

# Kolica za kućne ljubimce

---

**Palačić, Janja**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2018**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:096882>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-04**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

**Janja Palačić**

Zagreb, 2018.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Dr. sc. Zdravko Schauperl, dipl. ing.

Student:

Janja Palačić

Zagreb, 2018.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradila samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se svom mentoru dr.sc. Zdravku Schauperlu na mentorstvu, korisnim savjetima, susretljivosti i strpljenju tijekom izrade ovog rada.

Zahvaljujem se i asistentu Daliboru Viderščaku na pomoći, susretljivosti i svim uputama.

Posebno se zahvaljujem svojim roditeljima i sestrama na pruženoj podršci i velikom razumijevanju tijekom mojeg studiranja.

Također, zahvaljujem se i svim svojim prijateljima koji su me neumorno poticali u ustrajnosti i marljivosti i uvijek bili spremni pomoći.

I na kraju, zahvaljujem se svom prvom psu, zlatnom retriveru Luni, koja nažalost više nije s nama, ali nam je pokazala koliko pas može doprinijeti obitelji.

Janja Palačić



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomске ispite  
Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:  
procesno-energetski, konstrukcijski, brodstrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

Sveučilište u Zagrebu	
Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum:	Prilog:
Klasa:	
Urbroj:	

## ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Janja Palačić** Mat. br.: 0035200528

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Kolica za kućne ljubimce**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Wheelchairs for pets**

Opis zadatka:

Kućni ljubimci zauzimaju sve važnije mjesto u svakodnevnom životu. Međutim često su i oni izloženi bolestima, tjelesnim ozljedama ili jednostavno starenju uslijed čega ostaju teško pokretni ili nepomični. U tim slučajevima vlasnici koriste različite vrste pomagala kako bi osigurali kvalitetniji život svojim ljubimcima. Vrlo često korišteno pomagalo su kolica za pse koja se koriste u slučaju otkazivanja ekstremiteta psa.

U ovom radu potrebno je analizirati postojeće stanje na tržištu takvih pomagala te definirati pravce njihovog razvoja. Na temelju sakupljenih podataka potrebno je definirati osnovne biomehaničke zahtjeve koji se postavljaju na kolica za pse. U skladu s tim zahtjevima i svojstvima suvremenih konstrukcijskih materijala potrebno je izraditi prijedlog konstrukcijskog rješenja kolica za kućne ljubimce.

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadetak zadao:

26. travnja 2018.

Datum predaje rada:

2. rok (izvanredni): 28. lipnja 2018.

3. rok: 2. rujna 2018.

Pređvidjeni datumi objave:


2. rok (izvanredni): 2.7. 2018.

3. rok: 24.9. - 28.9. 2018.

Zadatak zadao:

  
Prof. dr. sc. Zdravko Schauerl

Predsjednik Povjerenstva:

  
Prof. dr. sc. Igor Balen

## SADRŽAJ

SADRŽAJ .....	I
POPIS SLIKA .....	II
POPIS TABLICA.....	IV
POPIS OZNAKA .....	V
SAŽETAK.....	VI
SUMMARY .....	VII
1. UVOD.....	1
2. BIOMEHANIČKA ANALIZA HODA PSA .....	2
2.1. Analiza vremenskih obilježja.....	5
2.2. Elektrogoniometrija .....	7
2.3. Kinematika u ekstremitetima .....	10
2.4. Kinetika u zglobovima .....	11
3. OŠTEĆENJE LOKOMOTORNOG SUSTAVA.....	12
3.1. Bolesti lokomotornog sustava.....	12
3.1.1. Degenerativna mijelopatija .....	13
3.1.2. Displazija kuka.....	13
3.1.3. Artritis .....	15
3.2. Veza između nepravilnog hoda i bolesti lokomotornog sustava.....	16
3.3. Prijedlozi poboljšanja kvalitete života pasa .....	21
3.3.1. Prikolice za pse .....	22
3.3.2. Ortoze i proteze za pse .....	22
4. KOLICA ZA KUĆNE LJUBIMCE .....	26
4.1. Stanje na tržištu i pravci razvoja .....	27
4.1.1. Best Friend Mobility .....	27
4.1.2. Walkin' Wheels .....	29
4.1.3. Kolica za pse ( DoggyWheels).....	30
4.2. Biomehantički zahtjevi na konstrukciju.....	32
4.2.1. Izbor materijala pri razvoju proizvoda.....	32
4.2.2. Ostali biomehantički zahtjevi na konstrukciju.....	35
5. Prijedlog konstrukcijskog rješenja kolica za pse .....	38
6. ZAKLJUČAK.....	45
LITERATURA.....	46
PRILOZI.....	49

**POPIS SLIKA**

Slika 1: Stroboskopske fotografije trkaćeg hrta [2] .....	1
Slika 2: Prikaz normalnog koraka u dva trena unutar jednog ciklusa [6] .....	2
Slika 3: a) Kretanje kasom, b) kretanje ravnim kasom [5].....	3
Slika 4: Prikaz galopa u svim fazama unutar jednog ciklusa [7] .....	4
Slika 5: Prikaz galopa hrta u dvije faze unutar jednog ciklusa [8].....	4
Slika 6: Prikaz modela analognog ekstremitetu psa i krivulja pri kretanju [9].....	5
Slika 7: Početni položaj noge [10] .....	6
Slika 8: Prednji ekstremni položaj noge [10] .....	6
Slika 9: Stražnji ekstremni položaj noge [10] .....	6
Slika 10: Pravci kutova glavnih zglobova pri mjerenju opsega kretanja [12] .....	7
Slika 11: Anatomija kostura psa [13] .....	8
Slika 12: a) Linije koje tvore kutove u zglobovima [16], b) veliki obrtač [19] .....	9
Slika 13: Sacrum i ischium: a) pogled od iza, b) bočni pogled [20] .....	10
Slika 14: Fleksija, ekstenzija, adukcija i abdukcija zglobova [22] .....	10
Slika 15: Savjeti za parenje pasa u svrhu eliminacije mutacije [28] .....	13
Slika 16: Zdravi kuk, displazija kuka bez artritisa i displazija kuka s artritisom [31] .....	14
Slika 17: a) Rendgen snimke teže displastične promjene na oba kuka u mladog labrador retrivera, b) displazija kukova i artritis [29].....	14
Slika 18: a) Zdravo koljeno psa, b) koljeno psa zahvaćeno artritisom [32].....	15
Slika 19: Težište tijela psa u normalnom položaju [34].....	17
Slika 20: Težište pomaknuto u desno podizanjem razine glave [34].....	18
Slika 21: Težište pomaknuto u lijevo spuštanjem razine glave [34].....	18
Slika 22: Mehanički model [34].....	19
Slika 23: Bacanje loptice prema zidu [34] .....	19
Slika 24: Udar loptice u zid [34] .....	19
Slika 25: Bacanje obje loptice prema zidu [34] .....	20
Slika 26: Udar lopticom u zid manjom silom nego u slučaju a [34].....	20
Slika 27: Mehanički model stražnje noge psa [34] .....	21
Slika 28: Prikolica za pse [35].....	22
Slika 29: a) Pojas za pse [37], b) podizanje psa pomoću pojasa [38] .....	23
Slika 30: Ortoza za koljeno [39] .....	23
Slika 31: Primjer poteza za nadomjestak svih ekstremiteta [41] .....	24
Slika 32: Štene zlatnog retrivera bez prednje lijeve šape [42] .....	25
Slika 33: Zlatni retriver (štene sa slike 32) s protezom [42] .....	25
Slika 34: Korgi u kolicima za pse [43].....	26
Slika 35: Mjera psa prema Tablici 1 [44].....	28
Slika 36: SitGo kolica za stražnje noge [44] .....	28
Slika 37: Dijelovi kolica za stražnje noge tvrtke Best Friend Mobility [45] .....	29
Slika 38: Primjer Walkin' Wheels kolica za pse [47].....	30
Slika 39: Osnivač DoggyWheels-a i njegov pas [48] .....	31
Slika 40: Moderan izgled kolica za pse [50] .....	32
Slika 41: Karta svojstava za modul elastičnosti ( $E$ ) i gustoću ( $\rho$ ) [51] .....	34
Slika 42: Osnovne dimenzije pri mjerenju pasjeg tijela [54] .....	35
Slika 43: Maksimalno postizivi kut zgloba kuka [16].....	36
Slika 44: a) Maksimalno postizivi kut koljenog zgloba, b) minimalno postizivi kut koljenog zgloba [16].....	37
Slika 45: Primjer kolica s prihvatom za noge velikog kuta zgloba kuka i koljenog zgloba [55] .....	37

---

Slika 46: 3D model njemačkog ovčara .....	38
Slika 47: Primjer izmjerene dimenzije psa korištene pri izradi konstrukcijskog rješenja [56]	39
Slika 48: 3D model konstrukcijskog rješenja na psu .....	39
Slika 49: 3D model konstrukcijskog rješenja bez psa.....	40
Slika 50: Kopča na konstrukciji i sistem za podešavanje dimenzija.....	40
Slika 51: Ručka i prsten za povodac .....	41
Slika 52: Kopča za povezivanje pojasa i aluminijske rame .....	41
Slika 53: Sistemi za podešavanje visina konstrukcije.....	42
Slika 54: Prihvat za noge bez lokomotorne funkcije.....	42
Slika 55: Realniji prikaz s obzirom na površinu psa.....	43
Slika 56: Realniji prikaz konstrukcije s obzirom na površine.....	43
Slika 57: Konstrukcijsko rješenje za pse s nogama s postojećom lokomotornom funkcijom .	44
Slika 58: Konstrukcijsko rješenje za pse s nogama s postojećom lokomotornom funkcijom, prikaz na psu.....	44



---

**POPIS TABLICA**

Tablica 1: Veličine kolica prema mjerama [44] ..... 27  
Tablica 2: Odabir veličine kolica prema masi psa i pripadajuća cijena [47] ..... 29

**POPIS OZNAKA**

<b>Oznaka</b>	<b>Jedinica</b>	<b>Opis</b>
a	$m/s^2$	ubrzanje
A	$m^2$	površina poprečnog presjeka
E	$N/m^2$	modul elastičnosti
F	N	sila
G	$N/m^2$	modul smičnosti
m	kg	masa
p	$N/m^2$	tlak
$\rho$	$kg/m^3$	gustoća
$\nu$	-	Poissonov omjer

**SAŽETAK**

Kućni ljubimci zauzimaju sve važnije mjesto u svakodnevnom životu. Međutim često su i oni izloženi bolestima, tjelesnim ozljedama ili jednostavno starenju uslijed čega ostaju teško pokretni ili nepomični. U tim slučajevima vlasnici koriste različite vrste pomagala kako bi osigurali kvalitetniji život svojim ljubimcima. Vrlo često korišteno pomagalo su kolica za pse koja se koriste u slučaju otkazivanja ekstremiteta psa.

U ovom radu opisana je biomehanika normalnog i nepravilnog hoda psa. Navedene su neke bolesti koje zahvaćaju lokomotorni sustav pasa i uzrokuju nepokretnost. Također, analizirano je postojeće stanje tržišta takvih pomagala i definirani su osnovni biomehanički zahtjevi koji se postavljaju na kolica za pse. U radu je dan i uvid u izbor suvremenih konstrukcijskih materijala pri stvaranju ovakvih proizvoda. Na temelju sakupljenih podataka izrađen je prijedlog konstrukcijskog rješenja kolica za pse.

Ključne riječi: pas, biomehanika, materijali, kolica za pse

---

**SUMMARY**

The role of pets in everyday life is more and more important. However, they are often exposed to diseases, injuries or simply aging, which makes them difficult to move or they become immobile. In these cases, owners use different types of aids to ensure a better life quality for their pets. Often used aids are wheelchairs for dogs.

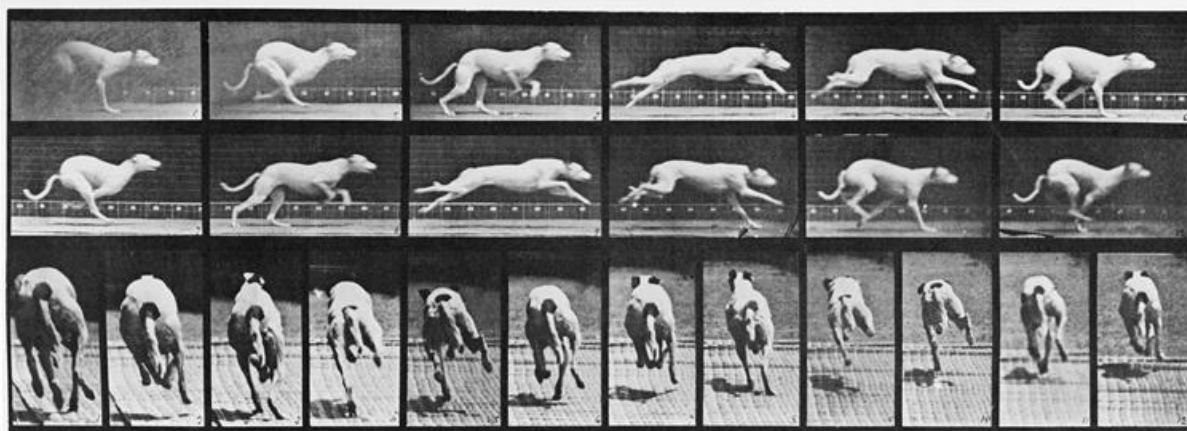
In this paper, biomechanics of normal and irregular walking is described. Some diseases that affect the locomotor system of dogs and cause immobility are explained. Also, the existing market condition of such aids has been analyzed and the basic biomechanical requirements for wheelchairs are defined. This paper gives a insight into the choice of modern design materials when creating such products. Based on the collected data, a proposal for a design of wheelchair for dogs was made.

Key words: dog, biomechanics, materials, wheelchairs for dogs

## 1. UVOD

Kako bi se mogao izraditi prijedlog konstrukcijskog rješenja kolica za kućne ljubimce, najprije je potrebno odrediti neke zahtjeve na kolica. U ovom radu fokus je stavljen na pse, a za ovakav zadatak potrebno je proučiti anatomiju i hod pasa. Na taj način moguće je odrediti osnovne biomehaničke zahtjeve i tako prilagoditi proizvod pravilnoj upotrebi.

Jedan od najbitnijih pojmova ovog rada je biomehanika. Biomehanika je interdisciplinarna i multidisciplinarna znanost koja omogućuje povezivanje klasične mehanike sa živim organizmima i proučava promjene u živome organizmu primjenjujući podatke iz anatomije, fiziologije, mehanike i matematike [1]. Na taj način dobivaju se fizikalna shvaćanja funkcioniranja i povezanosti različitih skupina organa u organizmu kao cjelini. Proučavanje biomehanike hoda pasa omogućuje shvaćanje problema na koji treba dati rješenje u ovom radu. Prva znanstvena istraživanja vezana uz hod pasa započela su u drugoj polovici 19. stoljeća razvojem fotografije. Pomoću stroboskopske fotografije, slika 1., 1888. godine Muybridge je uspio prikazati koračanje trkaćeg hrta pri različitim brzinama.



Slika 1: Stroboskopske fotografije trkaćeg hrta [2]

Kao i kod ljudi, tako i psi u usporedbi jedni s drugima imaju različite načine hodanja i ponašanja. No ako se uzmu u obzir neke osnovne karakteristike vezane uz pokret, kao što je anatomija psa i sama priroda kretanja, mogu se donijeti univerzalni zaključci o hodu pasa. Primjenom tih zaključaka omogućeno je stvaranje konkretnog rješenja.

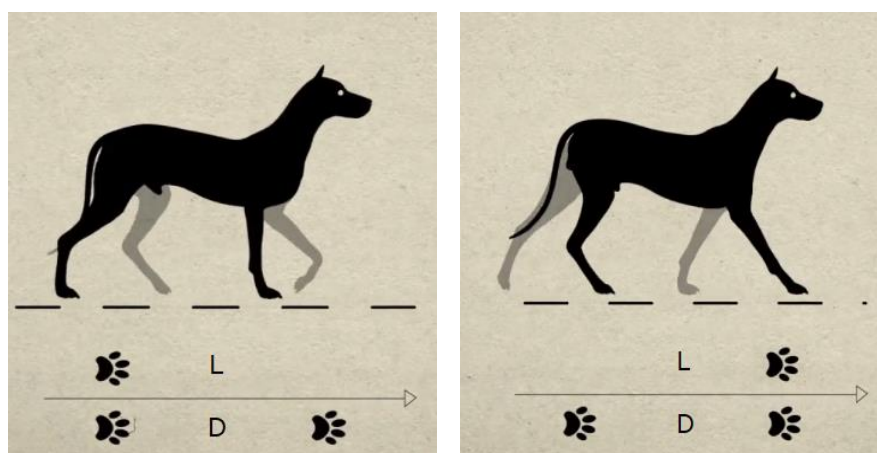
## 2. BIOMEHANIČKA ANALIZA HODA PSA

Normalan rad lokomotornog sustava u pasa zahtjeva pravilno funkcioniranje svih organskih sustava u tijelu, a uz to i oko 99 % aktivnih skeletnih mišića i koštanih struktura.

