

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4103 Zootechnika

Studijní obor: Zootechnika

Katedra: Katedra zootechnických věd

Vedoucí katedry: doc. Ing. Miroslav Maršálek, CSc.

Bakalářská práce

POSUZOVÁNÍ MECHANIKY POHYBU
CHLADNOKREVNÝCH KONÍ

Vedoucí práce:

doc. Ing. Miroslav Maršálek, CSc.

Autor bakalářské práce:

Paulína Piscová Mandová

České Budějovice, 2017

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Fakulta zemědělská

Akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Paulína PISCOVÁ MANDOVÁ**

Osobní číslo: **Z14665**

Studijní program: **B4103 Zootechnika**

Studijní obor: **Zootechnika**

Název tématu: **Posuzování mechaniky pohybu chladnokrevných koní**

Zadávací katedra: **Katedra zootechnických věd**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Hodnocení mechaniky pohybu koní je velmi důležité z hlediska jejich pracovního a případně i sportovního využití. U chladnokrevných plemen koní je rozhodující jejich mechanika pohybu v kroku a klusu, protože právě v těchto chodech tyto koně pracují.

Cílem práce je zpracovat přehled fyziologických vlastností, které ovlivňují mechaniku pohybu koně, poskytnout přehled metod hodnocení chladnokrevných koní z hlediska jejich mechaniky pohybu při zápisu do plemenné knihy a tam, kde je to možné, zhodnotit možnosti, kterými se dá subjektivní hodnocení minimalizovat a nahradit objektivním.

Na základě dostupné odborné literatury zpracujete přehled o faktorech, které mechaniku pohybu ovlivňují se zdůrazněním mechaniky pohybu chladnokrevných koní v kroku a klusu. Posoudíte způsob hodnocení mechaniky pohybu koní využívaný v České republice a porovnáte ho s metodami používanými v zahraničních chovatelských svazech. Zhodnotíte možnosti a efektivnost využití objektivních metod hodnocení mechaniky pohybu. Ze zjištěných informací vyvodíte závěry a doporučení pro chovatelskou praxi Uznaných chovatelských sdružení v České republice.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: „Posuzování mechaniky pohybu chladnokrevných koní“ vypracovala samostatně, na základě vlastních zjištění, odborných konzultací a materiálů, které uvádím v seznamu literatury.

Dále prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

České Budějovice, 20. duben 2017

Paulína Piscová Mandová

Děkuji vedoucímu bakalářské práce, doc. Ing. Miroslav Maršálkovi, CSc., za odbornou pomoc při vypracování bakalářské práce a připomínky při zpracování naměřených hodnot.

České Budějovice, 20. duben 2017

Paulína Piscová Mandová

Souhrn: Nejrozšířenějšími plemeny chladnokrevných koní v České republice jsou Českomoravský belgický kůň, Slezský norický kůň a Norický kůň. Hodnocení jejich mechaniky pohybu je důležitou součástí odhadu jejich potenciálu k pracovnímu využití, šlechtitelské hodnotě a případně i ke sportu. Cílem této práce bylo posouzení hodnocení mechaniky pohybu v kroku a klusu využívaných v České republice. Následně byly zhodnocené možnosti využití objektivních metod a jejich efektivnost v chovatelské praxi.

V rámci literárního přehledu byly popsány fyziologické a anatomické vlastnosti pohybového aparátu koní, které přímo definují jejich pohybové schopnosti. Dále byla charakterizována nejvýznamnější plemena chladnokrevných koní v České republice a následně byl zpracován přehled charakteristik mechaniky pohybu, metod jejich hodnocení a srovnání s metodami užívaných v zahraničních chovatelských svazech.

Z objektivních metod hodnocení mechaniky pohybu byla vybrána videografická kinematická analýza, která je v chovatelské praxi nejlépe uplatnitelná. Za minimálních nákladů bylo možné vykonat tuto analýzu i za běžných podmínek pro české chovatele. Byl ověřen metodický postup měření s důrazem k využití získaných dat k objektivnímu hodnocení mechaniky pohybu chladnokrevných koní. Ze zjištěných poznatků lze za určitých podmínek doporučit tuto metodu jako vhodný doplněk k již zavedeným metodám hodnocení v zootechnické praxi.

Klíčové slova: chladnokrevný kůň, mechanika pohybu, kinematická analýza

Abstract: The most common breed of coldblooded horses in the Czech Republic are the Czech-Moravian Belgian horse, Silesian noriker and Noriker. Evaluation of the mechanics of movement is an important part of the estimation of their potential use for work, breeding value and possibly for sport. The aim of this study was to assess the evaluation mechanics of movement in walk and trot used in the Czech Republic. Afterwards, we evaluate the possibility of using objective methods and their effectiveness in breeding practice.

Within the literature review there have been described the anatomical and physiological characteristics of the musculoskeletal system of horses that directly define their movement abilities. Furthermore, the most important breeds of coldblooded horses in the Czech Republic were characterized and then there was an overview of the characteristics of movement prepared, the methods of evaluation and comparison of the methods used in foreign breeder's associations.

From the objective evaluation methods, the mechanics of movement has been selected a video graphic kinematic analysis, which is the best breeding practice exercisable. At a minimum cost, we could perform this analysis even under normal conditions for Czech farmers. The methodology of measurement was proven with an emphasis on the use of the data obtained from the objective evaluation of the mechanics of movement of coldblooded horses. Of the identified knowledge under certain circumstances we may recommend this method as a useful supplement to established evaluation methods in zootechnical practice.

Keywords: coldblooded horse, movement mechanics, kinematic analysis

Obsah

1. Úvod.....	9
2. Literární přehled.....	10
2.1 Anatomické a fyziologické vlastnosti definující mechaniku pohybu koně....	10
2.1.1 Názvy poloh a směrů částí těla.....	10
2.1.2 Stavba těla koně.....	10
2.1.3 Kosterní soustava.....	11
2.1.4 Svalová soustava.....	14
2.1.5 Hlava a osová kostra.....	15
2.1.6 Hrudní končetina.....	17
2.1.7 Pánevní končetina.....	20
2.2 Rozdělení plemen koní.....	22
2.2.1 Nejvýznamnější chladnokrevná plemena v České republice.....	22
2.2.2 Českomoravský belgický kůň.....	23
2.2.3 Norický kůň.....	24
2.2.4 Slezský norický kůň.....	26
2.3 Mechanika pohybu koně.....	27
2.3.1 Charakteristiky pohybových vlastností.....	28
2.3.2 Faktory ovlivňující mechaniku pohybu koně.....	30
2.3.3 Metody hodnocení mechaniky pohybu v České republice.....	31
2.3.4 Metody hodnocení mechaniky pohybu v zahraničí.....	32
2.3.5 Biomechanické metody hodnocení mechaniky pohybu.....	33
3. Cíl práce.....	35
4. Materiál a metodika.....	36
4.1. Charakteristika objektu měření.....	36
4.2. Příprava měření.....	36
4.3. Průběh měření.....	38
4.4. Zpracování naměřených dat.....	38
5. Výsledky a diskuze.....	40
5.1. Vyhodnocení záznamu hrudní končetiny v kroku.....	40
5.2. Vyhodnocení záznamu hrudní končetiny v klusu.....	44

5.3 Srovnání naměřených hodnot.....	48
6. Závěr.....	50
7. Doporučení pro chovatelskou praxi	51
Citovaná literatura	53
Přílohy	56

1. Úvod

Pohyb je základní vlastností všech živých organismů. V živočišné říši se cílený pohyb z místa na místo označuje jako lokomoce. Tímto způsobem zvířata vyhledávají potravu, unikají predátorům, mohou vykonávat sociální projevy a další činnosti spojené s životem v jejich přirozeném prostředí. Mechanika pohybu je proto jedním z nejvýznamnějších faktorů ovlivňujících hodnotu chladnokrevných koní z hlediska jejich využití i šlechtění. Vzhledem k důležitosti tohoto faktoru je zcela přirozené, že odborná chovatelská a šlechtitelská veřejnost usiluje, pokud možno o nejobektivnější a komplexní způsob posouzení. K tomuto účelu byly vypracovány a stále jsou tvořeny nové metodické postupy jako hodnotit kvalitativní a kvantitativní charakteristiky, které mají poskytnout, pokud možno co nejucelenější informaci o pohybovém potenciálu hodnocených koní.

Souběžně s tímto úsilím byla v oblasti veterinárního lékařství a rovněž i v mezioborové vědní disciplíně – biomechanice věnována velká pozornost nejen na detailní popsání koňského pohybu, ale i na diagnostiku patologických změn a abnormalit pohybového ústrojí. K těmto účelům se využívají též poznatky z kinematické a dynamické analýzy. Kinematika je vědní disciplína zaměřená na posuzování geometrických vlastností pohybu bez uvažování sil, které tento pohyb vyvolávají. Dynamika je naopak studium sil, které jsou zodpovědné za vznik pohybu.

V současné době vzniká v těchto oborech velké množství prací, věnujících se pohybové analýze různých živočichů. K tomu přispívá prudký rozvoj výpočetní a audiovizuální techniky, která umožňuje vykonávat tyto analýzy za pomoci videografických, optoelektronických nebo akcelerometrických měření. Tyto metody jsou zaměřené na objektivní posuzování charakteristik pohybu všeobecně.

Tento výzkum probíhá ve specializovaných klinikách a laboratořích za použití špičkového vědeckého vybavení. Materiální náklady a náročnost přípravy na měření je pro šlechtitelskou praxi jen stěží použitelná, a proto profesionální posuzování mechaniky pohybu koní v chovatelské a šlechtitelské praxi stojí stále hlavně na názoru odborné komise.

Cílem této práce je posouzení hodnocení mechaniky pohybu v kroku a klusu využívaných v České republice. Následně budou zhodnoceny možnosti využití objektivních metod a jejich efektivnost v chovatelské praxi.

Kromě přehledu fyziologických vlastností pohybového aparátu koně a chladnokrevných plemen v České republice se snaží také poskytnout přehled metod hodnocení koní z hlediska jejich mechaniky pohybu.

Tato práce si rovněž klade mezi své cíle experimentálně posoudit možnosti a efektivnost užití objektivních metod hodnocení mechaniky pohybu v běžných podmínkách pro chovatelskou a šlechtitelskou praxi.

2. Literární přehled

2.1 Anatomické a fyziologické vlastnosti definující mechaniku pohybu koně

Vlastnosti mechaniky pohybu koně z anatomického a fyziologického hlediska přímo vycházejí ze stavby a funkčních vlastností kosterní a svalové soustavy. Kosterní soustava představuje pasivní složku pohybového aparátu a definuje pohybové možnosti koně. Svalová soustava naopak představuje aktivní složku, která tento pohyb uskutečňuje.

Tyto dvě soustavy se v největší míře podílejí na mechanice pohybu, avšak jenom za součinnosti ostatních soustav, jako např. nervové, která vykonává řídicí funkci, nebo oběhové, která zajišťuje přesun nezbytných metabolitů. Činnost pohybového aparátu je tedy přímo a velmi komplexně ovlivňovaná fyziologickými vlastnostmi celého organismu.

2.1.1 Názvy poloh a směrů částí těla

Nejdůležitější anatomické směry a roviny koňského těla jsou názorně popsány na obrázku č. 1.

Pohyb koně je složitý děj odehrávající se ve trojrozměrném prostoru. Pro jeho zjednodušené posouzení a analýzu je možné tento děj studovat v sagitálních a transverzálních rovinách. Příkladem takovéto kinematické studie je například práce **BACKA (1995)** nebo **RIEMERSMA (1988)**.

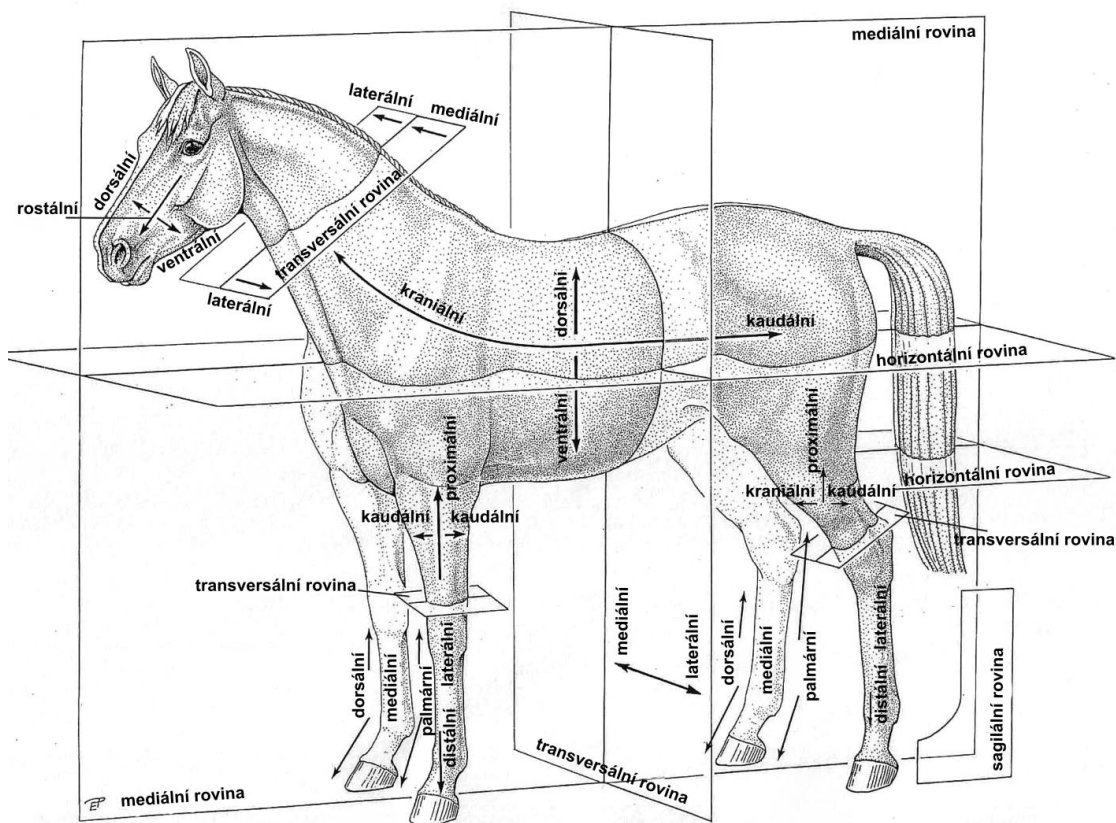
2.1.2 Stavba těla koně

Tělo koně dělí **DUŠEK a kol. (2011)** na tři části a to přední, střední a zadní. Přední část tvoří hlava, krk, přední část hrudníku s plecí a hrudní končetiny. Střední část se skládá ze hřbetu včetně beder, zbývající části hrudníku a břicha. Zadní část se rozděluje na zád' a pánevní končetiny.

Těžištěm koně se rozumí myšlený bod, do kterého se soustřeďuje hmotnost všech částí koňského těla a kolem kterého je hmotnost rozložena rovnoměrně do všech stran (**CLAYTON, 2004**).

BUCHNER (1997, 2000) uvádí, že těžiště je klíčovým faktorem při analýze koňského pohybu. Jeho poloha a pohyb určuje rozložení a míru zatížení na končetiny. Ve své práci studoval ve třírozměrném prostoru pohyb těžiště na krácejícím a klusajícím koni za použití kinematické segmentální metody.

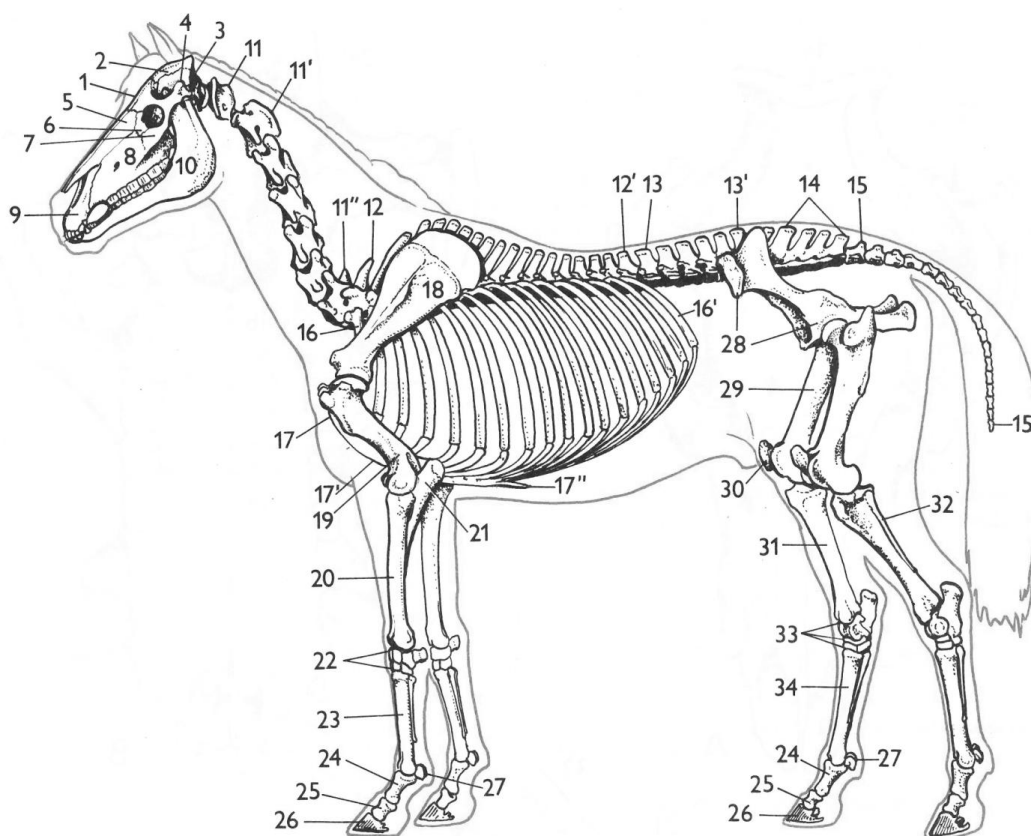
Obrázek č. 1: Roviny a směry u koně (WISSDORF, 1998).



