkivo ili ometa širenje prsnog koša tijekom disanja (Steinke i sur., 2019.).

Remenje za konje uspješno se koristi za spašavanje konja u raznim situacijama: za podizanje, stabiliziranje i podupiranje konja koji imaju poteškoća sa stajanjem, za podizanje konja za kretanje, transport ili evakuaciju. Jedan od široko korištenih remena za konje je Anderson remen za koji je dokazano da doprinosi u njezi konja s različitim iscrpljujućim problemima, poput disfunkcije kralježnične moždine, frakture dugih kostiju, trauma lubanje i tetanusa. Anderson remen uspješno se koristi i za helikoptersko spašavanje konja. Povezivanje konja s Anderson remenom zahtijeva sediranje ili kratkotrajnu opću anesteziju kako bi se mogla osigurati sigurnost konja i osoblja. Postavljanje Anderson remena tehnički je zahtjevno jer konja treba okretati kako bi se omogućila pravilna primjena (Pusterla i sur., 2006.). Anderson remen može se koristiti kod sustava bazena za oporavak koji pomažu konjima poboljšati prijelaz iz sternalnog podržanog položaja u stojeći položaj. Konji, za koje se smatra da imaju visoki rizik od komplikacija povezanih s oporavkom, oporavljaju se u sustavu bazen-splav. Konj pod anestezijom smješten je u remen i spušten je u specijalizirani splav za oporavak koji pluta u velikom bazenu vode sve dok konj ne postane dovoljno koordiniran za podnošenje težine na nogama. Konj se tada umiri, izvuče iz bazena te se transportira do staje za oporavak, spusti na noge i ukloni mu se remen (Taylor i sur., 2005.).

Standardne tehnike oporavka konja od opće anestezije mogu rezultirati štetnim posljedicama. Neovisno o tome oporavljaju li se konji tehnikama bez pomoći ili tehnikama s pomoći, zbog svojstvenog refleksa bijega ili borbe, preuranjeni i neuspješni pokušaji ustajanja konja iz bočnog ležanja nakon opće anestezije pridonose ozljedama povezanim s oporavkom. Kako bi se moguće komplikacije povezane s oporavkom svele na minimum, primijenjene su različite metode koje pomažu u oporavku konja od anestezije. Više rutinskih metoda potpomognutog oporavka uključuju kombinaciju uporabe podstavljene staje za oporavak, jastučića za glavu, stabilizirajućeg užeta za glavu i rep te gustih jastučića od pjene ispod ležećeg konja. Metode zahtijevaju prijelaz iz bočnog ležećeg položaja u stojeći položaj, a prvi pokušaji mogu biti neuspješni i stvoriti dodatni stres na aksijalnom kosturu, što može doprinijeti ozljedama povezanim uz oporavak. Stoga su razvijena

dodatna pomagala za potpomognuti oporavak konja kako bi se eliminirao prijelaz iz bočnog ležećeg položaja u stojeći položaj (Taylor i sur., 2005.).

U istraživanju Taylor i sur. (2005.) konji, za koje je bilo utvrđeno da imaju visok rizik od ozljeda povezanih s oporavkom ili komplikacija, oporavljali su se pomoću Anderson remena. Anderson remen na siguran način podržava koštani sustav pomoću širokih mrežastih ploča i poprečnih traka bez respiratornog oštećenja ili prekomjernog trbušnog pritiska. Glava konja je potpuno oslonjena, gornji okvir protuteže pruža ujednačenu stabilnost i potporu. Anderson remen koristio se za oporavak 24 konja (32 slučaja oporavka), za koja se smatralo da imaju visoki rizik od ozljeda povezanih s oporavkom od opće anestezije, a u istraživanju se procijenila sigurnost i djelotvornost Anderson remena za oporavak konja. U istraživanju su sudjelovala 24 konja, od toga 16 kastrata, 12 kobila i 4 pastuha, u dobi od 2-31 godine (prosječno  $10,2 \pm 6,8$  godina). Sva 32 slučaja oporavka smatrana su uspješnim, a 31 slučaj oporavka dogodio se u Anderson remenu. Anderson remen je sigurno podržavao sve konje tijekom oporavka te nisu primijećeni štetni učinci uzrokovani povišenjima izvan-trbušnog ili izvan-torakalnog pritiska remena. Također, nije se dogodila neuropatija, miopatija ili ozljeda konja ili osoblja nakon oporavka. Kada je bilo moguće ili kada je utvrđeno nepredvidljivo ponašanje konja, izvodio se predoperativni trening s remenom. Konji su bili lagano sedirani te im je omogućeno da se prilagode staji i zvuku dizalice. Nakon što se konj navikao na staju za oporavak, remen je stavljen na stojećeg uspavanog konja. Dizalica je podignuta tako da je remen pridržavao veći dio težine konja, a zatim je konj odmah bio spušten u normalan položaj s težinom. Taj postupak je ponavljan nekoliko puta dok konj nije reagirao na zvuk dizalice ili na pritisak remenja. Trening s remenom se obično izvodio dan prije operacije. Prije kraja operacije, prsni, trbušni i stražnji dijelovi remena bili su pričvršćeni i unaprijed prilagođeni konju. Nakon operacije, konju u leđnom položaju na kirurškom stolu, stavljen je Anderson remen oko prsa i stražnjih dijelova. Kada je konj transportiran do staje za oporavak, remen je pričvršćen na njegov pravokutni metalni okvir. Okvir je spušten električnom dizalicom prema ležećem konju kako bi se olakšalo pričvršćivanje unaprijed namještenih remena za potporu. Nakon što su svi dijelovi remena bili osigurani, konj je polako podignut u stojeći položaj, a nakon što je remenje i potporno uže postavljeno na svoje mjesto, konj je bio ovješten malo iznad površine poda staje za oporavak ili je sa sva 4 kopita samo dodirivao površinu s minimalnim ili nikakvim teretom. Kada je konj postao dovoljno svjestan da bi mogao podnijeti težinu, dizalica se postupno spuštala tako da je konj mogao podići težinu na svojim nogama. Jednom kad je konj počeo podržavati vlastitu težinu na svim nogama,

remeni se postupno spuštao, a kada je konj bio potpuno svjestan i imao težinu na svim nogama, remen je uklonjen. Oporavljeni, stojeći konj bio je zadržan u staji za oporavak dok nije postao u potpunosti koordiniran i tek tada se mogao vratiti u svoju staju (Taylor i sur., 2005.).

UC Davis dizalo za velike životinje razvijeno je kako bi se konjima pomoglo u manje drastičnim te čestim situacijama na terenu i u klinikama. To se dizalo jednostavno primjenjuje jer konje podiže pomoću koštanog sustava, a njegova osnovna priroda čini uporabu praktičnom za veterinare i timove za spašavanje velikih životinja. UC Davis dizalo za velike životinje puno je povoljnije od Anderson remena, no nije namijenjeno za dugotrajno korištenje kao sustav podrške te bi se za velike životinje koje ne mogu stajati, trebalo koristiti zajedno s Anderson remenom. UC Davis dizalo za velike životinje sastoji se od poluge za ravnotežu i 2 remena izrađena od najlonskih traka. Dizalo može jednostavno primijeniti samo jedna osoba na sediranom ili anestetiziranom konju uz pomoć uređaja za izvlačenje remena. Dizalo se sastoji od metalne šipke sa završetkom u obliku slova U koji omogućuje postavljanje najlonskih traka ispod konja bez potrebe okretanja konja. Tijekom postavljanja tog dizala potrebna je još jedna osoba koja će održavati kontrolu nad glavom konja. Nakon što je konj pravilno obuzdan, prednji dio uređaja postavlja se između prednjih nogu konja, a donji remeni izvlače se ispod konja pomoću uređaja za vađenje metalne trake. Zatim se stražnji dio UC Davis dizala za velike životinje postavlja između stražnjih nogu ležećeg konja, a donji remen izvlači se ispod boka konja pomoću uređaja za pronalaženje. Tek kada je 5 dvostrukih remena postavljeno na svoje mjesto, oni se zakače za odgovarajuće numerirane kuke na šipci te se prilagođavaju duljini. Nakon toga, konj se podiže svojim koštanim sustavom uz pomoć ručne ili električne dizalice u bolničkoj kabini, viličara ili drugog stroja nalik kranu na terenu. Tijekom dizanja konja preporuča se kao pomoć korištenje konopa za rep, glavu i noge kad god je to moguće. Nakon što se konj podigne, potrebno je procijeniti njegovu stojeću sposobnost te se treba paziti na to da konji koji ne mogu podnijeti težinu ne smiju u dizalu provesti dulje od 20 minuta (Pusterla i sur., 2006.).

U istraživanju Pusterla i sur. (2006.) sudjelovalo je 17 konja u dobi od 5 mjeseci do 20 godina, a istraživanje je obuhvaćalo 9 kobila i 8 kastrata. Kod 17 konja dijagnosticirana su sljedeća stanja: encefalitis virusa zapadnog Nila, mijelopatija vratne kralježnice, periodična paraliza hiperkalemije, trauma leđne moždine, neoplazija leđne moždine, mijeloencefalitis konjskih protozoa, tetanus, miopatija za skladištenje polisaharida, poderotina mišića polu-membranozusa i teška osteoartroza stražnjih udova. Podizanje konja izvedeno je bez

problema u svim slučajevima s električnom dizalicom (13 konja) u bolnici, viličarom (3 konja) ili ručnom dizalicom na terenu (1 konj). Nakon podizanja, 8 konja moglo je stajati i nositi težinu. Dva konja mogla su stajati uz pomoć, ali 7 konja nije moglo podnijeti svoju težinu. Svi konji dobro su podnosili remen. Deset hospitaliziranih konja (5 stojećih, 2 stojeća s potporom i 3 nesposobna izdržati težinu) prebačeno je u Anderson remen kako bi se omogućila bolja raspodjela potpore i dugoročno privezivanje. Tri bolnička pacijenta eutanazirana su na zahtjev njihovih vlasnika zbog nemogućnosti podnošenja težine u UC Davis dizalu za velike životinje. Tri od četiri konja podignuta na terenu mogla su stajati bez potpore, no jedan konj je eutanaziran jer nije mogao podnijeti težinu u UC Davis dizalu za velike životinje. Stojeći konji ostali su stajati u UC Davis dizalu za velike životinje sve dok Anderson remen nije primijenjen (u roku od 10 minuta) ili unutar 12 sati kod 3 konja na terenu. Na ta 3 konja na terenu se posebno pazilo kako bi se izbjegle ozljede pritiska od najlonskih traka jer UC Davis dizalo za velike životinje nije zamišljeno kao dugoročni remen. Tri konja, koja nisu bila sposobna stajati i koja su prebačena u Anderson remen, nikada nisu povratila sposobnost stajanja unatoč intenzivnom liječenju i skrbi te su stoga uskoro eutanazirani. Pusterla i sur. (2006.) smatraju da bi se ležeći položaj konja trebao rješavati kao hitan slučaj te je potrebno poduzeti sve postupke za dijagnosticiranje osnovne bolesti. Kad god je moguće, rano stavljanje konja u remen trebalo bi konju pomoći da ustane te tako smanji oštećenje mišića, poboljša uporabu i cirkulaciju mišića. Također, starost konja je vrlo važna kada se razmišlja o korištenju uređaja za dizanje, jer se zna da mladi konji teže podnose takve uređaje. Mora se uzeti u obzir da su ležeći konji nepredvidljivi, čak i kada su smireni te da može naglo nastati uzbuđenje ili nasilna aktivnost i prouzročiti ozljede (Pusterla i sur., 2006).

#### **4.2. Uređaji za skeniranje**

Tijekom posljednjih nekoliko desetljeća proizvođači su predstavili nove tehnike dijagnostike konja i time poboljšali postojeće načine snimanja. Veterinari danas imaju pri ruci mnogo alata koji mogu pomoći u određivanju problematičnih područja te dijagnosticiranju problema. Neki uređaji za skeniranje su prenosivi te se mogu koristiti na farmama, dok su drugi uređaji dostupni samo u klinikama ili bolnicama (<https://thehorse.com/185111/a-guide-to-equine-diagnostic-imaging/>). Uporabom moderne opreme za dijagnostičko snimanje olakšava se točna dijagnoza ozljeda, bolesti i loših performansi (<https://www.horsehospital.co.nz/Equine+Services/Diagnostic+Imaging.html>). Tehnike snimanja pružaju važne patološke i fiziološke informacije koje su potrebne za

liječenje određenih stanja. Tehnike snimanja konja dijele se na anatomske i fiziološke metode. Anatomske metode uključuju radiologiju, ultrazvuk, kompjutorsku tomografiju i magnetsku rezonancu, a fiziološke metode uključuju nuklearnu scintigrafiju i termografiju. Ako dijagnostička analgezija ne uspije eliminirati hromost, tada fiziološke metode snimanja mogu pomoći u sužavanju problema na određeno područje, a anatomske metode snimanja mogu se koristiti za procjenu tih područja. Za razliku od anatomskih metoda snimanja, koje prikazuju strukturu, fiziološke metode snimanja procjenjuju metabolizam ili cirkulaciju (<https://www.msdsvetmanual.com/musculoskeletal-system/lameness-in-horses/imaging-techniques-in-equine-lameness>). Od ostalih metoda snimanja važne su još i pozitronska emisiona tomografija, endoskopija i venogram.

#### **4.2.1. Radiografija**

Prvi sustavi za digitalnu radiografiju uvedeni su početkom 1980-ih, ali visoki troškovi kupnje i održavanja te veliki zahtjevi za pohranom slika ograničili su njihovu primjenu u veterini sve do sredine 1990.-ih. Tijekom posljednjih 10 godina ti sustavi razvili su se velikom brzinom, s velikim brojem digitalnih slikovnih sustava. Mnogi sustavi digitalne radiografije sadrže integrirani prijenosni računalni monitor koji može prikazati sliku u roku od nekoliko sekundi nakon ekspozicije. Nakon snimanja, digitalnim radiografskim slikama može se manipulirati, to jest moguće je namjestiti kontrast slike i digitalno povećanje. Također, stvaranje duplikata digitalnih radiografskih slika brzo je i jeftino, a to omogućuje distribuciju više kopija slika vlasnicima. Digitalna radiografija uključuje izlaganje digitalnog detektora rendgenskih zraka za višekratnu uporabu kako bi se stvorila slika koja se gleda na računalnom monitoru. Time se uklanjaju film i okvir za gledanje koji se koriste u konvencionalnoj radiografiji. Digitalna slika sastoji se od redaka i stupaca malih diskretnih elemenata koji se nazivaju pikseli, svaki s određenom nijansom sive boje. Broj piksela ovisi o veličini izloženosti rendgenskim zrakama, a obično iznosi 1000 do 2000 redaka s 1000 do 2000 stupaca. Kada se ukupno gledaju, redovi i stupci piksela stvaraju poznatu radiografsku sliku. Nakon ekspozicije digitalnog receptora (ploče), slika se šalje računalu (naziva se i akvizicijska stanica), radi obrade i namještanja. Namještanja mogu izmijeniti izgled anatomskih rubova, prilagoditi kontrast i nijanse sive boje, utisnuti napomene unutar slike ili izrezati neželjenu anatomiju. Nakon toga, slika se finalizira i preuzima na drugo računalo koje se naziva i radna stanica. Radna stanica ima kvalitetniji monitor, brži procesor, veći kapacitet za pohranu te sposobniji softver za gledanje. Radna stanica često je mjesto na kojem se postavlja konačna dijagnoza (Nelson i sur., 2012.).

Radiografija u medicinskoj dijagnostici predstavlja snimanje dijela tijela rendgenskim zračenjem u radiološkom uređaju. Rendgenske slike su snimke dijela tijela na kojoj se anatomske strukture prekrivaju (<https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=51482>). Radiografija je najstariji način snimanja, a koristi se već više od jednog stoljeća. U posljednjih 20 godina radiografija je prošla dramatičnu evoluciju, od filmova koje su veterinari morali razviti u klinici do gotovo trenutanih visokokvalitetnih slika snimljenih bežičnom opremom koja se može koristiti bilo gdje. Većina veterinarara danas koristi digitalne radiografske uređaje za neposredni uvid u unutarnje strukture konja. Također, veterinari mogu poboljšati slike, odnosno poravnati, povećati ili obrnuti slike te ih gotovo trenutno podijeliti putem e-pošte (<https://thehorse.com/185111/a-guide-to-equine-diagnostic-imaging/>). Prednost prijenosnog uređaja za radiografiju je snimanje na licu mjesta u relativno mračnim područjima s dobrim napajanjem. Moguće je trenutno vizualizirati slike i time doći do brze dijagnoze. Snimke se pregledavaju na zaslonu računala visoke rezolucije u klinici jer se tamo mogu vidjeti suptilne lezije koje se možda neće uočiti na prijenosnom računalu (<https://www.horsehospital.co.nz/Equine+Services/Diagnostic+Imaging.html>).

Radiografija se može koristiti kako bi se uvidjela konformacija prednjih nogu konja koja je vrlo važna za cjelokupne sportske performanse konja. Važna je i za osjetljivost na hromost jer prednje noge nose više od 55% stojeće težine konja. Osim toga, prednje noge konja podvrgnute su velikim tlačnim silama tijekom galopiranja i slijetanja u fazi skakanja. Zapeščajne kosti (*ossa carpi*) moraju održavati optimalnu strukturnu stabilnost ako konj želi udovoljiti velikim zahtjevima treninga, utrka i drugih atletskih performansi. Strukturna stabilnost u velikoj je mjeri ovisna o konformaciji zapeščajnih koštanih struktura (Olusa i sur., 2020.).