Lokomotorni sustav (prema lat. *loco movere*: krenuti s mjesta) je sustav za kretanje sastavljen od kostiju, mišića i spojeva među njima. Kostu su pasivan, a mišići aktivan sastavni dio sustava. Kostur pruža oslonac tijelu i omogućava mu stalan oblik, dok mišići omogućuju međusobno primicanje ili odmicanje pojedinih dijelova tijela [3]. Navedeni spojevi se dijele na tetive i ligamente ovisno o tome povezuju li kost i kost (ligament) ili kost i mišić (tetiva).

Pas, zahvaljujući oblikom svog lokomotornog sustava, ima sposobnost kretanja na tri osnovna potpuno različita načina: normalnim korakom, kasom i galopom [4]. Jedan korak označuje puni ciklus u kojem se izmjene radnje svih četiri nogu. Kako bi se lakše proučavao hod pasa i njegove karakteristične osobine, podijeljen je u dvije glavne grupe: simetrične i asimetrične. U skupinu simetričnih kretnji spadaju normalan korak i kas, prilikom kojih su kretnje udova s jedne strane tijela ponavljane na drugoj strani tijela u jednako razmaknutim intervalima. U skupinu asimetričnih kretnji spada galop, prilikom kojeg se kretnje udova jedne strane ne ponavljaju s druge strane tijela, a ni intervali nisu ujednačeni [5].

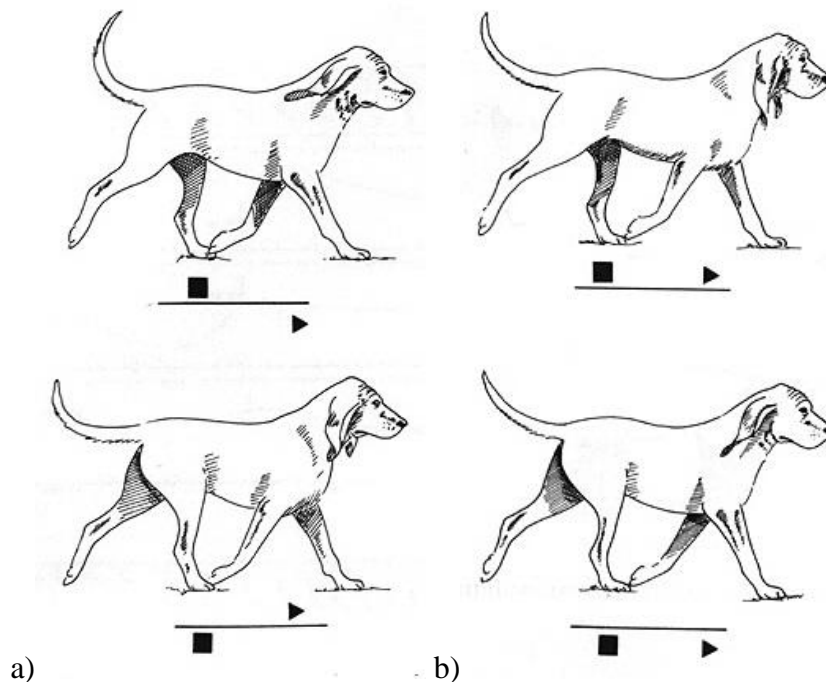
Korak je najčešći način hoda pri kojem su većinu vremena najmanje 3 noge u dodiru s tlom, što je prikazano pomoću slike 2. Iako je najsporiji, normalni korak je opisan kao najučinkovitiji i najmanje umarajuć način kretanja psa. Vertikalna sila na prednje šape otprilike je 1,1 puta veća od težine tijela, dok ista na stražnje noge iznosi oko 80 % težine tijela psa, pri brzini od 1,5 m/s. U slučaju savladavanja sile pri usporavanju istaknutije su prednje noge, dok su za ubrzavanje zaslužne stražnje [5].



**Slika 2: Prikaz normalnog koraka u dva trena unutar jednog ciklusa [6]**

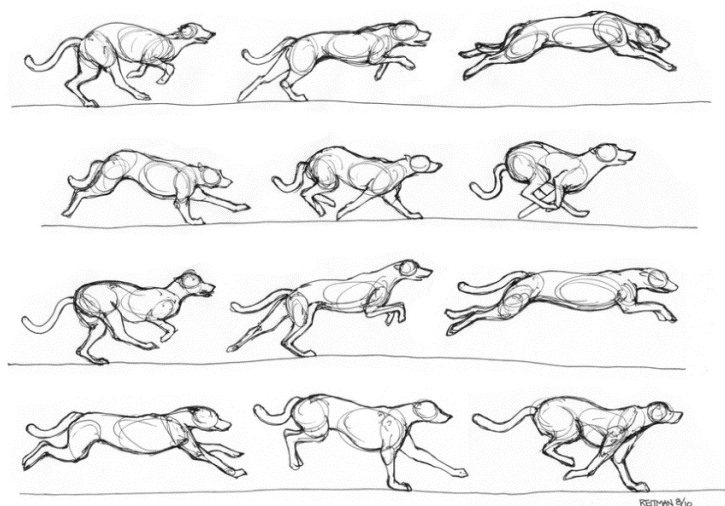
Kas je simetričan ciklus hoda prilikom kojeg barem 2 šape, najčešće dijagonalne, u bilo kojem trenu dodiruju tlo i prikazan je pomoću slike 3.a. Psi koji imaju duge noge, ali manju dužinu tijela, ne kreću se ovim tipom hoda jer u njihovom slučaju dolazi do nespretnog isprepletanja prednjih i stražnjih udova. U usporedbi s normalnim hodom, prilikom kaskanja pojačane su kretnje glave, vrata i zakreti u zglobovima, posebno ramenom, lakatnom i zglobovima u prednjim i stražnjim udovima. Kas je karakterističan hod za lovačke i ovčarske pse. Izmjerena promjena kuta kuka pri kasu iznosi  $30^\circ$ , dok su promjene u koljenom i skočnom zglobu čak do  $60^\circ$ . Kao i kod normalnog hoda i prilikom kasa tenziometrijska platforma prikazuje da su iznosi vertikalnih sila na prednje ekstremitete veći nego na zadnje ekstremitete. No, treba napomenuti da su te vertikalne sile na ekstremitete gotovo dvostruko veće od onih pri normalnom hodu, bez obzira je li brzina gibanja manja ili veća [5].

Ravan kas je varijacija običnog kretanja kasom. Takvim hodom životinja u potpunosti prebacuje težinu s jedne strane tijela na drugu jer se noge koje istovremeno dodiruju tlo nalaze na istoj strani. Takav hod najčešće je karakterističan za dugonoge pse, umorne pse, pse izvan kondicije ili one sa zdravstvenim problemima. Ravni kas dopušta psu promjene vertikalnih reakcijskih sila tla na šape, pa tako drugačija vrsta napora uz jednaku učinkovitost gibanja rezultira udobnijom kretnjom za psa [5]. Slika 3.b prikazuje kretnju ravnim kasom.



Slika 3: a) Kretanje kasom, b) kretanje ravnim kasom [5]

Galop je asimetrična kretnja kod kojeg se zbog vrlo intenzivnih, brzih i čestih pokreta glavom može postići najveća brzina u usporedbi s bilo kojim drugim hodom. Vrlo nisko spuštanje glave omogućuje veliki korak prednjih nogu, a dizanje glave dopušta stražnjim nogama da se postavie čim bliže težištu tijela [5]. Pomoću slike 4. i 5. prikazan je galop u svim fazama unutar jednog ciklusa.



**Slika 4: Prikaz galopa u svim fazama unutar jednog ciklusa [7]**

Istraživanja govore kako životinje mijenjaju načine hoda i brzine kretnje s obzirom na pohranu elastične energije u tetivama, mišićima i ligamentima. Prema tome, najmanje elastične energije pohranjeno je pri normalnom hodu, a najviše pri galopu.



**Slika 5: Prikaz galopa hrta u dvije faze unutar jednog ciklusa [8]**



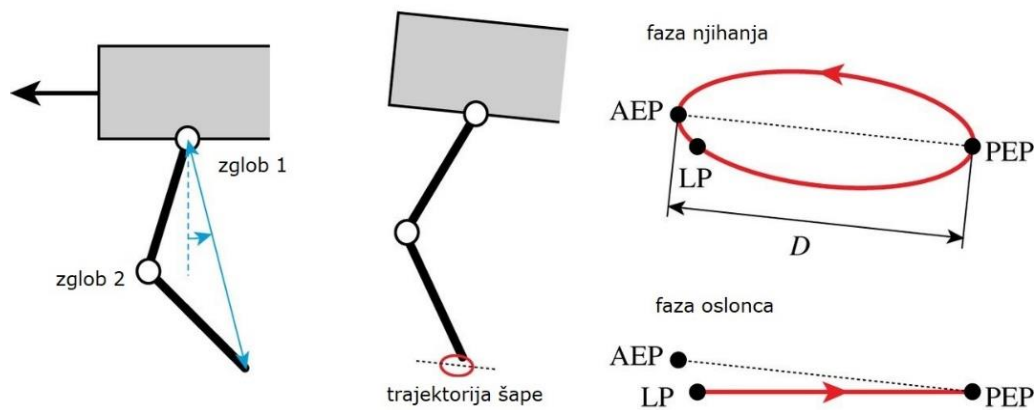
Istraživanja ljudskog i životinjskog lokomotornog sustava često uključuju mjerenja i analize:

1. vremenskih obilježja hoda
2. elektrogoniometrije
3. kinematike u ekstremitetima
4. kinetike u zglobovima

## 2.1. Analiza vremenskih obilježja

Analizom vremenskih obilježja hoda pasa došlo je do uvođenja normi kao što su prosječna brzina hoda psa i vremensko trajanje pojedine faze u ciklusu hoda. Kao i u čovjeka, postoje dvije faze hoda i u pasa. To su faza oslonca i faza njihanja [5]. Prilikom faze oslonca noga se nalazi na tlu u svrhu potpore tijela, a tijelo se kreće u suprotnu stranu od te noge.

Faza oslonca prikazana je kao pravocrtna linija, slika 6., i započinje spuštanjem noge na tlo, a završava tik prije podizanja iste u zrak. S druge strane, faza njihanja opisana je kao eliptična krivulja s dvije točke koje opisuju prednji i stražnji ekstremni položaj šape, slika 6. To je faza u kojoj noga ne dodiruje tlo, odnosno započinje podizanjem, a završava spuštanjem šape na tlo [9].



Slika 6: Prikaz modela analognog ekstremitetu psa i krivulja pri kretnji [9]

Duljina pojedine faze može se odrediti i pomoću fotografija slikanim pri velikim brzinama gibanja, što je danas jedna od najkvalitetnijih metoda analize hoda psa. Rezultati analize mogu se spajati s rezultatima dobivenim pomoću platforme sile, odnosno tenziometrijske platforme.

Sljedeće slike prikazuju prethodno navedene trajektorije gibanja prilikom faze oslonca i faze njihanja mjerenima pomoću markera na lijevoj stražnjoj nozi psa i pokretne tenziometrijske trake. Prikazani su karakteristični položaji: početni položaj na slici 7., prednji ekstremni položaj na slici 8. i stražnji ekstremni položaj na slici 9.



**Slika 7: Početni položaj noge [10]**



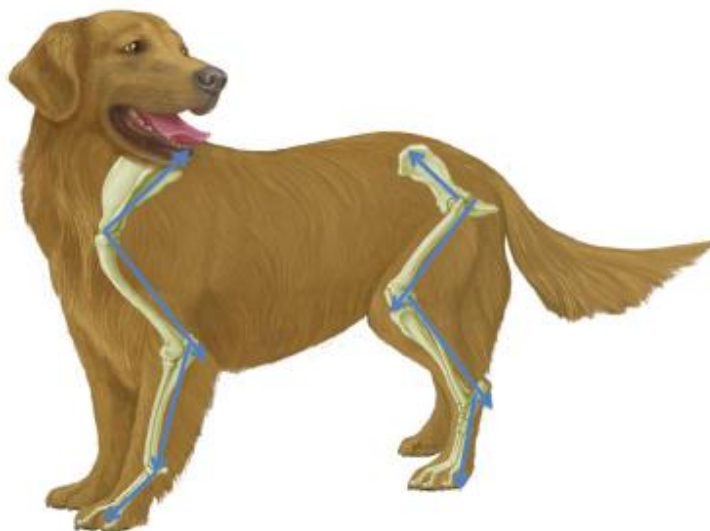
**Slika 8: Prednji ekstremni položaj noge [10]**



**Slika 9: Stražnji ekstremni položaj noge [10]**

## 2.2. Elektrogoniometrija

Elektrogoniometrija je postupak mjerenja položaja i pokreta tijela pomoću električne struje. Njenim razvojem olakšano je mjerenje kutova u zglobovima. Najčešće se primjenjuje metoda „polgon“ gdje se kretanja registrira pomoću fotosenzora na polarizirajuće svjetlo. Kombinacija triju senzora omogućuje mjerenje kutova otklona dvaju segmenata koji se kreću u istoj ravnini, slika 10. Time je omogućena objektivna ocjena pokreta pri ispitivanju funkcionalne sposobnosti i praćenje rezultata liječenja [11]. Pritom je potrebno odrediti da li dolazi do produljivanja ili skraćivanja mišićnih vlakna.



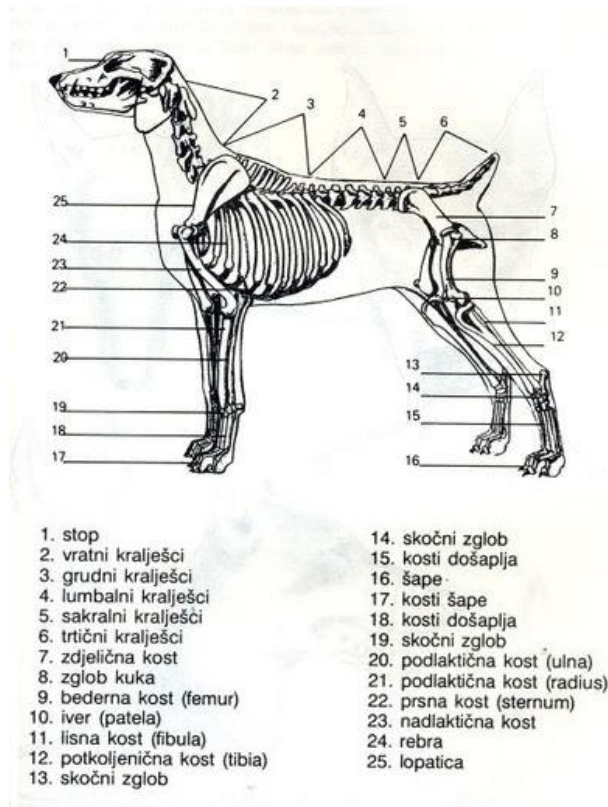
**Slika 10: Pravec kutova glavnih zglobova pri mjerenju opsega kretanja [12]**

Istraživanja su izvršena na svim tipovima kretanja psa po pokretnoj traci: normalan hod, kas i galopiranje. Tom metodom iznosi kutova mjere se direktno, kao što su primjerice kutovi kukova, koljenog zgloba i skočnog zgloba u stanju mirovanja i tijekom hoda.

Kostur psa u grubo je podijeljen u tri cjeline. To su osovinski kostur, privjesni kostur i utrobne kosti. U skupinu osovinskog kostura spadaju kralješnica, rebra, grudna kost i kosti glave, dok privjesni kostur čine kosti prednjeg i stražnjeg ekstremiteta.

Kosti prednjih nogu sastavljene su od lopatice, ramenog zgloba, nadlaktične kosti, lakatnog zgloba, podlaktične kosti – palčana i lakatna, zapešćajnih kosti, kosti pesti (došaplja) i prsti prednjeg uda.

Kosti stražnjih nogu sastavljene su od bočnog zgloba (kuk), bedrene kosti, koljenog zgloba, potkoljenične kosti (goljenična kost i lisnjača), zastopalne kosti, kosti stopala i prstiju [14]. Slika 11. prikazuje kostur psa.



**Slika 11: Anatomija kostura psa [13]**

Mehaničke osobine kostiju:

Najčvršću supstancu živih bića predstavljaju kosti. Kosti diktiraju stalan oblik tijelu suprotstavljanjem deformacijama uzrokovanih vanjskim i unutarnjim silama. Svojom čvrstoćom i oblikom određuju način kretanja.