2.1.3 Kosterní soustava

Kosterní soustava představuje soubor kostních a chrupavčitých orgánů (kostí a chrupavek), které jsou účelně tvarově a velikostně diferencované a navzájem pevně anebo pohyblivě spojené. Vytvářejí tak ucelený tělní systém – kostru (obrázek č. 2). Kosterní soustava se vyznačuje mnohými životně důležitými funkcemi. Tvoří především opěrný a mechanický podklad celého těla. Samostatně nebo spolu se svaly vytváří stěny dutin (lebeční, hrudní a jiných), a tak chrání nejdůležitější orgány jako například mozek, míchu, srdce, plíce a jiné (MARVAN a kol., 2003).

Obrázek č. 2: Kostra koně (MARVAN a kol., 2003)



Legenda: Kostra hlavy: 1 - čelní kost, 2 - temenní kost, 3 - týlní kost, 4 - spánková kost, 5 - nosní kost, 6 - slzná kost, 7 - jařmová kost, 8 - horní čelist, 9 - řezáková kost, 10 - dolní čelist. Páteř: 11 - nosič, 11' - čepovec, 11'' - sedmý krční obratel, 12 - první hrudní obratel, 12' - osmnáctý hrudní obratel, 13 - první bederní obratel, 13' - šestý bederní obratel, 14 - křížová kost, 15 - první ocasní obratel, 15' - poslední ocasní obratel. Žebra: 16 - první žebro, 16' - osmnácté žebro. Hrudní kost: 17 - rukojeť, 17' - tělo, 17'' - mečová chrupavka. Kostra hrudní končetiny: 18 - lopatka, 19 - pažní kost, 20 - vřetenní kost, 21 - loketní kost, 22 - zápěstní kosti, 23 - zápřstní kosti, 24 - spěnková kost, 25 - korunková kost, 26 - kopytní kost, 27 - sezamské kosti. Kostra pánevní končetiny: 28 - pánevní kost, 29 - stehenní kost, 30 - česka, 31 - holenní kost, 32 - lýtková kost, 33 - zánártní kosti, 34 - nártní kosti.

DYCE (1991) jako další funkci kostry, a především kostního tkaniva, uvádí udržování vnitřní tělesné homeostázy skrz udržování rezerv vápníku, fosforu, a dalších iontů. Neméně důležitý je význam kostní dřeně při procesu krvetvorby.

Kosterní soustava koně sestává přibližně z 205 kostí. Počet kostí se liší, protože jak kůň dospívá, některé kosti srůstají. Také počet ocasních obratlů se může u různých jedinců lišit (**HIGGINS, 2009**).

Podle velikosti rozeznáváme v kostře kosti dlouhé, krátké a ploché. Různá velikost jim umožňuje plnit odlišné funkce v mechanice pohybu a také při vytváření dutin těla. Dlouhé kosti mají největší délku, na končetinách se označují jako rourovité kosti. Krátké kosti mají všechny tři rozměry přibližně stejné. Je pro ně charakteristické, že nemají

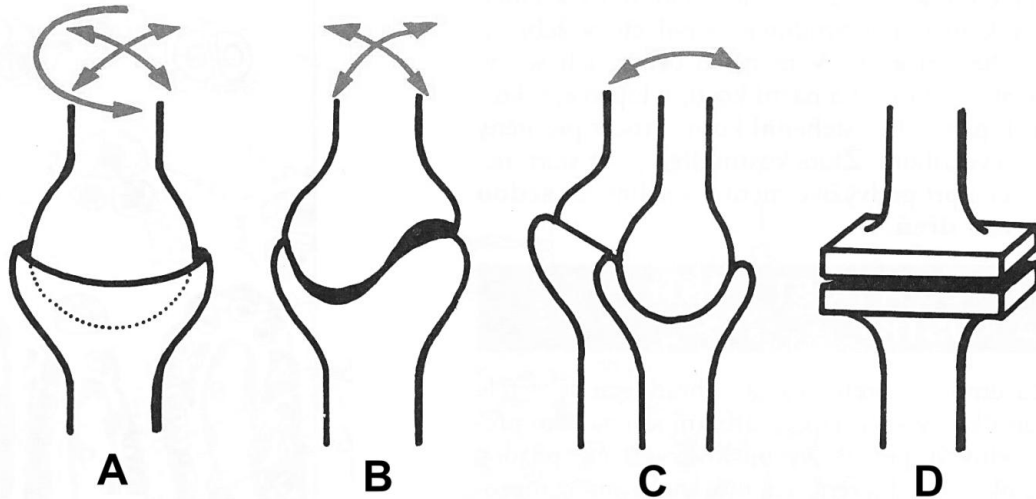
dřeňovou dutinu. Nacházejí se na těch místech končetin a trupu, kde je potřebné, aby vznikaly pouze malé pohyby a jejich sumarizací pohyb velký. Ploché kosti mají tvar ploten, jejichž délka a šířka je větší než tloušťka. Patří k nim lopatka a lebeční kosti. Povrch kostí je různě modelovaný a je buď hladký, nebo drsný. Hladký povrch je zpravidla u kloubního spojení. U drsného povrchu vyvýšené nerovnosti slouží k upevnění svalů, šlach, vazů a povázek. Modelace kostí je výsledkem působení různých sil svalů, šlach, vazů a umožňuje vzájemné spojení kostí a jejich pohyblivost (**MARVAN a kol., 2003**).

Jednotlivé části kostry se navzájem spojují pomocí kostních spojení. Pohyblivost kostních spojení je důležitým pojmem v mechanice pohybu. Aplikací všeobecných kinematických definic podle **JANČINY (1987)** lze tuto pohyblivost charakterizovat stupněm volnosti pohybu. Ten představuje počet libovolně zvolených nezávislých parametrů (např. úhel lopatky, který svírá s ramenní kostí), které určují jednoznačně polohu tělesa – kosti vzhledem na vytýčený prostor (např. sagitální rovina koně). Volné těleso v třírozměrném prostoru má 6 stupňů volnosti. Vazbou (např. kloubové spojení), se rozumí omezení, které odebírá tělesu 1 nebo více stupňů volnosti. Spojováním těles pomocí pohyblivých kloubů vznikají kinematické řetězce.

Část kostí, převážně kostí hlavy, je spojena přímo pomocí spon. Spony jsou spojení, při kterých se mezi dotykové plochy kostí vkládá větší nebo menší množství spojovacího tkaniva udržujícího tyto kosti ve vzájemné poloze. Nachází se hlavně na místech, kde mají kosti omezenou pohyblivost – to znamená, že spojením není ponechán žádný stupeň volnosti pohybu (**POPESKO a kol., 1992**).

Kloubní spojení kostí je složitější. Klouby spojují kosti, které se musí funkčně a účelně pohybovat. V kloubu se kosti spojují pouze dotykem kloubních ploch, pokrytých sklovitou chrupavkou. Spojují-li se v kloubu dvě kosti, označuje se toto spojení jako jednoduchý kloub, v případě spojení tří a více kostí jde o složitý kloub. Druh a rozsah pohybu kloubů závisí hlavně na tvaru kloubních ploch (obrázek č. 3). Tím je daný stupeň volnosti pohybu konkrétního kloubu (**MARVAN a kol., 2003**).

Obrázek č. 3: Typy kloubů podle tvaru kloubních ploch (MARVAN a kol., 2003)



Legenda: A – Kulovitý kloub (3 stupně volnosti pohybu), B – sedlovitý kloub (2 stupně volnosti pohybu), C – válcovitý kloub (1 stupeň volnosti pohybu), D – plochý kloub (stupeň volnosti pohybu závisí od tvarové vazby styčných ploch).

2.1.4 Svalová soustava

Svalová soustava je specializovaná soustava velkého množství jednotlivých orgánů, příčně pruhovaných svalů a několika pomocných svalových orgánů. Slouží k vykonávání pohybu a k zabezpečování žádoucí polohy těla a jeho částí, k měnění tvaru a velikosti tělních dutin a otvorů. Tato funkce svalové soustavy je založena na schopnosti svalové tkáně měnit chemickou energii živin v mechanickou energii v podobě aktivního zkrácení – kontrakce. V mechanickou práci se při činnosti svalů mění jen malá část energie (asi 30 %), její převážná většina (70 %) se mění v energii tepelnou, čímž napomáhá k termoregulaci (MARVAN a kol., 2003).

Mezi další funkce svalů patří i zabránění pohybu čili stabilizace kloubů, která se pod zatížením nepoškodí. Rozlišujeme tři druhy svalů, z nichž dvě – svalovina srdce a hladká svalovina cév a vnitřností, nejsou ovládané vůlí. Třetí druh svaloviny je všeobecně známý jako kosterní svalovina, jejíž celky (svaly) jsou upnuté většinou na kosti, kterým tak umožňují pohyb. Kosterní svalovina se též označuje jako příčně pruhovaná, somatická nebo vůlí ovládaná svalovina (DYCE, 1991).

(HIGGINS, 2013) rozlišuje dva hlavní typy svalových kontrakcí. První je izometrická kontrakce, při které sval pracuje staticky, aby udržel žádanou polohu těla. Druhým typem je kontrakce izotonická, která vede k pohybu, přičemž se udržuje ve svalu stejné napětí, ale mění se jeho délka.

Při normální aktivitě většiny svalů se mění úhly v kloubech, které dané svaly tahají. Celý pohybový aparát se svojí kosterní a svalovou částí pracuje na principu pák, při kterém klouby fungují jako otočné body. Mechanické vlastnosti tohoto uspořádání závisí

na poloze upnutí svalu ve vztahu k otočnému bodu a místa zatížení. Sval, který je v blízkosti otočného bodu, vyvine menší točící moment, jako srovnatelný sval, který stejnou silou působí ve větší vzdálenosti od otočného bodu. Akce svalu je v prvním případě rychlejší (**DYCE, 1991**).

Svaly pracují v párech tak, že se jeden zkracuje a druhý povoluje. Stahující se sval provádí kontrakci a nazývá se agonista, zatímco protikladný sval, který se nazývá antagonist, povoluje v relaxaci (**HIGGINS, 2013**).

2.1.5 Hlava a osová kostra

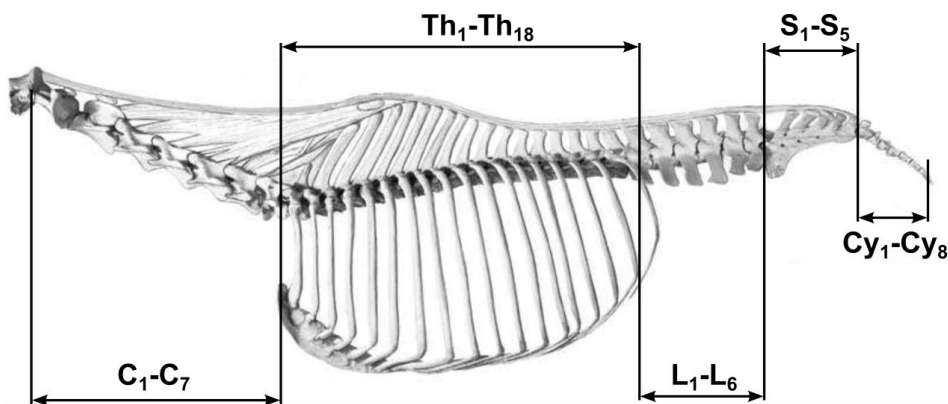
Hlava je sídlem mozku, počátečních trávicích a dýchacích cest a smyslových orgánů. Pomocí kloubů je spojena s krkem (**POPESKO a kol., 1992**).

Kostra hlavy – lebka je nejsložitější částí osového skeletu. Tvoří ji párové a nepárové kosti, z nichž dolní čelisti a jazyk jsou samostatné. Ostatní srůstají v jeden celek. Kostra hlavy má dvě části, a to část mozkovou a část obličejovou (**MARVAN a kol., 2003**).

Hlava a krk dohromady představují 10 % hmotnosti koňského těla. Hlava musí být velká, aby mohla pojmout čelisti a zuby potřebné k pastvě. Krk musí být dlouhý, aby se kůň mohl pást a sám se postarat o svou srst. Hlava a krk tvoří kyvadlo, které značně ovlivňuje pohyb, rovnováhu a rozložení hmotnosti. Úpravou pozice hlavy a krku kůň dokáže změnit svoje těžiště (**HIGGINS, 2009**).

Obratle jsou krátké kosti trupu, uspořádané v řadě za sebou, čímž vcelku vytvářejí pevnou, a přitom pohyblivou osu těla, označovanou jako páteř. Podle uložení rozeznáváme krční, hrudní, bederní, křížové a ocasní obratle (obrázek č. 4). Obratle mají jednotnou stavbu, v detailu jsou však různě modelované. Kostru trupu tvoří dorzálně obratle, k nimž jsou ve střední části trupu připojena žebra, doplněná ventrálně hrudní kostí. Na kostře trupu je nejvíc zachována segmentace (**MARVAN a kol., 2003**).

Obrázek č. 4: Osová kostra koně (upraveno z BUDRAS, 2009)



Legenda: Lateralní pohled. C – krční obratle, Th – hrudní obratle, L – bederní obratle, S – křížové obratle, Cy – ocasní obratle, přičemž je vyobrazeno pouze prvních osm.

Jak uvádí (**HIGGINS, 2013**) lebka se s páteří spojuje prvním krčním obratlem, nosičem (atlasem) v atlanto-okcipitálním skloubení (hlavový kloub). Křídla atlasu jsou důležitým místem svalových úponů, které lze nahmatat hned za zátýlkem. Zátylek je nejvyšším bodem lebky.

Základem krku je 7 krčních obratlů, jejichž délka podmiňuje délku krku. Ve vzpřímené poloze krk udržuje svalstvo a šíjový vaz, který umožňuje tuto polohu i při spánku koně. Některé krční svaly (hlavně kývač a sval kápový) jsou aktivní při pohybu hrudních končetin, některé přispívají ke zpevnění páteře. Horní část krku se nazývá hřeben, místo přechodu krku do kohoutku zásek (vrub) a spodní část krku hrdlo. Spojení hlavy s krkem, tedy její zavěšení, je v místě vazů (**DUŠEK a kol., 2011**).

Páteř tvoří 54–58 obratlů oddělených 185 vazivově-chrupavčitými a synoviálními klouby, které se podílejí na nesení hmotnosti, pohlcování otřesů a ohebnosti páteře. Páteř chrání míchu, hlavní dráhu nervových vzruchů, které přenášejí senzitivní a motorické signály po celém těle. Dále chrání hlavní aortu, která leží těsně pod těly obratlů, a vnitřní orgány, jako jsou ledviny, které leží blízko spodní strany páteře. Také poskytuje místa pro uchycení svalů a šlach a oporu pro závěs trupu. Hrudní část páteře je poměrně tuhá a neohebná. Její pohyb je vymezen tvarem kloubních obratlových výběžků spojujících obratel k obratli a pevnými vazivově-chrupavčitými klouby. Nejdelsí trnové výběžky tvoří kohoutek. Poskytují kostěné místo pro úpony, zesilují působení svalů a pracují jako střed otáčení pro šíjový a nadtrnový vaz, které ovlivňují polohu hlavy (**HIGGINS, 2013**).

Hrudní obratle mají krátké tělo, kloubní výběžky redukované na kloubní plochy a krátké postranní výběžky. Bederní obratle se od ostatních obratlů výrazně odlišují žebními výběžky, které jsou dlouhé (**MARVAN a kol., 2003**).

Hřbet tvoří 18 hřbetních obratlů, k nimž se upíná 18 párů žeber, které vytvářejí společně s hrudní kostí hrudník (**DUŠEK a kol., 2011**).

Bederní obratle rovněž chrání orgány, které jsou uloženy pod nimi. Do této části už žebra nezasahují (**HIGGINS, 2009**).

Hrudní a bederní obratle dohromady tvoří hřbet. Tato část páteře je tuhá, protože je na ní zavěšena celá hmotnost obsahu břišní dutiny, kterou podpírá. Bederní část je složená z 6 obratlů, které jsou plošší, širší a těžší než obratle hrudní. Je to nejméně ohebná část hřbetu. Velké, vodorovně uložené příčné obratlové výběžky tvoří prostornou oblast, která svalovým úponům nabízí pevnost a stabilitu. Jakákoliv síla, kterou vyvine zadní část koně, je do přední části přenesena přes tuto šestici bederních obratlů (**HIGGINS, 2013**).