Cilj pilot istraživanja Olusa i sur. (2020.) bio je istražiti radiografsku anatomiju zapeščajne kosti konja te razviti mjerljive parametre kao što su kutovi i omjeri koji bi se mogli koristiti za objektivno mjerenje konformacije zapeščajne kosti. Prikupljeno je 10 prednjih nogu od 7 punokrvnjaka u dobi od  $7,2 \pm 2,6$  godina. Uzorci su prikupljeni iz postmortalne sobe Odjela za veterinarsku patologiju Sveučilišta u Melbourneu u Australiji (Department of Veterinary Pathology, University of Melbourne, Australia) i iz lokalne klaonice za stare konje u Melbourneu. Konji su ili umrli ili eutanazirani zbog uvjeta koji nisu povezani s ozljedama zapeščajne kosti ili hromosti. Udovi su presječeni oko srednje osovine podlaktične kosti (*ossa antebrachii*), zatim su zamotani u plastične vrećice te konzervirani smrzavanjem na  $-20$  °C. U istraživanje su bile uključene prednje noge koje nisu imali



vidljive fizičke ozljede i koje nisu imale radiografske abnormalnosti. Prednje noge su odmrzavane u hladnjaku na 5 °C oko 72 sata. Nakon toga, svaka noga je postavljena u stojeći položaj na prilagođenom utovarnom uređaju i radiografski snimljena kroz lateromedijalni i dorzopalmarni prikaz pomoću prijenosnog radiografskog uređaja. Specifična rotacijska slika lateromedijalnog prikaza zapešćajne kosti, gdje se druga i četvrta metakarpalna kost potpuno preklapaju, dobivena je laganim okretanjem noge. Ta rotacijska slika lateromedijalnog prikaza zapešćajne kosti definirana je kao nulta lateromedijalna slika (ZLM - zero lateromedial). Nakon toga su razvijeni, izmjereni i uspoređeni svi parametri zapešćajne kosti na nultim lateromedijalnim (ZLM) i nultim mediolateralnim (ZML - zero mediolateral) prikazima. Nulti dorzopalmarni prikaz (ZDP - zero dorsopalmar) definiran je kao dorsopalmarni pogled (Dpa) na zapešćajnu kost pri kojem su njegove rotacije duž okomite i vodoravne osi bile na nula stupnjeva. Referentna linija (RL) je ravna crta koja je nacrtana kako bi predstavljala proksimalni rub metakarpusa te je ona paralelna s tlom. Za mjerenje različitih aspekata konformacije zapešćajne kosti razvijeni su sljedeći parametri: parametri zapešćajne kosti mjerljivi na nultoj lateromedijalnoj/mediolateralnoj radiografiji i parametri zapešćajne kosti mjerljivi na nultoj dorzopalmarnoj radiografiji. Kao parametri zapešćajne kosti mjerljivi na nultoj lateromedijalnoj/mediolateralnoj radiografiji definirani su dorzalni zapešćajni kut (DCA - dorsal carpal angle), distalni radijalni nagib zapešćajnog kuta (DRSCA - distal radial slope carpal angle), srednja zapešćajna kost proksimalnog gomoljasto-radialnog kuta (CiPxTRA - intermediate carpal bone proximal tuberosity-radial angle) i treća zapešćajna kost palmarnog kuta (C3PalFCA - third carpal bone palmer facet angle). Kao parametri zapešćajne kosti mjerljivi na nultoj dorzopalmarnoj radiografiji definirani su medijalni zapešćajni kut (MCA - medial carpal angle), disto-dorzalni nagib kuta treće zapešćajne kosti (C3DDSA - disto-dorsal slope angle of the third carpal bone), disto-dorzalni nagib kuta radijalne zapešćajne kosti (CrDDSA - disto-dorsal slope angle of the radial carpal bone), proksimo-dorzalni nagib kuta radijalne zapešćajne kosti (CrPDSA - proximo-dorsal slope angle of the radial carpal bone), distalni nagib kuta ulnarne zapešćajne kosti (CuDSA - distal slope angle of the ulnar carpal bone), disto-dorzalni kut klina srednje zapešćajne kosti (CiDDWA - disto-dorsal wedge angle of the intermediate carpal bone), disto-dorzalni kut klina četvrte zapešćajne kosti (C4DDWA - disto-dorsal wedge angle of the fourth carpal bone), disto-palmarni kut klina četvrte zapešćajne kosti (C4DPWA - disto-palmar wedge of the fourth carpal bone), omjer širine distalnog radijusa do proksimalnog metakarpusa (WDR:WPM - width ratio of distal radius to proximal metacarpus) i omjer

širine distalnog radijusa medijalnog artikularnog zgloba do lateralnog artikularnog zgloba (DRW.MAC:LAC - Width ratio of distal radius' medial articular condyle to lateral articular condyle). Nakon što je prikupljen početni set radiografija, noge su secirane kako bi se otkrile zapešćajne kosti i na dorzalnog i na palmarnog dijelu karpusa te su udovi drugi put snimljeni radiografijom. Zatim se radiopropusni materijal (fleksibilna metalna žica) izrezao te fiksirao super ljepilom na anatomski obilježja koja su se koristila kao orijentacija za razvoj parametara, a nakon toga, ekstremiteti su snimljeni treći put radiografijom. Svi podaci prikazani su kao prosjek  $\pm$  standardna devijacija (SD), a jednom ponovljena mjera ANOVA korištena je za usporedbu prosjeka svakog parametra izmjenjenog iz tri kategorije zapešćajne radiografije. Odnosno, iz netaknutih, seciranih i metalom označenih nogu. Korišten je interval 95% pouzdanosti i vrijednosti gdje je  $p < .05$  smatrana značajnom. Nisu primijećene značajne razlike ( $p > .05$ ) između mjerenja dobivenih na lateromedijalnim (ZLM) i mediolateralnim (ZML) slikama te između mjerenja karpalnih parametara na radiografiji od netaknutih, seciranih i metalom označenih nogu. U ovom pilot istraživanju razvijen je protokol radiografskog mjerenja te je predloženo 14 parametara za objektivnu procjenu zapešćajne konformacije u konja. Takav protokol ocjenjivanja lako se može uključiti u rutinsko radiografsko ispitivanje konja, na primjer, pregled konja prije kupnje. Također, ova tehnika može biti potencijalno sredstvo za procjenu različitih konformacija zapešćajnih udova i fiziološke hiperekstenzije kod konja (Olusa i sur., 2020.).

#### **4.2.2. Ultrazvuk**

Specijalizirani dijagnostički alati koji s velikom jasnoćom otkrivaju strukture mekog tkiva duboko u tijelu konja uključuju magnetsku rezonancu (MRI), računalnu tomografiju (CT) i ultrazvuk. MRI i CT pretrage su glomazne i relativno nepristupačne, dok je ultrazvuk lagan i prenosiv uređaj prikladan za terenska ispitivanja, kliničku praksu te za istraživanja na licu mjesta. Ultrazvuk je neinvazivna metoda za istraživanje anatomskih varijacija u anatomiji konja (May-Davis i sur., 2020.). Riječ je o metodi koju veterinari obično koriste za provođenje reproduktivnih procjena, procjena gravidnosti te procjena ozlijeđenih tetiva i ligamenata. Također, ultrazvuk može otkriti detalje o mekim tkivima koje X zrake ne mogu. Koristan je za promatranje mekih tkiva i površina kostiju (<https://thehorse.com/185111/a-guide-to-equine-diagnostic-imaging/>).

U istraživanju May-Davis i sur. (2020.) odabrana su dva konja. Prvi konj bio je osmogodišnji andaluzijski kastrat, visine 1,60 m. Konj je pokazivao tešku i kroničnu

obostranu hromost stražnjih nogu, a vrat je bio umjereno debeo. Drugi konj je bio 15-godišnji čistokrvni kastrat (bivši trkaći konj), visine od 1,65 m. Konj je pokazivao tešku i kroničnu hromost na 3 noge, a vrat je bio umjereno tanak. Tijekom snimanja, konja je držao iskusni voditelj. Kao referentne točke, male pravokutne trake (1 cm x 2 cm) postavljene su izravno na opipljivu duljinu poprečnih presjeka vratnih kralješaka od C2 do C6. Lijeva strana vrata konja bila je očišćena vodom i spužvom kako bi se uklonila zemlja i prljavština, a višak vode uklonio se suhom krpom te obrisao alkoholom iznad poprečnog presjeka od C2 do kuta lopatice. U oba konja, ultrazvučne slike jasno su otkrile vezivanje NLL-a (Nuchal Ligament Lamellae, šijin greben, *Christa nuchae*) na C2, uključujući spoj NLL-a od C2 do spoja NLFC-uspinjače (nuchal ligament funicular cord). Ultrazvučna slika također je prikazala jasno razgraničenje između usmjerenih vlakana NLL i NLFC i otvora između dviju struktura na razini C2/C3. U oba su konja bile uočljive točke vezivanja NLL-a na leđnim bodljama cervikalnih kralješaka od C2 do C5. Simultano fotografiranje tijekom ultrazvučnog postupka pomoglo je usporednoj interpretaciji ultrazvučne slike. Zaključno se može utvrditi kako je ultrazvuk neinvazivni alat za anatomsko istraživanje struktura mekog tkiva i može se koristiti za precizno određivanje varijacija u vezi s NLL-om kopitara. Istraživanje bi pomoglo u određivanju opsega veza NLL-a u razne svrhe, poput odabira jedinke ili pasmine ili očuvanja rijetke primitivne osobine koja je, čini se, postojala u modernih konja do nedavno (May-Davis i sur., 2020.).

Ponavljajuća neuropatija grkljana (RLN) kronična je periferna motorna neuropatija s distalnom aksonopatijom koja se dijagnosticira endoskopijom. Nedavna istraživanja pokazuju ako je RLN moguće dijagnosticirati ultrazvukom koji snima mišiće grkljana kopitara. Cilj istraživanja Satoh i sur. (2019.) bio je snimiti i usporediti lijevi i desni cricoarytenoideus dorsalis muscle (CAD). Uspoređivali su debljinu, površinu presjeka, broj piksela po jedinici i ehointenzitet koristeći tehniku transkutanog ultrazvuka. U ovo je istraživanje bilo uključeno 164 punokrvnjaka, uključujući 134 pastuha, 29 kobila i jednog kastrata (prosječna dob 2,8 godina, raspon 1-6 godina; srednja tjelesna težina 495,6 kg, raspon 401-580 kg). Endoskopija u mirovanju izvedena je bez sediranja i kroz desnu nosnicu s trzajem nosa kod svih konja. Endoskopija u mirovanju provedena je najmanje 1 minutu i uključivala je 3 slučaja gutanja. Funkcija grkljana u stanju mirovanja procijenjena je pomoću četverostupanjskog sustava s nižim ocjenama (Havemeyer-ov sustav) (stupnjevi 1 do 4 s nižim stupnjevima). Konji s razredima 1 i 2 u mirovanju koji nisu imali abnormalne respiratorne buke smatrani su klinički normalnim i svrstani u kontrolnu skupinu. Konji s razredima 3 i 4 u mirovanju, a koji su u anamnezi imali abnormalnu

respiratornu buku tijekom vježbanja, smatrali su da su klinički pogođeni RLN-om, pa su stoga u svrhe istraživanja bili uključeni u RLN skupinu. Svi konji skupine RLN podvrgnuti su protetskoj laringoplastiji i kordektomiji nakon transkutanog ultrazvuka. Svi slučajevi ultrazvuka obavljani su pod sedacijom iz sigurnosnih razloga i radi sprečavanja gutanja prilikom guranja grkljana s kontralateralne strane tijekom ultrazvučnog pregleda. Sto trideset i četiri punokrvnjaka dijagnosticirana su s RLN stupnjem 3 ili 4 (112 pastuha, 21 kobila i jedan kastrat; srednja dob 2,8 godina, raspon 1-6 godina; srednja tjelesna težina 501,5 kg, raspon 417-580 kg). Rezultati pokazuju da su omjeri lijevog i desnog CAD-a bili približno 0,69 (debljina) i 0,66 (površina) kod konja s ocjenom 3 i 4 u mirovanju. S obzirom na odnos između ultrazvučnih vrijednosti i endoskopskog stupnja mirovanja, debljina i površina lijevog CAD-a pokazale su negativnu korelaciju s ocjenom grkljana u mirovanju. Suprotno tome, debljina desnog CAD-a pokazala je pozitivnu korelaciju s ocjenom grkljana u mirovanju. S obzirom na ultrazvučnu analizu sive skale, ehointenzitet i broj piksela lijevog CAD-a bili su viši od onih desnog CAD-a u konja s ocjenom 3 i 4 u mirovanju (Sato i sur., 2019.).

#### **4.2.3. Računalna tomografija**

Računalna tomografija (CT - Computed Tomography), odnosno CT skeniranje, kombinira niz rendgenskih slika snimljenih iz različitih kutova, a pomoću računalne obrade stvara presjek kostiju, krvnih žila i mekih tkiva ([https://www.vet.upenn.edu/veterinary-hospitals/NBC-hospital/services/imaging/computed-tomography-\(ct\)](https://www.vet.upenn.edu/veterinary-hospitals/NBC-hospital/services/imaging/computed-tomography-(ct))). Računalna tomografija (CT) generira presjeke multiplanarnih slika na temelju svojstava slabljenja rendgenskih zraka. Kontrast unutar slika temelji se na razlikama u relativnoj gustoći tkiva. CT može snimiti suptilne strukturne abnormalnosti unutar kostiju i mekog tkiva te otkriti patologije unutar kostiju kod trkaćih konja (Riggs, 2018.). Računalna tomografija najvažnija je metoda snimanja za dijagnozu različitih poremećaja glave kod konja. Način presjeka slike pruža slike nazalnih i paranazalnih prolaza, zubiju, kostiju lubanje, jezične kosti (*apparatus hyoideus*) te omogućuje trodimenzionalnu rekonstrukciju. Prevladavajući ograničenja dvodimenzionalnog radiografskog snimanja, CT je metoda snimanja koja je postala zlatni standard za dijagnosticiranje čestih poremećaja glave kod konja. CT glave konja sve češće se izvodi s konjem u stojećem položaju kako bi se izbjegla opća anestezija. U novije vrijeme koriste se CT skeneri koji koriste tehnologiju konusnih zraka (CBCT - cone-beam computed tomography), a neki od tih uređaja su Pegaso™ i Equimagine™. Rendgenska zraka u obliku konusa u CBCT-u koristi ploču detektora velike površine koja

dobiva potpuno volumetrijske podatke iz više projekcija. Sve projekcije dobivaju se u jednostrukoj rotaciji oko pacijenta bez pomicanja pacijenta kroz skener (Klopfenstein Bregger i sur., 2019.).



Slika 2. EquiImagine

(Izvor: <https://www.vet.upenn.edu/> )

Sustav EquiImagine koristi dvije ili četiri robotske ruke za hvatanje slika visoke rezolucije te velike brzine iz bilo kojeg smjera u roku od samo 5-15 sekundi. Sustav je proizveden u četverodimenzionalnoj digitalnoj slici (4DDI - Four Dimensional Digital Imaging), a glavna korist sustava je ta što konji nisu anestetizirani tijekom skeniranja, a mogu se skenirati i u nosivim položajima, odnosno tijekom stajanja ili hodanja i trčanja na traci za trčanje. Skenirane slike prikazuju se na računalu, gdje se mogu analizirati glava, vrat, zglobovi te držanje konja i deformacija mekog tkiva (<https://www.veterinarypracticenews.com/innovative-ct-scanner-for-horses-debuts/>).

Prednosti navedenog sustava su i: skeniranje cijelog tijela konja dok nosi teret, skeniranje dok konj stoji ili je u pokretu, 4D prikaz deformacije mekog tkiva u realnom vremenu, smanjenje doze zračenja pri čemu se slika ne gubi, dinamička preciznost od 0,03 mm pri velikim brzinama kretanja, neograničena rotacija te mogućnost prebacivanja između senzora tijekom jedne sekvence snimanja bez ponovnog namještanja konja (<http://www.veterinary-imaging.com/equiimagine-robotic-ct.php>).

U istraživanju Klopfenstein Bregger i sur. (2019.), koristio se CBCT skener O-arm®, prijenosni skener koji ne zahtijeva fiksnu instalaciju ili zasebno specifično napajanje. Promjer portala širok je 96,5 cm te je pokretan u sve tri dimenzije, a može se naginjati oko svoje vodoravne i okomite osi. Taj skener, s vrlo pokretljivim portalom, pruža prednosti koje su od posebne važnosti za dijagnostičko snimanje sediranih stojećih konja. Međutim,

postoje i nedostaci svojstveni geometriji konusne zrake, poput povećanog raspršenog zračenja što smanjuje kontrastnu razlučivost, fiksno vidno polje i utjecaj pokreta subjekta tijekom snimanja slike na cijeli stečeni volumen. Cilj istraživanja bio je procijeniti može li se CBCT skener O-arm® pouzdano koristiti kao slikovni modalitet za dijagnozu poremećaja glave kod stojećih konja. U svrhu istraživanja provelo se CT snimanje unaprijed definiranog područja od interesa (ROI - region of interest) koje je testirano na 2 glave umrlih kopitara (1 odrasli konj i 1 odrasli magarac). Testiranje je provedeno s ciljem određivanja broja potrebnih skeniranja po ROI-u. Oba kopitara eutanazirana su iz razloga koji nisu bili povezani s ovim istraživanjem. Za skeniranje glava umrlih kopitara bilo je potrebno od 1 do 6 skeniranja po području od interesa (ROI). Za skeniranje kompletne glave, bilo je potrebno 6 cilindričnih volumena. Kod živih kopitara, na broj potrebnih skeniranja po ROI, nisu utjecale promjene položaja glave na stolu ili unutar portala. CBCT ispitivanju u stojećem položaju tijekom razdoblja ispitivanja ukupno je podvrgnuto 68 kopitara. Kontrolni CBCT pregled proveden je u 5 od 68 kopitara, a drugi CBCT pregled glave obavljen je kod 2 kopitara radi druge određene indikacije. Odnosno, u istraživanje je uključeno i pregledano ukupno 75 CBCT studija. Skupinu od 68 pregledanih konja činile su 34 kobile, 30 kastrata i 4 pastuha (prosječne starosti 13,3 godine, raspon od 1 do 26 godina, 67 od 68 kopitara bilo je konja, a 1 je bio magarac). Kopitari su bili predstavljeni sa sljedećim kliničkim oboljenjima i/ili indikacijama: jednostrani ili obostrani iscjedak iz nosa, problemi s trbuhom/žvakanjem, drhtanje glave, zubna patologija identificirana tijekom oralnog pregleda, trauma ili urođena deformacija lubanje, oticanje lica, fistulacija, deficit kranijalnog živca i ataksija. Za 75 CBCT studija zabilježen je ukupan broj od 449 stečenih 3D skeniranja, a prosječan broj stečenih CBCT skeniranja po slučaju bio je 6 skeniranja (raspon 1-15). Od 449 pregleda, 242 pregleda (54%) bila su dijagnostičke kvalitete. Od tih 242 pregleda, 59 pregleda (24%) nije pokazalo artefakt kretanja ili je imalo minimalni artefakt, 102 pregleda (42%) pokazalo je artefakt blagog kretanja, a 81 pregled (33%) bio je dijagnostičke kvalitete unatoč artefaktu umjerenog kretanja. Od ukupnih 449 pregleda, 207 pregleda (46%) proglašeno je neprikladnima za dijagnostičke svrhe te nisu podvrgnuti radiološkoj procjeni. U 2 od 75 (2,7%) CBCT pregleda, stečeni snimci nisu bili dijagnostičke kvalitete, dok su u 73 od 75 (97,3%) slučajeva dobiveni CBCT snimci dijagnostičke kvalitete. Rezultati pokazuju da CBCT snimanje pruža visoku prostornu i kontrastnu razlučivost koštanih struktura, ali ograničenu razlučivost kontrasta za meka tkiva, u usporedbi s konvencionalnim spiralnim CT-ima s više rezova. CBCT

jedinica korištena u ovom istraživanju nije omogućila dijagnostičku diferencijaciju različitih kvaliteta/gustoće mekih tkiva (Klopfenstein Bregger i sur., 2019.).