Pritisak ( $p$ ) je direktno proporcionalan sili ( $F$ ), a obrnuto proporcionalan površini ( $A$ ).

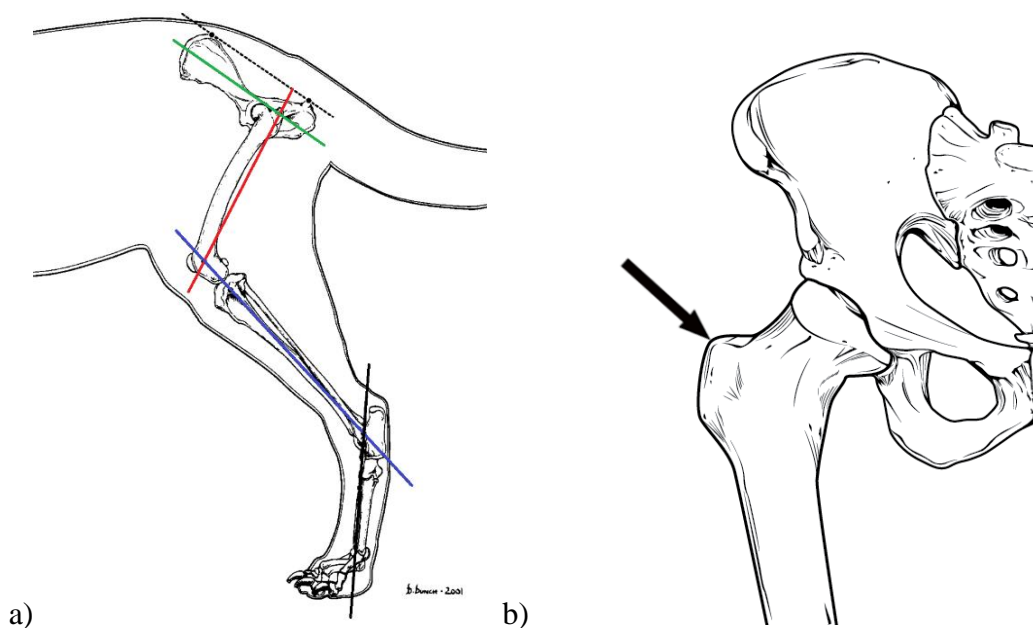
$$p = \frac{F}{A} \quad (2.1)$$

Na temelju toga zaključuje se da je potrebna veća površina uzglobljavanja radi smanjenja pritiska u samom zglobu. Vrlo je bitno razlikovati pritisak od sile. Također, svaki zglob će imati veću radnu sposobnost, ako je u njemu manje trenje [15].

Fleksija i ekstenzija skočnog zgloba mjere se kao kutovi između kosti došaplja (slika 12. – crna linija) i potkoljenične kosti (slika 12. – plava linija).

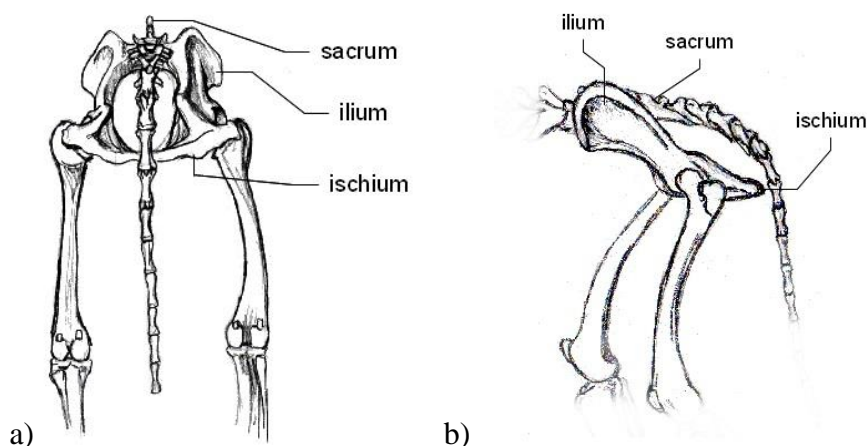
Fleksija i ekstenzija koljenog zgloba mjerene su kao kutevi između aksijalne osi potkoljenične kosti (slika 12. - plava linija) i linije koja spaja lateralni femuralni epikondil i veliki obrtač (slika 12. - crvena linija). Veliki obrtač, slika 12.b, je koštana izbočina na prijelazu vrata u trup bedrene kosti za koju se hvataju zdjelčni mišići [17], a epikondil je koštano izbočenje na unutarnjoj i vanjskoj strani donjega kraja bedrene kosti, a služi za hvatanje mišića [18].

Fleksija i ekstenzija zgloba kuka mjerene su kao kutevi između linije koja spaja lateralni femuralni epikondil i veliki obrtač (slika 12. - crvena linija) i linije koja spaja sakralnu kost i ischium (slika 12. - zelena linija) [16].



**Slika 12: a) Linije koje tvore kutove u zglobovima [16], b) veliki obrtač [19]**

Jedan od postojećih problema kod elektrogoniometrije je pravilno pozicioniranje uređaja kako bi se osiguralo točno i precizno određivanje željenih kutova među zglobovima.

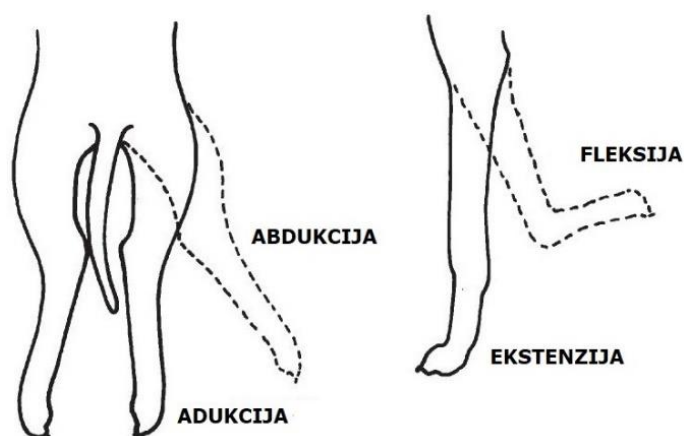


Slika 13: Sacrum i ischium: a) pogled od iza , b) bočni pogled [20]

### 2.3. Kinematika u ekstremitetima

Kinematika je grana mehanike koja proučava gibanje tijela bez obzira na njegove uzroke, masu tijela i djelovanje sile [21]. Kinematička analiza hoda proučava pomake, brzine i akceleracije različitih segmenata tijela.

Prethodno spomenute Muybridge-ove stroboskopske fotografije najraniji su pokušaji bilježenja pomaka i rotacija ekstremiteta i položaja glave i vrata tijekom različitih brzina kretanja. Koristi se i Kinzelov instrument za određivanje gibanja zglobova sa 6 stupnjeva slobode. Kinzel i njegovi suradnici su istraživanjem ramenog zgloba njemačkog ovčara uspjeli odrediti točan položaj zgloba i prikazati pomake u svim ravninama tijekom ciklusa hoda. To uključuje ekstenziju, fleksiju, adukciju, abdukciju i vanjsku i unutarnju rotaciju zgloba (slika 14.) [5].



Slika 14: Fleksija, ekstenzija, adukcija i abdukcija zglobova [22]

## 2.4. Kinetika u zglobovima

Kinetika je grana mehanike koja se bavi proučavanjem utjecaja sila na gibanje tijela [23]. Kinetički pristup tako proučava sile i reakcije koje su nastale tijekom ciklusa hoda. Dvije vrste sila privukle su pažnju znanstvenicima. To su reakcijske sile podloge i reakcijske sile u zglobovima.

Za prvu skupinu, reakcijske sile podloge, najčešće se koristi ranije spomenuta platforma sile. Pomoću nje moguće je mjeriti vertikalne i horizontalne sile, pa onda i predvidjeti, opisati i procijeniti stupanj nesposobnosti. Također, u velikoj mjeri koristi se i za obilježavanja napretka i proučavanja rezultata tijekom procesa terapije.

S druge strane, reakcijske sile u zglobovima izvode se matematičkim putem budući da ugradnja uređaja nije klinički jednostavno rješenje. Takvi rezultati izrazito su značajni za predviđanje sila koje zglobovi mogu podnositi kako bi ostali zdravi, a uz to i koje sile se moraju podnositi prilikom protetičkih zamjena pri totalnoj zamjeni zgloba. Znanje o silama u zglobovima i deformacijama vrlo je značajno pri rekonstrukcijskim postupcima kao što je unutarnja fiksacija nakon prijeloma. Drugi parametar korišten u kinetičkim istraživanjima je rad, odnosno potrošnja energije. To se mjeri računanjem sila i pomaka ili korištenjem tehnika potrošnje kisika [5].

### 3. OŠTEĆENJE LOKOMOTORNOG SUSTAVA

Pas krivih nogu, slabih šapa ili uskih prsiju neće imati izdržljivost, okretnost i brzinu kakvu ima pas s normalno razvijenim dijelovima tijela. Zbog toga je potrebno paziti i nastojati štene od najranije mladosti ispravno hraniti, omogućiti mu da se što više kreće i trči, da živi u suhom prostoru, da nije izložen propuhu i da ga se čuva od raznih oboljenja koja mogu oštetiti pravilni razvoj njegova tijela [24]. Dobra građa podrazumijeva proporcionalnu simetriju, koja dovodi do izdašnog, laganog i ritmičnog iskoraka tijekom svih ciklusa kretanja.

Nažalost, bez obzira o razini brige o psu u vrijeme rasta, nerijetko dolazi do komplikacija tijekom rasta i razvitka. Također, neke bolesti genetski su nasljedne, dok druge dolaze sa starošću.

Kako je tema ovog rada ortopedsko pomagalo, potporna kolica za stražnje noge kućnih ljubimaca, fokus odlomka stavljen je na bolesti koje zahvaćaju uglavnom stražnje ekstremitete.

#### 3.1. Bolesti lokomotornog sustava

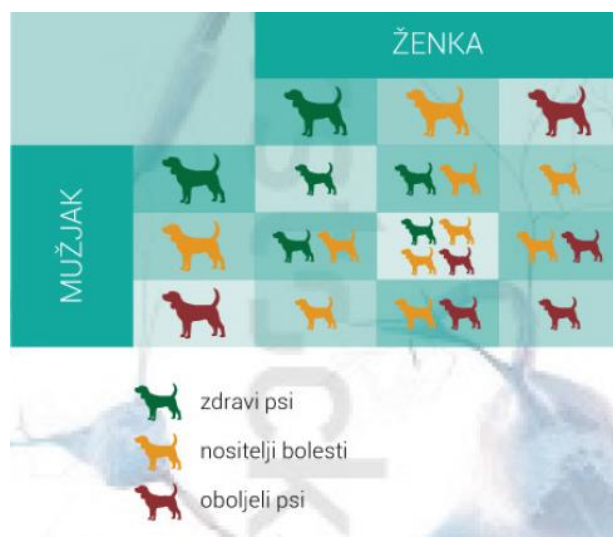
Bolesti lokomotornog sustava u pasa obuhvaćaju patološke promjene na zglobovima, kostima, tetivama, ligamentima i mišićima. Hromost je svaka smetnja u normalnoj upotrebi ekstremiteta, a očituje se raznim protuprirodnim pojavama kod kretanja ili stajanja životinje. Hromost može nastati zbog bolnih procesa (upala u području kože, fascija, mišića, tetiva, tetivnih ovojnica, ligamenata, kostiju, zglobova, limfnih čvorova, živaca, hrskavica), zbog mehaničkih smetnji (kontraktura mišića, tetiva, ligamenata, lom kostiju), zbog paraliza živaca ili mišića ekstremiteta ili zbog tromboza većih krvnih žila [25]. Najčešće bolesti koje uzrokuju hromost su degenerativna mijelopatija, displazija kuka, cervikalna displazija, hernija diska, artritis, ozljede kralježnice ili bilo koja bolest koja zahvaća stražnje noge [26].



### 3.1.1. Degenerativna mijelopatija

Degenerativna mijelopatija pasa progresivna je neurodegenerativna bolest koja uništava bijelu tvar leđne moždine. Leđna moždina sadrži vlakna koja prenose naredbe iz mozga do udova. Kad se bijela tvar počinje raspadati dolazi do postupnog prestanka prijenosa signala putem živčanih vlakana kroz leđnu moždinu od mozga do nogu. Psi polako razvijaju slabost stražnjeg dijela tijela i na kraju u potpunosti gube kontrolu nad njim [27].

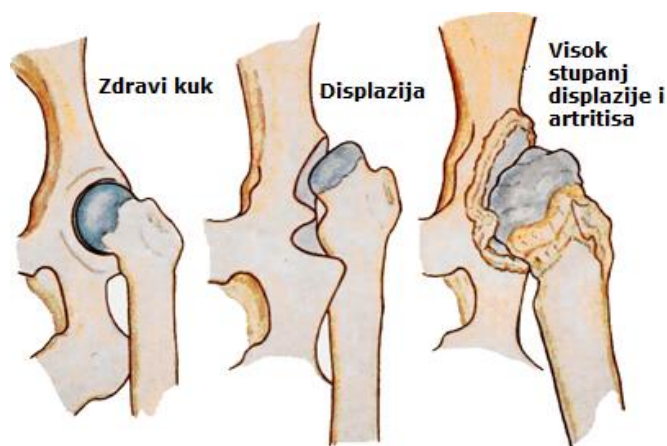
Prvi simptomi uključuju gubitak percepcije vlastitog tijela u prostoru i paralizu stražnjih udova. Slabost se može proširiti i na prednje udove i zahvatiti motoričke neurone sa znakovima širenja područja atrofije mišića, poteškoća u hranjenju i nemogućnošću lajanja. Bolest je nasljedna stoga je vrlo važno rano otkrivanje, prevencija bolesti i planska eliminacija mutacije iz određene pasmine kontroliranim parenjem [28]. Plansku eliminaciju mutacije prikazuje slika 15.



Slika 15: Savjeti za parenje pasa u svrhu eliminacije mutacije [28]

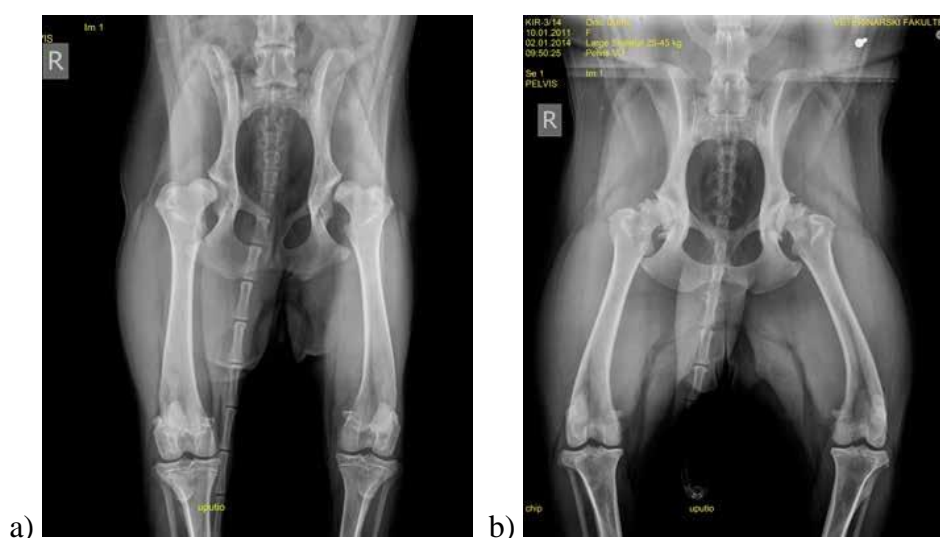
### 3.1.2. Displazija kuka

Displazija kuka je poligenetski nasljedna, degenerativna i progresivna bolest kod koje, zbog greške u razvoju, glava femura (bedrena kosti) i pripadajući acetabulum (čšašica u koju sjeda glava femura) ne odgovaraju jedan drugom [29]. Često ni tkivo raspoređeno na kuku nije dovoljno zategnuto, odnosno potpuno vezivno tkivo i okolna miškulatura nisu sposobni uspostaviti sukladnost zglobnih ploha femura i acetabuluma [30]. Slika 16. daje usporedbu zdravog kuka i displazije kuka.



**Slika 16: Zdravi kuk, displazija kuka bez artritisa i displazija kuka s artritismom [31]**

Ovisno o opsegu i trajanju bolesti razvijaju se različite patoanatomske promjene. Acetabulum postaje sve pliće, a glava bedrene kosti leži labavo i zglob je nepotpuno zatvoren. Nepravilno opterećenje zgloba, zbog poremećenih statičkih odnosa, dovodi do promjene hrskavičnog tkiva i do pojave sekundarnih degenerativnih artritčnih promjena (slika 17.b) [29]. Osim toga, kukovi se više troše, dolazi do trošenja hrskavice zgloba, zadebljanja čahure zgloba, stvaranja koštanog tkiva na zglobovima, nastaje deformacija bedrene kosti, oštećenje ligamenta i mikrofraktura čašice. Ova bolest se pretežno javlja kod velikih pasa, a najčešće je zabilježena kod njemačkih ovčara, zlatnih retrievera, labradora i rotvajlera. Razlog tome je velika tjelesna masa koja vrši pritisak na oboljele zglobove kukova i laktova [30].