Křížové obratle již v době nitroděložního vývoje srůstají v křížovou kost, která je velmi členitá. Těla obratlů srůstají v tělo křížové kosti, příčné výběžky v postranní části a trnové výběžky ve střední hřeben. Kraniální konec těla se označuje jako základna

křížové kosti, jejíž ventrokranální konec tvoří předhoří, od něhož se měří rozměry pánve (**MARVAN a kol., 2003**).

Křížové obratle zcela srůstají ve stáří pěti let. Vytvářejí pevné spojení mezi zády a trupem. Křížová kost se spojuje s posledním bederním obratlem v lumbosakrálním kloubním spojení. Tzv. křídlo kosti křížové vzniká z postranního výběžku prvního křížového obratle, který je krátký, ale mohutný. Spolu s křídlem kyčelní kosti tvoří křížo-kyčelní skloubení (**HIGGINS, 2009**).

2.1.6 Hrudní končetina

Končetiny koně jsou velice dobře uzpůsobené pro rychlý běh. Hrudní končetiny mají podpěrnou funkci, zatímco pánevní končetiny mají při pohybu funkci odrazovou. Kůň je schopný dlouhého kroku v důsledku jejich zpevnění a prodloužení. Součástí té samé adaptace je i ztráta prvního a pátého článku prstu končetin. Druhý a čtvrtý článek je redukován, zatímco třetí článek je velice dobře vyvinutý a tvoří jedinou podporu těla. Hrudní končetina stojícího koně nese přibližně 55 až 60 % jeho tělesné váhy (**BUDRAS, 2009**).

Hrudní končetina (obrázek č. 5) se skládá z plece – tedy lopatky a ramenní kosti, spojených v ramenním kloubu, k hrudníku je upevněna svalstvem (klíční kost u koně chybí). Dále z volných částí – tedy předloktí (kost vřetenní a loketní), zápěstní (karpální kloub – běžně nazývaný přední koleno), záprstí (přední holeň), kost spěnková, korunková a kopytní s příslušnými klouby (**DUŠEK a kol., 2011**).

Lopatka je plochá trojúhelníkovitá kost. K jejímu dorzálnímu okraji je přirostlá lopatková chrupavka. Na ventrálním úhlu se nachází kloubní jáma. Laterální plocha je hřebenem lopatky rozdělena na nadhřebennou a podhřebennou jámu. Na žeberní ploše je mělká podlopatková jáma. (**MARVAN a kol., 2003**).

MARŠÁLEK (2008) uvádí, že délka lopatky je spojena s větším výkonem v pohybu dopředu, ačkoliv je pohyb také závislý na postavení lopatky a úhlování s kostí ramenní, a především na posunu zádě koně. Tažný kůň si naopak vystačí s lopatkou relativně kratší. Pro výkon je významné postavení a uložení lopatky. To je závislé na délce lopatky a na hloubce závěsu hrudního koše.

Ramenní kloub je synoviální kloubní spojení mezi lopatkou a pažní kostí, které je tvořeno kloubní jamkou, do níž zapadá hlavice ramenní kosti (jde o kulovitý typ kloubu se třemi stupni volnosti). Obvykle postranní vazy v ramenním kloubu nejsou. Jejich roli zastupují svaly podhřebenový, nadhřebenový a podlopatkový, které kontrolují stranové a rotační pohyby ramenního kloubu (**HIGGINS, 2009**).

Ramenní kost je dlouhá rourovitá kost, která se svým proximálním koncem kloubí s lopatkou, distálním koncem s kostrou předloktí. U kopytníků je celá ramenní kost vázána svalstvem na hrudníkovou stěnu (**POPESKO a kol., 1992**).

Spojením kladky distálního konce ramenní kosti s proximálním koncem vřetenní a loketní kosti vzniká složitý loketní kloub (**MARVAN a kol., 2003**).

Obrázek č. 5: Kostí a klouby hrudní končetiny s vyznačenými uhly, které ve stoje svírají podle BUDRASA (2009), upravené podle MARVANA a kol.(2003).

Legenda: Dorsolaterální pohled. 1 - lopatka, 2 – ramenní kloub, 3 – ramenní kost, 4 – okovec, 5 – loketní kloub, 6 – loketní kost, 7 – vřetenní kost, 8 – zápěstní kloub, 9 – záprstní kost, 10 – spěnkový kloub, 11 – spěnková kost, 12 – korunková kost, 13 – kopytní kost.



Jedná se o synoviální kladkové kloubní spojení mezi ramenní kostí a kostí loketní a vřetenní a umožňuje pohyb v jednom směru. Na okovec, výběžek loketní kosti, se upínají svaly, které vytvářejí pákový efekt. Díky němuž je ohýbání ramenního kloubu, natahování loketního kloubu a pohyb hrudní končetiny výkonnější (**HIGGINS, 2009**).

Kostra předloktí se skládá z vřetenní a loketní kosti. Vřetenní kost je hlavní nosnou kostí, ke které se přikládá loketní kost z laterokaudální plochy. Dlouhé osy obou kostí se ve svém průběhu částečně kříží. Vřetenní kost je dlouhá rourovitá kost. Na jejím proximálním konci se nachází hlavice s příčně válcovitou kloubní jamkou, která se kloubí s kladkou ramenní kosti (jedná se o válcovitý typ kloubu s jedním stupněm volnosti). Distální konec vřetenní kosti vytváří nepravidelně schodovitou kloubní modelaci, které dorsální část je mírně konkávní. Loketní kost proximálně vybíhá do tupého výběžku označovaného jako okovec (**POPESKO a kol., 1992**).

Zápěstní kloub (karp) tvoří několik válcových synoviálních kloubů spojujících 8 karpálních kostí uspořádaných ve dvou řadách (složený kloub, který se skládá z jednoduchých válcovitých typů kloubů s jedním stupněm volnosti). Toto uspořádání efektivně pohlcuje otřesy. Pod karpem jsou zápřstní (metakarpální) kosti a kosti prstu (**HIGGINS, 2013**).

Zápřstní kost je dlouhá rourovitá kost, která má na proximální epifýze nepravidelnou kloubní plochu a distálně dobře zformovanou kladku. Kůň má tři zápřstní kosti, z nichž plně vyvinuta je třetí kost, zakrnělá druhá a čtvrtá kost bývají označovány jako kosti bodcové (**MARVAN a kol., 2003**).

Spěnkový kloub je válcovitý kloub tvořený spojením mezi třetí zápřstní kostí, spěnkovou kostí a dvěma sezamskými kůstkami. Kloub provádí flexi a extenzi, ale minimální rotaci (z hlediska celkového pohybu koně je rotace zanedbatelná, a proto se dá zjednodušeně uvažovat o jednom stupni volnosti). V okamžiku, kdy hrudní končetiny udeří o zem, loketní a karpální kloub jsou zamknuté, spěnkový kloub se proto musí hodně protáhnout, aby pohltil většinu otřesu (**HIGGINS, 2013**).

Jak uvádí **MARŠÁLEK (2008)**, spěnkový kloub tvoří elastickou oporu přední končetiny a tlumí nárazy. Tato elasticita spěnkového kloubu je umožněna sklonem spěnkové kosti, a hlavně závěsným vazem. Proto je podmínkou činnosti tohoto kloubu pevnost šlach.

Proximální článek čili spěnková kost, je největším článkem prstu. Je to krátká rourovitá kost, s nepravidelnou kloubní plochou na proximálním konci a distálně s dobře vyvinutou kladkou. Střední článek čili korunková kost, se podobá předchozí spěnkové kosti. Distální článek se označuje jako kopytní kost. Kostru prstu doplňují ještě sezamské kosti. Z palmární strany se k proximálnímu konci spěnkové kosti přikládají dvě sezamské kosti a ke kopytní kosti jedna sezamská kost (**MARVAN a kol., 2003**).

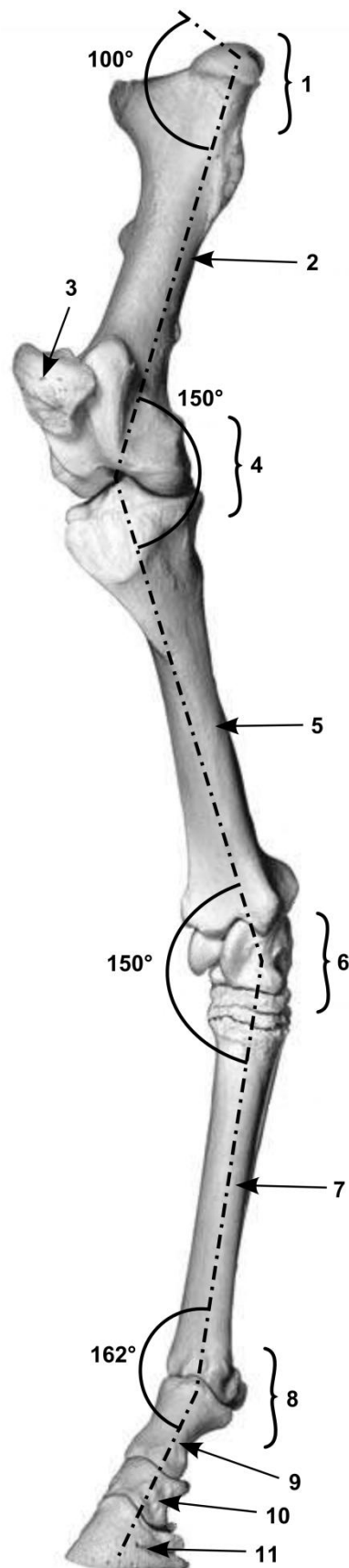
Postavení kostí hrudní končetiny a úhly, které svírají, mají rozhodující význam pro zabezpečení pohybu (obrázek č. 5).

2.1.7 Pánevní končetina

Pánevní končetina je tvořena stejným počtem kostí jako končetina hrudní, tj. stehno, kolenní kloub, bérce, hleznový kloub, zadní holeň, spěnkový kloub, spěnka, korunkový kloub, korunka, kloub kopytní a kost kopytní. Je však silnější a delší. Silná pánevní končetina je nezbytná pro odpovídající funkci zádě, a to pro vymrštění břemena (těla) dopředu. Proto je důležitá délka kostí, jejich úhlování (obrázek č. 6) a osvalení, které má být mohutné a dosahovat až po hleznový kloub (DUŠEK a kol., 2011).

Pletenec pánevní končetiny je vytvořený ze třech párových kostí – z kyčelní, stydké a sedací. Všechny tyto kosti srůstají v jednotnou pánevní kost, která má na rozdíl od kostry hrudníkového pletence přímé spojení s osovou kostrou. Pánevní kost spolu s křížovou kostí tvoří pánev, která se stává v širším smyslu součástí trupu a ohraničuje pánevní dutinu (POPEŠKO a kol., 1992).

Kyčelní kost je největší z pánevních kostí. Vrchol kyčelní kosti, křížový hrbol, je nejvyšším bodem zádě. Zřetelnější je u štíhlých koní. Křídlo kyčelní kosti je s křížovou kostí spojeno křížo-kyčelním kloubem. Sedací kost je zadní část pánve, zakončená mohutným



Obrázek č. 6: Kostí a klouby pánevní končetiny s vyznačenými úhly, které ve stoje svírají podle BUDRASA (2009), upravené podle MARVANA a kol.(2003).

Legenda: Kraniomediální pohled. 1 – kyčelní kloub, 2 – stehenní kost, 3 – češka, 4 – kolenní kloub, 5 – holenní kost, 6 – hlezno, 7 – třetí nártní kost, 8 – spěnkový kloub, 9 – spěnková kost, 10 – korunková kost, 11 – kopytní kost.

sedacím hrbolem, který slouží jako orientační bod na koňském těle. Stydká kost je součástí pánevního dna, široké oblasti, k níž se upínají břišní svaly. Je velmi důležitá pro zdvihání zádě a naklopení pánve (**HIGGINS, 2009**).

Pletenec pánevní končetiny je spojený s páteří křížo-kyčelním kloubem na základě spojení křídel kyčelní a křížové kosti. Je to plochý tuhý kloub (žádný stupeň volnosti – tuhé spojení), zpevněný vazy, který přenáší pohyb z končetiny přímo na páteř. Spojení pánve s křížovou kostí na každé straně doplňuje mohutný pánevní vaz (**MARVAN a kol., 2003**).

Stehenní kost je mohutná rourovitá kost těla. Proximální epifýza vytváří kulovitou hlavici, která je vyvrácená mediálním směrem a kloubí se s pánevní kostí (kulovitý kloub se třemi stupni volnosti). Kaudální obvod hlavice, resp. střed hlavice má vyhloubený důlek, do kterého se upíná oblý stehenní vaz (**POPESKO a kol., 1992**).

Základ stehna tvoří kost stehenní, která je nejsilnější kostí v těle a na niž se také upínají nejsilnější svaly (např. čtyřhlavý stehenní). **MARŠÁLEK (2008)** dále uvádí, že délka stehna je v určité korelaci s výkonem. Všeobecně lze říci, že cválající a klusající kůň potřebuje stehno kratší a delší bérce, kdežto tažný kůň naopak delší stehno a kratší bérce. Důležitou roli pro výkon koně má úhel (obrázek 5), který svírá kost stehenní s kostí bérce.

Česka je velká sezamská kost, která má tvar nepravidelného trojbokého jehlanu. Je vrostlá do úponové šlachy čtyřhlavého stehenního svalu. Při kontrakci tohoto svalu klouže po kladce stehenní kosti (**MARVAN a kol., 2003**).

Kolenní kloub tvoří kladkové spojení mezi stehenní a holenní kostí (válcovitý kloub – jeden stupeň volnosti). Otřesy pohlcují destičky z vazivové chrupavky vložené mezi vazy. Zkřížené a postranní vazy brání přílišnému otevření kloubu. Česka leží před vlastním kolenním kloubem a zesiluje vazy a povázku v místech, kde mění směr (**HIGGINS, 2009**).

Kosti bérce se skládají z holenní kosti a lýtkové kosti. Holenní kost je hlavní nosnou kostí a lýtková se k ní přikládá z laterokaudální plochy (**POPESKO a kol., 1992**).

Hlezno, složitý kloub tarzálních kostí uspořádaných do tří řad nad sebou a čtyř kloubů, leží mezi holenní kostí, třetí nártní kostí a dvěma bodcovými kostmi. Chová se jako válcovitý kloub (1 stupeň volnosti) a odpovídá lidskému kotníku. Je to anatomie hlezna a ostatních kloubů pánevní končetiny, díky čemuž kůň může zrychlovat, zpomalovat, ostře se otáčet a vymrštit tělo nahoru (**HIGGINS, 2013**).

Nártní kosti, jak uvádí **MARVAN a kol. (2003)**, tvoří stejný soubor kostí jako kosti záprstní na hrudní končetině, přičemž i redukce jejich počtu je stejná. Nártní kosti jsou však delší a mají válcovitější tvar.

Kosti prstů jsou obdobné jako u hrudní končetiny. Jen spěnka pánevní končetiny je mírně strmější než u přední a tvar kopyta je mírně užší (**DUŠEK a kol., 2011**).

2.2 Rozdělení plemen koní

Původ domestikovaných koní se odvozuje od jednotlivých divokých předků a na základě fylogenetického původu a kraniologických znaků se jednotlivá plemena dělí na 4 skupiny, a to stepní, východní, západní a severská. Skupina koní stepních – Kertak (kůň Przewalského) je jediným dosud žijícím divokým předkem dnešních kulturních plemen koní. Koně východní se odvozují od tarpana. Nejblíže k původním tarpanům je současné polské primitivní plemeno konik. Do této skupiny patří fylogeneticky i kůň huculský. Tato skupina východních koní se dále dělí na podskupiny koní íránských, arabských a anglických. Západní plemena koní se odvozují od koně západního a jsou to koně různé velikosti, ale mohutnější, s velkou hrubší hlavou, krátkým, svalnatým a vysoko nasazeným krkem, měkkým širokým hřbetem, štěpenou zádí a silnými lymfatickými končetinami (kůň norický, belgický, shirský, clydesdalský). Skupina plemen severských je představována koňmi menšího rámce, ale mohutnými a výkonnými (shetlandský pony, fjord, islandský pony, velšský pony, forest pony). Běžně je v praxi používáno rozdělení na koně teplokrevné, chladnokrevné a pony. V souvislosti s tímto rozdělením jsou známé následující termíny:

- **Teplokrevník** – temperamentní kůň většinou pocházející alespoň částečně z koní skupiny východní (orientální), v současnosti využívaný obvykle pro jezdecké účely.
- **Chladnokrevník** – plemeno koní vyšlechtěné a chované především pro využití v tahu, mohutnější stavby těla a klidnějšího temperamentu. Jeho původ se obvykle odvozuje od koně západního.
- **Pony** – označuje plemeno koní menšího rámce (**FRELICH a kol., 2011**).