U istraživanju Gough i sur. (2020.) opisana je metoda CT-a za potvrđivanje kompresivne lezije leđne moždine (SCC - spinal cord compression) kod 51 konja kod kojih se SCC smatrao diferencijalnom dijagnozom. Tijekom snimanja običnim CT-om, glava i vrat bili su postavljeni ravno te su blago ispruženi na mekom jastučiću. Za uklanjanje cerebrospinalne tekućine (CSF - cerebrospinal fluid) i naknadnu primjenu kontrasta, glava i vrat konja podignuti su na kut od 30 do 45° pomoću izrađenog drvenog trokutastog bloka. Prethodno izrezano područje bilo je aseptično pripremljeno i na to je mjesto nanesa sterilna jodirana samoljepljiva zavjesa. Glava je ostala povišena nakon injekcije 5 minuta prije nego što je vraćena u vodoravni položaj, nakon čega je snimljeno CT snimanje od kaudalnog cervikalnog područja do mozga. Nakon toga konji su premješteni u anestezijski boks za oporavak i dobiven je niz laterolateralnih radiografskih projekcija u proširenim i maksimalno savijenim položajima kranijalnog, srednjeg i kaudalnog cervikalnog područja kako bi se dovršilo dinamičko mijelografsko istraživanje. Pregledani su klinički znakovi i nalazi neuroloških pregleda 51 (17 kobila i 34 kastrata) konja koji su podvrgnuti CT mijelografskom pregledu i naknadnoj radiografskoj mijelografiji za procjenu vratnog kralješka. Srednja dob konja bila je 7 godina s rasponom od 1 do 26 godina, iako je dob bila nepoznata kod 9 konja. Klinički znakovi obuhvaćali su neurološke disfunkcije, slabosti, ukočenosti i hromosti prsnog koša ili zdjelice. Nalazi neuroloških ispitivanja pokazali su blaga kašnjenja proprioceptivnih refleksa te izrazite spinalne ataksije i kolapse. U 50 slučajeva napravljen je CT, CT mijelografija i radiografska mijelografija, a u 1 slučaju samo CT i CT mijelografija jer je radiografski pregled smatran nepotrebnim. CT studija obuhvatila je vratni kralježak od mozga do razine C6 kod 51 konja, uključujući artikulaciju C6-C7 kod 44 od 51 konja, C7-T1 kod 34 od 51 konja, T1-T2 kod 11 od 51 konja, a T2-T3 kod 4 od 51 konja. Degenerativna bolest zglobova APJ (articular process joints, artikularni procesi zglobova) zabilježena je kod 1 ili više zglobova kod 50 od 51 konja. Na CT mijelografiji SCC je primijećen kod 31 od 51 konja (61%). Od konja koji su imali SCC, 25 od 31 (81%) konja imalo je bočnu ili dorzolateralnu kompresiju, 11 od 31 (35%) imalo je dorzoventralnu kompresiju, a 6 od 31 (19%) imalo je obodnu kompresiju na jednom ili više mjesta. Od 16 konja (52%) za koje se smatralo da imaju kompresiju stupnja 2 ili 3, 9 od 16 (56%) imalo je bočnu ili dorzolateralnu kompresiju, 2 od 16 (13%) imalo je dorzoventralnu kompresiju, a 6 od 16 (38%) obodnu kompresiju na 1 ili više mjesta. Na radiografskoj mijelografiji 9 od 50 konja (ukupno 12 mjesta) imalo je dokaze o

oslabljenju DCC-a (dorsal contrast column – leđni kontrastni stupac) i ventralnog kontrastnog stupca, a 4 od 50 konja (ukupno 4 mjesta) imalo je dokaz obliteracije DCC-a s naknadnim udarcem na leđnu moždinu, ukupno 16 mjesta. Promjene na intervertebralnim diskovima uključivale su mineralizaciju u 3 od 51 od kojih je 1 uključivala premošujuću kost na 2 mjesta; kolaps i suženje intervertebralnog diska opaženo je kod svakog konja. Osteohondralni fragmenti zabilježeni su kod 11 od 51 konja i bili su veličine od 0,2 cm × 0,3 cm × 0,2 cm do 2 cm × 1,4 cm × 1,2 cm. Lezije kosti nalik cisti primijećene su kod 4 od 51 konja, a masa mekih tkiva s intralezijском mineralizacijom primijećena je kod 1 konja. Ventralni tuberkulus C6 i ili C7 jednostrano je izostao kod 4 od 51 konja. Rezultati pokazuju da tehnike rekonstrukcije slike CT pretragama omogućuju temeljitu procjenu koštanog i mekog tkiva u više ravnina, omogućujući identifikaciju potencijalnih mjesta kompresije obodno u usporedbi s radiografijom u kojoj je procjena tipično ograničena na sagitalnu ravninu (Gough i sur, 2020.).

#### **4.2.4. Magnetska rezonancija**

U ljudskoj medicini, MRI se smatra zlatnim standardom za dijagnostičko snimanje ortopedskih ozljeda, ozljeda mozga te mekih tkiva. MRI koristi snažno magnetsko polje za orijentaciju atoma tijela, a privremenom promjenom magnetskog polja, ti atomi reagiraju i imitiraju radio valove. Računalo otkriva radio valove i tumači ih kako bi se stvorila slika. MRI ne koristi zračenje te nema poznatih nuspojava (<https://www.alamopintado.com/diagnostic-imaging>).

Snimanje magnetske rezonancije pruža izvrstan, neinvazivan način procjene zglobova i omogućuje procjenu hrskavice. Magnetna rezonancija visokog i niskog polja omogućuje procjenu ozljeda zglobova i pomažu u identificiranju abnormalnosti koje mogu opravdati kiruršku intervenciju. Magnetska rezonancija pruža mogućnost rane dijagnoze oštećenja hrskavice, što je prednost u odnosu na tradicionalnu dijagnostiku, poput radiografije, u kojoj dijagnoza bolesti zglobova ovisi o identifikaciji osteofita ili drugih sekundarnih znakova bolesti zglobova. U nekim se slučajevima MRI može koristiti za identificiranje lezije hrskavice ili subhondralne kosti koja se artroskopski smatra nedostupnom, pa se stoga može izbjeći nepotrebna operacija. U slučajevima u kojima artroskopsko uklanjanje tkiva nije moguće ili kao dodatak artroskopiji, nalaz MRI može se usmjeriti prema medicinskom liječenju (Barret i sur., 2016.).

MRI se sve češće koristi u dijagnozi hromosti. Najčešće snimano područje je kopito zbog velike učestalosti hromosti lokalizirane u tom području, ali i zbog ograničenja drugih



modaliteta snimanja za procjenu struktura unutar kopita. Snimanje magnetskom rezonancijom daje detaljne informacije o patološkim promjenama u kopitu, omogućavajući individualno prilagođene planove liječenja. Za snimanje konja koriste se i jedinice visokog i niskog polja. Patološke promjene na kostima i mekom tkivu kopita vidljive su na slikama s niskim poljem, a prednost je i ta što se konja ne mora staviti pod opću anesteziju. Međutim, poboljšana rezolucija i kvaliteta slike visokog polja u usporedbi sa slikanjem niskog polja nudi prednost u procjeni zglobne hrskavice, kao i suptilnije abnormalnosti mekog tkiva i kostiju. MRI visokog polja uspješniji je u procjeni promjena na malim strukturama (Barret i sur., 2016.).

Glava konja jedno je od anatomski najsloženijih područja tijela jer sadrži višestruke strukture različitih gustoća tkiva. Dijagnoza stanja koja utječu na glavu često su izazovna te zahtijevaju uporabu dijagnostičkih tehnika snimanja. Korištenje računalne tomografije (CT - computed tomography) i magnetske rezonancije (MRI - magnetic resonance imaging), omogućuje dobivanje tomografskih slika glave na kojima ne dolazi do prekrivanja normalnih anatomske strukture (Manso-Diaz i sur., 2015.).

Manso-Diaz i sur. (2015.) nastojali su opisati MRI značajke poremećaja glave konja ispitivanih tijekom 13 godina te usporediti dobivene nalaze MRI-ja s intraoperativnim ili postmortalnim rezultatima. Retrospektivni pregled medicinskih zaspisa iz Animal Health Trust-a (UK), Sveučilišta Complutense u Madridu (Španjolska) i Sveučilišta Tufts (SAD-a) obavljen je od 2000. do 2013., a kriteriji za uključivanje u istraživanje bili su svi konji čija su stanja bila dokumentirana zbog sumnje na kranioencefalnu bolest i koji su bili podvrgnuti magnetskoj rezonanciji glave. Za svakog konja sastavljena je baza podataka koja uključuje signaliziranje, nalaze slika, konačnu dijagnozu, provedeno liječenje, analizu likvora, makroskopsku analizu i histopatološke nalaze. Tumačenje temeljeno na nalazima MRI-ja uspoređivano je s kliničkim, kirurškim te dostupnim postmortalnim nalazima. Konji uključeni u istraživanje bili su podijeljeni u 3 skupine na temelju kliničkih podataka u medicinskom kartonu: skupinu A činile su neurološke bolesti, skupinu B sinonazalna patologija i skupinu C abnormalnosti mekih tkiva. U svakoj skupini korišteni su određeni kriteriji ocjenjivanja. Za skupinu A lezije su bile definirane kao intraaksijalne, ekstraaksijalne ili lezije koje utječu na vidni živac. Za skupine B i C zabilježeni su tip lezije, mjesto i karakteristike signala u usporedbi s normalnim mišićima. Istraživanje je provedeno na 84 konja, od kojih su 10 bili pastusi, 48 kastrati i 26 kobila. Prosječna dob konja bila je 11,6 godina, u rasponu od 4 dana do 28 godina. Ovisno o veličini bolesnog konja i MRI jedinici, korištena je glava, tijelo ili integrirana tjelesna radiofrekventna

zavojnica. Svi su konji pregledani u općoj anesteziji na posebnom stolu i smješteni u lateralno ležanje u magnetnom polju s niskim poljem i u lateralno ili dorzalno ležanje u magnetu za visoko polje. Skupina A (n = 65) sastojala se od 5 pastuha, 40 kastrata i 20 kobila; srednja dob bila je 11,6 godina (raspon od 4 dana do 27 godina; medijan 11 godina). Toj skupini pripadale su intraaksijalne bolesti (n = 8), ekstraaksijalne bolesti (n = 7) i patologija vidnog živca (n = 4); preostalih 46 konja nije imalo uočljivih abnormalnosti na MRI. Skupina B (n = 14) sastojala se od 2 pastuha, 8 kastrata i 4 kobile; srednja dob bila je 17,1 godina (raspon 2-28 godina; medijan 14 godina). U toj skupini uočene su zubne bolesti (n = 4), tumori nosa (n = 4), etmoidni hematomi (n = 2), sinusne ciste (n = 2), mukokela nosa (n = 1) i devijacija nosne pregrade (n = 1). Skupina C (n = 5) sastojala se od 3 pastuha i 2 kobile; srednja dob bila je 8,4 godine (raspon 3-14 godina; medijan 7 godina). Ta je skupina uključivala masu trećeg kapka (n = 1), jezični apsces (n = 1), parotidnu sialocelu/mukocelu slinovnice (n = 1), oticanje grlene vrećice (n = 1) i kranijalni nuhalni bursitis (n = 1). Abnormalni MRI nalazi pronađeni su u 30% (19/65) konja s neurološkom bolešću. U svim slučajevima, lokalizacija MRI, veličina i odnos s okolnim strukturama lezija podudarali su se s kirurškim i grubim i histopatološkim opažanjima. Snimanje magnetske rezonancije bilo je posebno korisno za identificiranje lezija kao što su tumori, ciste sinusa ili etmoidni hematomi. Usporedba intenziteta signala uočenog na različitim sekvencama omogućila je diferencijaciju cista, mukokele ili hematoma i razlikovanje tekućine i gnojnog materijala u sinusima. U slučajevima tumora nosa, MRI je pomogao u procjeni kribriiformne ploče i pokazivanju intrakranijalnog produženja tumora. U četiri konja s dentalnom bolešću, MRI je identificirao vanjsku fistulu i frakturu zuba, kao i lezije koje zahvaćaju šupljinu pulpe, korijene i parodontalni prostor. MRI niskog ili visokog polja pokazao se uspješnim za detaljnu procjenu većine struktura glave konja (Manso-Diaz i sur., 2015.).

#### **4.2.5. Nuklearna scintigrafija**

Nuklearna ili koštana scintigrafija uključuje davanje radiofarmaceutika koji se prvenstveno vežu na kost tamo gdje postoji ozljeda ili na mjestima aktivne tvorbe kosti. Nakon takvog snimanja konji moraju ostati u bolnici 24 sata poslije primjene radiofarmaceutika kako bi se smirila radioaktivnost. Potencijalni kandidati za nuklearnu scintigrafiju mogu biti konji sa sljedećim obilježjima: sumnja na ozljedu kostiju koja je povezana sa stresom, radiografske slike su negativne ili zbunjujuće, bol je uzrokovana laminitisom, no uzrok se ne može utvrditi na radiografiji ili utrazvuku, loše performanse, brojne abnormalnosti

hromosti, problemi s vratom, leđima i zdjelicom te sumnja na ozljedu mekog tkiva (<https://www.vet.upenn.edu/veterinary-hospitals/NBC-hospital/services/imaging/nuclear-medicine>).

Scintigrafija na lateralnoj slici normalnog koljena (stifle) opisana je uporabom kvantitativnog područja od interesa (ROI). Cilj istraživanja Graham i sur. (2015.) bio je utvrditi osjetljivost (Se) i specifičnost (Sp) scintigrafije kostiju u otkrivanju bolesti koljena. Pregledani su medicinski kartoni konja koji su podvrgnuti scintigrafiji kostiju. Podaci iz medicinskih kartona obuhvaćali su signalizaciju, anamnezu, nalaze, podatke o hromosti, rezultate intraartikularne analgezije, radiografije, ultrazvuka, artroskopije i konačnu dijagnozu. Konji su korišteni u istraživanju ako je scintigrafski pregled stražnjih nogu izveden standardnom tehnikom i ako je lokaliziran izvor boli koji uzrokuje hromost. Konji su bili podijeljeni u dvije skupine. Skupina 1 obuhvaćala je konje kojima je hromost lokalizirana na koljenu, a skupina 2 konje kojima je hromost lokalizirana na području koje nije koljeno. U istraživanje je bilo uključeno 205 konja različitih pasmina. Prosječna dob bila je 7,7 godina (medijan 7 godina, raspon 1-26 godina). Od 205 konja 58 je kobila, 128 kastrata, 16 pastuha i 3 nezabilježanih spolova. Dvadeset i trojici od 205 konja dijagnosticirana je hromost koljena na temelju pozitivnog odgovora na intraartikularnu analgeziju femoropatelnog i femorotibijalnog zgloba. Dvadeset i dva konja pokazuju jednostranu bolest koljena, a 1 konj bilateralnu bolest. Raspodjela konačnih dijagnoza po zahvaćenom koljenu, na temelju slikovnih snimanja i kirurških nalaza, bila je sljedeća: osteoartroza (10 od 28), subhondralne lezije slične cisti (2 od 28), desmitis ligamenata patele (2 od 28), kranijalni križ desmitis ligamenata (1 od 28), sinovitis (1 od 28) i nema određene dijagnoze (8 od 28). Prvi niz procijenjenih slika obuhvaćao je i kaudalnu i lateralnu sliku obje potkoljenice svakog konja na jednoj stranici. U drugom skupu slika evaluirane su samo lateralne slike konja s potvrđenom hromošću koljena. Nalazi ovog istraživanja pokazuju da scintigrafija koljena ima loš Se, koji iznosi između 4,2% i 29,2% za prvi procijenjeni skup slika i 20,8% do 29,2% za drugi skup slika. Međutim, ima dobar Sp, između 85,5% i 93,4% za prvi skup i 84,5% do 88,3% za drugi skup slika (Graham i sur., 2015.).

#### **4.2.6. Termografija**

Termografija predstavlja sigurno i isplativo dijagnostičko snimanje koje je vrlo vrijedno u zdravstvenoj zaštiti konja. Termografska kamera otkriva infracrvene valove na površini tijela koji su nevidljivi ljudskom oku i pretvara ih u sliku koja postaje vidljiva ljudskome

oku. Termografijom se prikazuje da postojanje povećane cirkulacije, dovodi do upale (toplije područje), ali kod kroničnih bolesti, ožiljaka, gubitka mišića ili oštećenja živaca, područja mogu postati hladnija. Termografija ima široke primjene kao što su lokalizacija hromosti, otkrivanje artritisa, otkrivanje ozljeda tetiva i ligamenata, procjena ozdravljenja mekih tkiva i procjena fizioloških reakcija na lijekove (<https://thehorse.com/114232/equine-thermography/>).