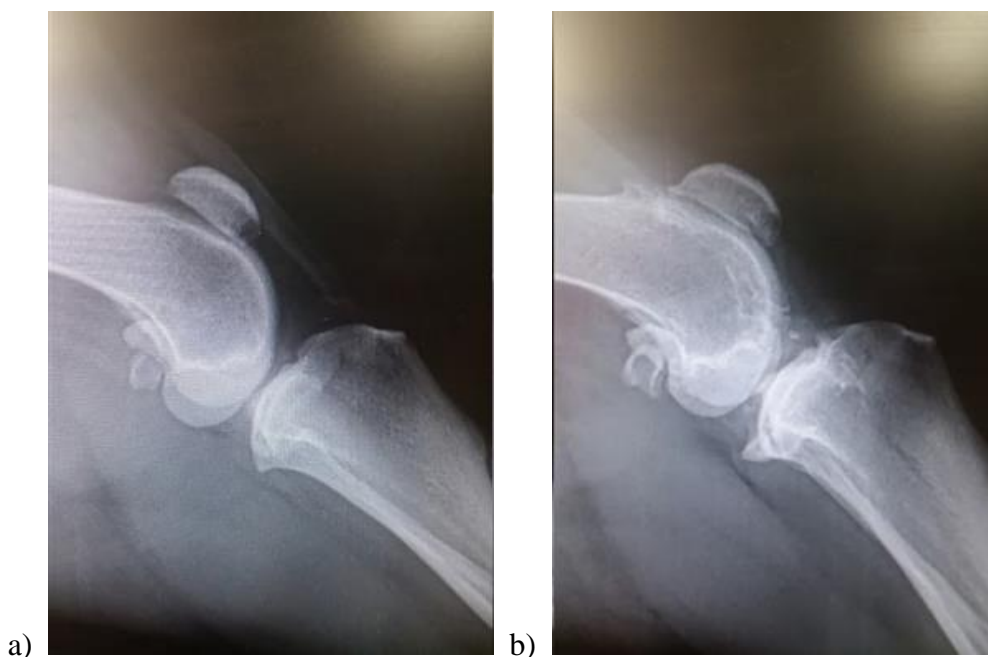


**Slika 17: a) Rendgen snimke teže displastične promjene na oba kuka u mladog labrador retrievera, b) displazija kukova i artritisa [29]**

### 3.1.3. Artritis

Artritis je vjerojatno najčešći uzrok otežanog kretanja u pasa. To je degenerativni proces koji napada dijelove koštanog sustava. Između dvije kosti nalazi se hijalina hrskavica podmazana sinovijalnom tekućinom i ima ulogu jastučića između njih [32]. Kada se hrskavica potroši, glatka površina zdravog zgloba se stanjuje ili otkida. Propadajući, dolazi do otpuštanja enzima koji uzrokuju upalu zglobne kapsule i nakupljanje tekućine. To je golim okom vidljivo kao oteklina, a zapravo se pojavljuju koštani šiljci i zadebljanje kostiju što izaziva upalu i ukočenost u zglobovima.

Na početku bolesti, organizam na mjestu oštećene hijaline hrskavice odlaže fibrozno tkivo u svrhu obrane od bolesti, odnosno nadoknade izgubljenog. Zbog toga što nastalo tkivo nije jednako glatko i elastično, zglob gubi na funkcionalnosti i manje je pokretan. Kako s vremenom hrskavica sve više propada, dolazi do trenja kosti o kost što uzrokuje otkidanje malih komadića kosti. Ti komadići djeluju kao abrazivne čestice pri okretanju zgloba i dodatno uništavaju kosti. Tako upalni proces napreduje, uzrokujući remodeliranje zgloba stvaranjem osteofita (bujanje koštanog tkiva) na mjestima gdje se to ne bi trebalo događati. Posljedica je bolnost pri svakom pokretu i dodatno ograničenje fizičkog pokreta [33]. Artritis nije izlječiv i podložniji su mu više psi nego mačke. Na slici 18. vidljiva je razlika između zdravog koljena i koljena zahvaćenog artritismom.



**Slika 18: a) Zdravo koljeno psa, b) koljeno psa zahvaćeno artritismom [32]**

### 3.2. Veza između nepravilnog hoda i bolesti lokomotornog sustava

Iako se održavanje tjelesne težine postiže pomoću sve četiri noge, oko 60 % težine se odnosi na prednji dio tijela zbog položaja težišta tijela koji se nalazi bliže prednjim nogama, negdje blizu srca. Spuštanjem i dizanjem glave i vrata može se promijeniti opterećenje na nogama za 10 % do 15 %. Postoji razlika u načina hoda između svakog psa individualno, a pogotovo ako se uspoređuju psi različitih veličina i težina. Prema istraživanjima, samo 30 % do 40 % energije za kretanje dolazi iz mišića, dok se preostalih 60 % do 70 % ostvaruje ljuljanjem tijela.

Kao četveronožac, prebacivanjem središta mase u svrhu smanjenja opterećenja na bilo kojem dijelu tijela, pas ima sposobnost uštede ozlijeđenog zgloba ili upaljenog mišića prilikom hoda. Primjerice, psi mogu promijeniti položaj iz sjedećeg u stojeći i započeti s hodanjem, a da istovremeno ne spuštaju neki od zadnjih ekstremiteta na tlo.

Naravno, takve suptilne promjene kretnje ponekada mogu prepoznati samo vlasnici pasa koju poznaju njihovo normalno kretanje ili veterinari tijekom detaljnog pregleda životinje. Kao i kod ljudi, tako i kod pasa svaka jedinka ima svoj specijalni prepoznatljiv hod. S obzirom na veliku različitost samo unutar pojedine pasmine, teško je stručnjacima prepoznati abnormalnost u hodu kod svakog psa zasebno. Zbog toga je iznimno važno da vlasnik zna detaljno i točno opisati promjenu ponašanja i hoda psa u svrhu bržeg postavljanja prave dijagnoze. Uz to, potrebno je poznavati vremensko trajanje postojećeg problema, da li je bolest akutna ili kronična i da li se stanje pogoršava ili popravlja. Ponekad se promjena u hodu, odnosno invaliditet može uočiti samo pri promjeni načina hoda iz kasa u galop. Prvi pregled kretnje i lokomotornog sustava mora biti suptilan, kako okolina ne bi utjecala na ponašanje i kretnju psa, a hod se treba detaljno promotriti s prednje, stražnje, obje bočne strane i još minimalno dva kuta. Također, potrebno je proučiti ponašanje i prilikom kruženja u smjeru kazaljke na satu, u smjeru suprotno od kazaljke na satu i prilikom hoda unatrag. Navedene vježbe mnogo pridonose pri postavljanju dijagnoze [5].

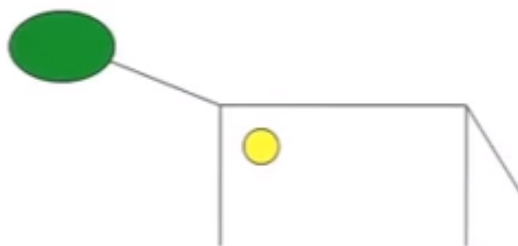
Bol nastaje na dijelovima na kojima postoji neka sila. Ono što uzrokuje bol je reakcijska sila podloge na ekstremitete nastala spuštanjem šape na tlo. Stoga, kako bi bol bila izdržljiva i čim manja, psi adaptiraju hod kako bi ta sila bila minimalna.

Prema drugom Newtonovom zakonu koji glasi

$$F = m \cdot a \quad (3.1)$$

vidljivo je da je sila proporcionalna masi i ubrzanju. Prema tome, pas može smanjiti silu na ekstremitete na dva načina. Prvi, može smanjiti masu, odnosno utjecati na postotak težine tijela koji preuzima prednja, odnosno stražnja strana tijela. To znači da se čim veće opterećenje pokušava prebaciti na zdrave noge. Drugi način je da smanji ubrzanje, odnosno usporavanje nogu i trupa [34].

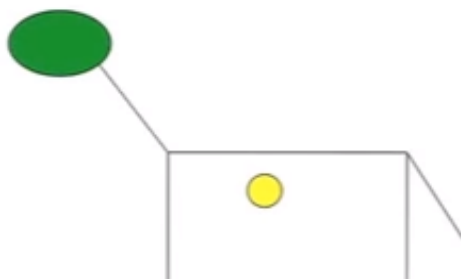
Za prvi slučaj, prebacivanje opterećenja na zdrave ekstremitete, pomoći će sljedeće ilustracije kostura psa (slika 19., slika 20. i slika 21.). Zelena površina predstavlja glavu, a žuti krug položaj težišta tijela. U normalnom položaju, zbog glave koja je prilično velike mase, težište se nalazi bliže prednjim udovima, negdje u blizini srca. Slika 19. prikazuje položaj težišta tijela psa u normalnom položaju.



**Slika 19: Težište tijela psa u normalnom položaju [34]**

Mehanički gledano, vrat se može shvatiti kao poluga na čijem kraju se nalazi teret, odnosno glava mase  $m$ . Ako se bol javlja u prednjim nogama, podizanjem poluge, odnosno vrata, mijenja se položaj glave, pa se tako mijenja i ukupni položaj težišta cijelog tijela njegovim pomicanjem u desno (slika 20.). Time se smanjuje opterećenje na prednje, a povećava na stražnje udove prilikom spuštanja bolesne prednje noge na tlo. Glava se u svakom ciklusu spušta natrag na normalnu razinu (slika 19.) kada je na redu spuštanje zdrave stražnje noge na tlo. Duljina koraka zdrave noge također je veća od koraka ozlijeđenom nogom, što znači da pas tijekom hoda nastoji stražnje noge čim više približiti težištu tijela u svrhu preuzimanja težine s prednjih na stražnje noge.

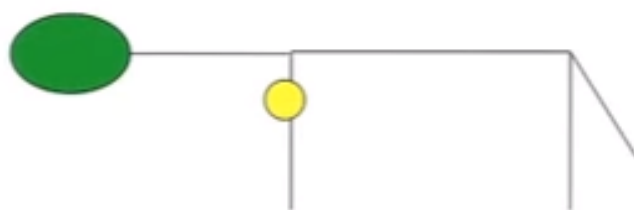
Uz to, pas će skratiti i vremensko trajanje dodirivanja ozlijeđene noge s tlom i istovremeno smanjiti vremenski period opterećivanja tog ekstremiteta. Šepanje je uglavnom izraženije kod kasa nego kod običnog hoda.



**Slika 20: Težište pomaknuto u desno podizanjem razine glave [34]**

Ako se bol javlja u stražnjim nogama, pas spušta glavu i time prebacuje opterećenje na prednji dio tijela promjenom položaja težišta tijela, slika 21. Kada je pas postavljen u sjedećem položaju, također može pretjerano spustiti glavu i vrat u istu svrhu.

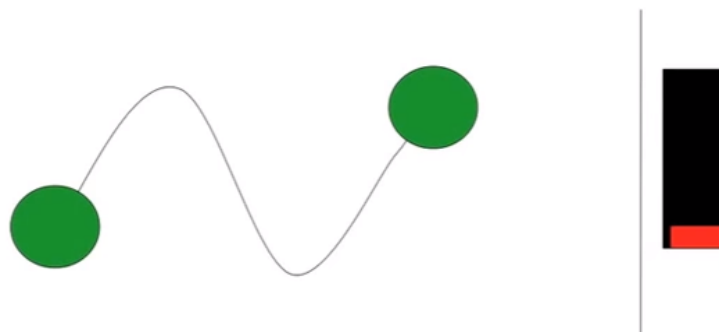
Rep psa isto može biti indikator hromosti, gdje umjesto klasičnog mahanja repom lijevo – desno, rep se pomiče gore - dolje. Točnije, rep se pomiče gore kada pas staje ranjenom nogom na tlo i na taj način smanjuje težinu, pa time i opterećenje, na određenom ekstremitetu. Kao i u prethodnom slučaju, ako pas ima problema sa stražnjim nogama, tijekom ciklusa hoda nastoji prednje noge čim više približiti težištu tijela i spušta glavu u svrhu preuzimanja težine na prednji dio tijela.



**Slika 21: Težište pomaknuto u lijevo spuštanjem razine glave [34]**

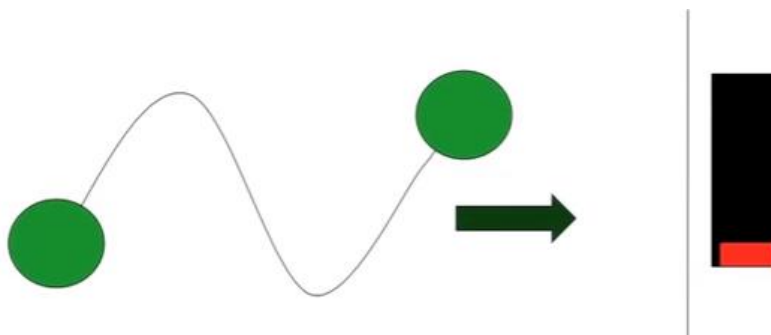
Potrebno je napomenuti da u nekim slučajevima ovakvo promatranje lokomotornog sustava ne otkriva prirodu problema pa je potrebno provesti radiografske kontrole. Objasnjeni načini prebacivanja težine ponekad su znakovi bolova u leđima.

Drugi slučaj, smanjivanje sile smanjivanjem ubrzanja i usporenja nogu, opisan je mehaničkim modelom koji se sastoji od zida i užeta na čijem se krajevima nalaze kuglice, slika 22.

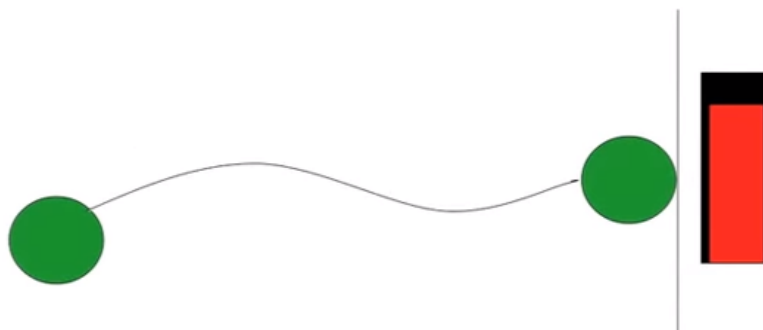


Slika 22: Mehanički model [34]

a) Ako se desni kraj užeta baci prema zidu, slika 23., preko narančaste skale na desnoj strani slike vidljivo je da je sila udara kuglice na zid velika, slika 24., zbog toga što ne postoji sila u suprotnom smjeru koja bi poništila ili smanjila iznos sile desne kuglice i time smanjila iznos sile udara u zid.

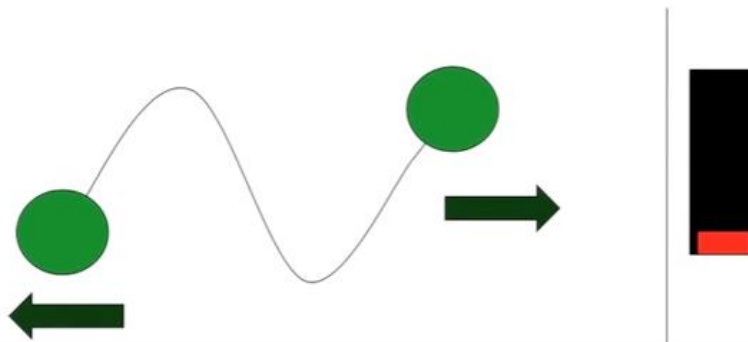


Slika 23: Bacanje loptice prema zidu [34]



Slika 24: Udar loptice u zid [34]

b) Ako se oba kraja užeta istovremeno bace u različitim smjerovima kao prema slici 25., ali je i dalje sila desne kuglice veća od sile lijeve kuglice, dio sile će se poništiti. Zbog toga, što je i vidljivo prema narančastoj skali, sila udara desne loptice o zid bit će manja u ovom slučaju (slika 26.), nego što je bila u slučaju a (slika 24.).