2.2.1 Nejvýznamnější chladnokrevná plemena v České republice

Chladnokrevní koně se v českých zemích šířili především z důvodu potřeby mohutného vozového koně pro účely dopravy materiálu, popřípadě i osob. Proto byl nejdříve do Čech dovážen norický kůň z oblasti Rakouska, který se sem dostával hlavně podél solné stezky jako plemeno koní používané pro přepravu soli. Křížením norických hřebců v okolí přepravních stanic s místními teplokrevnými klisnami vznikaly velmi dobře využitelné místní rázy koní (např. kůň netolický) spojující mohutnost a sílu chladnokrevných rakouských hřebců a temperament a výkonnost domácích teplokrevných klisen. Noričtí hřebci byli postupně nahrazováni hřebci belgickými především pro svoji větší mohutnost, příznivější charakter a lepší ovladatelnost, a především pro svoji ranost, která umožňovala pracovně využívat mladé koně už v druhém roce věku. I u těchto koní docházelo ke křížení s místními teplokrevnými klisnami zvláště v nížinných oblastech. Základ současných chladnokrevných plemen

v Čechách je tedy tvořen především dvěma plemeny koní, a to koněm norickým a koněm belgickým. Ostatní chladnokrevná plemena byla dovážena vzácně a nedosahovala významu těchto dvou plemen (**MARŠÁLEK, 2016**).

V roce 1995 vznikl Svaz chovatelů chladnokrevných koní a došlo k rozdělení chladnokrevných koní do tří samostatných plemen podle „podílu původních genů“ náležejících k jednotlivým plemenům, a to na Českomoravského belgického koně (ČMB), Norického koně (N) a Slezského norika (SN) (**FRELICH a kol., 2011**).

Podle (**MZE, 2014**) jsou chladnokrevní koně dlouhodobě šlechtěni pro maximální užitkovost v tahu. Přitom exteriér bez podstatných vad je nezbytnou užitkovou vlastností pro maximální výkon ve všech způsobech využití koně. SN a ČMB jsou česká národní plemena, zařazená do Národního programu konzervace a využívání genetických zdrojů zvířat významných pro výživu a zemědělství.

Podmínky a pravidla pro plemenitbu koní určuje Zákon 154/2000 Sb. o šlechtění, plemenitbě a evidenci hospodářských zvířat. Zajišťuje ochranu, uchovávání a využívání genetických zdrojů a evidenci pomocí plemenných knih (PK), které jsou vedeny uznanými chovatelskými sdruženími. Existují dva hlavní typy plemenných knih, a to uzavřená a otevřená. Otevřená je přístupná pro všechny chovatele i v budoucnosti a mohou být do ní zapsány za stanovených podmínek hřebci a klisny, kteří nepocházejí z rodičů zapsaných do PK. Naopak pro uzavřenou platí, že sem může být zapsán pouze jedinec, pocházející z rodičů do PK již zapsaných. PK se může členit na plemennou knihu hřebců, plemennou knihu klisen. Další členění může být na hlavní plemennou knihu a pomocnou plemennou knihu.

2.2.2 Českomoravský belgický kůň

Českomoravský belgický kůň vznikl na území Čech a Moravy. Zakladatelem chovu (dříve českého chladnokrevníka) byl norik. Vliv norika postupem času mizel. Křížením s belgickými koňmi v letech 1920–1930 s místní populací vzniklo drobnější plemeno. V roce 1999 bylo plemeno zařazeno do genetických zdrojů. Celá populace je z pohledu původu velmi homogenní. Všichni jedinci zařazení do genetických zdrojů jsou příslušníky devíti hřebčích linií a cca 95 % populace přísluší k některé ze 42 rodin. V roce 2013 bylo do genetických zdrojů zařazeno 58 hřebců a 413 klisen, jak uvádí (**MZE, 2014**).

Chovným cílem je chladnokrevný kůň dospívající ve třech letech stáří, středního čtvercového rámce s dobrým osvalením, minimalizací exteriérových vad. Menší ušlechtilá hlava mírně štičí v profilu, s živým okem, kratší vysoko nasazený krk, mírně strmá a středně dlouhá lopatka, hluboký a prostorný hrudník, kratší středotrupí, s dobrou horní linií, kratší pevná bedra, mohutná, dlouhá, široká, mírně skloněná a štěpená zád'. Fundament suchý, kostnatý, klouby výrazné, spěnka kratší a pružná, kopyta pevná a prostorná. Pracovitý a dobře ovladatelný kůň přiměřeného temperamentu, bez

charakterových vad, dobře živitelný, pohyblivý, s chody odpovídajícími užitkovému zaměření plemene. Barvou převážně ryzáci až tmaví ryzáci (foto č. 1) se světlou hřívou a ohonem, v menší míře hnědáci, vraníci a nevybělující bělouši. Výskyt bílých odznaků na hlavě a končetinách. Kůže tmavě pigmentovaná. Plemeno se vyznačuje kromě ranosti i dlouhověkostí, dobrou plodností, pevnou konstitucí, adaptabilitou pro různá prostředí a dobrou krmitelností. Je určeno především pro práci v tahu (**ŠINDELÁŘOVÁ, 2012**).

Foto č. 1: Českomoravský belgický kůň, plemenný hřebec 2881 Agar, rok nar. 2002
Fotografie pořízena v Zemském hřebčinci Písek během prohlídky plemenných hřebců 4. 3. 2017



2.2.3 Norický kůň

Norický kůň pochází z Rakouska, tedy z oblasti Alp s méně výživnou stravou a méně příznivými přírodními podmínkami. Jedná se o původní typ západního koně (**MARŠÁLEK, 2016**).

Populace noriků se utvářela, v podmínkách ČR, v posledních cca 100 letech, a to zpočátku (období let 1900–1950) na bázi různě četných importů originálních norických hřebců rakouské provenience a bavorských chladnokrevných hřebců bavorské provenience pocházejících z originálních rakouských noriků. Zpočátku, tj. v letech 1900 až 1930, bylo realizováno v různých generačních úrovních převodné křížení pomocí výše jmenovaných chladnokrevných norických a bavorských hřebců s klisnami domácí provenience, většinou s chladnokrevným původem a později (1930–1950) s klisnami se známým genovým základem noriků ale i slezských noriků v rodokmenech těchto klisen. Souběžně v rámci tohoto celého, cca 100letého období (1900–2000) byla mezi samčimi a samičimi produkty výše uvedeného převodného křížení realizována vzájemná plemenitba, která v období 40-tých až 60-tých let nabývala postupně na intenzitě a se

slábnoucími importy se stala základní formou plemenitby v populaci noriků (**SCHCHK-N, 2008**).

Chovným cílem je chladnokrevný kůň, dospívající ve čtyřech letech stáří, mírně delšího rámce, s dobrým osvalením. Hlava těžší, mohutná, s výrazným okem, možný mírný klabonos, krk středně dlouhý, středně vysoko nasazený s mírně výrazným kohoutkem, dobře úhlovaná až strmější lopatka, prostorný, středně hluboký, delší a oválný hrudník, se středně dlouhou volnější horní linií, středně dlouhá pevná bedra, mohutná, středně široká dlouhá, oválná, mírně štěpená a svažitá záď. Fundament silný, kostnatý, suchý s menším výskytem rousů, kopyta pevná, pružná, dobře utvářená. Klouby méně výrazné s náznakem lymfaticnosti, spěnka kratší, pevná. Pracovitý a dobře ovladatelný kůň přiměřeného temperamentu, dobrého charakteru, dobře živitelný, pohyblivý se středně prostornými chody. Barvou převážně hnědáci až tmaví hnědáci a ryzáci až tmaví ryzáci, omezeně vraníci a sporadicky nevybělující bělouši nebo hermelíni (foto č. 2). Výskyt bílých odznaků na hlavě a končetinách. Kůže tmavě pigmentovaná. Plemeno se vyznačuje dlouhověkostí, dobrou plodností, pevnou konstitucí, adaptabilitou pro různá prostředí a dobrou krmitelností. Je určeno především pro práci v tahu (**ŠINDELÁŘOVÁ, 2012**).

Foto č. 2: Norik, plemenný hřebec 1152 White Tiger, rok nar. 2003

Fotografie pořízena v Zemském hřebčinci Písek během prohlídky plemenných hřebců 4. 3. 2017



2.2.4 Slezský norický kůň

Vznikl na severu Moravy a ve Slezsku na bázi domácích teplokrevných klisen připouštěných (od r. 1875) noriky z Rakouska a Bavor. V letech 1910–1970 bylo plemeno nazýváno moravský chladnokrevník. Statut genetického zdroje získal v roce 1995. V roce 2013 bylo do genetických zdrojů zařazeno 39 hřebců a 272 klisen, podle (MZE, 2014).

Chovným cílem je chladnokrevný kůň dospívající v pěti až šesti letech stáří, delšího rámce, s dobrým osvalením. Hlava suchá, ušlechtilá s oválnou očnicí, možný mírný klabonos, krk středně vysoko nasazený, přiměřeně dlouhý, klenutý, často s méně výrazným kohoutkem, dobře úhlovaná delší lopatka umožňující prostorný chod, hrudník středně hluboký, široký, oválný, středně dlouhý. Delší, pevný dobře s bedry vázaný hřbet, středně dlouhá, dobře vázaná pevná bedra, mohutná, delší, skloněná, široká a silně osvalená záď, s náznakem šavlovitého postoje pánevních končetin. Fundament suchý, kostnatý, klouby a šlachy výrazné, suché. Přiměřeně dlouhé a správně úhlované spěnky. Kopyta pevná, pružná a dobře utvářená. Pracovitý a dobře ovladatelný kůň přiměřeného temperamentu, dobrého charakteru, dobře živitelný, pohyblivý s prostornými chody. Barvou převážně ryzáci (foto č. 3) až tmaví ryzáci, v menší míře hnědáci až tmaví hnědáci, omezeně vraníci a nevybělující bělouši. Výskyt bílých odznaků na hlavě a končetinách. Kůže tmavě pigmentovaná. Plemeno se vyznačuje pozdějším dospíváním přibližně v pěti letech stáří, dlouhověkostí, dobrou plodností, pevnou konstitucí, adaptabilitou pro různá prostředí a dobrou krmitelností. Je určeno především pro práci v tahu (ŠINDELÁŘOVÁ, 2012).

Foto č. 3: Slezský norik, plemenný hřebec Richard, rok nar. 2011, Orlické hory. Foto: Zuzana Faltusová



2.3 Mechanika pohybu koně

Pohybová způsobilost koně každého plemene a v každém jeho pracovním využití je jednou z jeho nejvýznamnějších hodnot. Rozhodující je ovšem druh práce, kterou od koně požadujeme, ať již v tahu, nebo pod jezdeckým sedlem. Vždy je však nejdůležitější jeho schopnost snadného a co možná nejméně unavujícího pohybu. Čím lehčeji, pravidelněji, prostorněji a bez námahy kůň střídá jednotlivé nohy v pohybu, tím méně se unavuje, a tedy déle vydrží. Druh a rychlost tohoto střídání nohou nazýváme chody (**HARTMAN, 1955**).

Chod je charakteristický vzorec koordinace končetin, který je rozeznatelný podle následnosti a časování dopadů jednotlivých končetin (**CLAYTON, 2004**).

STACHOVÁ (2002a, 2002b) uvádí, že každá končetina opíše během jednoho kroku pohybový cyklus, skládající se ze dvou fází a čtyř subfází:

Fáze kmitu – kopyto koně není v kontaktu se zemí. Fáze začíná ve chvíli, kdy kopyto opustí zem (odraz), potom opíše různě dlouhý a vysoký oblouk a opět se dotkne země. Tato fáze má dvě subfáze: subfáze akcelerace (zvedání končetiny) a subfáze decelerace (pokládání končetiny na zem).

Fáze podpěru – začíná ve chvíli, kdy se kopyto dotkne země a končí ve chvíli, kdy ji opustí. Tato fáze má rovněž dvě subfáze: subfáze vlastního podpěru, která začíná dopadnutím kopyta na zem (tzv. první kontakt se zemí), pokračuje nárazem a došlápnutím. Tato subfáze končí ve chvíli, kdy se končetina ocitá kolmo pod tělem. Na ní navazuje subfáze posunu, která končí zvednutím kopyta ze země. Chvíli před zvednutím kopyta rozeznáváme tzv. bod zlomu, kdy se začnou zvedat patky ze země, a kopyto se překlápí přes špičku, která je ještě stále na zemi.

Fáze vznosu – je okamžik, kdy se země nedotýká žádné kopyto.

MARŠÁLEK (2008) chody rozděluje na přirozené a umělé. Podle druhů chodu rozeznává následující přirozené chody: krok, klus, cval (trysk, skok) a couvání.

Krok je nejpomalejší pohyb koně dopředu, kdy slyšíme čtyři údery kopyt za sebou bez přestávky. Sled končetin vycházející ze zadní končetiny je v pořadí např. pravá pánevní, pravá hrudní, levá pánevní a levá hrudní. Délka kroku (vzdálenost téže končetiny) činí 1,50 – 1,70 m. Kůň v těžkém tahu má fázi kmitu krátkou a relativně rychlou na rozdíl od koně v lehkém tahu nebo pod sedlem. Délka kroku koně v těžkém tahu je závislá na velikosti síly, s jakou překonává hmotnost břemene, a částečně na terénu (do kopce je prostor daleko kratší).

Klus je rychlejší pohyb koně, při kterém jsou současně v pohybu diagonální končetiny (pánevní končetina a protilehlá hrudní), takže slyšíme jen dva údery kopyt. Při klusu energie pánevních končetin vymrští celé tělo výše než v kroku, takže se při střídání diagonálních párů končetin kůň vznáší na okamžik ve

vzduchu a nedotýká se země. Délka klusu je udávána větší vzdáleností než 2 m (2,6 m).

Cval je nepřetržitá řada skoků za sebou jdoucích pravidelně a podle toho, jsou-li obě pravé nebo obě levé v náskoku, rozeznáváme cval vpravo nebo vlevo. Při cvalu slyšíme tři údery kopyt těsně za sebou, po nichž následuje krátká pauza, vyvolaná zvednutím předku k dalšímu skoku. Při cvalu dopadá vnější pánevní končetina, pak následuje vnitřní pánevní a diagonální hrudní, a nakonec vnitřní hrudní končetina. Nejvíce je zatěžována vnitřní pánevní noha. Vnitřní pánevní a vnější hrudní noha dopadají zároveň. Délka jednoho skoku při cvalu je od 1,60 m při shromážděném školním cvalu až po 7 m v trysku.

Skok má stejný nohsled jako cval, má však mohutnější odraz a v důsledku toho větší vzdálenost a výraznější odpoutání od země.

Couvání je diagonální pohyb zpět bez momentu vznosu. Každý diagonální pár končetin se zvedá i došlapuje současně a beze spěchu.

2.3.1 Charakteristiky pohybových vlastností

Charakteristiky používané k hodnocení pohybových vlastností se můžou rozdělit do dvou kategorií, a sice kvalitativní a kvantitativní:

- **Kvalitativní** jsou takové charakteristiky, které se vztahují k jakosti pohybu koně, není možné je vyjádřit číselným údajem, a tudíž lehce srovnávat. Tyto charakteristiky jsou posuzovány subjektivně hodnotitelem.
- **Kvantitativní** charakteristiky představují takové, které je možné změřit vhodnou pomůckou a získané číselné hodnoty tabulkově srovnávat. Tyto charakteristiky je proto možné hodnotit objektivně.

DUŠEK a kol. (2011) uvádí následující kvalitativní termíny a jejich charakteristiky, které se nejčastěji používají při hodnocení mechaniky pohybu:

- **Kadence** je střídání končetin v určitých intervalech. Důležitá je dlouhá doba nesení umožňující pomalejší kadenci. Proto závisí též na silném odrazu a dalekém posunu.
- **Akce** je způsob předvádění končetin v době jejich pohybu nad zemí. Hodnotí se výška a prostornost chodu. Akce může být vysoká, nízká nebo plochá.
- **Kmih** je výsledkem odrazové energie zadních končetin.
- **Ruch** je termín pro označení rychlosti pohybu koně. Ruch je krátký, střední nebo zrychlený.
- **Prostornost chodu** se posuzuje podle délky vykročení. Závisí na odrazové síle zadních končetin.
- **Pravidelnost chodu (takt)** znamená střídání končetin, aniž by byla některá pohybová fáze prodloužena či zkrácena.

Mezi další kvalitativní charakteristiky můžeme zařadit:

- **Pružnost (elasticita)**, která poukazuje na to, zda se kůň dokáže pohybovat bez námahy, ohebně a zda využívá širokého rozsahu pohybů. Výsledkem kombinace síly, koordinace a pružnosti je kůň, který se pohybuje s uvolněním, rytmem, kontaktem, impulsem, přímo, s podsazením, rovnováhou, sebráním a flexí (**HIGGINS, 2013**). O pružnosti se také uvažuje jako o tlumení energie dvou proti sobě působících sil, jako v případě kostí spojených kloubem, nebo kontaktu kopyta se zemí.
- **Čistota**, kdy jsou základní chody v požadovaném noksledu a odpovídajícím taktu (pravidelnosti). Výrazná nepravidelnost neboli nečistota chodu, jako je zřetelné porušení taktu se označuje jako kulhání.
- **Rytmus** – dynamicko-časové uspořádání pohybu
- **Plynulost** – kontinua pohybového průběhu

Ke kvantitativním charakteristikám podle **CLAYTONOVÉ (2004)**, které můžeme k popisu chodů koně použít a které jsou časově proměnné se řadí:

- **Délka kroku** – vzdálenost, kterou kůň ujde během jednoho pohybového cyklu.
- **Doba trvání jednoho kroku** – doba, za kterou proběhne jeden krok. Tedy všechny čtyři končetiny opíší svůj pohybový cyklus.
- **Kroková frekvence** – udává, kolik kroků se opakuje za určitou dobu.
- **Rychlost určitého chodu** – udává, za jak velkou vzdálenost kůň urazí za určitou časovou jednotku. Rychlost může kůň zvýšit tím, že zvýší frekvenci kroků, délku jednotlivých kroků, nebo obojí.