Termografija konja neinvazivan je alat za praćenje koji koristi najnoviju opremu za infracrveno snimanje i računalni softver za otkrivanje sitnih razlika u toplinskom i živčanom sustavu te omogućuje brzo i učinkovito prepoznavanje traume u ozlijeđenoj životinji. Rano utvrđivanje mjesta ozljede od velike je važnosti jer pomaže u sprječavanju daljnjih trauma, a pomaže i veterinaru, koji liječi životinju, donijeti odluku o potrebnom liječenju. Termografsko snimanje konja, za razliku od konvencionalnih rendgenskih zraka i MRI pretraga, ne koristi nikakvo zračenje te je savršeno za konja i njegovog voditelja. Rezultati termografije u većini slučajeva mogu se odmah dobiti na uvid kako bi veterinari, vlasnici, terapeuti konja i profesionalci mogli brzo donijeti odluke i započeti liječenje. Termografija konja neprocjenjiv je alat za praćenje koji koristi prijenosnu opremu što omogućuje da se snimanje provede na terenu. Termografija se koristi zajedno s trenutnim dijagnostičkim modalitetima kako bi se lokaliziralo i utvrdilo mjesto oštećenja ili boli. Toplina generirana upalom otkriva se uporabom infracrvenih kamera koje omogućuju izravnu vizualizaciju područja koja su zabrinjavajuća (<http://www.equithermtraining.com/Equine-Thermography>). Termalne kamere znatno olakšavaju posao te su izuzetno učinkoviti alati jer ne zahtijevaju invazivno pretraživanje konja, već se sumnjivo problematično područje može promatrati iz daljine s fotoaparatom kojim se snimi slika. Termalne kamere su alati napravljeni za otkrivanje infracrvenog zračenja, a zatim to zračenje tumače i prikazuju na slici kao različite boje (<https://www.pass-thermal.co.uk/equine-thermography>). Termografska kamera otkriva infracrvene valove na površini tijela koji su nevidljivi ljudskom oku, a zatim ih pretvara u sliku koju ljudsko oko može vidjeti. Kada se ozlijedimo, ozlijeđeno područje postaje vruće, crveno i upaljeno, a na staničnoj razini kao imunološki odgovor tijelo oslobađa kemikalije poput histamina. Promjene u protoku krvi mogu izravno korelirati s upalom, odnosno gdje je povećana cirkulacija, može doći do upale (područje postaje toplije). S druge strane, s kroničnim bolestima, ožiljcima, atrofijom, oštećenjem živaca, područja mogu postati hladnija (<https://thehorse.com/114232/equine-thermography/>). Za termografiju konja,

idealna termalna kamera trebala bi biti prenosiva (jer će se koristiti u zahtjevnim okruženjima), imati visoku prostornu razlučivost (jer se termografija često izvodi na udaljenostima od nekoliko metara od predmeta) i imati visoku toplinsku osjetljivost, a to je svojstvo koje opisuje najmanju razliku u temperaturi koju termalna kamera može odrediti između dvije točke na slici. Termografija za bilježenje raspodjele tjelesne temperature površine konja koristi infracrvenu kameru. Najmanje je 10 puta osjetljivija od palpacije ljudskom rukom u otkrivanju promjene temperature. Pravilna uporaba termografije zahtijeva kontrolirano okruženje, a fiziološko stanje konja mora se uzeti u obzir kako bi se smanjila varijabilnost i uklonile greške u interpretaciji. Termografija može igrati važnu komplementarnu ulogu u ranom otkrivanju i liječenju patologije i pomoći u prevenciji patoloških stanja i financijskih gubitaka povezanih s odgođenom dijagnozom. Prednost termografije leži u njezinoj sposobnosti pružanja fiziološke informacije o ozljedi i lokalizaciji pomoći, ali njezina specifičnost ili osjetljivost mogu biti ograničeni ovisno o primjeni. Stoga je najkorisnija u kombinaciji s drugim modalitetima i uvijek ju treba provoditi pod veterinarskom kontrolom. I unutarnji i vanjski čimbenici imaju značajan utjecaj na temperaturu tjelesne površine. Pravilna uporaba termografije za procjenu površinskih toplinskih obrazaca stoga zahtijeva kontrolirano okruženje, a fiziološko stanje konja mora se uzeti u obzir kako bi se smanjila varijabilnost i uklonile pogreške u interpretaciji. Standardi za mjerenje termografije u zatvorenom prostoru utvrđeni su u veterinarskoj praksi konja, a kako bi se poboljšala dijagnostička vrijednost termografije, treba usvojiti strog protokol. Uobičajeni termografski uzorak može se mapirati tako da odgovara površinskoj žilnici konja i ima visok stupanj simetrije između lijeve i desne strane tijela. Najtoplija područja prednjih nogu nalaze se uz glavne krvne žile: palmarna i digitalna arterija te palmarne vene s bočnog i medijalnog aspekta. Slično tome, najtoplija područja na zadnjim nogama su uz plantarnu i digitalnu arteriju i plantarne vene s bočnog i medijalnog aspekta. U zdravog konja tjelesna temperatura duž srednje kralježnice konja u mirovanju može biti i do 2–3 °C viša, na prsnom i slabinskom kralješku, nego što se vidi bočno s obje strane leđa (Soroko i sur., 2016.). Temperatura kože kod normalnog konja hladnija je oko 5 stupnjeva od osnovne tjelesne temperature. Koža toplinu dobiva iz lokalne cirkulacije i metabolizma tkiva te je konj topliji u unutrašnjosti tijela nego izvana. Žarište ukazuje na upalu ili pojačanu cirkulaciju, a žarišta se obično vide na koži izravno iznad ozljede. Hladno mjesto predstavlja smanjenje opskrbe krvlju obično zbog otekline, tromboze ili ožiljnog tkiva. Termografijom se može utvrditi postoji li upala na području koje je bilo bolno palpacijom ili otkriti područje povećanog protoka krvi kada nema

specifične boli ili znakova upale (Otilia i sur., 2006.). Termografija se povremeno koristi u veterini u procjeni ozljeda mekog tkiva i površinskih lezija kostiju kao modalitet snimanja komplementaran ultrasonografskim i radiografskim pretragama. Tijekom procesa zacjeljivanja, termografija može kvantificirati regresiju upale i nadzirati učinkovitost protuupalnih lijekova. Termografijom se mogu dijagnosticirati razne ozljeda nogu, uključujući tendinopatiju, upalu koljenog, karpalnog i tarzalnog zgloba, te slomljene potkoljenice. Ujedno može ukazati na područja upale koja mogu objasniti smanjenu razinu sportskih performansi, utvrditi izvor boli ili otkriti preopterećenja mišićno-koštanog sustava. Redovitim termografskim pregledom utvrđene su subkliničke abnormalnosti prednjih nogu povezane s tendinopatijom, kraćim potkoljenicama i preopterećenjima tetiva kod trkaćih konja, što je tek kasnije klinički potvrđeno radiografijom i ultrazvukom. Termografija može zaštititi konja otkrivanjem znakova upale u distalnim dijelovima nogu prije nego što su prisutni bilo kakvi klinički dokazi poput hromosti. To omogućuje prilagodbu programa obuke za pomoć u prevenciji ozljeda (Soroko i sur., 2016.). Termografija omogućuje veterinaru da se usredotoči na točno područje na kojem je potrebno daljnje ispitivanje. Temperatura površine kože trebala bi biti simetrična, a sve promjene uočene tijekom snimanja mogu protumačiti obučeni veterinari. Dokazano je da termografija može otkriti oštećenja u strukturama i do 3 tjedna prije nego što konj pokaže bilo kakve kliničke znakove. Termografija je vrijedan alat u istraživanju hromosti, jer ne samo da naglašava određeno područje za daljnje ispitivanje, nego pokazuje i sekundarna ili kompenzacijska područja boli koja se često mogu predvidjeti. Hromost je nerijetko sekundarni problem zbog problema negdje drugdje u tijelu. Zbog toga je termografija izuzetno korisna za ispitivanje konja s ponavljajućom hromošću, pri čemu podrijetlo hromosti ne mora nužno biti iz nogu na kojoj šepa. Termografijom se mogu otkriti i problemi poput oštećenja mišića ili problema s postavljanjem sedla koji mogu pridonijeti lošim performansama (<http://www.equithermtraining.com/Equine-Thermography>). Tradicionalna dijagnoza ortopedskih bolesti konja uključuje radiografske i ultrasonografske preglede. Te metode omogućuju dijagnozu anatomskih promjena uzrokovanih upalnim procesima. Termografija se koristi kao komplementarna dijagnostička metoda koja omogućuje otkrivanje abnormalnih obrazaca temperature kože, a time i vaskularnosti i metaboličke aktivnosti unutar i ispod površine kože. Termografija se može koristiti za otkrivanje subkliničke upale prije pojave kliničkih znakova. U različitim istraživanjima termografija se koristi za dijagnosticiranje subkliničkih znakova

artritis, kontinuirano praćenje distalnih dijelova nogu i dijagnosticiranje subkliničke upale do 2 tjedna prije početka kliničke hromosti i otekline (Soroko i sur., 2013.).

U istraživanju Otilia i sur. (2006.) termografijom je bilo pregledano nekoliko sportskih konja na Kirurškom odjelu Veterinarskog fakulteta u Bukureštu. Termogrami su izvedeni uređajem MMS med 2000, a predstavljeno je i raspravljano o četiri slučaja: Felah, Betty-Green, Valah i Boss-Green. Felah je arapski pastuh u dobi od 14 godina koji se koristio u disciplini preskakanja prepona. Felah je imao akutni tendinitis u lijevoj prednjoj nozi, a razlika između lijeve i desne prednje noge iznosila je oko 1,5 °C. Betty-Green je punokrvna kobila u dobi od 6 godina koja se koristila u galopskim utrkama. Imala je ozljedu tetive (savijena tetiva) staru godinu dana i bila je pregledana kako bi se vidjelo je li lezija u potpunosti izliječena i hoće li moći ponovno trčati te sezone. Nakon pregleda utvrđeno je da je tetiva još uvijek bila vruća, odnosno da nije u potpunosti zacijelila. Valah je kastrat u dobi od 11 godina. Imao je rastezanje tibio-tarzalnog zgloba sa sinovijalnom tekućinom u desnoj stražnjoj nozi. Valah je bio klinički zdrav, ali termografijom je otkriveno da mu je desni skočni zglob imao povišenu temperaturu od 2° C u usporedbi s lijevim skočnim zglobom. Boss-Green je pastuh čistokrvne pasmine u dobi od 12 godina koji se također koristio u preskakanju prepona. Imao je RSD (refleksna simpatička distrofija), a sindrom je karakteriziran  $\Delta T$  (promjenom temperature) između zahvaćene noge i normalne suprotne noge od 5 °C ili više. Konj nije bio hrom, ali je imao neravnomjeran hod lijeve stražnje noge, a to je noga s vrlo niskom temperaturom u usporedbi s desnom stražnjom nogom (Otilia i sur., 2006.).

Istraživanje Soroko i sur. (2013.) identificiralo je specifičnu graničnu vrijednost promjene temperature koja ukazuje na subkliničku upalu donjih dijelova nogu konja. Termografska mjerenja izvedena su na 20 klinički zdravih konja dviju pasmina (12 poljskih toplokrvnjaka i 8 arapskih konja), starih 3 godine. Svi konji su trenirani za ravne utrke na trkaćem terenu Partynice u Wrocławu u Poljskoj. Snimljena je serija termografskih slika donjih dijelova prednjih nogu pomoću infracrvene kamere, svaka 3 tjedna u razdoblju od 10 mjeseci, između siječnja i listopada 2011. godine. Konji su bili udaljeni od kamere 1 m za sva očitavanja, uz to su se na svakom mjerenju provodili i palplacijski pregledi donjih dijelova nogu. Konji su bili pregledani u mirovanju prije svakodnevnog vježbanja. Prljavština i blato uklonjeni su prije pregleda, a prije skeniranja trebalo je proći otprilike 10 minuta kako bi se osiguralo da se prijelazna toplina proizvedena četkanjem slegne prije dobivanja osnovnih mjerenja. Kako bi se utjecaj okolišnih čimbenika sveo na minimum, termičke slike dobivene su na istom mjestu unutar zatvorene staje. Na temelju ultrazvuka,

radiografije i palpacije, konji su podijeljeni na ozlijeđenu i neozlijeđenu skupinu. Skupina ozlijeđenih konja obuhvaćala je 14 konja s dijagnozom kliničkog jednostranog tendinitisa SDFT (3 konja), jednostrano skraćenih potkoljenica (2 konja), obostrano skraćenih potkoljenica (4 konja), jednostranih preopterećenja tetiva (5 konja) i mehaničkih ozljeda (perkutana trauma: 2 konja) treće metakarpalne regije. Preostalih 6 konja činili su neozlijeđenu skupinu, jer su u vrijeme istraživanja bili klinički zdravi. Subklinička upala definirana je kao vrlo rana faza upale kada nisu bili prisutni klinički znakovi upale, boli, vrućine, hromosti, otekline i zabrinutosti trenera. Termografskom metodom dijagnosticirana su lokalna područja povećane vaskularnosti, potvrđena klinički dokazanim simptomima upale. Rezultati u ovom istraživanju pokazuju vrijednost granične razlike od 1,25 °C promjene temperature što ukazuje na subkliničku upalu. Vrijednost praga temperature razlike od 1,25 °C odnosi se na mjerenje područja s jednostranom ozljedom. Primijećeno je da su konji najčešće ozlijeđeni u razdobljima lipnja, rujna i listopada. Određivanje granične vrijednosti promjene temperature od 1,25 °C za dijagnozu subkliničke upale temeljilo se na termografskim mjernim standardima u veterini, uzimajući u obzir utjecaj vanjskih čimbenika okoliša na raspodjelu temperature tjelesne površine (Soroko i sur., 2013.).

#### **4.2.7. Pozitronska emisiona tomografija**

Pozitronska emisiona tomografija (PET - positron emission tomography) osjetljiva je i neinvazivna tehnika snimanja koja se koristi za procjenu biološke funkcije kod ljudi i životinja. Pozitronska emisiona tomografija tijekom posljednjih nekoliko godina sve se više koristi u veterini iako su primjene ograničene na male životinje, kao što su psi i mačke (Spriet i sur., 2016.).

Cilj istraživanja Spriet i sur. (2016.) bio je pomoću PET-a, koji koristi radiotragač <sup>18</sup>F-fluorodeoksiglukozu (<sup>18</sup>F-FDG - <sup>18</sup>F-fluorodeoxyglucose), dobiti rekonstruirane slike distalnog dijela noge konja korištenjem prijenosnog PET sustava visoke rezolucije. Cilj je bio i izmjeriti izloženost zračenju, subjektivno i kvantitativno procijeniti kvalitetu slike, opisati opći obrazac unosa <sup>18</sup>F-FDG u distalni dio noge konja te subjektivno usporediti PET nalaze s drugim modalitetima za snimanje mišićno-koštanog tkiva konja. Istraživanje je provedeno na 3 konja iz istraživačkog stada. Svi konji uključeni u istraživanju bile su kobile, u dobi od 14-20 godina, težine 450-563 kg. Od 3 konja, 2 su bila pasmine Quarter, a 1 je bio punokrvnjak. Konji su odabrani zbog lezija na barem jednom od distalnih prednjih nogu. Stavljani su u opću anesteziju u 2 odvojena navrata u razmaku od najmanje



4 dana, jednom za PET i jednom za CT. Konji su postili 12 sati prije anestezije. Za PET snimanje konji su prvo bili smireni ksilazinom i butorfanolom primijenjenim intravenski kroz vratni/jugularni kateter. Zatim je anestezija inducirana uporabom ketamina i midazolama, a trajanje svake epizode anestezije nije prelazilo 3 sata. Ostali modaliteti snimanja provedeni su na stojećim konjima pod sedativima pomoću ksilazina ili detomidina i butorfanola. Nakon uvođenja u opću anesteziju, konji su bili postavljeni u bočni ležeći položaj na stolu, a kateter za urin postavljen je za prikupljanje mokraće tijekom postupka kako bi se izbjegla radioaktivna kontaminacija prostorije. PET skener bio je instaliran na pokretna kolica koja se lako mogu pomaknuti blizu konja radi umetanja noge u skener. Nakon umetanja noge u skener, putem vratnog/jugularnog katetera ubrizgan je  $^{18}\text{F}$ -FDG, a 45 minuta nakon injekcije započelo je snimanje. Za analizu kvantitativne regije od interesa (ROI - region of interest) odabrana je poprečna slika kroz pastern koja je sadržavala visoki signal dobro vaskulariziranog i metabolički aktivnog koronarnog pojasa (CB - coronary band) i niski signal iz medularne šupljine krunske kosti (MP - middle phalanx; drugi članak (*phalanx media*), krunska kost, Ph II). Mjerenja su izvedena na obje prednje noge svakog konja, a svako mjerenje ROI izvedeno je 3 puta. Sva snimanja su uspješno odrađena. Prvi konj imao je kroničnu degenerativnu leziju navikularne kosti (navicular bone, *Os sesamoideum distale*) koja je dokumentirana radiografskim snimkama više od 5 godina. Ovaj konj je šepao na lijevu prednju nogu, a abaksijalni blok sezamoidnog živca (abaxial sesamoid nerve block) riješio je hromost. Drugi konj imao je kronično oticanje mekog tkiva na palmarnom dijelu prednjeg desnog pasterna, fetlocka i distalnog metakarpusa što je pripisano kroničnoj ozljedi tetiva dijagnosticiranoj nekoliko godina ranije. U ovom slučaju, iako nije u potpunosti riješena, desna hromost se poboljšala s abaksijalnim blokom sezamoidnog živca. Treći konj imao je kronični laminitis više od 5 godina te je bio teško hrom na obje prednje noge, uz značajno poboljšanje nakon bilateralnih abaksijalnih blokova sezamoidnih živaca. Kod prvog konja, glavne abnormalnosti koje su identificirane, bile su izrazito fokalno povećano unošenje  $^{18}\text{F}$ -FDG na palmarnoj strani lijeve prednje navikularne kosti te na leđnoj strani medijalnog reznja duboke tetive digitalnog fleksora proksimalno do navikularne kosti. CT i MRI pokazali su veliko područje resorpcije kore fleksora navikularne kosti uz prisustvo granulacijskog tkiva te prijanjanje na duboku tetivu digitalnog fleksora. Povećani unos  $^{18}\text{F}$ -FDG odgovarao je području granulacijskog tkiva. Na CT-u i MRI-ju uočena je fokalna lezija na dorzalnoj strani medijalnog reznja duboke tetive digitalnog fleksora. Mjesto ove lezije podudaralo se s unosom viđenim na slikama PET-a, a lezija je pojačala kontrast na CT-u te su na MRI-ju

i T1 i T2 bile hiperintenzivne. Kod drugog konja uočene promjene okarakterizirane su asimetrijom mekih tkiva na palmarnoj strani pasterna, s dokazima povećanja lateralnog ogranka distalne tetive površinskog digitalnog savijača (SDFT) te bez dokaza povećanog unosa  $^{18}\text{F-FDG}$ . Na distalnoj palmarnoj metakarpalnoj regiji zabilježeno je povećanje SDFT-a s blagim povećanim unosom  $^{18}\text{F-FDG}$ . Kronično proširenje SDFT-a potvrđeno je na CT-u i MRI-ju. Nisu primijećena specifična poboljšanja na CT-u ili dokazi o T2 hiperintenzitetu na MRI-ju, što ukazuje na kroničnost lezije. Kod trećeg konja, desna prednja noga značajno je promijenila unos unutar lamine kopita, uz potpuno odsustvo unosa i na lateralnoj i na medijalnoj strani lamine. Izvedivost snimanja distalnog dijela noge konja pomoću PET-a dokazano je u ovom istraživanju. Za snimanje distalnog dijela noge konja vrlo lako se može postaviti prijenosni skener, a izlaganje zračenju ostalo je na razumnoj razini. Slike  $^{18}\text{F-FDG}$  omogućile su prepoznavanje anatomskih struktura i otkrivanje lezija koje uključuju meka tkiva te područja resorpcije kostiju (Spriet i sur., 2016.).