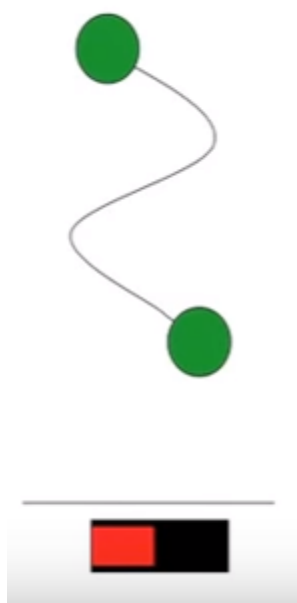
Slika 25: Bacanje obje loptice prema zidu [34]



Slika 26: Udar lopticom u zid manjom silom nego u slučaju a [34]

Ako se taj isti model sa slike 22. zaokrene za  $90^\circ$ , dobije se mehanički model stražnje noge psa, vidljiv na slici 27. Gornja zelena kuglica predstavlja zglobov kuka, dok donja predstavlja šapu. Prethodna objašnjenja mogu se analogno primijeniti na kretanje i biomehaniku psa i time objasniti jedan od mogućih indikatora boli tijekom hoda psa. Kako bi se opterećenje na nogu smanjilo, prema slučaju b, pomicanjem kuka prema gore (gornja zelena kuglica) prilikom faze kretanja u kojoj bolesna noga mora dotaknuti dno, smanjuje se reakcijska sila tla na šapu, pa time i bol na nogu.





**Slika 27: Mehanički model stražnje noge psa [34]**

Prema svemu navedenom, tri indikatora problema sa zdravljem ekstremiteta uočljiva promatranjem kretnje psa su:

1. položaj glave
2. podizanje kuka
3. produljeno vrijeme ranjene noge u fazi njihanja, a skraćeno u fazi oslonca na tlo [34]

### **3.3. Prijedlozi poboljšanja kvalitete života pasa**

Psu je potrebno omogućiti fizičku aktivnost. Kvaliteta života psa drastično se može povećati ako je vlasnik voljan i u financijskoj mogućnosti. Moguće je invazivno i neinvazivno pružanje pomoći. Operacija je invazivna metoda moguća ako problem nije dovoljno uznapredovao ili ako je bolest izlječiva. S druge strane, u neinvazivne metode pomoći spadaju četiri osnovne skupine pomagala koja mogu promijeniti život psu. To su prikolice za pse, ortoze, proteze i kolica za pse.

### 3.3.1. Prikolice za pse

Ako se pas vrlo brzo umori tijekom šetnje, ne može pratiti ostale pse ili ako nije sposoban raditi gotovo nikakve kretnje, vrlo su popularne i korisne takozvane prikolice za pse (slika 28.). Prikolice se mogu pričvrstiti na bicikl ili samostalno gurati rukama, a dostupne su u različitim veličinama i različitim su nosivosti. Nosivost je dopuštena masa tereta do koje se proizvod smije opteretiti prema deklaraciji proizvođača proizvoda, s obzirom na dopuštena opterećenja nosivih sklopova. Manje prikolice uglavnom imaju nosivost do 25 kg, a veće do 50 kg [35].



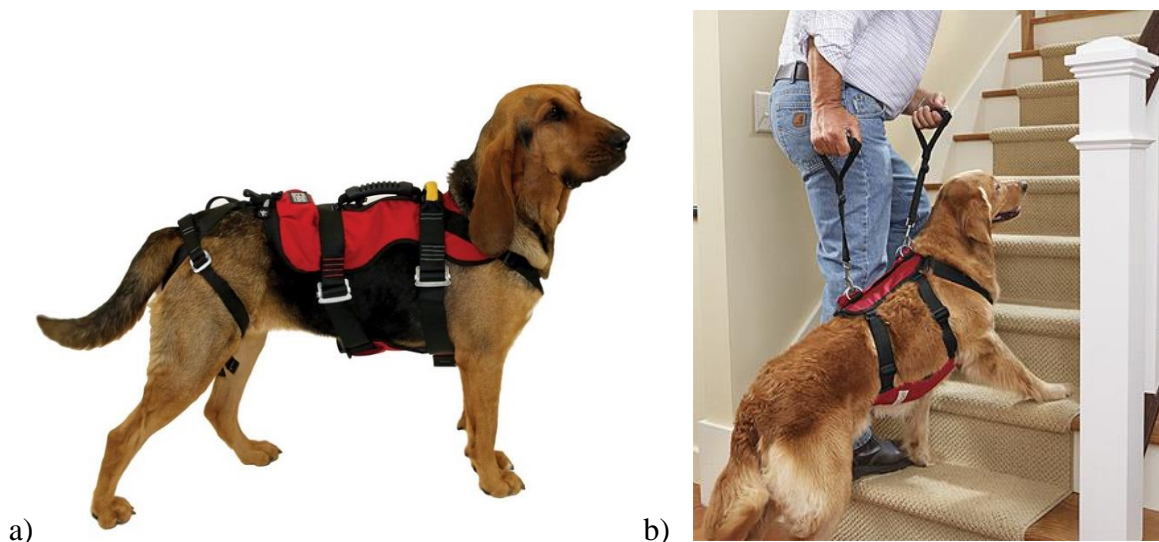
Slika 28: Prikolica za pse [35]

### 3.3.2. Ortoze i proteze za pse

Prije nego što se navedu proteze i ortoze kao sredstva pomoći, potrebno je ukazati na razliku između navedenih pomagala. Ortoze su vanjska pomagala postojećem ekstremitetu u slučajevima bolesti ili ozljeda lokomotornog sustava u procesu zacjeljivanja [36]. Stoga, pojam ortotike uglavnom je povezan uz postojanje dijela tijela, ali u nezdravom stanju. S druge strane, proteze se koriste u slučajevima kao što su gubitak manjeg ili većeg dijela ekstremiteta. Razlozi su najčešće tumori, infekcije ili ozljede pri sudaru s automobilom.

Ortoze mogu stabilizirati, imobilizirati i rasteretiti tijelo ili pogođene ekstremitete, ili pružiti fiziološki pravilno usmjeravanje pri rastu. Prema tome, nepravilno raspoređeno opterećenje tijela moguće je spriječiti, suzbiti ili ispraviti. U slučaju trajnih oštećenja, ortoze mogu pomoći pri zadržavanju funkcija i smanjenju boli [36].

Primjer ortoze je pojas, slika 29.a, koji ima dobro postavljenu, veliku i izrazito čvrstu ručku za pomaganje psu. Ručka omogućuje prihvat psa u stojećem položaju, dizanje iz sjedećeg u stojeći položaj, penjanje uz i spuštanje niz stepenica ili olakšavanje prilikom ulaska i izlaska iz vozila. Nedostatak takvog pojasa je taj da pas mora podići prednju šapu da uđe u pojas.



**Slika 29: a) Pojas za pse [37], b) podizanje psa pomoću pojasa [38]**

Ortoze za koljena, slika 30., mogu smanjiti razvoj osteoartritisa (trošenja) u zglobu i dopušta manju upotrebu i trošenje zdravih udova.



**Slika 30: Ortoza za koljeno [39]**

Još neke uloge ortoza su povećanje samostalnosti i udobnosti životinji, smanjuju bol i upalu, štiti slabe mišiće od istezanja, mogu spriječiti neke neželjene pokrete, ozljede ligamenta, amputaciju ili eutanaziju kada su rezultati operacije razočaravajući.

Ortotički uređaji mogu se koristiti nakon dislokacije, nakon djelomične ili potpune rupture ligamenta, operacije, neurološke bolesti, mišićne bolesti, artritisa, paralize, displazije, frakture, deformacije zglobova i slično [39].

Protetika je znanost koja se bavi pripremom, izradom, aplikacijom i korekcijom proteza. Protesis na grčkom znači dodavanje, pa prema tome ta se pomagala koriste poslije izvršene amputacije ekstremiteta. Zbog toga se definiraju kao ortopedska pomagala koja funkcionalno i estetski nadomještaju izgubljeni ud ili njegov dio [40]. Slika 31. prikazuje psa kojem su sva četiri ekstremiteta zamijenjena protezama.



**Slika 31: Primjer poteza za nadomjestak svih ekstremiteta [41]**

Kao i u slučajevima kod ljudi, i životinje tijekom razvoja mogu biti zakinute za neki dio tijela. S takvim nerazvijenim udom, otežan im je normalan život, kretanje, a s time i smanjena kvaliteta života i sreća. Danas postoje mnoge vrste, oblici, boje i materijali proteza koji se koriste za pse. Najčešći oblik proteze za pse su zamjene za ekstremitete, odnosno prednje i stražnje noge. Naravno, veličina proteze ovisi o stupnju amputacije ili nedostatka ekstremiteta. Slika 32. prikazuje štene zlatnog retrievera bez prednje lijeve šape.



**Slika 32: Štene zlatnog retrievera bez prednje lijeve šape [42]**

Većina današnjih proteza za pse izrađene su od polimernih materijala, gumenih i metalnih dijelova, a teže čim većoj robusnosti i vodootpornosti. Proteze se izrađuju od polimernih kompozita s pjenama kao jastučićima, stvarajući maksimalnu udobnost i funkcionalnost. Donji dio proteze ima gumenu prevlaku kako bi se olakšalo hodanje i smanjila potrebna energija prilikom kretanja [40]. Naravno, kao i svaki konstrukcijski proizvod, i proteze imaju određenu nosivost što je uglavnom usko vezano uz veličinu i težinu psa.



**Slika 33: Zlatni retriever (štene sa slike 32) s protezom [42]**

#### 4. KOLICA ZA KUĆNE LJUBIMCE

U današnje vrijeme kolica za kućne ljubimce razvijena su u puno većem dijelu svijeta nego prije. Svijest o kućnim ljubimcima kao članovima obitelji je sve veća, pa su sukladno tome i vlasnici danas sve otvoreniji prema liječenju i pružanju pomoći, iako je to često financijski i vremenski izazov.

Psi su životinje kojih po broju kućnih ljubimaca ima daleko više od primjerice mačaka, riba, ptica ili zamoraca. Prema tome se i invalidska kolica uglavnom proizvode za pse, iako postoje za druge vrste životinja. Takva pomagala mogu se pronaći u gotovo svim veličinama, modelima i izrađena od raznih materijala.

Kolica za kućne ljubimce ortopedska su pomagala zahvaljujući kojima je brojim psima omogućeno šetanje, trčanje, igranje, a time i normalniji život (slika 34.).



Slika 34: Korgi u kolicima za pse [43]

#### 4.1. Stanje na tržištu i pravci razvoja

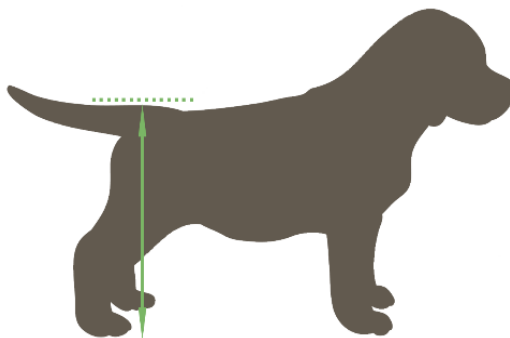
Što se tiče ortopedskih pomagala, najčešća je praksa životinjama izraditi ili protetske nadomjestke ili kolica. U Republici Hrvatskoj ne postoje distributeri psećih ortopedskih pomagala, ali ih ima nekoliko u svijetu. Razlog tolike raznolikosti među kolicima za pse leži u samom razlogu zašto su kolica uopće potrebna. Manje tvrtke koje proizvode kolica za svakog psa zasebno najčešće dizajniraju i prilagode konstrukciju specifičnom mjestu i razlogu boli. Takva kolica su poprilično jednostavna, prihvatljivije cijene i ono što je dosta bitno, personalizirana. S druge strane, veliki distributeri uglavnom imaju 2 ili 3 konstrukcije, male, srednje i velike, koje su dalje podesive po veličini kako bi jedna kolica mogla biti primjenjiva na više pasa različite, ali opet slične građe. U nastavku su prikazani neki postojeći proizvođači invalidskih kolica za pse, osnovne informacije o proizvodu i cijena.

##### 4.1.1. *Best Friend Mobility*

Prema anketama korisnika, Best Friend Mobility kolica spadaju u top 10 najprodavanijih kolica za pse u svijetu. Kako je ovo proizvođač koji ne izrađuje personalizirana kolica, prije narudžbe prvi korak je uvijek uzimanje mjera psa. Svaki proizvod može se pronaći u nekoliko veličina: 2XS, XS, S, M i L. Dobivene mjere uspoređuju se s tablicama na web stranici kako bi se odredilo kojoj veličini pripada pas i koja veličina konstrukcije mu je prikladna. Prema tablici 1. može se odrediti koja veličina proizvoda odgovara psu s obzirom na izmjerenu vrijednost prema slici 35.

**Tablica 1: Veličine kolica prema mjerama [44]**

Veličine	Mjere psa [cm]
<b>2XS</b>	20 - 28
<b>XS</b>	23 - 36
<b>S</b>	38 - 43
<b>M</b>	41 - 51
<b>L</b>	51 - 66
<b>XL</b>	58 - 74



**Slika 35: Mjera psa prema Tablici 1 [44]**

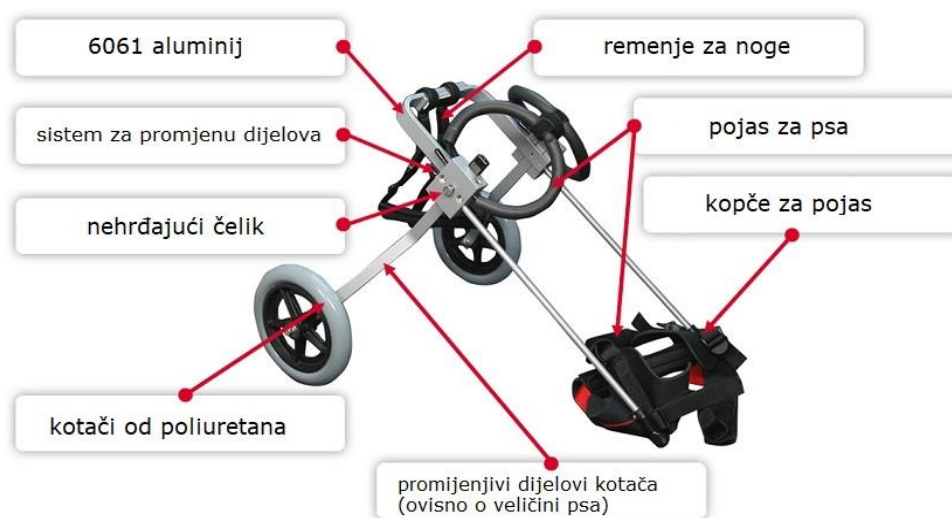
Četiri osnovna proizvoda su kolica za stražnje noge za pse, kolica za prednje noge, kolica za četiri kotača i SitGo. SitGo je proizvod zbog svoje sklopivosti omogućuje psu da iz stojećeg položaja sjedne i legne i prikazan je na slici 36.



**Slika 36: SitGo kolica za stražnje noge [44]**

Sastavni dijelovi ortopedskih kolica su aluminijska rama, kotači od poliuretana i sistemi za podešavanje visine od nehrđajućeg čelika (slika 37). Masa kolica varira u ovisnosti o odabranoj veličini, pa tako XS veličina proizvoda teži oko 1,5 kg, dok L veličina teži oko 6,5 kg. Cijene se kreću od 157\$ (2XS veličina) do 347\$ (XL veličina), Materijali sastavnih dijelova mogu biti različiti za manje i veće konstrukcije radi povećanja nosivosti proizvoda [44].





Slika 37: Dijelovi kolica za stražnje noge tvrtke Best Friend Mobility [45]

Neki od prednosti Best Friend Mobility kolica su prilagodljivost veličine, udobnost koju pruža psu, lagan i čvrst okvir i jednostavna upotreba i sklapanje. Iako su ocijenjena kao izvrsna kolica za velike pse, nisu preporučljiva za izrazito velike pse kao što su Newfoundland i Mastif [46].

#### 4.1.2. Walkin' Wheels

Walkin' Wheels proizvođač je uz Best Friend Mobility kolica također među top 10 najprodavanijih ortopedskih pomagala za pse.

Proizvod se može pronaći u nekoliko veličina, a i dodatno su podesiva unutar jedne veličine za sigurnu udobnost i pravilnu primjenu. Zbog toga što istu masu mogu imati psi različitih pasmina, pa time i različitih visina, pri izboru kolica moraju se uzeti u obzir sve tri navedene karakteristike [47]. Prema tablici 2. može se odrediti koja veličina proizvoda odgovara psu i koja je pripadajuća cijena tog proizvoda.