Rozličné délky trvání kroku mezi různými koňmi nebo u jednoho koně při různých rychlostech, dělají obtížné srovnávání časově závislých proměnných. Porovnávání se dělá odstraněním vlivu délky trvání kroku v procese, který se nazývá standardizace, nebo normalizace. V tomto procesu se posuzuje kompletní krok jako jednotka pro srovnávání a tím vyjadřuje časově závislé proměnné v procentech trvání kroku. Standardizace na délku trvání děje umožňuje porovnávat časově závislé veličiny v kroku s rozličnou délkou trvání. Základní charakteristiky různých chodů jsou uvedeny v tabulce č. 1.

Tabulka č. 1: Základní charakteristiky různých chodů koní podle BACKA (2012)

Chod	Počet úderů	Rychlost [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	Délka kroku [m]	Frekvence kroků [s^{-1}]
Krok	4	1,2 - 1,8	1,5 - 1,9	0,8 - 1,1
Klus	2	2,8 - 14,2	1,8 - 5,9	0,9 - 2,5
Cval	3	2,9 - 9,0	1,9 - 4,6	1,6 - 2,0
Trysk	4	9,0 - 20,0	4,5 - 7,2	2,3 - 2,9

2.3.2 Faktory ovlivňující mechaniku pohybu koně

DUŠEK a kol. (2011) dělí faktory ovlivňující mechaniku pohybu podle původu na:

- **Fyzikální**, například povrch, po kterém se kůň pohybuje, teplota ovzduší, nadmořská výška, všeobecně podmínky v odchovně, ale také nošená, nebo tahaná zátěž.
- **Biologické**, které je možné rozdělit na:
 - o **Vnitřní** mezi které lze zařadit věk jedince, zdravotní stav, poměry jednotlivých částí těla, celkovou stavbu těla, kondici, atd.
 - o **Vnější** zahrnují kvalitu výživy a pastviny, typ ustájení, péče ze strany chovatele, veterinární péče, atd.
- **Psychické** jako temperament, ovladatelnost, stupeň výcviku, intenzita využití koně, charakter.

Chody koně, a tudíž celou mechaniku pohybu může nepříznivě ovlivňovat únava, patologické stavy, podkování nebo úprava kopyt, nepravidelné postavení končetin a také tvrdost a nerovnost půdy, na které se kůň pohybuje, píše **MARŠÁLEK (2008)**.

MARŠÁLEK (2007) se kromě jiného též zabýval vlivem terénu na kvalitu vývinu mladých hřebců v průběhu odchovu, přičemž z výsledků vyvozuje, že pohyb v kopcovitém terénu přispívá k formování exteriéru a má pozitivní vliv na jejich pohybové vlastnosti.

Z hlediska pracovního uplatnění chladnokrevných koní je důležitá znalost změn pohybových parametrů při různé pracovní obtížnosti. Při zvyšování tažné síly, jak uvádí **DUŠEK a kol. (2011)**, se zkracuje délka kroku.

2.3.3 Metody hodnocení mechaniky pohybu v České republice

Za první hodnotitele mechaniky pohybu lze považovat majitele nebo chovatele, kteří pozorují pokrok ve vývoji svých koní. Této oblasti věnují pozornost za účelem odhadu jejich hodnoty a potenciálu pro další využití. Významnou roli hraje hodnocení mechaniky pohybu, jakou součást výkonnostních zkoušek při zápisu do plemenných knih pro účely plemenitby nebo také pro sportovní a pracovní využití.

Hodnocení mechaniky pohybu chladnokrevných koní v ČR upravuje zkušební řád, jako součást Šlechtitelského programu. Tento je v zásadě pro všechny tři chladnokrevná plemena stejný. Ve zkušebním řádu jsou uvedeny zásady a pravidla pro jednotlivé druhy posuzování výkonnostních zkoušek a zásady pro určování hodnotitelů nebo složení hodnotitelských komisí. Hodnocení chladnokrevných koní probíhá u hříbat do věku tří let, u starších koní při zápisech do PK (**SCHCHK-ČMB, 2010**).

Hodnotí se:

- Hříbata pod klisnou
- Hřebečci v testačních odchovných
- Klisny při zápisu do PK a při výkonnostních zkouškách
- Koně na výstavách a přehlídkách
- Hřebci při výkonnostních zkouškách a 60denním staničním tesu
- Hřebci při udělování výběru k plemenitbě a při zápisu do PK

Hodnocení mechaniky pohybu může v některých případech představovat až jednu třetinu celkového hodnocení. V současnosti se hodnotí výhradně kvalitativní charakteristiky. Posuzuje se pravidelnost, čistota, prostornost, takt, pružnost, akce a kadence v kroku a klusu. (**SCHCHK-ČMB, 2010, SCHCHK-SN, 2008 a SCHCHK-N, 2008**).

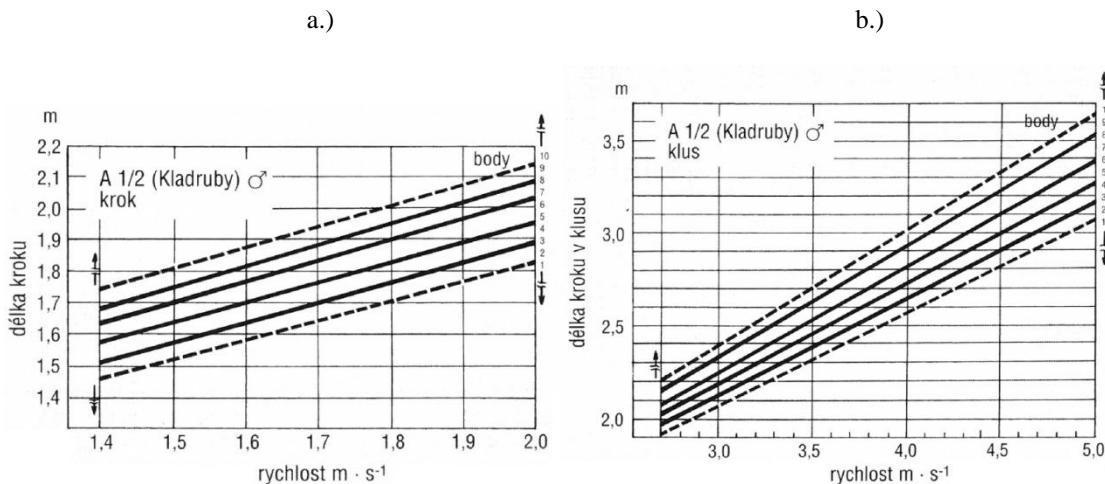
Všechna hodnocená kritéria jsou výhradně kvalitativní a konečná známka je výsledkem subjektivního posouzení jednotlivých hodnotitelů.

MARŠÁLEK (2008) upozorňuje na rizika spojené s preferováním určitého plemene, nebo se zvýhodňováním některých chovatelů na straně hodnotitelů, což může velice negativně ovlivňovat výsledky šlechtitelského úsilí. Úkolem hodnotitele je objektivně posoudit všechny vlastnosti koně, exteriérové, výkonnostní a užitkové včetně plemenné hodnoty. Výhodou z pohledu nezaujatého hodnocení je využití zahraničních posuzovatelů, kteří nemají vztah k domácímu prostředí.

Posouzením kvantitativní složky mechaniky pohybu se zabýval v podmínkách českého chovu taky **DUŠEK a kol. (1990, 2011)**. Ten vypracoval pro zvýšení objektivity jednoduchou metodu posouzení mechaniky pohybu u teplokrevných koní pomocí snadno měřitelných parametrů. Jejím podkladem bylo zjištění vysoce signifikantních vztahů mezi délkou kroku, krokovou frekvencí a rychlostí kroku. Vztahy těchto tří proměnných jsou v kroku a klusu lineární a ve cvalu jsou vyjádřeny

kvadratickou funkcí druhého stupně. Na základě získaných hodnot remont hřebců a klisen při výkonostních zkouškách ve šlechtitelských chovech vypracoval kvantilová pásma pro krok (obrázek č. 7 a), klus (obrázek č.7 b) a cval (diferencovaně podle pohlaví), do kterých se zaznamenávají u jednotlivých koní. Při odpovídající úrovni šetření leží naměřené hodnoty převážně v jednom pásmu. Tato pásma jsou bodově hodnocena, takže je možné k vyhodnocení chodů koní použít opět desetibodový systém.

Obrázek č. 7: Kvantilová pásma pro bodové hodnocení v chodech (a) krok a (b) klus pro kladrubské hřebce podle DUŠKA a kol.(2011)



2.3.4 Metody hodnocení mechaniky pohybu v zahraničí

Posuzování mechaniky pohybu v zahraničních šlechtitelských organizacích je podobně jako v České republice v zásadě orientované na posuzování kvalitativních charakteristik.

Při výkonostních zkouškách Norických hřebců v Rakousku dle šlechtitelského programu se uvádí mechanika pohybu posuzuje ve volnosti, bez ohledu na stupeň výcviku v třech základních chodech, kroku, klusu a cvalu. Zvlášť se pak hodnotí jezditelnost a ovladatelnost v zápřahu. V kroku je požadovaný čistý, pravidelný čtyřtaktní chod. Posuzován je pohyb v kritériích takt, plynulost a prostornost. V klusu je posuzován takt, prostornost, kmih, a především elasticita a ohebnost.

Podle šlechtitelského programu Bavorského chladnokrevníka (**WFPSB, 2014**) jsou při posuzování mechaniky pohybu žádoucí stejnoměrné, pravidelné a prostorné chody. V kroku má být zřetelný čtyřtakt, stejně jako v klusu má být jasný dvoutakt. Pohyby mají být uvolněné, energické a prostorné při vysoké akci končetin. Při klusu má být výrazná fáze kmitu. Pohyb má viditelně vycházet z pánevních končetin a přenášet se aktivní prací hřbetu na hrudní končetiny. Naopak nežádoucí jsou krátké, ploché a neelastické pohyby, při ztuhlých pohybech zádi. Stejně nežádoucí jsou nepravidelné a těžkopádné pohyby, zejména s důrazem na hrudní končetiny.

Ve šlechtitelském programu Schwarzwaldského ryzáka (**VPZMV, 2016**) se vyžadují prostorné pohyby. Krok má být energický, snaživý a taktní s dostatečnou prostorností. Při klusu se kromě pravidelnosti a energického náboje klade důraz na pohyb vycházející z pánevních končetin.

Pro srovnání hodnocení v polských chovatelských svazech lze uvést kritéria posuzování Velkopolského koně, který má mít harmonický, elegantní pohyb, přirozený impulz a dlouhý prostorný krok. Musí se pohybovat v rovnováze a flexibilně. Důraz se klade na sílu odrazu pánevních končetin. Pohyb má být energický, efektivní a pravidelný. V chodech je nežádoucí krátký a plochý krok, těžký, neflexibilní a tuhý v zádech (**PZHK, 2005**).

Podmínky hodnocení ve slovenských chovatelských svazech určuje Slovenská technická norma **STN 466310 (1997)**. Ta stanovuje podmínky hodnocení charakteristik mechaniky pohybu s důrazem na tyto kvalitativní charakteristiky: způsob pohybu, prostrannost, pružnost, takt, akce a kadence.

2.3.5 Biomechanické metody hodnocení mechaniky pohybu

Veterinární a biomechanické disciplíny používají široký rozsah měřících metod. Pro zootechnickou praxi má smysl uvažovat pouze o neinvazivních metodách, které v žádném případě nepoškozují svalstvo nebo kosterní soustavu měřeného objektu. Neinvazivní měřící metody používané v těchto oborech lze rozdělit na kinematické a dynamické.

Při kinematické analýze se posuzují především geometrické vlastnosti pohybu. Mezi tyto metody též patří videografická analýza, která využívá pro získání objektivních kinematických dat záznam z videokamery. Pro přesné určení polohy bodů na těle měřícího objektu se používají sledovací značky. Ty mohou být aktivní (mají zabudovaný zdroj světla) nebo pasivní (reflexní). Sledovací značky mohou být fixované na kůži nebo taky fixované přímo na kost (**HAUSSER, 2000**). Fixace na kost patří právě mezi invazivní metody, které nejsou uplatnitelné při posuzování mechaniky pohybu v zootechnické praxi.

Sledovací značky fixované na kůži vykazují určitou nepřesnost měření, korekci tohoto vplyvu se zabýval kupříkladu **BENIOT (2006)**.

Další kinematickou metodu představuje užití optoelektronických systémů, které mají s videografickými analýzami mnoho společného. Rozdíl spočívá především v získávání vstupních dat, které nejsou získány z videozáznamu, ale jsou měřeny z polohy aktivních nebo pasivních sledovacích značek, které detekují nebo reflektují signál z rozmístěných vysílačů v sledovaném prostoru (**BACK, 2012**). Obě tyto metody zaznamenávají polohu sledovacích značek, z čehož je pak odvozovaná rychlost a zrychlení. Mezi kinematické metody lze ještě zařadit elektrogoniometrii, která využívá potenciometrické měřící

zařízení. Toto zařízení je fixované ke končetině koně a zaznamenává změny úhlu daného kloubu.

Při dynamických metodách se jako funkce času měří síla nebo zrychlení. Rychlost a poloha se vypočítávají jako integrální veličiny. Mezi tyto metody patří například měření pomocí speciální podkovy, která zaznamenává silové poměry při kontaktu kopyta se zemí. Obměnou této metody je měření pomocí tlakových desek, které zaznamenávají reakční síly dopadajících koňských kopyt (**BACK, 2012**).

Mezi další dobře uplatnitelné metody patří měření zrychlení pomocí akcelerometru. Tyto měřicí zařízení mohou být fixované na kůži a měřit zrychlení a úhlové zrychlení v šesti osách. Data mohou přenášet bezdrátově.

Z dalších metod, které nespádají do výše uvedených kategorií, lze zmínit měření pomocí elektromyografu (**LICKA, 2004**), nebo metody využívající měření objemu spotřebovaného kyslíku během fyzické zátěže (**DUŠEK a kol., 2011**).

V komerční sféře se stále více objevují specializované produkty určené pro posouzení mechaniky pohybu, sportovního potenciálu a také zdravotního stavu koní. Výše popsanou videografickou metodu má například implementovanou systém Equinalysis, který využil ve své práci **POORE (2011)**.

3. Cíl práce

Cílem této práce bylo posouzení hodnotících metod mechaniky pohybu v kroku a klusu využívaných v České republice. Následně byly zhodnoceny možnosti využití objektivních metod a jejich efektivnost v chovatelské praxi.

Kromě literárního přehledu fyziologických vlastností pohybového aparátu koně a chladnokrevných plemen v České republice byl taky poskytnutý přehled metod hodnocení koní z hlediska jejich mechaniky pohybu.

Další z cílů této práce bylo experimentálně zhodnotit možnosti a efektivnost využití videografické kinematické analýzy při objektivním posuzování mechaniky pohybu koní. Výběr metody byl podmíněn relativně malými nároky na materiálové vybavení, rychlou přípravu a také důležitým faktorem také byla možnost zpracovat videozáznamy nezávisle na průběhu měření (v jeho průběhu, nebo po jeho skončení).

Za pomoci domácí videokamery, kancelářského přenosného počítače a volně šiřitelných programů byl ověřen metodický postup k vyhodnocení kvantitativních charakteristik v kroku a klusu chladnokrevného koně.

4. Materiál a metodika

Materiálem pro zpracování byly videozáznamy získané při předvádění Slezského norického koně na ruce v kroku a klusu v kryté jízdárně v prostorách Katedry speciální zootechniky Zemědělské fakulty Jihočeské university v Českých Budějovicích dne 21. ledna 2017.

Kůň byl opatřen speciálními sledovacími značkami na významných tělesných bodech. Digitální videozáznam byl následně programově zpracován. Při následné analýze dat byl kladen důraz na vyhodnocení kinematických parametrů hrudní a pánevní končetiny.

4.1. Charakteristika objektu měření

Klisna Sasanka (foto č. 4) s evidenčním číslem 72/484 patří do Hlavní plemenné knihy klisen plemene Slezský norický kůň. Byla narozena 11. 7. 2000 a představuje genetický zdroj pro dané plemeno. Je hnědé barvy a její základní míry jsou: kohoutková výška pásková 173 cm, kohoutková výška hůlková 162 cm, obvod hrudi 200 cm, obvod holeně 23,70 cm.