#### **4.2.8. Endoskopija**

Endoskopija je metoda pretrage tjelesnih šupljina i šupljina organa. Provodi se posebnom cjevastom napravom čija su obilježja optički uređaji i osvjetljenje. Takav način rada omogućuje promatranje šupljine, uzimanje uzorka tkiva i sadržaja za analizu te fotografiranje patoloških promjena (<https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=17915>). Crijevne lezije kod konja nije lako dijagnosticirati jer nijedna metoda ne omogućava detaljno snimanje crijevnog trakta iz unutarnje perspektive aboralno na želudac. Tehnike snimanja uglavnom su ograničene na pregled želuca i pilora s dugim endoskopima ili na ultrazvuk abdomena koji omogućuju vizualizaciju samo dijela crijevnog trakta, a rijetko vizualizaciju intraluminalnih struktura. Bežična kapsula za endoskopiju nova je metoda koja omogućuje vizualizaciju gastrointestinalne sluznice kod konja gdje tradicionalna endoskopija ima tehnološka i dijagnostička ograničenja. Ta metoda uspješno se koristi za lociranje izvora gastrointestinalnog krvarenja i procjenu Crohnove bolesti kod ljudi te kod pasa za procjenu sluznice tankog i debelog crijeva. Nekoliko sustava kapsula korišteno je kod konja i ponija za mjerenje vremena pražnjenja želuca te za vizualizaciju oblika, boje i strukture sluznica u dvanaesniku i jejunumu. Ti sustavi kapsula putuju gastrointestinalnim traktom djelovanjem peristaltike i koriste tehnologiju radiofrekvencije i vanjske senzore za primanje podataka iz kapsule. Taj sustav može biti problematičan kod odraslih konja veće tjelesne mase zbog

smanjene snage signala što može dovesti do loše komunikacije između signala kapsule i vanjskih senzora (Steinmann i sur., 2020.).



Slika 3. ALICAM bežična kapsula za endoskopiju

(Izvor: <https://thehorse.com/>)

U istraživanju Steinmann i sur. (2020.) uporabljena je ALICAM (ambulatory light-based imaging) endoskopska kapsula za sigurnu intraluminalnu vizualizaciju sluznice gastrointestinalnog trakta. Ciljevi istraživanja bili su ispitati izvedivost uporabe ALICAM-a za vizualizaciju crijevne sluznice konja i opisati lezije crijevne sluznice kod klinički zdravih konja. Sustav ALICAM sastoji se od kapsule promjera 11 mm × 33 mm duljine, koja sadrži 4 mikrokamere instalirane pod kutom od 90° unutar kapsule. Slike se prikupljaju brzinom od 20 slika u sekundi, a pohranjuju se na interni memorijski čip u krugu kapsule. Istraživanje je provedeno na 5 odraslih konja različitih pasmina (3 kobile i 2 kastrata). Zdravlje konja praćeno je duže od 6 mjeseci. Konji nisu imali gastrointestinalne bolesti u prošlosti. Srednja dob bila je 12 godina, a srednja težina od 450 kg. Korištena su 3 različita protokola. U svim protokolima kapsule su primijenjene nulti dan, a sakupljanje gnojiva počelo je prvog dana. U prvom protokolu hrana nije dana konjima 24 sata prije uporabe kapsule, a voda je uklonjena 12 sati prije kapsule. Nazogastrična sonda korištena je kako bi se olakšalo umetanje kapsule uz pomoć pola litre ili litre vode. Pristup vodi zamijenjen je 3 sata nakon primjene kapsule, a konjima je započet polagani režim hranjenja 12 sati nakon primjene kapsule. Konji su tada hranjeni 4 puta dnevno samo sa sijenom. Drugi protokol bio je sličan prvome uz dodatak 4 šetnje dnevno. U trećem protokolu razdoblje zadržavanja hrane povećano je na 48 sati prije primjene kapsule. Prikupljanje gnojiva započelo je dan nakon davanja kapsule. Stajsko gnojivo prikupljeno je u zasebne plastične kante od 64 l. Svaka kanta je označavala zaseban dan. Tijekom prikupljanja je pregledana golim okom, a sve su kante radiografski snimane ukoliko kapsula nije uočena. Rezultati pokazuju da kapsula nije mogla snimiti

debelo crijevo, no snimljene su sluznice želuca, sluznica tankog crijeva, ceacum, sluznica ileuma i ileocekalna valvula. U svim protokolima najveći postotak vidljive sluznice bio je u tankom crijevu. Kapsula je omogućila vizualizaciju normalne želučane sluznice, uključujući žljezdana i neglandularna područja, pilorični antrum i pilorično-duodenalni spoj. Vizualizirana želučana patologija obuhvaćala je područja zadebljane i nepravilne sluznice te područja erozije i ulceracije. U tankom crijevu kapsula je omogućila vizualizaciju normalnih anatomskih struktura, uključujući duodenalnu papilu i pojedinačne resice, kao i patološka područja erozije, ulceracije i preciznih krvarenja. U ileocekalnom spoju slijepog crijeva uočene su normalne sluznice cekule i paraziti. Uočene lezije uključivale su zadebljanu želučanu sluznicu te moguće erozije i hematome sluznice tankog crijeva. Grube lezije uočene na histopatologiji uključuju edematozne i nepravilne želučane sluznice te moguće erozije i hematome u tankom crijevu. Histopatološki nalazi pokazali su područja blage, akutne do subakutne ulceracije i erozije u neglangularnom želucu s blagom zagušenošću proprialne i submukozne vaskulature. U tankom crijevu došlo je do blage, multifokalne, submukozne vaskularne kongestije i ektazije. Osim toga uočeno je nekoliko područja izrazito zagušenih žila koje su širile submukozu, uz blagu dilataciju submukozne limfatike. Istraživanje je pokazalo da je endoskopska kapsula sigurna, praktična i relativno neinvazivna metoda za vizualizaciju sluznice želuca, proksimalnog i distalnog tankog crijeva, a u nekim slučajevima i slijepog crijeva konja. Protokol 1, u kojem su konji zadržavali hranu 24 sata i imali 12 sati ograničenja vode prije primjene kapsule, pružio je najveći postotak vizualizacije gastrointestinalne sluznice. Kapsula je pronađena kod svih konja koji su podvrgnuti protokolu 1 (Steinmann i sur., 2020.).

#### **4.2.9. Venogram**

Venogram je osnovna i praktična metoda procjene krvnih žila koja se može izvesti na stojećem konju. Klinička uporaba venograma pridonosi razumijevanju promjena krvožilne strukture, što može pomoći u odlučivanju u liječenju i dijagnosticiranju. Za dijagnosticiranje laminitisa, uz radiografiju, moguće je koristiti venograme koji mogu procijeniti vaskularno oštećenje kopita i prije nego što postane vidljivo na radiografiji. Laminitis može biti posljedica bilo koje traume kopita. Relativno je čest i složen problem koji zahtijeva detaljnu analizu i vješto liječenje. Kako bi se dobili najbolji rezultati za liječenje laminitisa niskog stupnja potreban je agresivan tretman. Venogrami predstavljaju jedini način da veterinari vide strukturne promjene solarnih papila, lamelarnih žila, koronarnog pleksusa i završnog luka (Eastman i sur., 2012.). Konji s laminitisom mogu se

klinički činiti sličnima u početnoj fazi laminitisa, ali imaju različite ishode zbog različitog stupnja oštećenja lamelarnog i krvožilnog sustava. Venogrami pružaju informacije o područjima vaskularne kompresije ili oštećenja unutar kopita i nude potencijal za procjenu oštećenja mekog tkiva u ranom stupnju laminitisa. Cirkumfleksne žile i lamelarni cirkumfleksni spoj imaju važnu ulogu u procjeni venograma (Kramer i sur., 2018.).

Cilj istraživanja Eastman i sur. (2012.) bio je pokazati kako se venogrami koriste za procjenu stupnja ozbiljnosti patologije kopita, odabir odgovarajućeg liječenja i praćenje oporavka. Za venogram su potrebni bočni, dorzopalmarni i bočni prikazi. Nakon uzimanja početnog venograma, ostali venogrami mogu se provoditi svakih 3-14 dana kao prognostički pokazatelj. Rezultati dobiveni nakon početnog venograma prikazuju porast krvožilne žlijezde. Razlika između laminitisa niskog stupnja i visokog stupnja vidljiva je na venogramima. Početni venogrami pružaju najvažnije podatke jer predstavljaju polaznu osnovu. Venogram otkriva podatke o zdravlju krvožilnog sustava u papcima: od normalnog pokazivanja punog kontrasta kroz distalni dio kopita do ozbiljne prognoze s perfuzijom u peti ili duž koronarnog pojasa. Rezultati pokazuju da je liječenje potrebno provesti u vrijeme početka bolesti kako bi se spriječile patologije i oštećenja krvožilnog sustava. Venogram omogućuje veterinarima definiranje liječenja koje može odgovarati jedinstvenom krvožilnom uzorku svakog kopita (Eastman i sur., 2012.).

## 5. UMJETNA INTELIGENCIJA

Umjetna inteligencija predstavlja mogućnost skupljanja podataka iz izvora (primjerice senzori) i tumačenje tih podataka kako bi se donijele smislene i logične odluke. Eliminira interpretacijske pogreške jer analizira znatno veće skupove podataka te može dovesti do preciznijih treninga i bolje procjene zdravlja konja (<https://www.alltech.com/blog/digital-horsepower-how-technology-transforming-equine-world>). Jednostavno rečeno, umjetna inteligencija predstavlja sposobnost robota ili računala za izvršavanje zadataka koje su povezane s inteligentnim bićima, odnosno ljudima (Kovač, 2019.). Ono što takav sustav razlikuje od drugih sustava je njegova inteligencija. Inteligentni sustav je svaki sustav koji se prilagodljivo ponaša, uči na temelju iskustva, koristi velike količine znanja, pokazuje svjesnost i komunicira s čovjekom. Funkcije takvog sustava su sljedeće: prikupljanje i obrada informacija, interakcija s radnom okolinom, komunikacija s čovjekom i drugim sustavima, prikupljanje i obrada znanja, zaključivanje i planiranje (<https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=63150>). Jedna od prednosti umjetne inteligencije je automatizacija radnji uporabom strojeva i robota što ljudima štedi vrijeme i dovodi do ubrzavanja procesa (Kovač, 2019.). Nadimpalli (2017.) kao prednosti umjetne inteligencije u zdravstvu navodi: poboljšanje izvedbe liječnika u bolnicama, precizna analiza zdravstvenih problema, pružanje pravodobnih i detaljnih informacija što pridonosi lakšem i učinkovitijem liječenju te analiza različitih dostupnih podataka koja omogućuje brže donošenje liječničkih odluka (Nadimpalli, 2017.).

### 5.1. Uređaji za praćenje zdravlja i kondicije konja

U posljednjih nekoliko godina na tržištu je predstavljeno nekoliko uređaja koji mjere fizičku aktivnost, otkucaje srca (HR - heart rate, puls) te razne druge varijable, poput analize brzine i pokreta konja. HR uređaji omogućuju otkrivanje zdravstvenih problema, kao što su patološke srčane aritmije (Woort i sur., 2020.). Takvi uređaji imaju brojne prednosti: omogućuju dobivanje podataka o zdravlju konja, važan su alat za utvrđivanje fizičkog stanja konja, omogućuju planiranje izuzetno preciznog rasporeda treninga, pomažu prepoznati izvore stresa i jedini su načini mjerenja otkucaja srca tijekom vježbanja. Otkucaji srca konja omogućuju pristup vrlo važnim informacijama o zdravlju, a posebno pomažu u otkrivanju respiratornih problema, hromosti i srčanih aritmija. Svakodnevno praćenje otkucaja srca tijekom treninga pokazuje je li puls u granicama očekivanog te jesu li konju pri standardnom naporu otkucaji srca stabilni. Otkucaji srca

konja mogu otkriti problem s hromosti jer bol može uzrokovati povećani broj otkucaja srca. Ako konj ima problema s hodanjem, to može uzrokovati porast broja otkucaja srca. Podrazumijeva se da uporaba uređaja za praćenje otkucaja srca može otkriti moguće srčane aritmije kod konja. Poznavanje fizičkog stanja konja neophodno je za pravilno planiranje treninga. Kada konj počne trenirati, mora se poboljšati njegova fizička spremnost. Jednostavno mjerenje otkucaja srca omogućuje procjenu fizičkog stanja konja. Nakon što se procijeni fizičko stanje konja, može se planirati trening prema razini kondicije na kojoj se konj trenutno nalazi. Svakodnevno mjerenje brzine otkucaja srca konja tijekom treninga pokazat će da se s jednakim naporom srčani ritam postupno smanjuje. Čak i u savršenom zdravlju i uz dobar program treninga, konj ponekad može biti pod stresom koji nije uvijek moguće identificirati. Dok se akutni stres može prilično lako prepoznati i bez uređaja za praćenje otkucaja srca, kronični se stres teže prepoznaje. Mjerenje otkucaja srca konja dok se odmara, način je da se detektira stres, a ako je puls konja povišen dok je na pašnjaku ili se odmara, to može ukazivati na kronični stres (<https://blog.equisense.com/en/5-reasons-to-use-a-heart-rate-monitor-with-your-horse/>). Novim modernim tehnologijama razvijeni su uređaji za praćenje kondicije konja, a neki od tih uređaja su Equimetre, Equisense, Trackener, Equine SmartBit, Nightwatch, StableGuard, Piavet i ArcEquine.

Equimetre, nosivi uređaj (senzor) s umjetnom inteligencijom, dizajniran je tako da se čvrsto smjesti na remen koji drži sedlo konja te dostavlja statističke podatke u aplikaciju koju pokreće algoritam strojnog učenja. Equimetre neprestano nadgleda puls i temperaturu konja, a dok konj trči, senzor bilježi ubrzanje, brzinu i duljinu koraka. Nakon vježbanja, dok se konj hladi i odmara, senzor prati stopu oporavka životinje. Cijelo to vrijeme algoritam uspoređuje ove podatke s detaljima o vremenu, vlažnosti i vrsti tla ispod konjskih kopita (<https://www.digitaltrends.com/cool-tech/ai-iot-race-horse/>). Cilj istraživanja Woort i sur. (2020.), u kojem je sudjelovalo 20 čistokrvnih trkačkih konja, u dobi od 2 do 5 godina, bio je potvrditi HR i HRV (HRV - heart rate variability; varijabilnost srčanog ritma) parametre pomoću Equimetre uređaja. Mjerenje se odvijalo tijekom rutinskih vježbi na stazi tijekom razdoblja od 5 mjeseci. Konji su vježbali opremljeni s dva sustava: Equimetre i telemetrijski EKG (Televet 100<sup>®</sup>). Equimetre se sastojao od senzora koji uključuje dvije elektrode: jedna elektroda je postavljena na remenu, a druga elektroda smještena je ispod sedla s lijeve strane. Sustav Televet sastojao se od četiri samoljepljive elektrode, dvije postavljene leđno odmah ispod sedla s lijeve strane, a dvije ventralno odmah ispod remena s lijeve strane. Takav raspored omogućio je

paralelnu uporabu Equimetre i Televet sustava, istovremeno dopuštajući stjecanje oba EKG-a. Mjerenja su provedena tijekom rutinskog treninga, a trening je uključivao hodanje, kas, laki galop i brzi galop. Većina mjerenja, njih 17, izvedene su na pješčanoj stazi, dok su 3 mjerenja izvedena na travnatoj stazi. Dobiveni rezultati pokazuju da je prosječni maksimalni puls postignut tijekom treninga bio 207 bpm ( $\pm 11$ ) u rasponu od 149 bpm do 232 bpm. Prosječna maksimalna brzina bila je 13 m/s ( $\pm 1,4$ ) s rasponom od 9,6 do 15,7 m/s. HR parametri koji su dobiveni Equimetrom dobro su korelirali s ispravljenim podacima Televeta. Između podataka Televeta i Equimetre-a za HRV parametar, korelacija je bila izvrsna kada su se uspoređivale vrijednosti dobivene iz ispravljenih EKG-ova oba uređaja. EKG Televet smatra se zlatnim standardom za snimanje EKG-a u mirovanju i tijekom vježbanja, a veterinari ga koriste kao dijagnostički alat. Međutim, EKG Televet nije prilagođen rutinskom svakodnevnom praćenju treninga. Stoga je Equimetre dizajniran kao uređaj za praćenje kondicije, a posebno je prilagođen potrebama vlasnika i trenera konja (Woort i sur., 2020.).

Equisense je nosivi uređaj za konje koji služi kao pomoć jahaču pri praćenju vlastitog treninga. Uređaj se pričvrsti na kolan konja i mjeri kretanje konja (<https://sifted.eu/articles/chicken-robots-fitbits-horses-connected-cows-animal-tech/>).

Prednosti ovog uređaja su sljedeće: daje prave informacije u pravom trenutku koje mogu biti od pomoći treneru za postizanje ciljeva treninga, složen je alat za analizu koji daje pouzdane informacije o treningu, savršen je alat za vizualizaciju analize treninga i pokazivanje napretka, kompletan je alat za učenje jer sadrži više od 300 vježbi i programa treninga te osigurava zdravlje konja. Preko aplikacije se prati kondicija konja na objektivnan način. Uporabom senzora mogu se spriječiti i prevenirati ozljede (<https://blog.equisense.com/en/sensor-or-coach/>).

Trackener je nosivi uređaj koji upozorava vlasnike konja na zdravstvene probleme konja, a ujedno omogućuje praćenje treninga (<https://sifted.eu/articles/chicken-robots-fitbits-horses-connected-cows-animal-tech/>). Trackener sustav je jednostavan i lagan za korištenje. Vlasnicima konja omogućuje daljinsko praćenje konja 24 sata na dan. Trackener je uređaj s ugrađenim GPS-om i sensorima pokreta. Služi za praćenje aktivnosti, sprječavanje anksioznosti, procjenjivanje vježbi, praćenje spavanja i pružanje informacija o otkucajima srca. Uređaj je voodootporan i dizajniran je tako da može podnijeti bilo koje vremenske uvjete dok je smješten na konju. Lako se postavlja, može se nositi samostalno ili pod pokrivačem te je otporan na udarce, padove i težinu konja (<https://www.trackener.com/en/product>).