Tablica 2: Odabir veličine kolica prema masi psa i pripadajuća cijena [47]

Veličine	Masa psa (kg)	Cijena (\$)
<b>XS</b>	0,9 - 4,5	149
<b>S</b>	3,5 - 11	199
<b>M</b>	11 - 31	349
<b>L</b>	31 - 68	428

Ojačana tkanina za prihvat na prednji dio psa pričvršćena je na aluminijski okvir. Okvir je pričvršćen za kotače koji zamjenjuju funkciju stražnjih nogu, omogućujući psu pokretnost (slika 38). Kotači su zamjenjivi tako da se ta invalidska kolica za pse mogu koristiti na psima različitih veličina ili za jednog psa koji brzo mijenja svoju visinu i težinu prilikom rasta. Na aluminijskom okviru nalazi se mehanizam za podešavanje duljine okvira. Mehanizam na kotačima omogućava promjenu kuta kotača za veću mobilnost životinje, lakše sklapanje i transport [47].



Slika 38: Primjer Walkin' Wheels kolica za pse [47]

#### 4.1.3. *Kolica za pse ( DoggyWheels)*

Ovaj proizvođač došao je na ideju izrađivanja kolica nakon što je njegov vlastiti pas Mica ostao gotovo nepokretan nakon nesreće povredom kralježnice. Prva ideja mu je bila naručiti kolica iz okolnog mjesta, no ubrzo je shvatio da se jedina dostupna kolica nalaze u Sjedinjenim Američkim Državama. Nije mu bilo prihvatljivo čekanje na dostavu proizvoda s druge strane svijeta jer bi sve to vrijeme morao gledati svog psa kako se muči. Cijena proizvoda je također igrala ulogu u odluci. Sjetio se kako bi mogao omogućiti kvalitetniji život psu svojim rukama i materijalima koje posjeduje kod kuće. Tako je razvio svoj hobi i pretvorio ga u posao. Danas je izradio već više od sto pedeset personaliziranih kolica za pse iz svoje i iz susjednih država. Slika 39. prikazuje osnivača tvrtke DoggyWheels i njegovog psa.



**Slika 39: Osnivač DoggyWheels-a i njegov pas [48]**

Kolica izrađuje od plastičnih, aluminijskih i čeličnih cijevi različitih duljina i debljina, što je usko vezano uz nosivost proizvoda, odnosno težinu i veličinu psa. Konstrukcije sadrže i trake koje vežu oko psa i nosive kotače čiji odabir također ovisi o težini psa. Prosječna težina kolica za psa od 10 kg – 15 kg iznosi između 500 grama i 1000 grama. Proizvođač osigurava potpunu personalizaciju i prilagodbu proizvoda prema psu. Cijena za standardna kolica psa mase oko 15 kg je između 60€ i 80€. Naravno, ako je pas veći ili ako se zahtijevaju stabilnija kolica, cijena je veća i kreće se oko 130€ [49].

Još neki uspješni distributeri su K9CARTS, Huggiecart, Newlife Mobility i drugi. Sigurno se može reći da će u narednim godinama ova djelatnost rasti i proširiti se, pa s time i biti mnogo dostupnija geografski što je jasan trenutni problem. Također, veliki se naglasak u daljnjim pravcima razvoja stavlja i na materijale koje se koriste za izradu ovakvih proizvoda. Materijal velikim dijelom igra ulogu u težini proizvoda, nosivosti, ali i udobnosti s obzirom na to da je pas u stalnom dodiru s konstrukcijom. Stvaranje novih koncepata kolica za kućne ljubimce treba biti na tragu prethodno navedenih proizvoda vodećih distributera, gdje svaki od njih ima karakteristike koje se moraju iskoristiti, ali i poboljšati u fazama razvoja proizvoda. Za sad je koncentracija uglavnom usmjerena samo na funkcionalnost proizvoda, ali daljnjim razvojem ovakve industrije i estetski razlozi će pridonositi konkurentnosti među proizvodima. Na slici 40. prikazan je primjer moderne konstrukcije kolica za pse.



Slika 40: Moderan izgled kolica za pse [50]

## 4.2. Biomehanički zahtjevi na konstrukciju

Pomoću navedenih informacija i detaljne analize hoda pasa, utvrđeni su glavni biomehanički zahtjevi koje je potrebno uzeti u obzir pri konstruiranju ovakvog ortopedskog pomagala. Neke od njih su:

- težina konstrukcije, materijali i nosivost
- udobnost, prilagodljivost tijelu, njegovim mjerama i pokretljivosti
- dodatni dijelovi – povodac, prihvat za noge i sl.

### 4.2.1. Izbor materijala pri razvoju proizvoda

Zadatak svake proizvodnje je proizvesti kvalitetnije, uz što bolja uporabna svojstva, dopadljiviji izgled i nižu cijenu. Navedeno je moguće postići unaprjeđenjem proizvodnih postupaka izrade i konstrukcijskih rješenja, ali i pravilnim izborom materijala. Tako izbor optimalnog materijala postaje bitan sastavni dio procesa razvoja proizvoda. Izbor materijala provodi se najprije u fazi projektiranja i konstruiranja proizvoda [51].

Koncipiranje je prva faza pri razvoju proizvoda. Koncept je pismeni nacrt, skica, spontani izraz nekih misli ili skup bilježaka koji služi kao podsjetnik. U pogledu izbora materijala sve varijante bi trebale, u ovoj fazi, biti podjednako prikladne. U fazi koncepta obično se traži nekoliko istaknutih svojstava, a u obzir dolazi veći broj skupina i vrsta materijala.

Tada se generiraju osnovna potrebna i funkcionalna svojstva materijala, kao što su: vodič/izolator, proziran/neproziran, lagan/težak i slično. Također, utvrđuju se i polazni zahtjevi vezani uz radnu temperaturu, vrstu vanjskog opterećenja, grubi oblik, dimenzije, izgled i slično. Kod varijantnih konstrukcija dopuštena je promjena oblika, rasporeda dijelova, sklopova, dimenzija i tolerancija. Materijali su uglavnom već određeni, pa se uglavnom traži samo optimiziranje u novim uvjetima. Određuju se alternativne vrste materijala ili materijali boljih svojstava ili niže cijene. Jedan od bitnih razloga za ponovni izbor materijala za postojeći proizvod je pojava novih materijala.

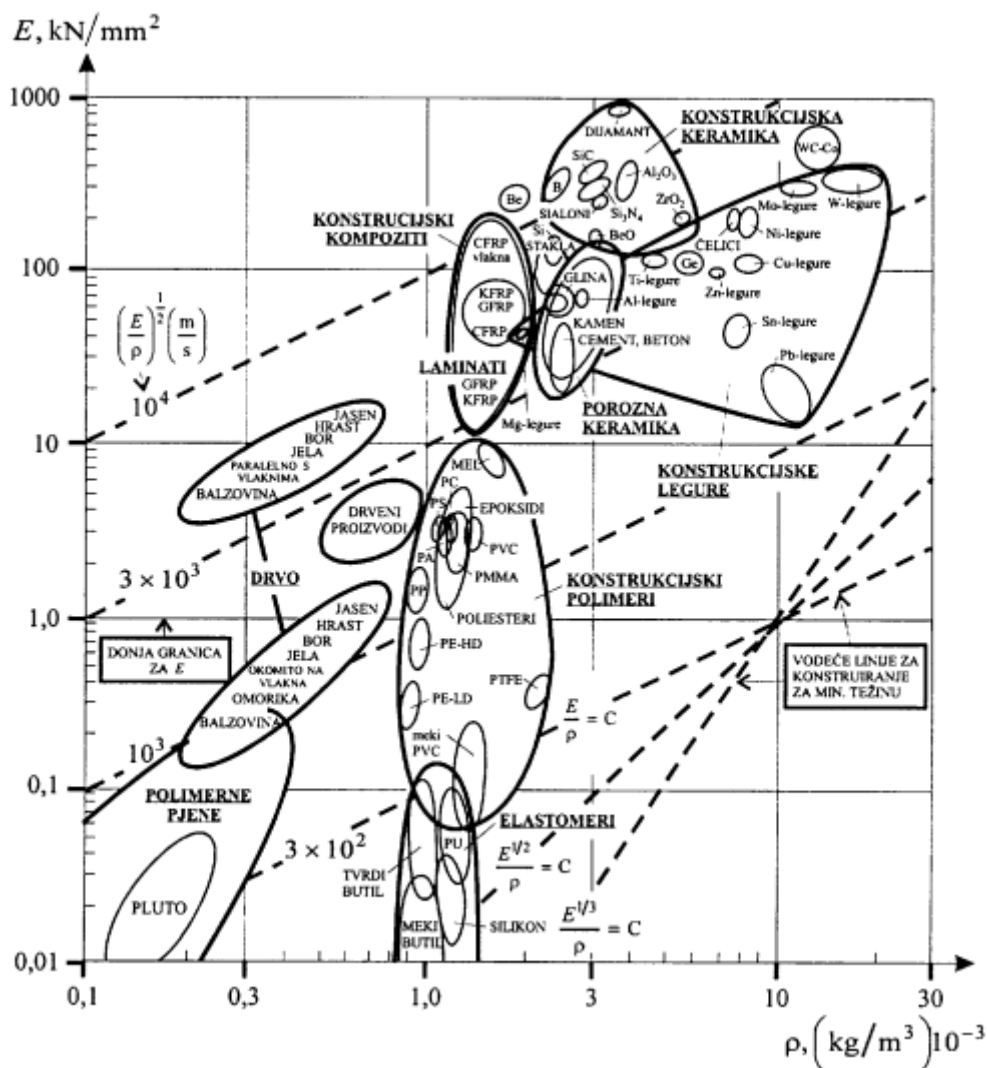
Svojstva tvari (materije) opisuju se nekim osnovnim konstantama koje su neovisne o obliku i dimenzijama izratka. U toj skupini svojstava nalaze se veličine koje govore o mehaničkoj otpornosti, primjerice krutost ( $E$ ), modul smičnosti ( $G$ ), Poissonov omjer ( $\nu$ ) i o fizikalnim svojstvima kao što je gustoća ( $\rho$ ) [51].

Skupine svojstava prema kojima se odabire materijal pri razvoju proizvoda su:

1. sastav i mikrostruktura materijala
2. fizikalna svojstva
3. mehanička svojstva
4. otpornost na kemijske, fizikalne i biološke utjecaje
5. otpornost na trošenje – tribološka svojstva
6. proizvodna svojstva
7. tržišne karakteristike materijala i poluproizvoda

Pri usporedbi materijala često nije dovoljno uzeti samo jedno svojstvo kao kriterij vrednovanja, nego je nužno razmatrati neku kombinaciju svojstava. Tako naprimjer, kao i u primjeru konstrukcijskog problema kolica za pse, za dijelove koji moraju biti laki i kruti treba uzeti u obzir i gustoću i modul elastičnosti. Na osnovi takvog pristupa razvijene su takozvane karte svojstava, slika 41., gdje se u jednom dijagramu prikazuju područja okvirnih vrijednosti za nekoliko svojstava različitih skupina materijala [51].

Iz slike 41. vidljivo je da najčešći materijal za okvir pri izradi kolica za pse, aluminij i njegove legure, ima dovoljno velik modul elastičnosti. Uz to, aluminij ima i manju gustoću u usporedbi s nekim drugim legurama ili čelikom. Takva svojstva su poželjna za ovaj tip problema.



Slika 41: Karta svojstava za modul elastičnosti ( $E$ ) i gustoću ( $\rho$ ) [51]

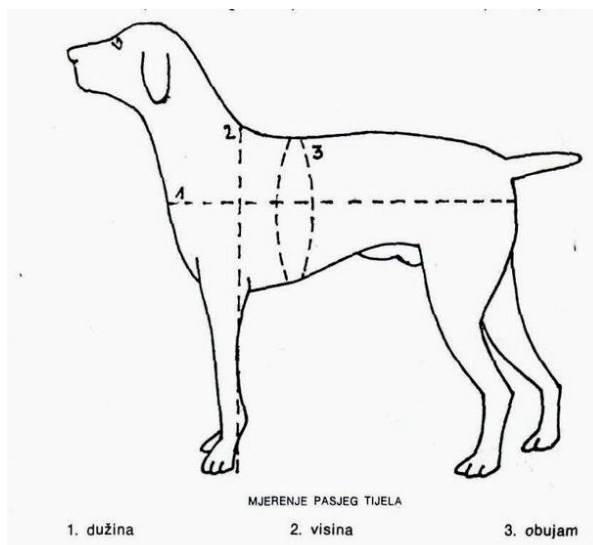
Odabir materijala sastavnih dijelova konstrukcije vrlo znatno utječe na konačnu masu, odnosno težinu. Iako pas ne nosi konstrukciju na sebi nego ju vuče, poželjno je da dodatno opterećenje na psa, osim njegove mase, bude što manje. Zbog toga najčešći materijal koji se koristi pri izradi okvira kolica je aluminij, analogno razlogu upotrebe aluminija u zrakoplovnoj industriji. Opća odlika aluminija i aluminijskih legura je mala gustoća uz znatnu čvrstoću, otpornost prema koroziji i kemijskim utjecajima, sposobnost oblikovanja i lijevanja, mogućnost povećanja čvrstoće, tvrdoće i žilavosti i sposobnost postizanja velikog sjaja poliranjem [52]. Svojstvo aluminija koje je bitno istaknuti jest da ima oko 2,9 puta manju gustoću od čelika, što je njegova prednost u ovoj upotrebi [53].

S obzirom na to da ima dobra svojstva čvrstoće, aluminijem je moguće postići željene nosivosti konstrukcija. Debljine aluminijske cijevi variraju u ovisnosti o težini i veličini psa.

Kao osovina kotača često se koristi nelegirani konstrukcijski čelik dimenzija otvora osovine kotača. Kotači se biraju prema nosivosti s obzirom na dinamičko opterećenje. Pojas oko psa i vreća za prihvat stražnjih noga izrađuju se od polimernih i prirodnih materijala radi udobnosti i male mase. Važno je da su korišteni materijali izdržljivi i otporni na trošenje pri normalnim uvjetima korištenja.

#### 4.2.2. Ostali biomehanički zahtjevi na konstrukciju

Sljedeća točka odnosi se na prilagodljivost konstrukcije tijelu. Kako bi kolica odgovarala korisniku, potrebno je uzeti osnovne mjere psa. Tri najčešće i najkorisnije mjere koje se uzimaju su dužina tijela, visina grebena i obujam tijela prikazane pomoću slike 42. Često je potrebno napomenuti i pasminu i masu psa jer se na temelju samo mjera može krivo pretpostaviti potrebna nosivost.

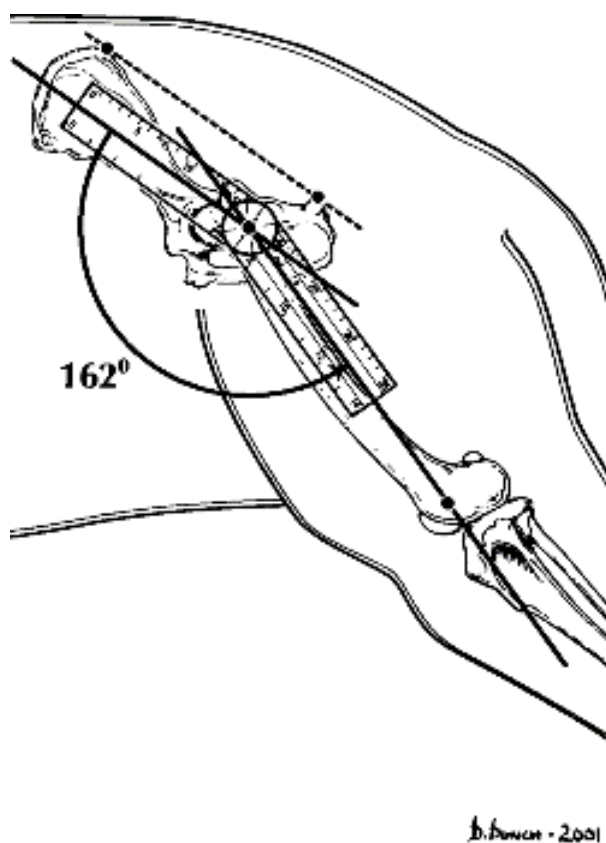


Slika 42: Osnovne dimenzije pri mjerenju pasjeg tijela [54]

Na kraju, poželjno je dodati dijelove kao zakačka za povodac ili ručku za prihvat. Ako su noge pokretljive, ali im treba potpora, postoje kolica koja ne sadrže prihvat za noge. Neke konstrukcije omogućuju vezanje stražnjih nogu, tako da kotači u potpunosti zamjenjuju udove. Na taj način stražnje noge se ne koriste, smanjeno je pokretanje zglobova, što je poželjno ako su ekstremiteti zahvaćeni jakim artritismom jer se time smanjuje bol. Pritom je potrebno uzeti u obzir doseg kuta zgloba kuka prilikom ekstenzije.