Otec: 2691 Streimur (1994)

Matka: 69/688 Ula (1991) po Gonet (1985)

Foto č. 4: Klisna Sasanka se světelnými značkami v průběhu měření

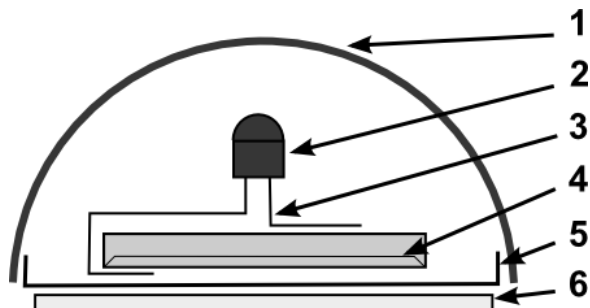


4.2. Příprava měření

Aby byl digitální videozáznam programově zpracovatelný, byly navrženy a zkonstruovány speciální sledovací značky (obrázek č. 8). Sestávají z plastového stínítka rudé barvy, sférického tvaru o poloměru 40 mm, ve kterém se nachází jako zdroj světla LED dioda totožné barvy. Dioda je připojená ke třívoltové baterii (typ CR2032). Tento

jednoduchý elektrický obvod je připevněn k pevné plastové podložce, která je uchycena ve stínítku. Takto sestrojená sledovací značka je fixována k srsti koně oboustranní lepicí páskou.

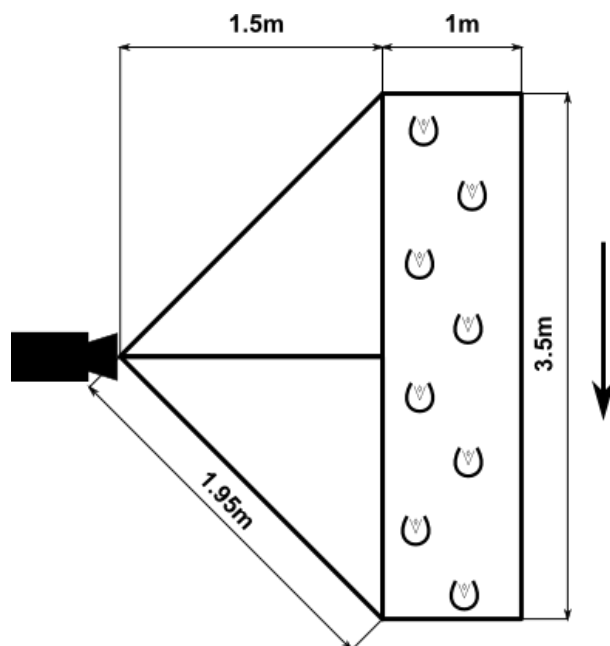
Obrázek č. 8: Schéma vyhotovení sledovací značky



Legenda: 1 - plastové stínítko, 2 - LED dioda, 3 – elektrický vodič, 4 – baterie, 5 – plastová podložka, 6 – oboustranná fixační páska

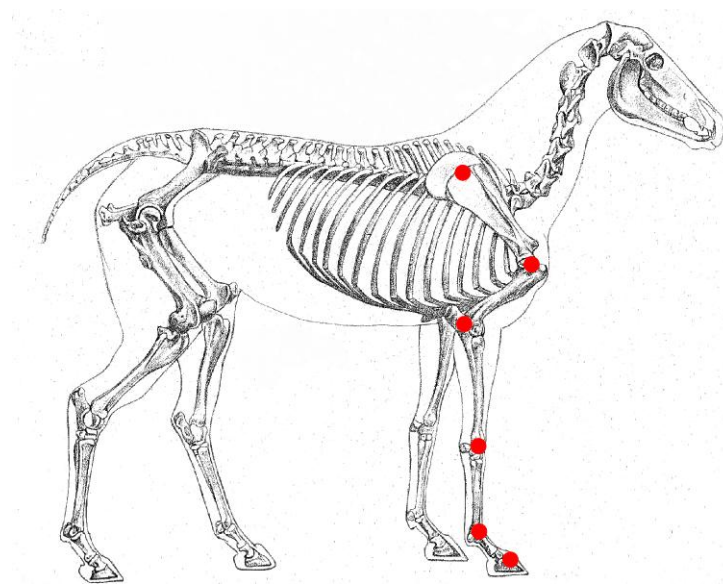
Pro vyhotovení záznamu byla použita domácí videokamera SONY HDR – PJ 620/BC, která je schopná zachytit 50 snímků za vteřinu při plném HD rozlišení (1920 x 1080 bodů). Měření se uskutečňuje na dlouhé stěně jízdárny z důvodu stejné trasy. Kamera byla připevněna ke stativu ve výšce 1,55m a umístěná podle obrázku č. 9 tak, aby na vyhotoveném záběru byly zachyceny 1 až 3 úplné pohybové cykly (v závislosti na chodu) stejné končetiny. Pro správnou kalibraci zachyceného prostoru a přepočítání vzdáleností byla do záběru umístěna závaží určující svislý směr a lineární měřidlo upevněné k ohlávce koně.

Obrázek č. 9: Schematický náčrt místa měření a umístění videokamery (pohled shora, šipka představuje směr pohybu koně během vyhotovování záznamu).



Kůň byl před měřením důkladně očištěn, což je důležité kvůli pevnému uchycení sledovacích značek, nastrojen ohlávku, přiveden do kryté jízďárny a následně 15 minut opohybován na lonži, aby došlo k uvolnění svalstva. Pozice a popis sledovacích značek je znázorněn na obrázku č. 10 a vychází ze standardního umístění kožních značek podle **BACKA (2012)**, avšak s přihlédnutím na rozlišovací možnosti použité kamery a nastavených kritérií třídícího algoritmu.

Obrázek č. 10: Umístění sledovacích značek na významných bodech koňského těla při měření
(Upraveno z *The Horse: Anatomy plates for artists* by Vinciana)



4.3. Průběh měření

Kůň je veden na ruce do záběru kamery v kroku nebo v klusu. Požadavkem přitom je vyhotovit alespoň tři záznamy v daném chodu, kde bude kompletně zachycen minimálně jeden krok hrudní a pánevní končetiny. Předváděč se snaží koně předvést v co možná nejuvolněnějším, plynulém a pravidelném chodu.

Kvalita vyhodnocení záznamu závisí také na světelných podmínkách. Je důležitý vysoký kontrast sledovacích značek vůči ostatnímu prostředí. Krytá jízďárna v tomto směru poskytuje lepší podmínky než otevřené prostranství.

4.4. Zpracování naměřených dat

Získané videozáznamy byly následně zpracovány pomocí jednoduchých operací napsaných v programu PYTHON 2.7 (**PYTHON, 2010**), který byl rozšířen o knihovnu OPEN CV 3.0 (**OPENCV, 2014**) pro práci s videem. Všechny tyto programové nástroje jsou s volnou licencí, tudíž bezplatně dostupné.

Postupnost kroků a vlastnosti vyhledávacího algoritmu byly sestavené dle **FIGUEROA (2003)**.

Zpracovávání probíhá v postupných krocích:

1. **Extrakce dat z videozáznamu** – jde o rozřazování videa na jednotlivé snímky a jejich barevnou filtraci. V takto filtrovaném snímku zůstanou pouze body vybrané barvy (červené). Následně jsou identifikovány shluky těchto bodů, které program ohraničí kružnicí. Středů těchto kružnic jsou vypsány do textového souboru.
2. **Třídění dat** – soubor s vypsány středů je programově roztříděn tak, aby byly nalezené body v každém snímku přidělené dle nastavených kritérií k jedné ze sledovaných značek. Chybné body jsou vyřazeny.
3. **Vyhlazení datových souborů** – aby byly odstraněny chyby měření, jsou data interpolována a nahrazena spojitou křivkou.
4. **Vyhodnocení křivek** – křivky jsou přímo vepsány do grafu, jako funkce prostorových souřadnic, nebo funkce času. Pro lepší srovnání je žádoucí výsledky normovat na délku kroku a odstranit tak efekt časově proměnných veličin (jak bylo uvedeno v podkapitole 2.3.1).

Při zpracování dat a výpočtu úhlů jednotlivých kloudných spojení bylo zjednodušeně uvažováno, že tyto spojení umožňují v sagitální rovině (snímané kamerou) pouze jeden stupeň volnosti, a sice rotaci kolem své osy.

5. Výsledky a diskuze

Před vlastním měřením proběhlo několik zkušebních testů z důvodu odstranění nedostatků, k otestování fixace světelných značek a světelných podmínek v kryté jízdárně. Bylo vyhotoveno celkově devět záznamů pohybu měřeného koně v kroku a dvanáct v klusu.

Ze záznamů v kroku byly tři vyřazeny jako chybné, protože odpadla jedna ze sledovacích značek. Další dva záznamy byly vyřazeny jako nevhodné, protože byla v pohybu nedostatečná pravidelnost nebo jiná odchylka krokového cyklu (nevhodný moment vstupu do záběru kamery). Jeden záznam nebylo možné zpracovat třídícím algoritmem, protože nadstavená kritéria nezvládla správně přiřadit nalezené body k spěnkovému nebo zápěstnímu kloubu. Ze zbylých tří záznamů byl vybrán jeden s nejpočetnějším správným přiřazením sledovaných bodů.

Ze záznamu v klusu bylo vyřazeno pět záznamů z důvodu uvolněné sledovací značky. Čtyři záznamy nezachytily kompletní pohybový cyklus hrudní končetiny a u dvou dalších došlo ke křížení drah kopytní a spěnkové sledovací značky v důsledku nesprávného přiřazení zachycených bodů k trajektoriím sledovacích značek třídícím algoritmem. Zbýlý záznam byl úspěšně zpracován až po manuálním zásahu do jednotlivých obrázků získaných rozfázováním videa. Vysoký počet vyřazených záznamů přímo souvisí s vyšší rychlostí chodu jako i nižší okolní teplotou v průběhu měření (-6 °C), která negativně ovlivňovala fixaci sledovacích značek oboustranní lepicí páskou na srsti koně.

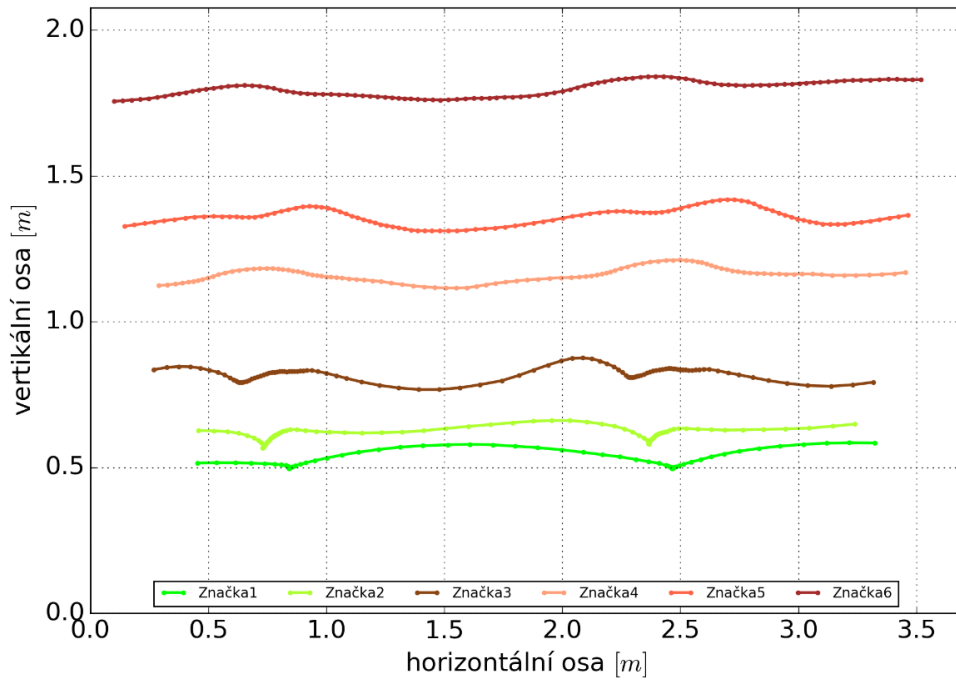
K přepočtu zaznamenaných bodů do reálných rozměrů byly použity konstanty odečteny z lineárního měřidla (520 bodů = 1 m) a závěsného těžítka, které určuje svislý směr (úhel sklonu svislé osy kamery od svislého směru určeného těžítkem: 0,7°).

5.1. Vyhodnocení záznamu hrudní končetiny v kroku

Následně byly propočítané hodnoty nahrazeny interpolovanými křivkami (graf č. 1). Každá vykreslená křivka přitom představuje trajektorii dané sledovací značky.

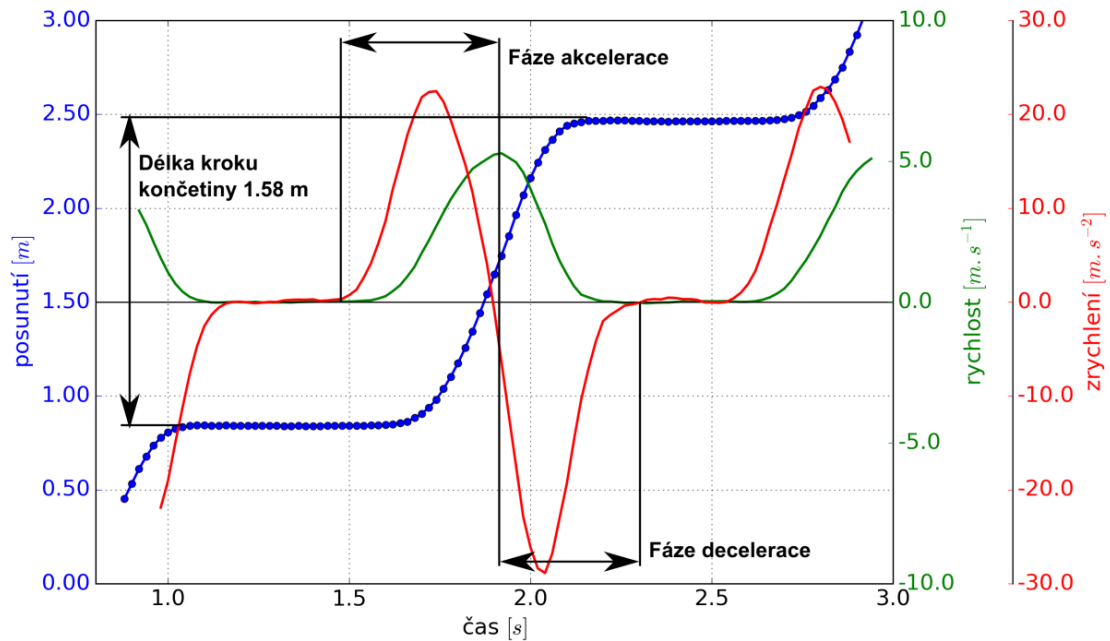
Pro další posouzení byla vybrána značka na kopytě, kde dochází k nejvýraznějším změnám v průběhu pohybového cyklu dané končetiny. Hodnoty byly rozloženy a zvlášť vykreslené pro pohyb dopředu (horizontální složka – graf č. 2) a pohyb svislý (vertikální složka – graf č. 3). Z průběhu posunutí v čase byly odvozeny rychlost a zrychlení pohybu (použité vztahy mezi kinematickými veličinami jsou detailněji popsány v příloze č. 1).

Graf č. 1: Roztřízené a vyhlazené trajektorie sledovacích světelných značek v kroku



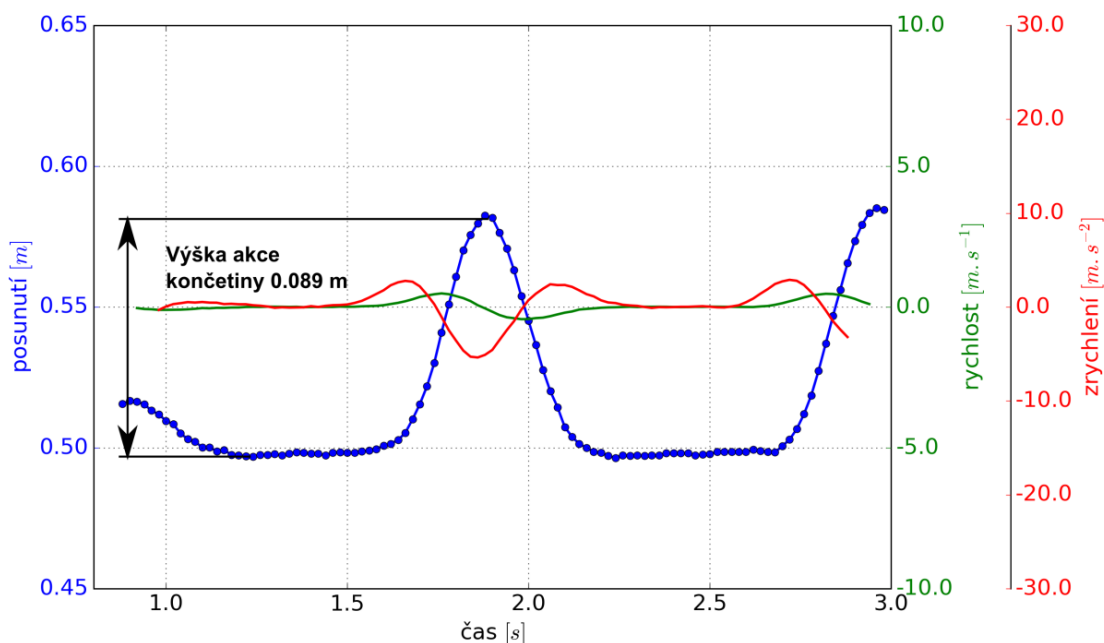
Legenda: značka 1 – kopyto, značka 2 – spěnkový kloub, značka 3 – zápěstní kloub, značka 4 – ramenní kloub, značka 5 – loketní kloub, značka 6 – lopatka.