Equine SmartBit je uređaj koji u stvarnom vremenu prati, analizira i upozorava vlasnike na zdravlje i performanse konja (<https://www.esbits.com/>). Vlasnici i treneri konja sva mjerenja mogu vidjeti na pametnom telefonu, tabletu ili računalu (<https://hecmedia.org/posts/equine-smartbit-is-a-high-tech-horse-bit-for-equine-wellness-professional-horse-performance>). Equine SmartBit je pametna tehnologija zasnovana na senzoru koji mjeri biometriju konja kroz usta. Usta su savršeno mjesto za izravna znanstvena mjerenja, jer slina može biti pokazatelj različitih zdravstvenih stanja. Senzor Equine SmartBit je dovoljno malen te može stati u kompaktne žvale. Ova tehnologija u stvarnom vremenu pruža nadzor vitalnih znakova i analizu parametara koji uključuju temperaturu, puls (otkucaji srca) i zasićenost krvi kisikom (SpO2). Nadzor nad tim parametrima može poboljšati zdravlje i performanse konja. Točni uvidi u stvarnom vremenu mogli bi pomoći u spašavanju života konja. Ako je bilo koji vitalni znak konja izvan optimalne vrijednosti, trener i drugi korisnici putem aplikacije dobivaju upozorenje (<https://www.maximintegrated.com/en/design/customer-testimonials/equine-smartbits-mouth-based-biometrics-monitoring-with-maxim-health-sensors.html>).

NIGHTWATCH® je pametan ular koji upozorava uzgajivača na rane znakove stresa koji mogu nastati od grčeva u želucu i ždrijebljenja. NIGHTWATCH® sadrži senzore koji prikupljaju podatke o otkucajima srca, brzini disanja i ponašanju. Podaci se analiziraju u realnom vremenu te ukoliko je konj pod stresom, vlasnika se obavijesti porukom, glasovnom porukom ili mailom. Na temelju tih podataka moguće je ustanoviti uobičajeno zdravstveno stanje konja (<https://eq-am.com/3-ai-innovations-in-equine-health-monitoring/>).

StableGuard je sustav cjelodnevnog promatranja konja i alarmiranja vlasnika. Promatra ponašanje konja i druge čimbenike povezane s uzgojem. Sustav prepoznaje različite parametre poput stresa, udobnosti, konzumacije hrane i vode, ponašanja i sigurnosti što omogućuje utvrđivanje normalnog ili abnormalnog ponašanja (<https://eq-am.com/3-ai-innovations-in-equine-health-monitoring/>).

Piavet Measuring Device je uređaj veličine dlana koji se stavlja na remen, a omogućuje praćenje EKG krivulja, otkucaja srca, disanja, tjelesne temperature te aktivnosti konja. Osim navedenih uporaba, može se koristiti i za sedaciju, tijekom putovanja i za ranu detekciju hromosti (<https://eq-am.com/3-ai-innovations-in-equine-health-monitoring/>). Piavet sustav ima tri komponente: bežična bazna stanica, mjerni uređaj i inteligentni softver. Te komponente mjere, analiziraju i daju vrlo točne medicinske podatke. Piavet platforma omogućava pregled podataka i dijeljenje informacija (<https://eq->

am.com/piavitas-veterinary-medtech-solution-brings-equine-healthcare-into-the-digital-age/).

ArcEquine je mali uređaj koji se pričvršćuje za nogu konja pomoću elastičnog remena. Ovaj uređaj, koji koristi mikrostrujnu terapiju, služi za zacjeljivanje u tijelu. U tijelu sve stanice koriste sitne sekvence električne struje za nadzor i regulaciju stabilnog stanja. Kada dođe do oštećenja, ozljede ili bolesti tkiva, te sekvence ne rade ispravno. Uređaj ArcEquine ponovno pokreće tijelo. Odnosno, uvođenjem ispravnih redoslijeda električne struje, sve neravnoteže, električne ili kemijske, ponovno se uravnotežuju. ArcEquine koristi dva različita slijeda električne struje, jedan za liječenje traume, a drugi za zacjeljivanje. Uređaj dolazi s četiri unaprijed postavljene mogućnosti liječenja, a svaka mogućnost uključuje pričvršćivanje uređaja za nogu konja svakodnevno u trajanju od tri sata, obično oko 6 tjedana. Savjetuje se izbjegavanje stavljanja uređaja na ozlijeđenu nogu ili ranu i preporuča se rotiranje oko zdravih nogu (<https://www.horseandhound.co.uk/features/arcequine-what-is-it-how-does-it-work-and-what-is-all-the-fuss-about-528951>).

Za dijagnosticiranje srčane aritmije kod konja moguće je koristiti i bežične senzore za tijelo koje se koriste kod ljudi, pasa i mačaka. U istraživanju Brložnik i sur. (2019.) korišten je senzor za ljude kako bi se dijagnosticirale srčane aritmije kod konja. Srčane aritmije kod konja česti su uzrok loših sportskih performansi ili mogu biti komplikacija različitih patologija, zato je dugoročni elektrokardiogram (EKG) u stvarnom okruženju vrlo važan. Kod konja se za dobivanje EKG podataka prethodno nije koristio bežični senzor za tijelo povezan s pametnim uređajem. Kako bi se procijenili EKG podaci s bežičnih senzora, ti podaci s pametnih uređaja uspoređeni su sa standardnim EKG-ima. Bežični senzor je precizan i ugodan za nošenje te se može koristiti dulje vrijeme, dok se konj slobodno kreće u staji ili tijekom vježbanja. Može se koristiti i za praćenje EKG-a tijekom anestezije. U usporedbi s bežičnim senzorom, standardni EKG može se koristiti samo kod stojećih konja jer brojne žice spojene na uređaj čine mjerenje izazovnim. Kod konja, od posebne je važnosti pouzdano snimanje EKG-a tijekom vježbanja jer su srčane aritmije jedan od mogućih uzroka loših performansi. Aritmije tijekom ili neposredno nakon vježbanja potencijalni su uzrok iznenadne srčane smrti. Cilj istraživanja Brložnika i sur. (2019.) bio je ispitati kako Savvy senzor, koji je dizajniran za uporabu kod ljudi, djeluje na konjima. U istraživanju se koristio bežični senzor koji se sastoji od dvije prekordijalne elektrode s razmakom od 8 cm pričvršćene na elektronički modul s baterijom što omogućuje kontinuirano mjerenje do 7 dana. Senzor ne može pohraniti dobivene snimke, stoga je potrebna Bluetooth veza smanjene snage s Android pametnim uređajem koji sadrži

aplikaciju MobECG za kontinuirano pohranjivanje EKG podataka u stvarnom vremenu. Testirani su različiti položaji elektroda. Bežični senzor postavljen je preko područja srca na lijevoj i desnoj strani prsnog koša. Iako su oba položaja dala zadovoljavajuće snimke, napon snimljenih valova bio je veći kada se elektrode postavile na lijevu stranu prsnog koša. Mjerenja s udaljenosti elektroda od 8 cm dala su prihvatljive rezultate samo kod neaktivnih konja, jer je napon zabilježenih valova bio vrlo nizak. Da bi se povećao napon zabilježenih valova, trebale su se koristiti produžne žice. EKG podaci dobiveni su od sedam konja dok su stajali, šetali i kasali. Podaci EKG-a s bežičnim senzorima uspoređivani su s istodobno snimljenim standardnim EKG-om, koji je snimio Schiller Cardiovit 2015 EKG – uređaj. Dobiveni su ekvivalentni rezultati za otkucaje srca, srčani ritam i trajanje različitih valova. Na EKG snimkama 7 konja koja su sudjelovala u istraživanju nisu utvrđene aritmije (Brložnik i sur., 2019.).

## **5.2. Uređaji za praćenje ždrijebljenja**

Trajanje gravidnosti u kobila vrlo je različito te može varirati od 320 do 360 dana. Ždrijebljenje se uglavnom odvija noću, a vrijeme ždrijebljenja određuju i kobila i ždrijebe. Kako bi se pomoglo ždrijebljenju i spriječilo moguće komplikacije, potreban je stalni nadzor, a to podrazumijeva dugo radno vrijeme i dodatne troškove (Auclair-Ronzaud i sur., 2020.). Nadzor nad kobilama za ždrijebljenje može biti izazov zbog vrlo različitog trajanja gravidnosti, često nejasnih znakova predstojećeg ždrijebljenja i brzog napretka ždrijebljenja nakon početka ždrijebljenja. Većina kobila se ždrijebi noću, odnosno u vrijeme kada kobila uočava da je okoliš siguran. Zbog toga mnogo ždrijebljenja prolazi neopaženo ukoliko se ne uloži puno truda u cjelodnevno promatranje kobila spremnih za ždrijebljenje. Distocija se javlja kod 10% ždrijebljenja te može predstavljati stanje opasno po život ždrijebeta. Ekspulzivna faza ždrijebljenja (faza 2 ždrijebljenja) fiziološki traje manje od 15 minuta, a ako traje više od 30 minuta, postotak mrtvorodne ždrijebadi brzo raste na više od 20%. Upravo iz tih razloga potreban je pouzdani sustav upozorenja za ždrijebljenje. Klinički znakovi kao što su razvoj mliječnih žlijezda, opuštanje širokog zdjeličnog ligamenta i promjene pH-a i elektrolita u predkolostrumu mogu ukazivati na dan ždrijebljenja, ali ne pružaju informacije o stvarnom početku ždrijebljenja. Tijekom posljednjih sati prije ždrijebljenja, kobile pokazuju fazu nemira koja se povezuje sa znojenjem i kratkim fazama ležanja. Komercijalni sustavi praćenja ždrijebljenja određuju položaj konja (stajanje ili ležanje) i tjelesnu temperaturu. Iako fiziološko ždrijebljenje nije

povezano s izraženim promjenama otkucaja srca, komercijalno su dostupni i senzori otkucaja srca za otkrivanje ždrijebljenja (Hartmann i sur., 2018.).

Jedan od uređaja za predviđanje točnog vremena ždrijebljenja je Birth Alarm. Tijekom ždrijebljenja, kobila obično leži na boku što je tipična pozicija za proces ždrijebljenja. Iz te pozicije lakše se može nositi s kontrakcijama. Birth Alarm je uređaj koji reagira na kontrakcije. Sustav se sastoji od transmitera i prijamnika (receiver). Transmitter šalje signal do prijamnika te aktivira alarm. Transmitter je pričvršćen na remen koji se nalazi oko grebena kobile te ju ne opterećuje. Prijamnik se stavlja gdje god vlasnik želi. Transmitter registrira vrijeme u kojem kobila zauzima tipični položaj za ždrijebljenje, a zatim daje signal Birth Alarmu nakon 7,6 sekundi što jasno ukazuje na kontrakcije. Birth Alarm ima mogućnost slanja informacija putem SMS-a. Vlasnik dobiva informacije o statusu baterije, broju kontrakcija i stanju životinje ([https://issuu.com/gallagher01/docs/birthalarm\\_catalogue\\_2018\\_en](https://issuu.com/gallagher01/docs/birthalarm_catalogue_2018_en)).



Slika 4. Birth Alarm

(Izvor: <https://hypostore.com/> )

U istraživanju Hartmann i sur. (2018.) slijedila se hipoteza da se pojačani nemir u kobila nedugo prije početka ekspanzivne faze ždrijebljenja može otkriti akcelerometrom pričvršćenim na ular životinje, što omogućuje predviđanje skorog ždrijebljenja. U istraživanje je bilo uključeno 8 kobila u visokom stadiju gravidnosti, starosti između 5 i 14 godina. Vrijeme od dolaska kobile u klinički centar do ždrijebljenja bilo je između 1 i 38 dana. Kod svih kobila ždrijebljenje nije bilo komplicirano i nije bilo potrebe za intervencijama, a ždrjebad je bila zdrava bez kliničkih znakova bolesti. Kobile su 24 sata dnevno bile pod nadzorom videokamere, a veterinarsko osoblje provjeravalo ih je svakih

15 do 30 minuta. Vrijeme puknuća fetalnih membrana i ždriježbljenja zabilježeno je vizualnim promatranjem. Akcelerometar je bio pričvršćen na ular kobilu, a veličina akcelerometra bila je  $52 \times 36 \times 17$  mm. Akcelerometar je bio postavljen medioventralno na ular blizu grla kobilu. Kako bi se procijenio utjecaj položaja akcelerometra, jednoj kobili su bila pričvršćena na ular dva dodatna akcelerometra. Jedan akcelerometar blizu mandibularnog zgloba s desne strane glave, a drugi akcelerometar s desne strane glave mediodorsalno blizu atlanto-okcipitalnog zgloba. Akcelerometri su bili programirani za slanje 600 signala u minuti (10 Hz), a te signale otkrivaju dva prijarnika i prosljeđuju ih lokalnom serveru. Stopa detekcije signala od strane prijarnika izračunata je kao signali/min. Četvrtog dana prije ždriježbljenja, položaj akcelerometra na ularu kobilu utjecao je na brzinu detekcije signala od strane prijarnika, ali 100%-tna stopa detekcije nije postignuta ni u jednom od tri položaja akcelerometra. Najveći broj signala otkriven je s akcelerometrom na lateralnom i dorzalnom položaju, a najmanji broj signala otkriven je u ventralnom položaju. Najviša stopa detekcije signala bila je s akcelerometrom u ventralnom položaju tijekom kontrolnog intervala od 2:00 do 2:30 sati ujutro. Brzina detekcije signala s akcelerometrima u lateralnom i dorzalnom položaju bila je između 400 i 500 signala/min, osim tijekom vremenskog intervala od 14:00 do 14:30 sati popodne. Tijekom tog razdoblja izmjeren je najmanji broj signala, a iznosio je 200-300 signala/min. Za sve konje s akcelerometrom u ventralnom položaju, broj otkrivenih signala nije se razlikovao između četiri vremenska intervala četvrtog dana prije ždriježbljenja, a iznosio je između 200 i 400 signala/min. Tijekom posljednja dva sata prije ždriježbljenja, broj detektiranih signala akcelerometra u minuti ostao je konstantan. Razlike u ubrzavanjima povećavale su se od 120 minuta prije ždriježbljenja sve do rođenja ždriježbeta, a najveće su bile tijekom zadnjih 30 minuta prije rođenja ždriježbeta. U ovom istraživanju, akcelerometri su pružili značajne informacije o aktivnosti kretanja kobilu, a povećana aktivnost zabilježena je 10-15 minuta prije puknuća alantohorija i time približno 20 minuta prije rođenja ždriježbeta. Ovaj vremenski raspon omogućuje, vlasnicima konja ili osoblju zaduženom za nadzor nad ždriježbljenjem, dovoljno rano alarmiranje kako bi se pomoglo pri ždriježbljenju ako je potrebno. Također, ovo istraživanje ukazuje na to da su sustavi za praćenje temeljeni na akcelerometru potencijalno korisni za nadzor nad ždriježbljenjem kobilu. Kako bi se takvi sustavi dodatno poboljšali, potreban je veći skup podataka o obrascima ponašanja prije i tijekom ždriježbljenja kako bi se razvio algoritam specifičan za ždriježbljenje koji bi omogućio upozorenje o ždriježbljenju u stvarnom vremenu (Hartmann i sur., 2018.).

Cilj istraživanja Auclair-Ronzaud i sur. (2020.) bio je iskoristiti uporabu identifikacijskih čipova opremljenih temperaturnim senzorom kod konja, čime je omogućeno neinvazivno mjerenje temperature bez dodatnog rukovanja, kako bi se istražila prediktivna vrijednost mjerenja temperature povezane sa ždrijebljenjem. U istraživanju su korišteni prilagođeni mikročipovi koji se rabe za regulatornu identifikaciju kopitara. U istraživanju je sudjelovalo 39 kobila angloarapskog tipa, a mjerenja temperature vršena su tijekom dvije sezone ždrijebljenja (19 kobila u 2018. i 20 kobila u 2019. godini). Kao rutinski postupak na farmi, kobile su bile praćene kamerama te su bile opremljene pojasom za ždrijebljenje kada se smatralo da prema kliničkim znakovima predstoji ždrijebljenje. Također, svaku noć bila je osigurana noćna straža. Osim noćne straže, ždrijebljenje je bilo nadzirano pomoću nekoliko neinvazivnih naprava. Temperatura je mjerena pomoću obveznog identifikacijskog mikročipa koji je bio umetnut u vrat kobila prema preporuci pravnih vlasti. Čip je dugačak 13 mm s promjerom 2,12 mm. Specifikacija razlučivosti je 0,1 °C, a pokazalo se da je točnost  $0,07 \pm 0,12$  °C. Snimke su dobivene ručno pomicanjem čitača čipova blizu vrata kobile 12 puta dnevno, svaka 2 sata s početkom u ponoć. Praćenje je provedeno najmanje 5 dana prije i 6 sati nakon ždrijebljenja. Prosječna duljina gravidnosti iznosila je  $323 \pm 6,0$  dana. Sva ždrjebad oždrijebila se normalno bez ljudske pomoći, a 36 od 39 ždrijebljenja dogodilo se tijekom noći (19:00-07:00). Ostala tri ždrijebljenja dogodila su se u 07:40, 12:17 i 17:10. Dva ždrijebeta uginula su između ždrijebljenja i 6 mjeseci nakon ždrijebljenja, jedno ždrijebe oboljelo je u dobi od 10 dana, a drugo je zadobilo frakturu noge. Međutim, u oba slučaja status ždrijebeta nije imao nikakve veze sa ždrijebljenjem. Kada je analizirana tjelesna temperatura u danima bez ždrijebljenja, primijećene su varijacije tijekom dana. Utjecaj pariteta i gestacijske duljine otkriveni su prilikom razmatranja temperaturnih varijacija tijekom ždrijebljenja. Dobiveni podaci pokazuju da se na dan ždrijebljenja otkriva mali (-0,3 °C), ali značajan pad srednje dnevne temperature u odnosu na prethodne dane. Štoviše, pad od -0,5 °C uočava se 12 sati prije ždrijebljenja, što je vrlo osjetljivo (96,9%) i specifično (95,0%). Pad temperature od -0,5 °C u vrijeme ždrijebljenja, u usporedbi s istim vremenom u danima prije ždrijebljenja, nije bio tako odlučan sa samo 70,8% osjetljivosti i 63,6% specifičnosti. Pad temperature postaje značajan od 18 sati prije poroda. Zanimljivo je da se tjelesna temperatura povećava između 2 i 4 sata nakon ždrijebljenja s malom, ali značajnom hipertermijom 6 sati nakon ždrijebljenja. Taj je fenomen ranije uočen kod kobila. Očekuje se da će se temperatura vratiti na normalne vrijednosti unutar 24 sata (Auclair-Ronzaud i sur., 2020.).