Ti kutovi dobiveni su istraživanjem provedenim na 16 labradora, 6 ženskih i 10 muških. Za vrijeme istraživanja prosječna masa ispitanih labradora je bila 32 kg, a prosječna starost 3 godine. Svi psi odabrani su nasumično, a kriteriji su bili sljedeći: svi psi moraju biti stariji od 18 mjeseci, niti jedan pas ne smije biti u krvnom srodstvu s bilo kojim drugim psom uključenim u istraživanje i niti jedan sudionik u istraživanju ne smije imati povijest bolesti bilo kojeg dijela lokomotornog sustava. Svi psi su bili ispitani u periodu od tjedna dana [16]. U sljedećem dijelu teksta prikazani su neki od rezultata tog istraživanja.

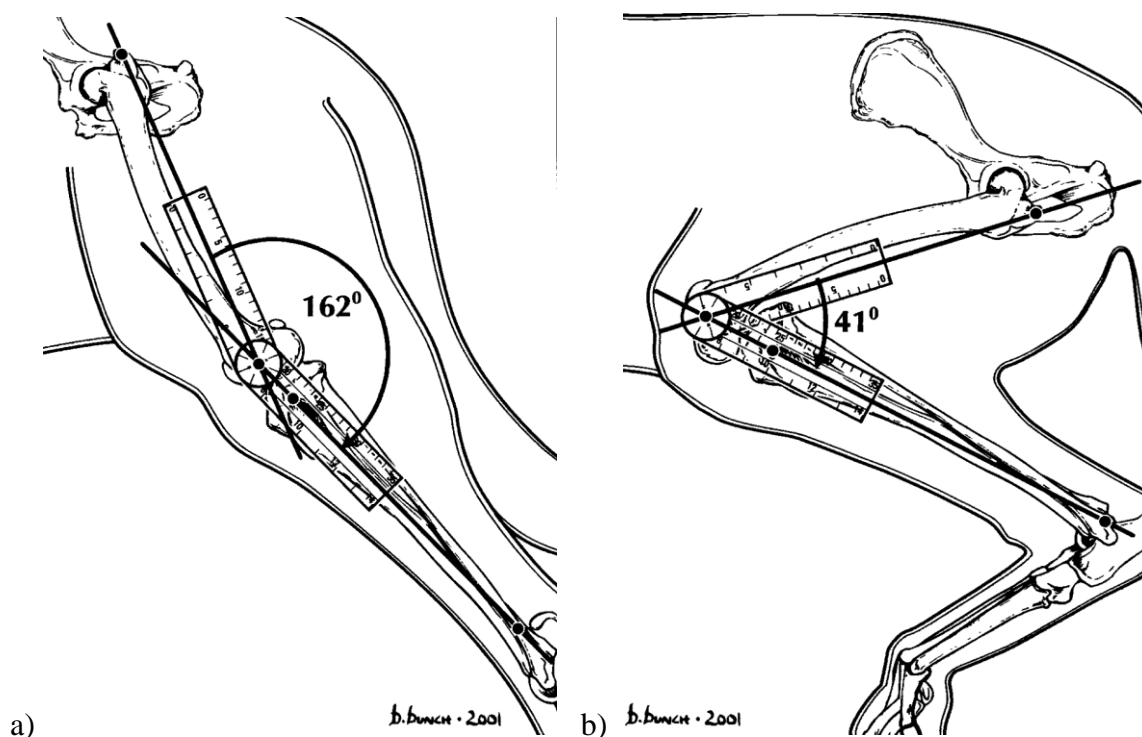
Maksimalni doseg kut koji zdravi zglob kuka može postići je oko  $162^\circ$  (slika 37.).



Slika 43: Maksimalno postizivi kut zgloba kuka [16]

Maksimalni doseg kuta koljenog zgloba (ekstenzija) iznosi oko  $162^\circ$  (slika 38.a), dok minimalni kut istog zgloba (fleksija) iznosi oko  $41^\circ$  (slika 38.b).





**Slika 44:** a) Maksimalno postizivi kut koljenog zgloba, b) minimalno postizivi kut koljenog zgloba [16]

Prema tome poželjno je psa stavljati u čim prirodniji položaj i uzeti u obzir da su navedeni kutovi postizivi u zdravom stanju zglobova. Slika 45. prikazuje primjer kolica s prihvatom za noge velikog kuta zgloba kuka i koljenog zgloba [55]



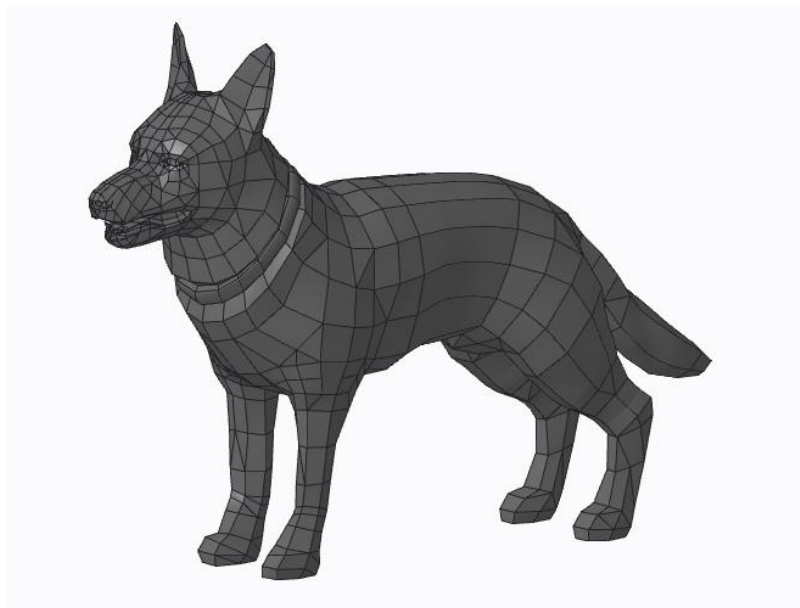
**Slika 45:** Primjer kolica s prihvatom za noge velikog kuta zgloba kuka i koljenog zgloba [55]

## 5. Prijedlog konstrukcijskog rješenja kolica za pse

Na temelju prethodno donesenih zaključaka o biomehanici hoda psa potrebno je predložiti konstrukciju za potporu tijelu i smanjenje opterećenja na ekstremitete prilikom kretanja psa. Prema tome rješenje mora zadovoljiti ključne biomehaničke, ali i funkcionalne zahtjeve. Konstrukcija treba biti prilagođena mjerama korisnika, omogućiti pravilnu i nesmetanu kretnju i smanjiti opterećenja na zglobove. Uz to, potrebno je obratiti pozornost i na uklanjanje ozljeda prilikom korištenja konstrukcije.

U nastavku rada prikazan je prijedlog konstrukcijskog rješenja kolica za pse. Prikazane su dvije verzije iste konstrukcije ovisno o tome da li stražnje noge sudjeluju u lokomotornoj aktivnosti ili ne. Za modeliranje korišten je 3D CAD računalni softver PTC Creo 4.0.

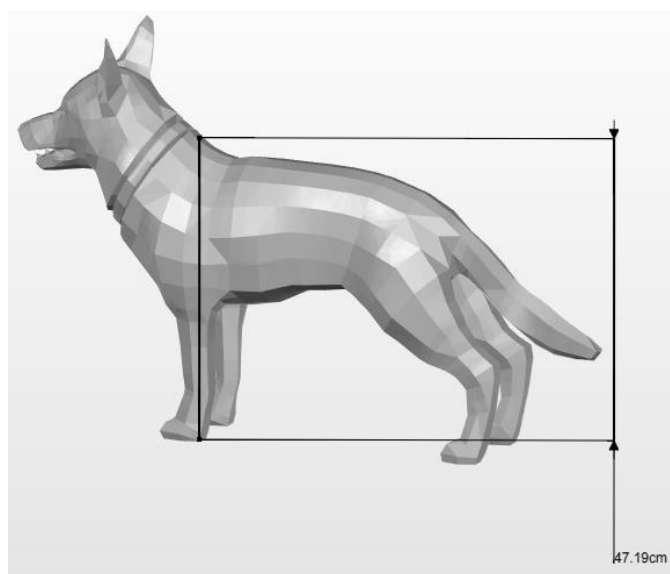
Za izradu konstrukcije korišten je 3D model njemačkog ovčara, slika 46., preuzet s interneta prema [56] u svrhu mjerenja, prilagođavanja konstrukcije realnim veličinama i prikaza konstrukcije na psu.



**Slika 46: 3D model njemačkog ovčara**

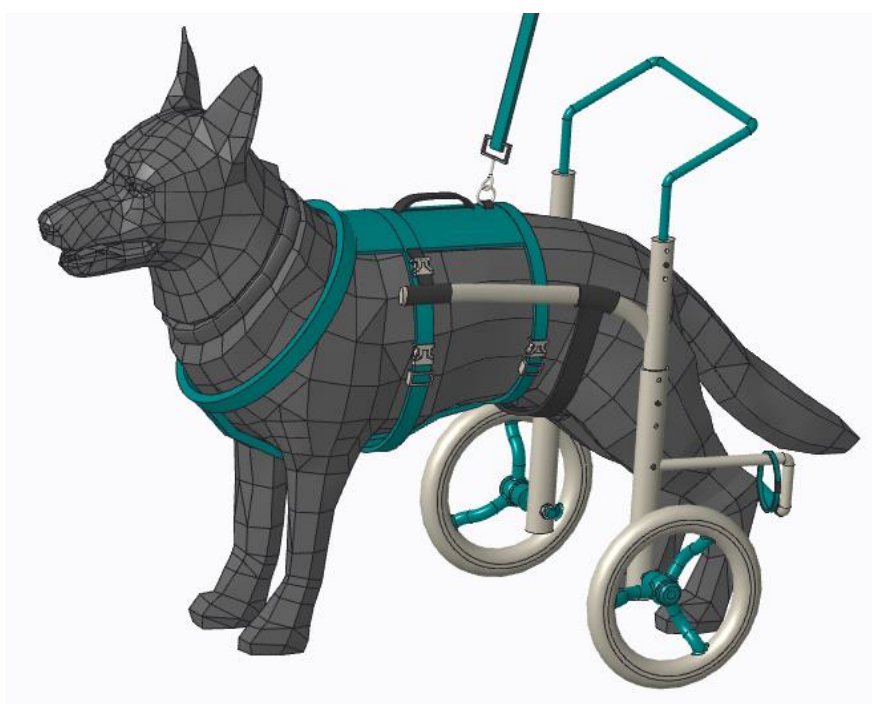
Njemački ovčar spada u pse srednje veličine. Prema tome, izrađena konstrukcija prilagođena je psima sličnih dimenzija koji se svrstavaju u pse srednje veličine, kao što su primjerice australski govedarski pas, australski ovčar, zlatni retriver, border coli i slični.

Za određivanje dimenzija psa korištena je web stranica prema [56] s koje je 3D model psa preuzet, a omogućava mjerenje 3D modela. Slika 47. prikazuje primjer izmjerene dimenzije pomoću web stranice.

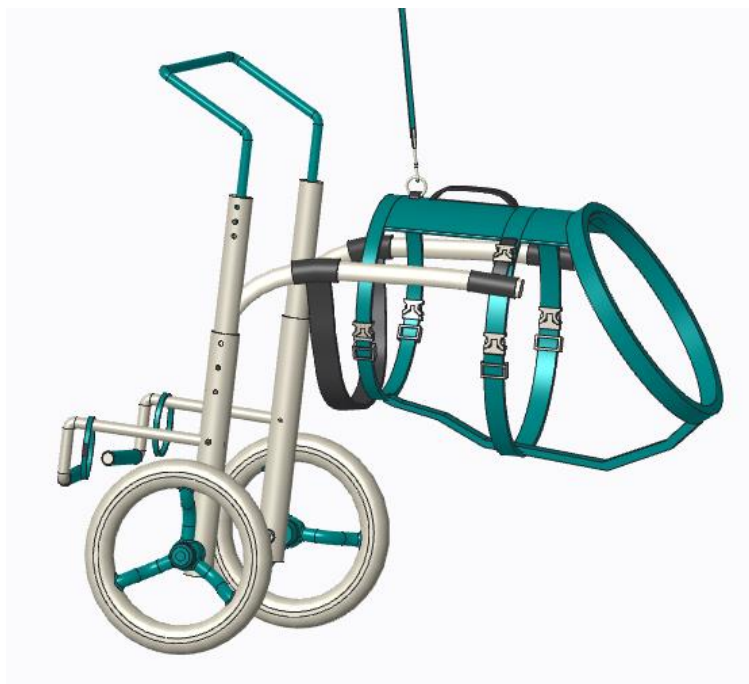


**Slika 47: Primjer izmjerene dimenzije psa korištene pri izradi konstrukcijskog rješenja [56]**

Prvi prijedlog, slika 48. i slika 49., prikazuje rješenje u slučaju kada stražnji ekstremiteti nisu u funkciji, stoga se vežu za konstrukciju. Na taj način spriječeno je vučenje nogu po podu, smanjeno njihovo trošenje i stvaranje rana na koži.

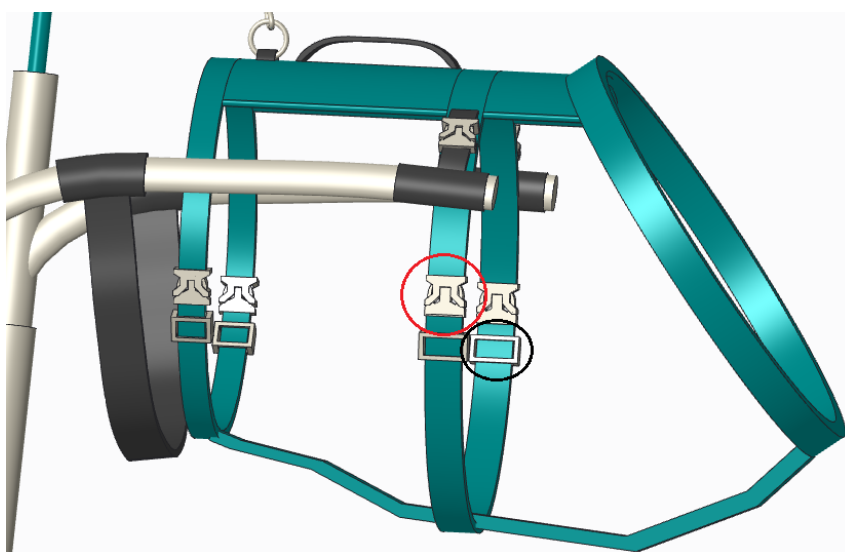


**Slika 48: 3D model konstrukcijskog rješenja na psu**



**Slika 49: 3D model konstrukcijskog rješenja bez psa**

Prvi korak je staviti psu pojas oko vrata i pomoću 4 kopče osigurati pojas uz tijelo (slika 50 - crvena oznaka). U blizini kopči na pojasu se nalaze i sistemi za podešavanje dimenzija koje opisuju tijelo (slika 50 - crna oznaka). To je izrazito bitno za udobnost tijela i pravilno korištenje konstrukcije. Ako pojas ne bi bio prilagođen tijelu, konstrukcija se ne bi nalazila na predviđenom mjestu ili bi bila nagnuta i opterećenje se ne bi pravilno raspodijelilo, čime se gubi funkcija konstrukcije.



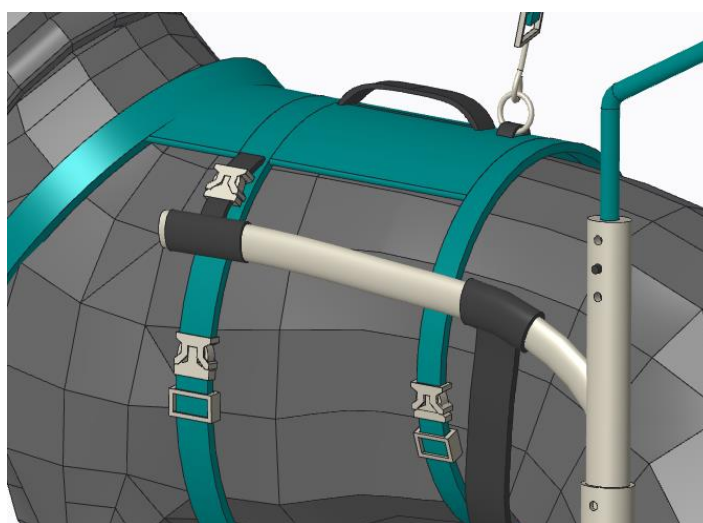
**Slika 50: Kopča na konstrukciji i sistem za podešavanje dimenzija**

Ako se pas nalazi na povodcu ogrlica može stvarati rane na koži vrata i uništavati dlaku. Ako se umjesto ogrlice koristi pojas oko cijelog tijela, sila pritezanja raspoređuje se po tijelu. Zbog toga je pojas bolje rješenje nego ogrlica. Pojasevi su najčešće izrađeni od polimernih materijala, udobnih, prilagodljivih tijelu i onih koji ne izazivaju alergijske reakcije. Na vrhu pojasa nalaze se ručka koja omogućuje držanje psa u položaju normalnog stajanja, posebice ako zadnje noge nemaju nikakvu funkciju. Također, pokraj ručke nalazi se i prsten za povodac, slika 51.