Graf č. 2: Průběh horizontálních složek posunutí, rychlosti a zrychlení v čase v kroku



Z vykreslené křivky horizontálního posunutí byla odečtena délka kroku dané hrudní končetiny 1,58 m. Vodorovné části v křivce posunutí, představují fázi podpěru. V grafu je možné jasně rozeznat fázi kmitu kopyta tam, kde se rychlost nerovná nule. Dále je dobře rozeznatelná subfáze akcelerace (zrychlení) a decelerace (zpomalení).

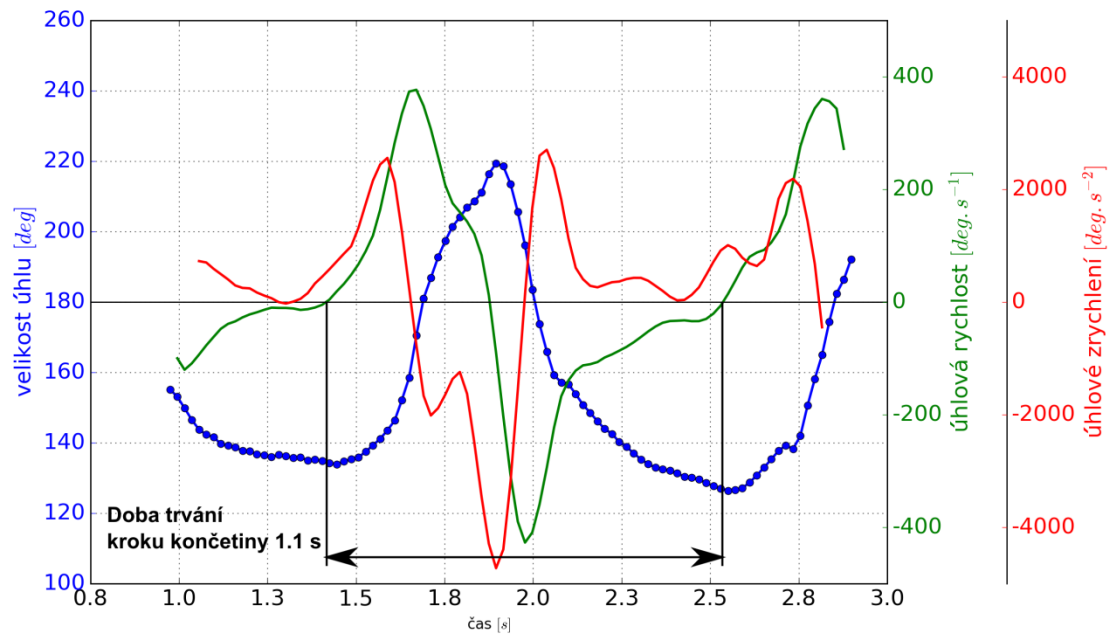
Graf č. 3: Průběh vertikálních složek posunutí, rychlosti a zrychlení v čase v kroku



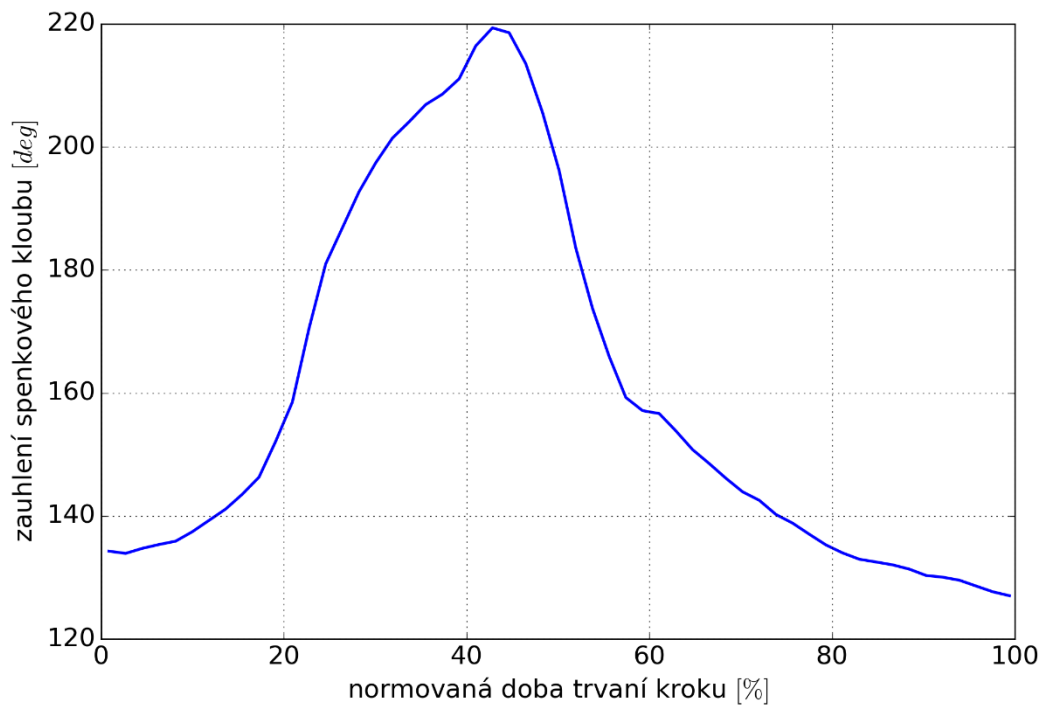
Z vertikální složky pohybu je možné určit výšku akce končetiny, která v tomto případě byla stanovena na 8,9 cm. Průměrná rychlost pohybu koně vpřed byla $1,65 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (odečtena z horizontální složky pohybu lopatkové sledovací značky). Průběhy horizontálních a vertikálních přemístění, rychlostí v grafech a drah zbývajících značek v kroku se nacházejí v příloze č. 2 až příloze č. 6.

Mezi třemi libovolnými záznamy sledovacích značek lze jednoduše určit úhel, který svírají. Pro změny zauhlení spěnkového kloubu v čase byly vypočteny průběhy úhlové rychlosti a úhlového zrychlení (graf č. 4). Doba trvání kroku končetiny 1,1s byla stanovena jako část křivky úhlové rychlosti, která přetíná nulovou osu v momentě, kdy uběhne celý krokový cyklus. Do toho je zahrnutá oblast s kladnými hodnotami (fáze kdy se kopyto zvedá a úhel se zvětšuje), jako i oblast se zápornými hodnotami (fáze od momentu, kdy kopyto dosáhne maximálního zauhlení a od kterého se úhel zmenšuje až po došlápnutí). Z doby trvání kroku byla získána propočtem kroková frekvence $0,91\text{s}^{-1}$. Maximální úhel spěnkového kloubu z vyhodnocovaného záznamu je 219° a minimální je 126° .

Graf č. 4: Průběh zauhlení, úhlové rychlosti a úhlové zrychlení spěnkového kloubu v čase v kroku



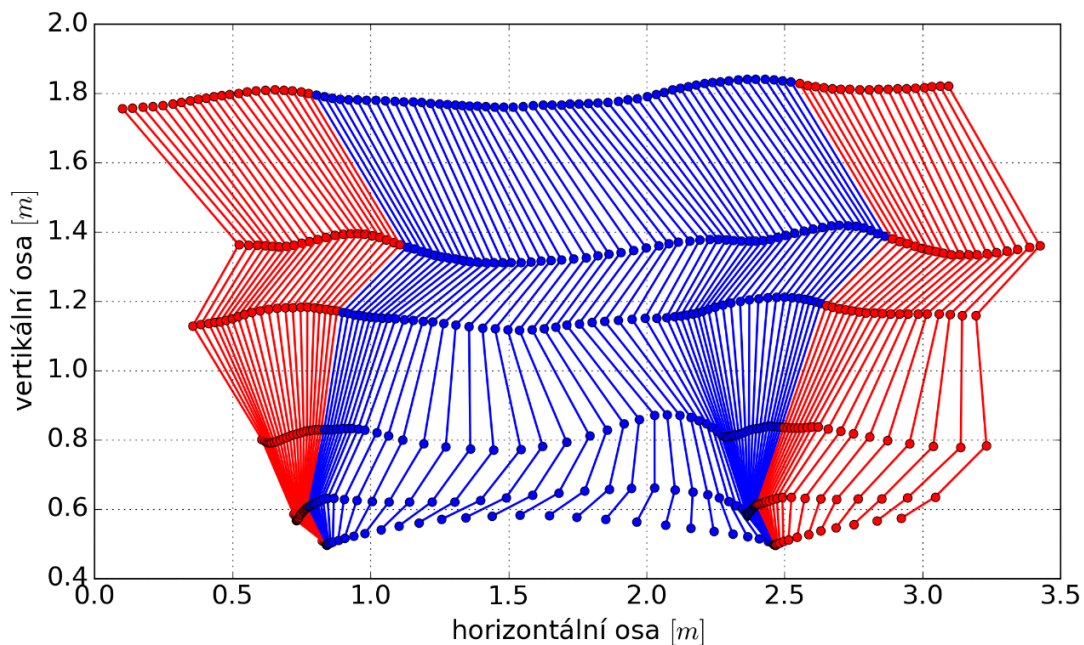
Graf č. 5: Průběh normovaného zauhlení spěnkového kloubu v průběhu jednoho pohybového cyklu hrudní končetiny v kroku



Jak uvádí **CLAYTONOVÁ (2004)**, aby bylo možné srovnávat záznamy vyhotovené při různých rychlostech chodu, nebo taky mezi různými koňmi, byl průběh zauhlení spěnkového kloubu normován (graf č. 5). Tím se odstraňuje efekt časově závislých proměnných a zauhlení je tak vykresleno ve vztahu k normované době trvání kroku v procentech.

Graf č. 6 ilustruje, která část záznamu byla vyňata (vykresleno modrou barvou) jako kompletní pohybový cyklus hrudní končetiny.

Graf č. 6: Záznam jednotlivých poloh hrudní končetiny v rovině kamery v kroku

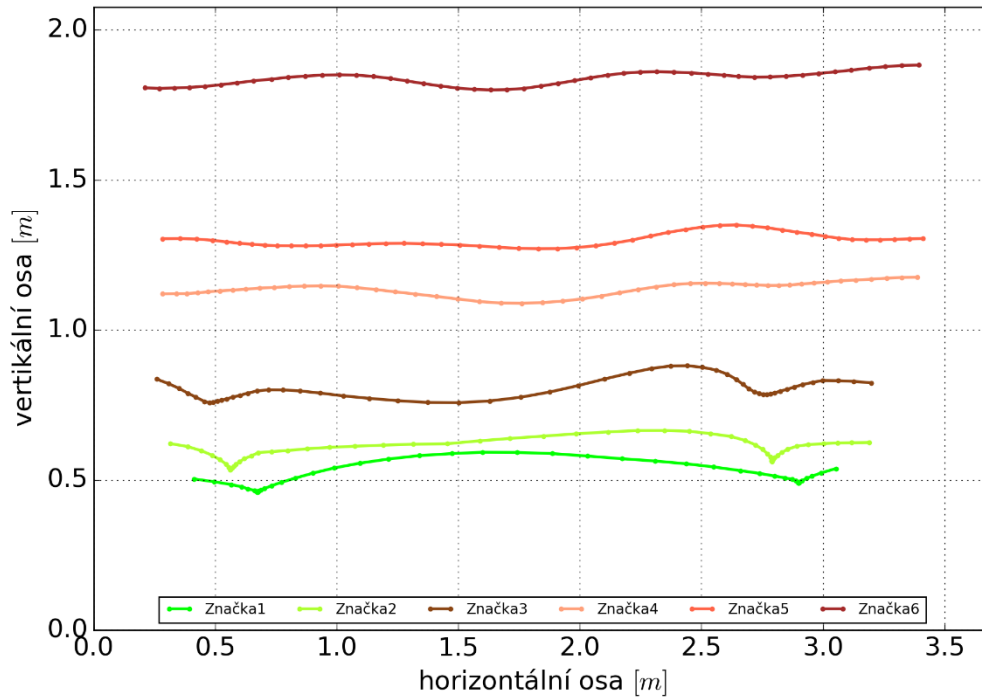


Legenda: červeně jsou vyznačeny polohy mimo a modře polohy patřící vně sledovaného pohybového cyklu hrudní končetiny.

5.2. Vyhodnocení záznamu hrudní končetiny v klusu

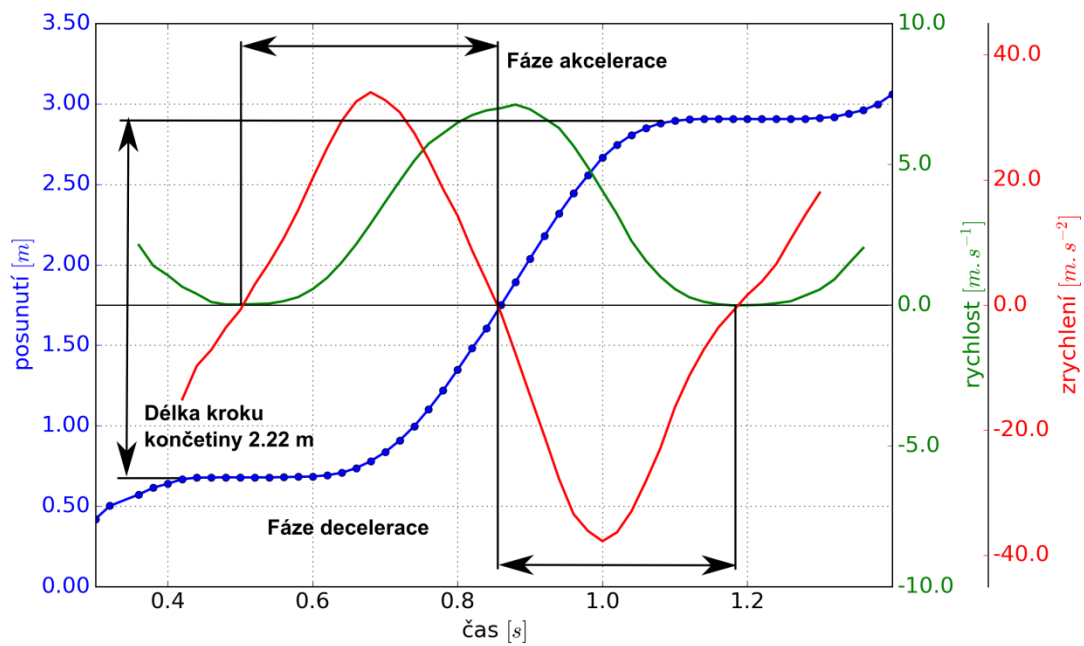
Podobně jako při posuzování v kroku byla i v klusu sledována světelná značka na kopytě. Roztříděné a vyhlazené trajektorie byly vykresleny v grafu č. 7.

Graf č. 7: Roztřízené a vyhlazené trajektorie sledovacích světelných značek v klusu



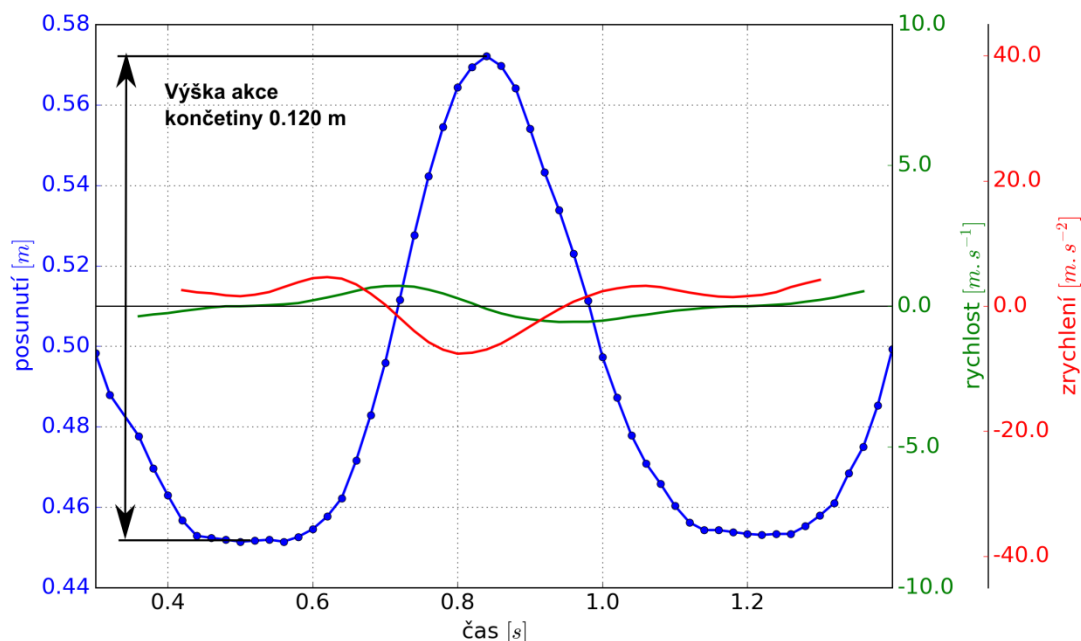
Legenda: značka 1 – kopyto, značka 2 – spěnkový kloub, značka 3 – zápěstní kloub, značka 4 – ramenní kloub, značka 5 – loketní kloub, značka 6 – lopatka.