### 5.3. Simetrija konja i jahača

Ravnoteža i simetrija konja i jahača presudne su osobine za pravilno izvođenje svakog pokreta u dresuri. Kako bi jahač bio uspješan u dresuri, on mora u svakom trenutku biti svjestan svog tijela i tijela konja te biti u mogućnosti savršeno se prilagoditi (<https://dressagetoday.com/instruction/developing-balance-symmetry-dressage-horse-rider-lauren-sammis>). Asimetrija je jedan od najvažnijih etioloških čimbenika koji utječe na zdravlje jahača i stvara bol u leđima. Tijelo ljudi i konja dizajnirano je kao simetrična struktura koja može ravnomjerno podijeliti teret tijekom različitih aktivnosti. Učinkovito jahanje ovisi o ravnoteži i držanju jahača i konja tijekom dinamičnih interakcija. Asimetrično držanje značajno utječe na ravnotežu i stabilnost te povećava rizik od ozljede konja i jahača. Uobičajena nepravilnost u držanju tijekom jahanja je vanjska rotacija zgloba kuka što uzrokuje smanjenu mobilnost zdjelice i nemogućnost koordinacije kretanja jahača s kretanjama konja. Stvaranju muskulatorne asimetrije pridonose genetske nasljednosti, dominacija udova i stimulansi iz okruženja. Distribucija i magnituda stresa na tijelo jahača i konja uzrokovane su anatomskom asimetrijom što može dovesti do ozljeda. Nesavršena torzija, koja se stvara asimetrijom pokreta i mišića, može završiti kao deformacija skolioze. Tijekom jahanja važno je da kretanje jahačevih kukova, zdjelice i torza omogućuje održavanje stabilne sinkronizacije s tijelom konja. Takav balans i sinkronizacija omogućuju veći komfort i bolju komunikaciju jahača s konjem (Gandy i sur., 2014.). Interakcija konja, sedla i jahača vrlo je složena te mogu nastati ozbiljni problemi povezani s dobrobiti, performansama i sigurnošću konja kada ta tri elementa ne djeluju usklađeno. Istraživači diljem svijeta razvili su brojne aplikacije i sustave koji mogu značajno poboljšati simetriju konja i jahača (Clayton i sur., 2015.).

Coach's Eye jednostavna je i jeftina aplikacija za pametni telefon ili tablet, a koristi se za snimanje, manipulaciju i analizu videozapisa. Aplikacija koristi alate kao što je prikaz dva sinkronizirana videozapisa na podijeljenom zaslonu za usporedbu različitih konja ili praćenje jednog konja tijekom vremena. Ključni trenuci videozapisa mogu se ponovno pregledati uz precizno pročišćavanje videozapisa te uz usporenu reprodukciju. Videozapisi se mogu pohraniti na neodređeno vrijeme, a pronalaženje arhiviranih videozapisa olakšano je funkcijama označavanja, sortiranja i pretraživanja. Ovakva vrsta softvera ima mnogo veterinarskih primjena za procjenu kretanja jahača i konja te za spremanje podataka i dijeljenje videozapisa kada se traži drugo mišljenje (Clayton i sur., 2015.).

Level Belt Pro je aplikacija na pametnom telefonu ili iPodu koja pomaže jahačima poboljšati osnovnu snagu i kontrolu pružajući trenutne informacije o kretnjama zdjelice i trupa. Aplikacija koristi inercijski senzor unutar telefona koji mijenja orijentaciju zaslona kada se telefon rotira. Aplikacija senzor koristi za detekciju kada se osoba nagne naprijed/nazad (nagib prednjeg/stražnjeg dijela) ili bočno (bočni nagib). Nakon zagrijavanja konja i stezanja remena, senzori se postavljaju na nulu prije početka prikupljanja podataka. Prilikom nuliranja uređaja, važno je da konj stoji uspravno na ravnom terenu, a da jahač sjedi u neutralnom položaju, jer se naknadna mjerenja vrše u odnosu na nultu vrijednost. Zvuk zujanja obavještava jahača kada se zdjelica ili trup nagnu naprijed/nazad ili kada se nagnu u lijevu ili desnu stranu za više odabrane vrijednosti (6, 8 ili 10°). Aplikacija kontinuirano bilježi kutove tijekom jahanja i vrijednosti koji se kasnije mogu preuzeti (Clayton i sur., 2015.).

Smart Ride Balance Sensor je prijenosni elektronički sustav treninga koji jahači nose kako bi dobili povratne informacije u stvarnom vremenu o svojoj ravnoteži i simetriji u sedlu. Sustav se sastoji od pločice opremljene desecima senzora, a zatvoren je u neoprensku vrećicu koja stane u poseban par hlača. Takve hlače dolaze u više veličina i nose se preko normalne vanjske odjeće jahača. Senzorska pločica kontinuirano mjeri silu koju jahač vrši na sedlo te šalje informacije kontroloru koji sadrži mikroprocesor, punjivu bateriju i sve potporne sklopove koji su potrebni za obradu signala sa senzorske pločice. Kontrolor može obraditi tisuću signala u sekundi sa senzorske pločice, a zatim procijeniti položaj težišta jahača. Ove informacije prosljeđuju se jahaču kroz nekoliko vibrirajućih zvona smještenih unutar pojasa jahača. Kontrolor sadrži i indikatorsko svjetlo koje služi kao vizualni signal. Kada jahač vrši veću silu s desne strane senzorske pločice, tada vibrira desno zvono, a svjetlo na kontroloru je crvene boje. Kada jahač vrši veću silu s lijeve strane senzorske pločice, onda vibrira lijevo zvono, a svjetlo na kontroloru je zelene boje. A kada je težina jahača simetrična s lijeve i desne strane, tada oba zvona vibriraju, a svjetlo na kontroloru je plave boje. Nakon jahanja sa sensorima, jahači postanu svjesniji svoje raspodjele težine i simetrije (Clayton i sur., 2015.).

U istraživanju Gandy i sur. (2014.) korištena je inercijska senzorska tehnologija za mjerenje asimetrije rotacije kukova kod jahača. Istraživano je 12 konja i 6 jahača. Kako bi se uvidjela maksimalna učinkovitost i kvaliteta jahanja, i konji i jahači bili su iskusni u dresuri i aktivnostima eventinga i preskakanja prepona. Jahači su nosili Xsens™ MVN (MoCap) sustav koji se sastoji od odijela sa 17 inercijskih mjernih jedinica (IMU), tj. mjernih senzora. Senzori se sastoje od akcelerometra, žiroskopa i magnetometra što je



omogućilo 3D orijentaciju s preciznošću od 1°. Komparacija kutova rotacije kukova je mjerilo za identifikaciju asimetrije u držanju. Rezultati pokazuju da veći kut ukazuje na veću vanjsku rotaciju i razliku između lijevog i desnog kuka što ukazuje na asimetriju. Asimetrija je pronađena kod svih jahača u srednjoj vanjskoj rotaciji kuka s vrijednostima od 1° do 27°, s tim da je kod desnog kuka vanjska rotacija veća za 83%. Prednosti ove tehnike su neinvazivnost i mogućnost bilježenja rotacije kukova dok se nesmetano izvode kretnje. Osim toga vrlo je učinkovita i praktična te ima potencijal za daljnji napredak u analizi interakcije konja i jahača. Ovo istraživanje pokazalo je kako je inercijska mjerna tehnologija praktičan alat za mjerenje asimetrije (Gandy i sur., 2014.).

#### **5.4. Analiza hoda konja**

Hromost kod konja može se definirati kao promjena normalnog hoda zbog funkcionalnog ili strukturnog poremećaja lokomotornog sustava te se može pripisati ortopedskoj boli. Najčešće korištena metoda za analizu hoda konja je vizualni pregled. Međutim, vizualni pregled sklon je subjektivnosti i ograničenoj točnosti ljudskog oka. Pokazalo se da subjektivna procjena hromosti ima značajne nedostatke, najviše zbog ograničenja percepcije ljudske vizualne simetrije i učinka pristranosti. Objektivna procjena hromosti, koja se istražuje već nekoliko godina, može se podijeliti na kinetičke i kinematičke metode. Kinetičke metode analiziraju sile koje proizlaze iz kretanja, a kinematičke metode analiziraju kretanje unutarnjih i vanjskih dijelova tijela tijekom kretanja. Platforme sile (force platforms) bile su među prvim instrumentima za objektivnu procjenu hromosti, a danas se opisuju kao „zlatni standard“ za analizu kinetičkog hoda. Platforme sile mjere tlo reakcijske sile (GRF - ground reaction force), koja djeluje na ud tijekom faze stajanja. Taj instrument vrlo je precizan, ali postupak prikupljanja podataka naporan je i dugotrajan. Za kinematičku analizu uspješno su primijenjeni sustavi optičkog hvatanja pokreta (OMC - optical motion capture). Ti sustavi koriste reflektirajuće markere koji su pričvršćeni na tijelo subjekta i nekoliko infracrvenih kamera koje prate 3D položaj markera. Sustavi su vrlo precizni i točni, a prosječna pogreška položaja obično iznosi svega nekoliko milimetara. Definirani su i potvrđeni generički parametri kretanja koji mogu otkriti rane znakove hromosti te se stoga OMC sustavi smatraju „zlatnim standardom“ za kinematičku analizu. Međutim, za hvatanje cijelog tijela konja koji se kreće velikim intenzitetom potreban je značajan broj OMC kamera, što podrazumijeva visoke troškove. Primjena OMC sustava uglavnom je ograničena na fiksno laboratorijsko okruženje te u iznimnim slučajevima i u velikim klinikama. Inercijalne mjerne jedinice (IMU - inertial measurement

units) smatraju se obećavajućom isplativom alternativom OMC sustavima. Čvrstim pričvršćivanjem IMU-a na dio tijela može se odrediti orijentacija i pomicanje tog dijela tijela, što čini skup uređaja primjenjivih kao kinematički mjerni sustav. Sustav EquiMoves bežično je rješenje temeljeno na IMU-u koje djeluje kao mreža koja bilježi relevantne varijable kretanja konja velikom brzinom uzorkovanja u stvarnom vremenu i koja je točno sinkronizirana. EquiMoves je bežični mrežni inercijalni mjerni sustav za objektivno ispitivanje hoda konja (Bosch i sur., 2018.). EquiMoves sustav koristi senzore tvrke Inertia kao mobilne mjerne jedinice pričvršćene na noge, greben i glavu konja. Parametri koordinacije pokreta te vremenski i prostorni parametri hoda dobivaju se iz signala dobivenih u svim načinima hodanja konja. Svaki senzor pričvršćen je na konja pomoću futrole izrađene po mjeri. Senzori su postavljeni na brzinu uzorkovanja od 200 Hz, a podaci su bežično preneseni na Inertia Gateway i pohranjeni pomoću interne memorije svakog senzora (<https://inertia-technology.com/usecase/equimoves-equine-gait-analysis/>). Značajke sustava EquiMoves su kvantitativna analiza hoda koja nudi objektivne i nepristrane informacije, kinetičke metode koje se koriste za kvantificiranje promjena u kretanju zbog hromosti, analiza hoda pomoću bežičnih inercijskih senzora koja je dobar potencijal za kliničku primjenu te ponovljena mjerenja (prije i nakon anestezije ili liječenja). Prednosti tog sustava su inovacija, jednostavnost korištenja i brzi rezultati. EquiMoves jedini je mobilni sustav za analizu hoda konja na svijetu koji ima senzore na gornjem dijelu tijela i na nogama, a snima pokrete koje je gotovo nemoguće otkriti golim okom. Sustav je bežičan i mobilan te se mjerenja mogu započeti ili zaustaviti bilo kada tijekom uobičajenog postupka ispitivanja hromosti. Rezultati se prikazuju u roku od nekoliko sekundi nakon završetka mjerenja (<https://equimoves.nl/system-overview/>).



Slika 5. EquiMoves

(Izvor: <https://equimoves.nl/>)

U istraživanju Bosch i sur. (2018.) analizirane su relativne performanse sustava EquiMoves koji se temelji na IMU-u uspoređujući njegova mjerenja s OMC sustavom. Istraživanje je provedeno u Klinici za kopitare Sveučilišta Utrecht (Equine Clinic of Utrecht University) u Nizozemskoj. Klinika je opremljena OMC sustavom s 18 infracrvenih kamera koje su postavljene na visinu od približno 8 m (usmjerenih prema dolje), a koje snimaju položaj reflektirajućih markera pričvršćenih na konju. Za istraživanje je korišteno sedam kobila s tjelesnom masom između 512 i 593 kg te starosti između 10 i 21 godine. Niti jedna od kobila korištenih u istraživanju nije imala nedavnu povijest hromosti. Sve kobile bile su opremljene s osam IMU senzora na glavi između ušiju, grebenu, križnoj kosti, prsnoj kosti i na svakoj nozi. Senzori su bili konfigurirani s brzinom uzorkovanja od 200 Hz. Tijekom istraživanja, IMU senzori bežično su prenijeli svoje uzorke na obližnje prijenosno računalno u stvarnom vremenu. Kako bi se spriječio gubitak podataka, podaci su pohranjeni u internoj memoriji svakog senzora. Na kraju istraživanja, svi uzorci koji su nedostajali u podatkovnoj datoteci prijenosnog računala, popunjavali su se iz interne memorije svakog senzora bežičnim preuzimanjem. Nekoliko reflektirajućih markera postavljeno je na futrole IMU senzora na nogama, kako bi OMC sustav mogao odrediti i položaj i orijentaciju na tim mjestima. Podaci o hvatanju pokreta zabilježeni su pomoću 18 infracrvenih kamera na 200 Hz, a kamere su prethodno kalibrirane prema uputama proizvođača za globalni koordinatni sustav. Sva ispitivanja zabilježena su i na normalnom videu, koristeći standardnu opremu za retrospektivnu analizu prikupljenih podataka. Te video snimke hardverski su sinkronizirane s OMC sustavom. Tijekom mjerenja, softver za hvatanje pokreta automatski je pratio trodimenzionalne koordinate svakog markera. Nakon svakog mjerenja, vizualnim pregledom 3D praćenih podataka potvrđeno je da su svi markeri ispravno praćeni te da su podaci prikladni za analizu. Mjerenja s lošim praćenjem markera ili nepravilnom uzorcima hoda odbačena su i ponovljena (Bosch i sur., 2018.).

## 6. ZAKLJUČAK

ICT je informacijska i komunikacijska tehnologija koja omogućuje sustavno prikupljanje, obradu i uporabu informacija u svrhu poboljšanja zdravlja i dobrobiti konja. Navedeno potvrđuju predstavljeni rezultati relevantnih istraživanja. Istraživanja su potvrdila nekoliko ključnih prednosti uporabe ICT-a u konjogojstvu. 3D printanje omogućilo je izradu potkova, implantata, udlaga, gipsa, proteza kao i saniranje ozljeda konja i nepravilnog rasta kostiju i ekstremiteta. Roboti uvelike olakšavaju liječenje konja jer imaju mogućnost podizanja konja vrlo pažljivo kontrolirajući raspodjelu težine pri čemu se smanjuje rizik od ozljeda. Osim podizanja konja, roboti se mogu koristiti i za precizno skeniranje konja što uključuje: radiografiju, ultrazvuk, magnetsku rezonanciju, računalnu tomografiju, nuklearnu scintigrafiju termografiju, pozitronsku emisionu tomografiju, endoskopiju i venogram. Navedeni uređaji za skeniranje olakšavaju točnu dijagnozu ozljeda, bolesti i loših performansi te daju detaljan uvid u zdravstveno stanje konja. Razvojem umjetne inteligencije poboljšana je automatizacija radnji uporabom strojeva i robota što ljudima štedi vrijeme i dovodi do ubrzavanja procesa. Umjetna inteligencija uključuje uređaje za praćenje ždrijebljenja te zdravlja i kondicije konja, simetriju konja i jahača i analizu hoda konja. Navedeni uređaji omogućuju dostupnost podataka u realnom vremenu, stalnu skrb i uštedu vremena što pridonosi poboljšanju zdravlja i performansi konja. Na temelju opisanih tehnologija i proučenih relevantnih istraživanja može se zaključiti kako ICT pruža iznimno velike mogućnosti u konjogojstvu koje je potrebno koristiti u svrhu zdravlja i dobrobiti konja jer samo na takav način tehnologija može dati povoljne rezultate i pozitivno utjecati na životinje.

## 7. POPIS LITERATURE

1. Ali, J. (2011.): Use of quality Information for decision – making among livestock farmers: Role of Information and Communication Technology. *Livestock Research for Rural Development* 23 (3).
2. Auclair-Ronzaud, J., Jousset, T., Dubois, C., Wimel, L., Jaffrezic, F., Chavatte-Palmer, P. (2020.): No-contact microchip measurements of body temperature and behavioural changes prior to foaling. *Theriogenology*, 157, 2020, 399-406.
3. Barrett, M.F., Frisbie, D.D., King, M.R., Werpy, N.M., Kawcak, C.E. (2016.): A review of how magnetic resonance imaging can aid in case management of common pathological conditions of the equine foot. *Equine vet. Educ.*
4. Bosch, S.; Serra Braganca, F.; Marin-Perianu, M.; Marin-Perianu, R.; Zwaag, B.J.; Voskamp, J., Back, W., Weeren, R., Havinga, P. (2018.): EquiMoves: A Wireless Networked Inertial Measurement System for Objective Examination of Horse Gait. *Sensors* 2018, 18, 850.
5. Brložnik, M., Domanjko Petrič, A., Kadunc Kos, V., Rashkovska, A., Avbelj, V. (2019.): Wireless Body Sensor for Electrocardiographic Monitoring in Equine Medicine. *MIPRO 2019, Opatija, Croatia, 2019*, 279-283.
6. Budimir, I. (2015.): 3D printeri. Sveučilište u Rijeci. Filozofski fakultet u Rijeci. Odsjek za politehniku. Završni rad.
7. Clayton, H. M., Dyson, S., Harris, P., Bondi, A. (2015.): Horses, saddles and riders: Applying the science. *Equine vet. Educ.* 2015, 27 (9), 447-452.
8. Eastman, S., Redden, R.F., Williams, C.A. (2012.): Venograms for Use in Laminitis Treatment. *Journal of Equine Veterinary Science* 32 (2012) 757-759.
9. Gandy, E.A., Bondi, A., Hogg, R., Pigott, M.C. (2014.): A preliminary investigation of the use of inertial sensing technology for the measurement of hip rotation asymmetry in horse riders. *Sports Technology*. 7: 79-88.
10. Golafshan, N., Vorndran, E., Zaharievski, S., Brommer, H., Babu Kadumundi, F., Dolatshahi-Pirouz, A., Gbureck, U., van Weeren, R., Castilho, M., Malda, J. (2020.): Tough magnesium phosphate-based 3D-printed implants induce bone regeneration in an equine defect model. *Biomaterials*, 261, 2020, 120302.
11. Gough, S.L., Anderson, J.D.C., Dixon, J.J. (2020.): Computed tomographic cervical myelography in horses: Technique and findings in 51 clinical cases. *J Vet Intern Med.* 2020;1-10.