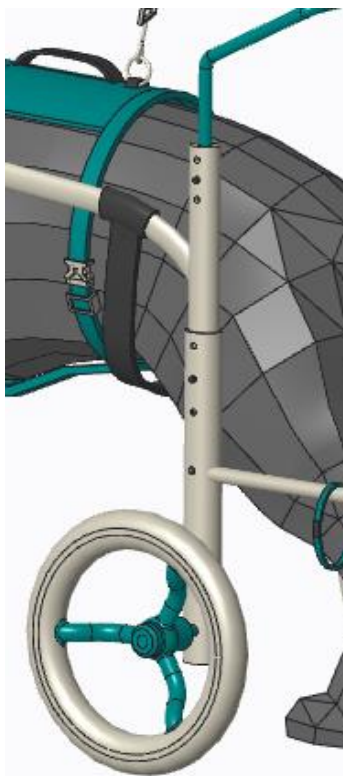
**Slika 51: Ručka i prsten za povodac**

Aluminijska rama pomoću kopče vezana je za pojas s obje strane tijela (slika 52.).



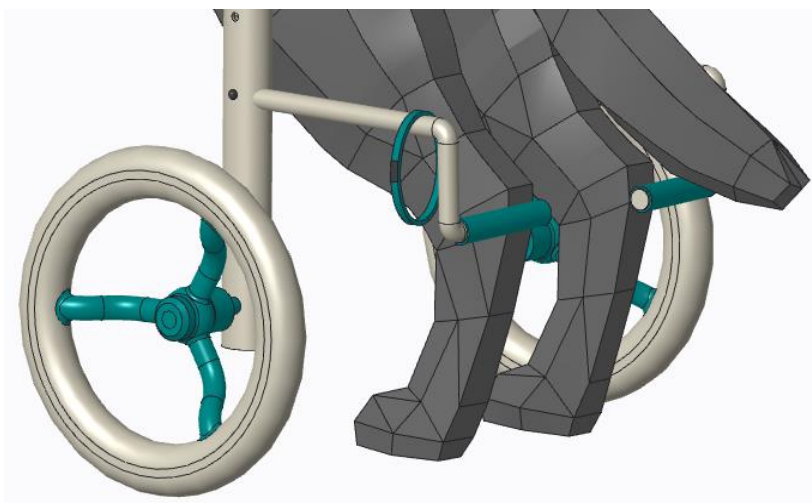
**Slika 52: Kopča za povezivanje pojasa i aluminijske rame**

Prema slici 53., na konstrukciji su predviđena dva sistema za podešavanje visine aluminijskog okvira.



**Slika 53: Sistemi za podešavanje visina konstrukcije**

Prihvat za noge (slika 54.) sastoji se od naslona za noge i vrpce čiji se opseg može prilagoditi opsegu noge i sprječava ispadanje noge s prihvata, a oko aluminijske cijevi nalazi se omotan polimerni materijal koji povećava debljinu, površinu naslona i udobnost.



**Slika 54: Prihvat za noge bez lokomotorne funkcije**

Na kraju je potrebno napomenuti kako je ova konstrukcija tek u konceptualnom dijelu razvoja, stoga nije proračunata i nisu određene točne dimenzije svih njezinih dijelova. Prema tome, ne može se ni odrediti točna masa, odnosno težina konstrukcije.

Sljedećih nekoliko slika prikazuje realniji prikaz površine psa i konstrukcije.



**Slika 55: Realniji prikaz s obzirom na površinu psa**

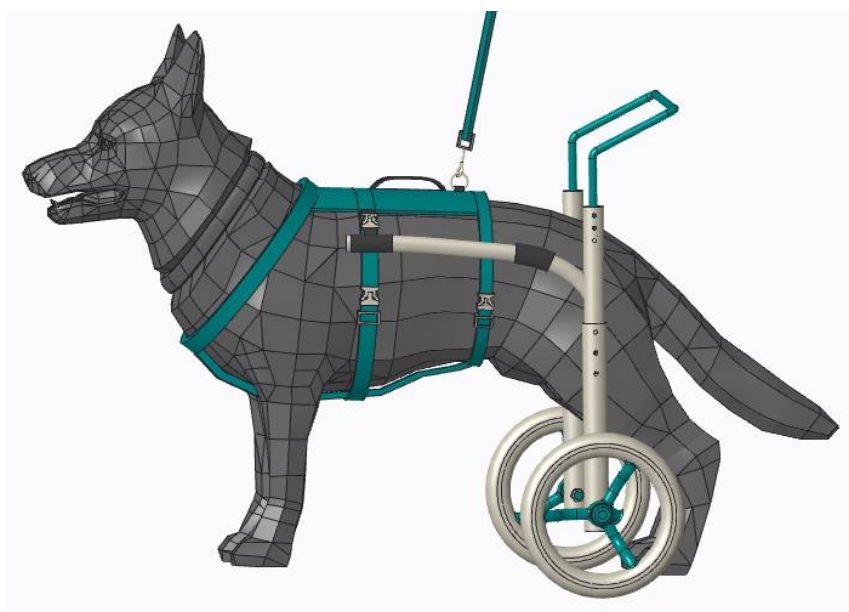


**Slika 56: Realniji prikaz konstrukcije s obzirom na površine**

Drugi prijedlog rješenja samo je varijacija na prvo rješenje. Razlika je u tome što nedostaje nekoliko sastavnih dijelova prve verzije. Ovaj prijedlog rješenja bio bi koristan ako noge psa imaju funkciju i potrebna im je kretanja, ali im treba ortopedska pomoć i smanjenje opterećenja na njih. Zbog toga nije potreban pojas oko struka koji drži tijelo, prihvat za noge ni vezice za osiguravanje noga u prijatu. To rješenje prikazuju slike 57. i 58.



**Slika 57: Konstruktivno rješenje za pse s nogama s postojećom lokomotornom funkcijom**



**Slika 58: Konstruktivno rješenje za pse s nogama s postojećom lokomotornom funkcijom, prikaz na psu**



## 6. ZAKLJUČAK

Biomehaničkom analizom hoda ustanovljeno je da se psi kreću na nekoliko različita načina gdje svaki od njih ima sebi karakteristične pokrete. U slučajevima kada lokomotorni sustav nije dobro razvijen ili je zahvaćen bolestima javlja se hromost. Hromost je svaka smetnja u normalnoj upotrebi ekstremiteta, a očituje se raznim protuprirodnim pojavama kod kretanja ili stajanja životinje. U tom slučaju pas podizanjem i spuštanjem glave i repa, produljivanjem koraka zdravog ekstremiteta i podizanjem kuka pomiče težište svojeg tijela u svrhu smanjenja opterećenja na ekstremitet u nezdravom stanju.

Ako ekstremiteti u potpunosti izgube funkciju, potrebno ih je amputirati ili je bol prilikom fleksije i ekstenzije u zglobovima prejaka, jedan od ortopedskih pomagala koji omogućuje pokretnost su kolica za pse.

Današnja znanja o suvremenim konstrukcijskim materijalima omogućuju uži izbor i pravilan odabir materijala već u početnim fazama razvoja proizvoda. Odabir materijala uvelike utječe na kvalitetu proizvoda, dimenzije, cijenu i nosivost, odnosno mehaničku otpornost.

Kolica za pse moraju dimenzijski biti prilagođena psu i zadovoljavati ključne biomehaničke i funkcionalne zahtjeve. Uz to, zadaća konstrukcije je da pruža potporu tijelu, smanjuje opterećenje na ekstremitete i omogućuje pravilnu i nesmetanu kretanju.

Dva osnovna dijela izrađenog rješenja konstrukcije kolica za pse su pojas i okvir. Predviđen materijal okvira je aluminij. Opća odlika aluminija i aluminijskih legura je mala gustoća uz znatnu čvrstoću, otpornost prema koroziji i kemijskim utjecajima i sposobnost oblikovanja i lijevanja. Aluminij ima oko 2,9 puta manju gustoću od čelika, što je njegova glavna prednost u ovoj upotrebi. Pojasevi su najčešće izrađeni od polimernih materijala koji su udobni, prilagodljivi tijelu i koji ne izazivaju alergijske reakcije.

Prikazano rješenje konstrukcije kolica je napravljeno za psa srednje veličine, pogodno za skidanje i namještanje po potrebi. U slučaju psa manjih ili većih dimenzija, postoji mogućnost modifikacije osnovnog modela. Radi se o univerzalnom 3D modelu koji se može prilagođavati različitim dimenzijama i masama. Izgled rješenja ostaje isti, samo u drugačijem mjerilu s mogućim razlikama u korištenim materijalima.

Prikazana konstrukcijska rješenja samo su prijedlozi pomagala čija bi daljnja razrada vjerojatno rezultirala određenim preinakama, ali osnovna ideja bi ostala ista.

**LITERATURA**

- [1] <http://struna.ihjj.hr/naziv/biomehanika/13181/>, preuzeto 02.07.2018.
- [2] <http://animuppetry.blogspot.com/2013/01/>, preuzeto 02.07.2018.
- [3] <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=37038>, preuzeto 02.07.2018.
- [4] <http://www.zivotinje.rs/enciklopedijaStrana.php?id=58&alias=upoznajte-gradju-psa>, preuzeto 20.08.2018.
- [5] [http://cal.vet.upenn.edu/projects/saortho/chapter\\_91/91mast.htm#references](http://cal.vet.upenn.edu/projects/saortho/chapter_91/91mast.htm#references), preuzeto 04.07.2018.
- [6] <https://vimeo.com/215637283>, preuzeto 01.09.2018.
- [7] <http://iarekylew00t.me/anatomy-of-a-running-dog/>, preuzeto 22.08.2018.
- [8] <https://www.flickr.com/photos/tags/doublesuspensiongallop/>, preuzeto 01.09.2018.
- [9] <http://rsif.royalsocietypublishing.org/content/10/81/20120908#F4>, preuzeto 05.09.2018.
- [10] <https://www.youtube.com/watch?v=5jbCFLR2oIQ>, preuzeto 05.09.2018.
- [11] <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=17611>, preuzeto 07.07.2018.
- [12] <http://www.academicjournals.org/journal/JVMAH/article-full-text/C4D51D551213>, preuzeto 07.07.2018.
- [13] <https://www.tapatalk.com/groups/foursoftpaws/gra-a-tijela-t7620.html>, preuzeto 07.07.2018.
- [14] <http://hks.hr/web/dokumenti/Niksa%20Lemo%20seminar.pdf>, preuzeto 10.07.2018.
- [15] <http://apeironsrbija.edu.rs/pripreme-ispita/biomehanika-sa-kineziologijom/biomehanika-sa-kineziologijom-skripta.pdf>, preuzeto 25.08.2018.
- [16] [https://www.researchgate.net/figure/Goniometry-of-the-hind-limb-Tarsal-flexion-and-extension-are-measured-as-the-angles\\_fig1\\_11259558](https://www.researchgate.net/figure/Goniometry-of-the-hind-limb-Tarsal-flexion-and-extension-are-measured-as-the-angles_fig1_11259558), preuzeto 08.07.2018.
- [17] <http://struna.ihjj.hr/naziv/veliki-obrtac/26151/>, preuzeto 10.07.2018.
- [18] <http://proleksis.lzmk.hr/19833/>, preuzeto 10.07.2018.
- [19] <http://anatomyzone.com/anatomy-feed/greater-trochanter/>, preuzeto 08.07.2018.
- [20] <http://emg-zine.com/item.php?id=729>, preuzeto 08.07.2018.
- [21] <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=31480>, preuzeto 12.07.2018.
- [22] [http://animal-physiotherapy.blogspot.com/2011\\_07\\_27\\_archive.html](http://animal-physiotherapy.blogspot.com/2011_07_27_archive.html), preuzeto 13.07.2018.
- [23] <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=31497>, preuzeto 13.07.2018.
- [24] <http://luvran.com/kinologija-2/anatomija-psa/>, preuzeto 13.07.2018.

- [25] <http://moj.pet-centar.hr/Pitajte-nase-veterinare-Psi/Bolesti-lokomotornog-sustava-u-pasa-/-Hromost-ozljeda-mekih-tkiva-i-istegnuce-misica-u-pasa-7300.html>, preuzeto 28.07.2018.
- [26] <https://www.wheelchairsfordogs.com/>, preuzeto 25.08.2018.
- [27] <https://zivim.hr/rastem/otezano-kretanje-pasa-starost-lijenost-ili-bolest/>, preuzeto 02.09.2018.
- [28] <http://www.animalabs.com/hr/degenerativna-mijelopatija-pasa/>, preuzeto 02.09.2018.
- [29] <http://veterina.com.hr/?p=40445>, preuzeto 02.09.2018.
- [30] <http://petface.net/displazija-kukova-i-laktova-kod-pasa/>, preuzeto 03.09.2018.
- [31] <https://www.viovet.co.uk/knowledgebase/a167-Joint-Problems-and-Joint-Care-in-Dogs>, preuzeto 03.09.2018.
- [32] <https://www.mojkvart.hr/Zagreb/Vrapce/Veterinarska-ambulanta-veterinarska-ljekarna/veterinar-hitne-intervencije/K-Laser-Artritis-kod-pasa-macaka-i-ostalih-ljubimaca-S37613>, preuzeto 02.09.2018.
- [33] <http://hrvatska-danas.com/2017/01/08/psi-kao-i-ljudi-obiljevaju-od-artritisa-i-to-cesce-nego-sto-ljudi-misle-evo-sto-mozemo-uciniti/>, preuzeto 04.09.2018.
- [34] <https://www.youtube.com/watch?v=E3Sf9eS-FJ0>, preuzeto 06.09.2018.
- [35] [https://www.zooplus.hr/shop/psi/transporteri\\_za\\_pse/prikolice\\_za\\_bicikl](https://www.zooplus.hr/shop/psi/transporteri_za_pse/prikolice_za_bicikl), preuzeto 28.08.2018.
- [36] <https://www.ottobock.hr/ortotika/sto-su-ortoze-i-steznici/>, preuzeto 28.08.2018.
- [37] <http://ferno.ca/index.php/product/k9-rappel-harness/>, preuzeto 28.08.2018.
- [38] <https://www.orvis.co.uk/p/lift-assist-dog-harness/4y0h>, preuzeto 28.08.2018.
- [39] <http://orthodesign.ca/orthotics.html>, preuzeto 30.08.2018.
- [40] [http://repozitorij.fsb.hr/4553/1/Bernat\\_2015\\_diplomski.pdf](http://repozitorij.fsb.hr/4553/1/Bernat_2015_diplomski.pdf), preuzeto 30.08.2018.
- [41] <http://sheslap.com/golden-retriever-dog/golden-retriever-dog-lovely-chi-chi-the-golden-retriever-dog-loses-legs-but-walks-on-new/>, preuzeto 30.08.2018.
- [42] <https://www.prostheticdr.com/services/dog-prosthetics>, preuzeto 30.08.2018.
- [43] <https://www.handicappedpets.com/new-dog-wheelchair-specially-made-for-corgis/>, preuzeto 06.09.2018.
- [44] <https://bestfriendmobility.net/index.php>, preuzeto 06.09.2018.
- [45] <http://dogwheelchairhq.com/xxs-rear-leg-deficiency-dog-wheelchair-best-friend-mobility>, preuzeto 06.09.2018.
- [46] <https://thepetsmaster.com/best-dog-wheelchair/#tentable>, preuzeto 06.09.2018.
- [47] <https://walkinwheels.com/the-dog-wheelchair>, preuzeto 07.09.2018.

- 
- [48] <http://rujanajeger.com/index.php/jeste-li-znali/item/417-invalidska-kolica-za-pse-za-%C4%8Ditavu-regiju>, preuzeto 08.09.2018.
- [49] <http://www.kolicazapse.in.rs/psi/materijal.htm>, preuzeto, 08.09.2018.
- [50] <https://www.behance.net/gallery/9437563/Dog-wheelchair>, preuzeto 08.09.2018.
- [51] Filetin, T.: Izbor materijala pri razvoju proizvoda, FSB, Zagreb, 2000.
- [52] <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=2044>, preuzeto 09.09.2018.
- [53] [https://www.sfsb.hr/kth/zavar/tii/al\\_lg.pdf](https://www.sfsb.hr/kth/zavar/tii/al_lg.pdf), preuzeto 09.09.2018.
- [54] <http://luvran.com/kinologija-2/anatomija-psa/>, preuzeto 09.09.2018.
- [55] <https://dog-milk.com/amigo-dog-wheelchair/>, preuzeto 09.09.2018.
- [56] <https://grabcad.com/library/german-shepherd-dog-figure-1>, preuzeto 05.07.2018.

---

**PRILOZI**

I. CD-R disc