12. Graham, S., Solano, M., Sutherland-Smith, J., Sato, A. F., Maranda, L. (2015.): Diagnostic sensitivity of bone scintigraphy for equine stifle disorders. *Vet Radiol Ultrasound*, 56 (1), 2015, 96- 102.
13. Hartmann, C., Lidauer, L., Aurich, J., Aurich, C., Nagel, C. (2018.): Detection of the time of foaling by accelerometer technique in horses (*Equus caballus*) – a pilot study. *Reprod. Dom. Anim.*, 2018, 1-8.
14. Idrissi, A.H., Dhingra, M., Larfaoui, F., Johnson, A., Pinto, J., Sumption, K. (2021.): Digital technologies and implications for Veterinary Services. *Rev. Sci. Teh. Off. Int. Epiz.*, 2021, 40(2).
15. Klopfenstein Bregger, M. D., Koch, C., Zimmermann, R., Sangiorgio, D., Schweizer-Gorgas, D. (2019.): Cone-beam computed tomography of the head in standing equids. *BMC Veterinary Research* (2019) 15:289.
16. Kovač, A. (2019.): Primjena umjetne inteligencije: prednosti i opasnosti. Sveučilište u Zagrebu. Filozofski fakultet. Odsjek za informacijske i komunikacijske znanosti. Završni rad.
17. Nadimpalli, M. (2017.): Artificial Intelligence Risks and Benefits. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 2017, 6(6).
18. Kramer, J., Rucker, A., Leise, B. (2018.): Venographic evaluation of the circumflex vessels and lamellar circumflex junction in laminitic horses. *Equine vet. Educ.* (2018).
19. Manso-Diaz, G., Dyson, S. J., Dennis, R., Garcia-Lopez, J. S., Biggi, M., Garcia-Real, M. I., San Roman, F., Taeymans, O. (2015.): Magnetic resonance imaging characteristics of equine head disorders: 84 cases (2000-2013). *Vet Radiol Ultrasound*, 56(2), 2015, 176-187.
20. May-Davis, S., Gee, C., Brown, W. Y. (2020.): Evaluating Ultrasound as a Noninvasive Technique for Investigating Anatomical Variations of the Equine Nuchal Ligament Lamellae. *Journal of Equine Veterinary Science* 90 (2020) 103017.
21. Nelson, N. C., Zekas, L. J., Reese, D. J. (2012.): Digital Radiography for the equine Practitioner. *Vet. Clin. Equine*, 28, 2012, 483-495.
22. Olusa, T.A.O., Ismail, S.M.Y., Murray, C.M., Davies, H.M.S. (2020.): Radiographic assessment of carpal conformation in the horse: Technique

- development and validation of the consistency of measurements. *Anat Histol Embryol.* 2020;00:1-16.
23. Otilia, C.; Tanase, A.; Miclaus, I. (2006.): Digital infrared thermography in assessing soft tissues injuries on sport equines. *Buletin USAMV-CN*, 63/2006 (228-233).
  24. Pusterla, N., Ferraro, L. G., Madigan, E. J. (2006.): How to Lift Recumbent Equine Patients in the Field and Hospital With the UC Davis Large Animal Lift. *AAEP PROCEEDINGS/ Vol. 52/ 2006*.
  25. Raja, T.A., Khan, A.A., Ganai, N.A., Nayar, I.A. (2017.): Information and Communication Technologies for Veterinary Sciences and Animal Husbandry in Jammu and Kashmir. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science* 4 (7) 2017.
  26. Riggs, C. M. (2018.): Computed tomography in equine orthopaedics- the next great leap? *Equine vet. Educ.*, 2018, 1-3.
  27. Satoh, M., Higuchi, T., Inoue, S., Miyakoshi, D., Kajihara, A., Gotoh, T., Shimizu, Y. (2019.): External transcutaneous ultrasound technique in the equine cricoarytenoideus dorsalis muscle: Assessment of muscle size and echogenicity with resting endoscopy. *Equine Vet J.* 2020; 52:500-508.
  28. Sireesha, P., Rao, B.S., Raju, D.T. (2014.): Areas of utilization of Information and Communication Technology (ICT) tools by various Animal Husbandry (A.H.) organizations in Andhra Pradesh. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology* 3 (5).
  29. Soroko, M., Henklewski, R., Filipowski, H., Jodkowska, E. (2013.): The Effectiveness of Thermographic Analysis in Equine Orthopedics. *Journal of Equine Veterinary Science* 33 (2013) 760-762
  30. Soroko, M., Howell, K. (2016.): Infrared Thermography: Current Applications in Equine Medicine. *Journal of Equine Veterinary Science* XX (2016) 1-7.
  31. Spriet, M., Espinosa, P., Kyme, A. Z., Stepanov, P., Zavarzin, V., Schaeffer, S., Katzman, S. A., Galuppo, L. D., Beylin, D. (2016.): Positron emission tomography of the equine distal limb: exploratory study. *Vet Radiol Ultrasound*, 00 (0), 2016, 1-9.
  32. Steinke, S. L., Carmalt, J. L., Montgomery, J. B. (2019.): Weight reduction and possible implications for the rehabilitation of horses with ambulatory difficulties. *Equine vet. Educ.* (2019), 1-7.

33. Steinmann, M., Bezugley, R. J., Bond, S. L., Pomrantz, J. S., Leguillette, R. (2020.): A wireless endoscopy capsule suitable for imaging of the equine stomach and small intestine. *J. Intern. Med.* 2020; 1-9.
34. Taylor, L. E., Galuppo, D. L., Steffey, P. E., Scarlett, C. C., Madigan, E. J. (2005.): Use of the Anderson Sling Suspension System for Recovery of Horses from General Anesthesia. *Veterinary Surgery* 34: 559-564, 2005.
35. Vindas Bolanos, R., Castilho, M., de Grauw, J., Cokelaere, S., Plomp, S., Groll, J., van Weeren, R., Gbureck, U., Malda, J. (2020.): Long-term in vivo performance of low-temperature 3D-printed bioceramics in an equine model. *ACS Biomater. Sci. Eng.* 2020, 6, 1681-1689.
36. Woort, F., Dubois, G., Didier, M., Van Erck-Westergren, E. (2020.): Validation of an equine fitness tracker: heart rate and heart rate variability. *Comparative Exercise Physiology*, 2020 online.
37. Yadav, J.S., Mandal, M.K., Singh, R., Dhakad, G.S., Kushwah, M.S. (2016.): Role of Information and Communication Technology in Animal Husbandry Extension. *Global Journal of Bio-science and Biotechnology* 5 (4) 2016.

Internet linkovi:

- <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=27406> (datum pristupa 11.7.2021.)
- <https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=27405> (datum pristupa 11.7.2021.)
- <https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=32686> (datum pristupa 11.7.2021.)
- <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=60658> (datum pristupa 11.7.2021.)
- <https://www.frontenders.in/blog/information-communication-technology-healthcare.html> (datum pristupa 11.7.2021.)
- <https://eq-am.com/equine-telehealth-its-just-beginning/> (datum pristupa 29.6.2021.)
- <https://izradi.croatianmakers.hr/lessons/uvod-u-3d-printanje/> (datum pristupa 11.7.2021.)
- <https://thefutureofthings.com/9014-feeling-lucky-3d-printed-horseshoes-may-bring-good-fortune-to-race-horses/> (datum pristupa 11.7.2021.)
- <http://enso.hr/3d-printanje/> (datum pristupa 11.7.2021.)
- <https://www.alltech.com/blog/digital-horsepower-how-technology-transforming-equine-world> (datum pristupa 11.7.2021.)
- <https://paardenwelzijn.vriendendiergeeneeskunde.nl/project/3dhoefbeslag> (datum pristupa: 11.7.2021.)
- <https://www.csiro.au/en/About> (datum pristupa 11.7.2021.)



<https://www.csiro.au/en/Research/MF/Areas/Metals/Lab22/Horseshoe> (datum pristupa: 11.7.2021.)

<https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=63150> (datum pristupa 11.7.2021.)

<https://blog.equisense.com/en/5-reasons-to-use-a-heart-rate-monitor-with-your-horse/> (datum pristupa: 28.4.2021.)

<https://www.digitaltrends.com/cool-tech/ai-iot-race-horse/> (datum pristupa 26.4.2021.)

<https://sifted.eu/articles/chicken-robots-fitbits-horses-connected-cows-animal-tech/> (datum pristupa 28.4.2021.)

<https://blog.equisense.com/en/sensor-or-coach/> (datum pristupa 28.4.2021.)

<https://www.trackener.com/en/product> (datum pristupa 28.4.2021.)

<https://www.esbits.com/> (datum pristupa: 22.6.2021.)

<https://hecmedia.org/posts/equine-smartbit-is-a-high-tech-horse-bit-for-equine-wellness-professional-horse-performance> (datum pristupa: 22.6.2021.)

<https://www.maximintegrated.com/en/design/customer-testimonials/equine-smartbits-mouth-based-biometrics-monitoring-with-maxim-health-sensors.html> (datum pristupa: 22.6.2021.)

<https://eq-am.com/3-ai-innovations-in-equine-health-monitoring/> (datum pristupa: 29.6.2021.)

<https://eq-am.com/piavitas-veterinary-medtech-solution-brings-equine-healthcare-into-the-digital-age/> (datum pristupa: 29.6.2021.)

<https://www.horseandhound.co.uk/features/arcequine-what-is-it-how-does-it-work-and-what-is-all-the-fuss-about-528951> (datum pristupa: 22.6.2021.)

[https://issuu.com/gallagher01/docs/birthalarm\\_catalogue\\_2018\\_en](https://issuu.com/gallagher01/docs/birthalarm_catalogue_2018_en) Datum pristupa: (datum pristupa 11.7.2021.)

<https://dressagetoday.com/instruction/developing-balance-symmetry-dressage-horse-rider-lauren-sammis> (datum pristupa 27.4.2021.)

<https://inertia-technology.com/usecase/equimoves-equine-gait-analysis/> (datum pristupa 4.5.2021.)

<https://equimoves.nl/system-overview/> (datum pristupa 5.5.2021.)

<https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=53100> (datum pristupa 11.7.2021.)

<https://www.horsejournals.com/horse-care/illness-injury/first-aid/new-device-gives-healing-horses-lift> (datum pristupa 6.4.2021.)

<https://www.pmhuftechnik.saarland/home-english/pm-horse-lifting-tarpaulin/> (datum pristupa 11.7.2021.)

[https://www.naturalhorsetrim.com/Liftex\\_sling\\_use.htm](https://www.naturalhorsetrim.com/Liftex_sling_use.htm) (datum 11.7.2021.)

<https://www.rescue.hastpsc.com/products/slings/general/general.html> (datum pristupa 11.7.2021.)

<https://thehorse.com/185111/a-guide-to-equine-diagnostic-imaging/> (datum pristupa 4.5.2021.)

<https://www.horsehospital.co.nz/Equine+Services/Diagnostic+Imaging.html> (datum pristupa 22.6.2021.)

<https://www.msdevetmanual.com/musculoskeletal-system/lameness-in-horses/imaging-techniques-in-equine-lameness> (datum pristupa 22.6.2021.)

<https://thehorse.com/114232/equine-thermography/> (datum pristupa 18.4.2021.)

<http://www.equithermtraining.com/Equine-Thermography> (datum pristupa 18.4.2021.)

<https://www.pass-thermal.co.uk/equine-thermography> (datum pristupa 18.4.2021.)

<https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=17915> (datum pristupa 11.7.2021.)

<https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=51482> (datum pristupa 12.7.2021.)

<https://www.vet.upenn.edu/veterinary-hospitals/NBC-hospital/services/imaging/nuclear-medicine> (datum pristupa 13.6.2021.)

<https://www.alamopintado.com/diagnostic-imaging> (datum pristupa 22.6.2021.)

[https://www.vet.upenn.edu/veterinary-hospitals/NBC-hospital/services/imaging/computed-tomography-\(ct\)](https://www.vet.upenn.edu/veterinary-hospitals/NBC-hospital/services/imaging/computed-tomography-(ct)) (datum pristupa 12.6.2021.)

<https://www.veterinarypracticenews.com/innovative-ct-scanner-for-horses-debuts/> (datum pristupa 12.6.2021.)

<http://www.veterinary-imaging.com/equimagine-robotic-ct.php> (datum pristupa 12.6.2021.)

## **8. SAŽETAK**

ICT je sustav različitih tehnoloških alata i izvora kojima se stvaraju, šire, pohranjuju, analiziraju i upravljaju informacije. ICT obuhvaća komunikacijske tehnologije čije su prednosti dostupnost informacija, učinkovitost i mogućnost poboljšanja zdravlja i dobrobiti životinja. Cilj ovog diplomskog rada je predstaviti suvremene ICT metode koje se koriste u svrhu poboljšanja zdravlja i dobrobiti konja. Predstavljene su sljedeće tehnologije: 3D printanje (printanje potkova i implatanata), roboti (dizala za konje i uređaji za skeniranje što uključuje radiografiju, ultrazvuk, magnetsku rezonanciju, računalnu tomografiju, nuklearnu scintigrafiju termografiju, pozitronsku emisionu tomografiju, endoskopiju i venogram) i umjetna inteligencija (uređaji za praćenje ždrijebljenja te zdravlja i kondicije konja, simetrija konja i jahača i analiza hoda konja). Tehnologije su opisane kako bi se ustanovile njihove temeljne značajke te je dan pregled relevantnih istraživanja kako bi se utvrdila učinkovitost pojedine tehnologije.

Ključne riječi: ICT, dobrobit, 3D printanje, roboti, umjetna inteligencija

## **9. SUMMARY**

ICT is a system of different technological tools and sources which create, spread, store, analyze and manage informations. ICT includes communication technologies whose advantages are availability of informations, efficiency and possibility of improving health and welfare of animals. The aim of this graduate thesis is presenting modern ICT methods which are used in purpose of improving health and welfare of horses. The following technologies are presented: 3D printing (printing horseshoes and implants), robots (horse lifts and scanning devices which includes radiography, ultrasound, magnetic resonance imaging, computed tomography, nuclear scintigraphy, thermography, positron emission tomography, endoscopy and venogram) and artificial intelligence (devices for monitoring foals and horse health and fitness, horse and rider symmetry and horse gait analysis). Technologies are described in order to establish their main characteristic and it is also given a review of relevant studies which confirm the efficiency of every technology.

**Key words:** ICT, welfare, 3D printing, robots, artificial intelligence

## **10.POPIS SLIKA**

Slika 1. Titanove potkove napravljene po mjeri iz 3D printera.....	8
Slika 2. Equimagine.....	27
Slika 3. ALICAM bežična kaspula za endoskopiju.....	41
Slika 4. Birth Alarm.....	50
Slika 5. EquiMoves.....	55

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek  
Sveučilišni diplomski studij, Specijalna zootehnika

Diplomski rad

Primjena informacijsko-komunikacijskih tehnologija u svrhu poboljšanja zdravlja i dobrobiti konja

Martina Hasija

**Sažetak:** ICT je sustav različitih tehnoloških alata i izvora kojima se stvaraju, šire, pohranjuju, analiziraju i upravljaju informacije. ICT obuhvaća komunikacijske tehnologije čije su prednosti dostupnost informacija, učinkovitost i mogućnost poboljšanja zdravlja i dobrobiti životinja. Cilj ovog diplomskog rada je predstaviti suvremene ICT metode koje se koriste u svrhu poboljšanja zdravlja i dobrobiti konja. Predstavljene su sljedeće tehnologije: 3D printanje (printanje potkova i implanata), roboti (dizala za konje i uređaji za skeniranje što uključuje radiografiju, ultrazvuk, magnetsku rezonanciju, računalnu tomografiju, nuklearnu scintigrafiju termografiju, pozitronsku emisiju tomografiju, endoskopiju i venogram) i umjetna inteligencija (uređaji za praćenje ždrijebljenja te zdravlja i kondicije konja, simetrija konja i jahača i analiza hoda konja). Tehnologije su opisane kako bi se ustanovile njihove temeljne značajke te je dan pregled relevantnih istraživanja kako bi se utvrdila učinkovitost pojedine tehnologije.

**Rad je izrađen pri:** Fakultet agrobiotehničkih znanosti u Osijeku

**Mentor:** prof. dr. sc. Mirjana Baban

**Broj stranica:** 67

**Broj i slika:** 5

**Broj literaturnih navoda:** 84

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Ključne riječi:** ICT, dobrobit, 3D printanje, roboti, umjetna inteligencija

**Datum obrane:**

**Stručno povjerenstvo za obranu:**

1. doc. dr. sc. Maja Gregić, predsjednik
2. prof. dr. sc. Mirjana Baban, mentor
3. prof. dr. sc. Pero Mijić, član
4. izv. prof. dr. sc. Mislav Đidara, zamjenski član

**Rad je pohranjen u:** Knjižnica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilištu u Osijeku, Vladimira Preloga 1.

## **BASIC DOCUMENTATION CARD**

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek  
Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek  
University Graduate Studies, Special Zootechnics**

**Graduate thesis**

The Implementation of Information and Communication Technologies for the Betterment of Horse Health and Welfare

Martina Hasija

**Abstract:** ICT is a system of different technological tools and sources which create, spread, store, analyze and manage informations. ICT includes communication technologies whose advantages are availability of informations, efficiency and possibility of improving health and welfare of animals. The aim of this graduate thesis is presenting modern ICT methods which are used in purpose of improving health and welfare of horses. The following technologies are presented: 3D printing (printing horseshoes and implants), robots (horse lifts and scanning devices which includes radiography, ultrasound, magnetic resonance imaging, computed tomography, nuclear scintigraphy, thermography, positron emission tomography, endoscopy and venogram) and artificial intelligence (devices for monitoring foals and horse health and fitness, horse and rider symmetry and horse gait analysis). Technologies are described in order to establish their main characteristic and it is also given a review of relevant studies which confirm the efficiency of every technology.

**Thesis performed at:** Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

**Mentor:** prof. dr. sc. Mirjana Baban

**Number of pages:** 67

**Number of figures:** 5

**Number of references:** 84

**Original in:** Croatian

**Key words:** ICT, welfare, 3D printing, robots, artificial intelligence

**Thesis defended on date:**

**Reviewers:**

1. doc. dr. sc. Maja Gregić, predsjednik
2. prof. dr. sc. Mirjana Baban, mentor
3. prof. dr. sc. Pero Mijić, član
4. izv. prof. dr. sc. Mislav Đidara, zamjenski član

**Thesis deposited at:** Library, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Vladimira Preloga 1.