Graf č. 8: Průběh horizontálních složek posunutí, rychlosti a zrychlení v čase v klusu



Z vykreslené křivky horizontálního posunutí (graf č. 8) byla odečtena délka kroku dané hrudní končetiny v klusu 2,22 m. Vodorovné části na křivce posunutí, podobně jak při kroku, představují fázi podpěru. Rovněž je rozeznatelná fáze kmitu kopyta, subfáze akcelerace (zrychlení) a decelerace (zpomalení).

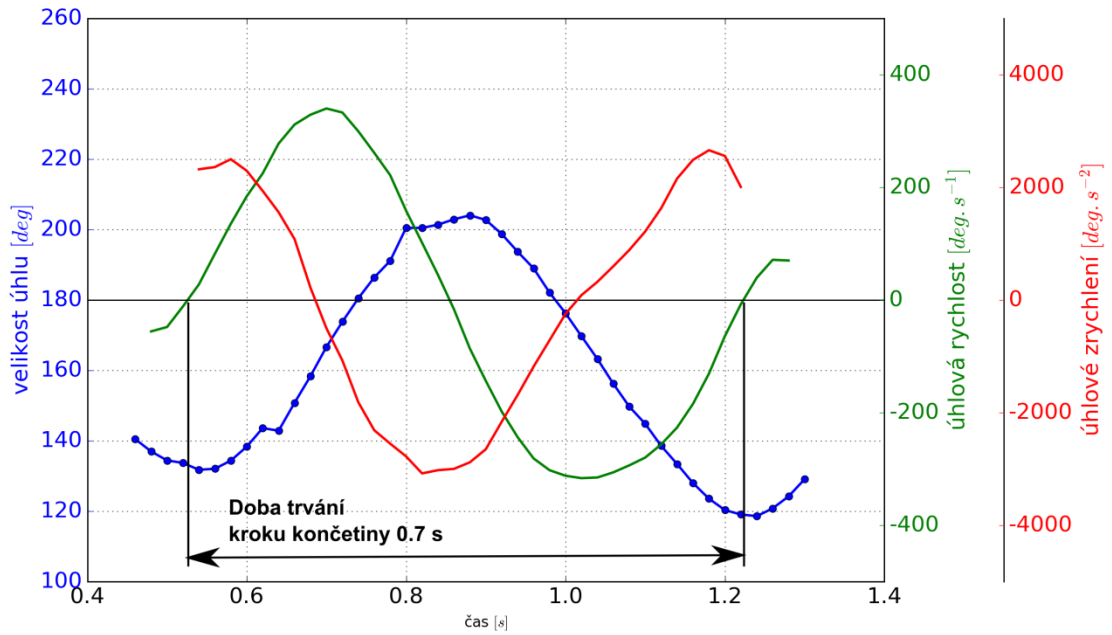
Graf č. 9: Průběh vertikálních složek posunutí, rychlosti a zrychlení v čase v klusu



Z vertikální složky pohybu (graf č. 9) byla určena výška akce končetiny, která v tomto případě byla stanovena na 12,0 cm. Průměrná rychlost pohybu koně vpřed byla $3,33 \text{ m.s}^{-1}$ (odečtena z horizontální složky pohybu lopatkové sledovací značky, příloha č. 6). Průběhy horizontálních a vertikálních přemístění, rychlostí v grafech a drah zbývajících značek v kroku se nacházejí v příloze č. 7 až příloze č. 11.

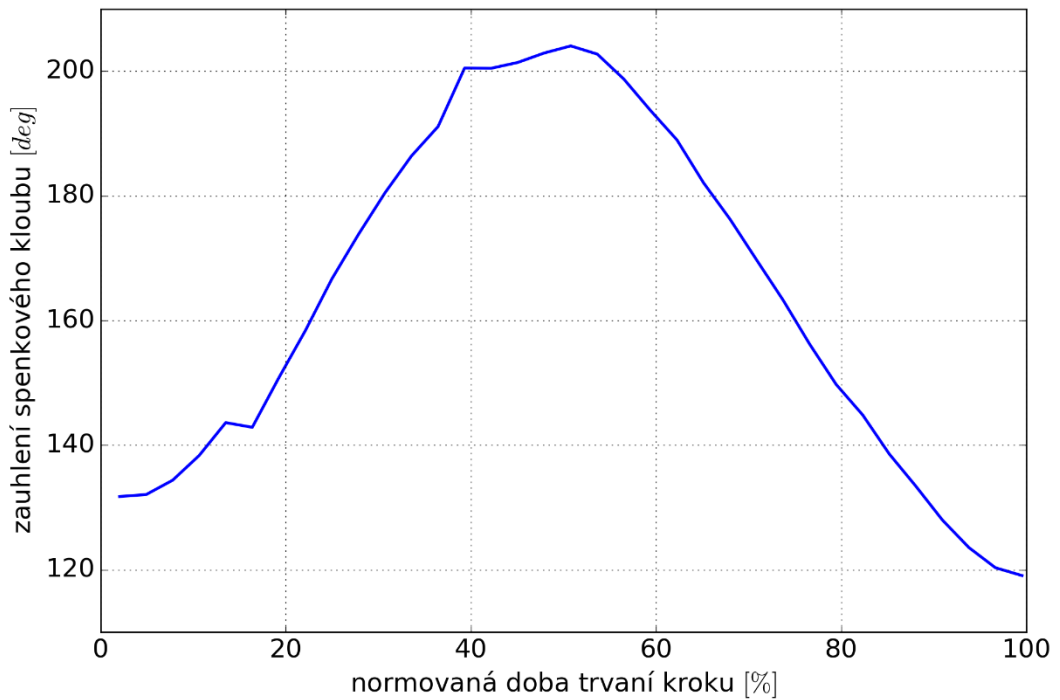
Pro změny zauhlení spěnkového kloubu v čase byly vypočteny průběhy úhlové rychlosti a úhlového zrychlení (graf č. 10). Doba trvání kroku končetiny byla stanovena na 0,7s a kroková frekvence $1,43 \text{ s}^{-1}$. Maximální úhel spěnkového kloubu z vyhodnocovaného záznamu je 204° a minimální je 119° .

Graf č. 10: Průběh zauhlení, úhlové rychlosti a úhlové zrychlení spěnkového kloubu v čase



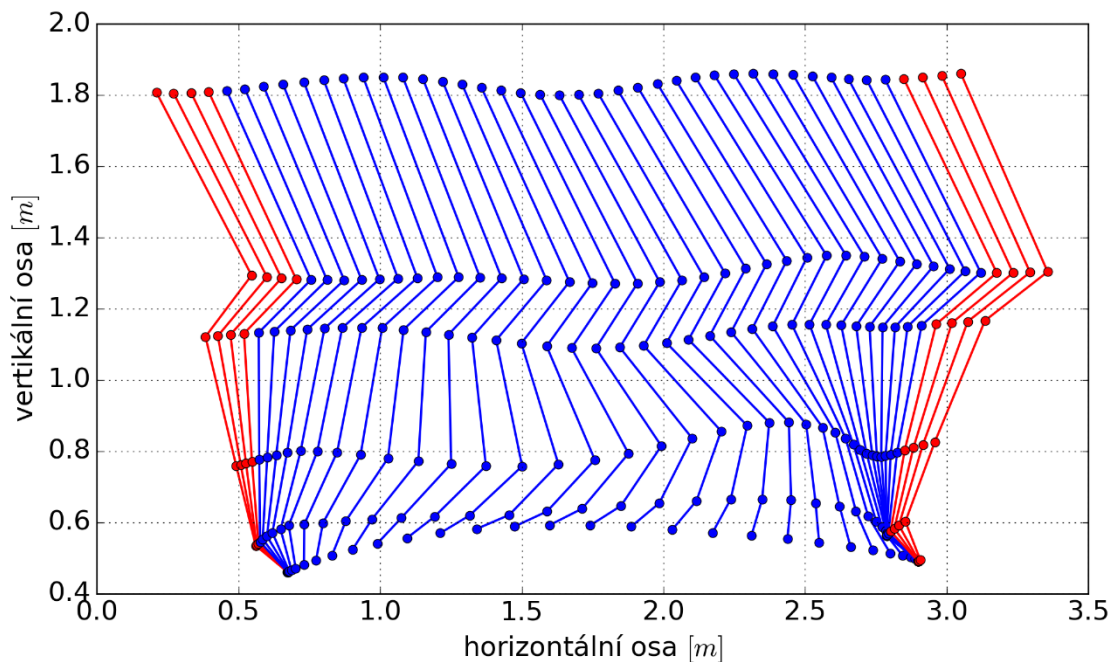
Normovaný průběh zauhlení spěnkového kloubu byl vynesena v grafu č. 11.

Graf č. 11: Průběh normovaného zauhlení spěnkového kloubu v průběhu jednoho pohybového cyklu hrudní končetiny v klusu



Graf č. 12 ilustruje, která část záznamu byla vyňata (vykresleno modrou barvou) jako kompletní pohybový cyklus hrudní končetiny.

Graf č. 12: Záznam jednotlivých poloh hrudní končetiny v rovině kamery v klusu



Legenda: červeně jsou vyznačeny polohy mimo a modře polohy patřící vně sledovaného pohybového cyklu hrudní končetiny.

5.3 Srovnání naměřených hodnot

Naměřené kinematické charakteristiky hrudní končetiny v kroku a klusu byly pro porovnání vepsány do tabulky č. 2. a tabulky č. 3.

Tabulka č. 2: Přehled naměřených hodnot hrudní končetiny v kroku a klusu

Chod	Délka kroku [m]	Výška akce [cm]	Doba trvání kroku [s]	Rychlost [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	Frekvence kroků [s^{-1}]
Krok	1,58	8,9	1,1	1,65	0,91
Klus	2,22	12,0	0,7	3,33	1,43

Tabulka č. 3: Přehled maximálních a minimálních hodnot úhlu spěnkového kloubu hrudní končetiny v kroku a klusu

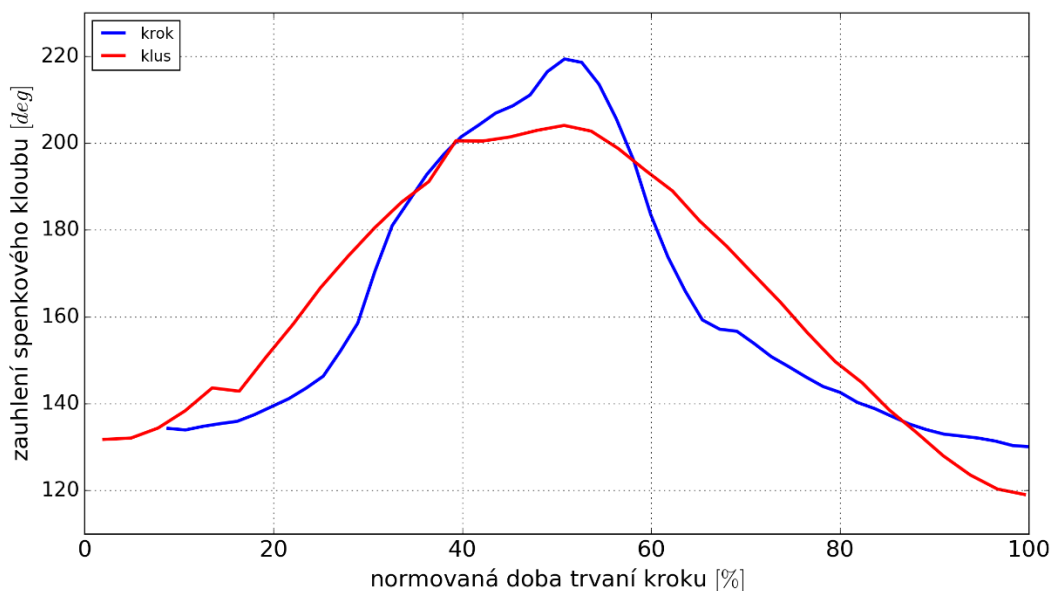
Chod	Maximální zauhlení [°]	Minimální zauhlení [°]
Krok	219	126
Klus	204	119

Z naměřených hodnot je zřejmé, že rychlost pohybu vpřed při klusu je vyšší jako než při kroku. Tomu i odpovídá fakt, že délka krokového cyklu se při klusu prodlužuje a výška akce se zvyšuje, zatímco se doba trvání kroku v klusu zkracuje. V krokovém cyklu kroku je jeho délka kratší a s tím související výška akce nižší.

Zjištěné maximální a minimální hodnoty zauhlení spěnkového kloubu naznačují, že při kroku je ohnutí v daném kloubu větší než v klusu.

Normované srovnání průběhů zauhlení spěnkového kloubu v kroku a klusu je zobrazeno v grafu č. 13.

Graf č. 13: Srovnání průběhů normovaných zauhlení spěnkového kloubu v hrudní končetiny v kroku a klusu



Z průběhu normovaného zauhlení spěnkového kloubu je zřejmé, že v klusu dochází k méně výraznému zauhlení než v kroku. Zároveň je patrné, že křivka pohybu je v klusu znatelně plošší.

6. Závěr

Práce zpracovává přehled anatomických a fyziologických vlastností, které ovlivňují mechaniku pohybu koně. Dále poskytuje přehled metod k hodnocení mechaniky pohybu s důrazem na chladnokrevné koně. Jako součástí tohoto přehledu byly popsány metody objektivního hodnocení kvantitativních charakteristik pohybu, díky kterým by bylo možné subjektivní hodnocení minimalizovat.

K měření charakteristik mechaniky pohybu se nabízejí metody, které se běžně uplatňují v oborech biomechaniky a veterinárního lékařství. Tyto metody si však vyžadují náročnou přípravu, nákladné materiálové a měřicí vybavení a v některých případech též zásahy do tkaniva měřeného objektu, což je činí z hlediska zootechnické praxe jen těžko využitelné. Z těchto metod se jeví pro potřeby hodnocení mechaniky pohybu chovatelů a šlechtitelů jako nejlépe použitelná videografická kinematická analýza, která se díky pokroku ve výpočetní a audiovizuální technice stává dostupnější.

V rámci praktické části byl ověřen metodický postup kinematické analýzy za využití videozáznamu ke stanovení kvantitativních charakteristik k hodnocení mechaniky pohybu koně. Ze záznamu byly vyhodnoceny běžně měřené a hodnocené kvantitativní charakteristiky, ale také byly získány mnohem komplexnější časově závislé průběhy kinematických veličin, které ve své grafické podobě mají potenciál být přínosné pro objektivizaci hodnocení.

Z naměřených výsledků v kroku byly zjištěny následující kvantitativní charakteristiky:

1. Délka kroku hrudní končetiny byla 1,58 m a výška akce 8,9 cm při rychlosti pohybu vpřed $1,65 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.
2. Doba trvání kroku jedné končetiny byla 1,1s při maximálním zauhlení spěnkového kloubu 219° a minimálním zauhlením 126° .

Kvantitativní charakteristiky v klusu:

3. Délka kroku hrudní končetiny byla 2,22 m při výšce akce 12,0 cm a rychlosti pohybu vpřed $3,33 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.
4. Doba trvání kroku jedné končetiny byla 0,7s úhlovým rozptylem spěnkového kloubu maximálně 204° a minimálně 119° .

Z uvedených hodnot je zřejmé, že rychlost pohybu vpřed při klusu je vyšší jako než při kroku. Tomu i odpovídá fakt, že délka krokového cyklu se při klusu prodlužuje a výška akce se zvyšuje, zatímco se doba trvání kroku v klusu zkracuje. V krokovém cyklu kroku je jeho délka kratší a s tím související výška akce nižší. Zjištěné maximální a minimální hodnoty zauhlení spěnkového kloubu naznačují, že při kroku je ohnutí v daném kloubu větší než v klusu.

7. Doporučení pro chovatelskou praxi

Hodnocení mechaniky pohybu vychází v současnosti především z posouzení kvalitativních pohybových vlastností koně. Tyto vlastnosti se vzhledem ke svému charakteru, který je obtížné číselně a tabulkově zpracovat, hodnotí výhradně subjektivním způsobem skupinou odborných porotců. Hodnotící metody založené na měření a posuzování kvantitativních vlastností mechaniky pohybu nejsou při zápisu do PK využívány. Tento stav je srovnatelný se stavem v zemích jako je Rakousko, Německo, Polsko a Slovensko.

Během ověřování metody byly zaznamenány vícere nedostatky, které byly důvodem vyššího počtu vyřazených videozáznamů pro konečné vyhodnocení. Ukázalo se, že teplota prostředí je důležitým faktorem, který omezuje použití zvolené fixace sledovacích značek. V důsledku nízké teploty (měření se uskutečnilo 21. 1. 2017 při teplotě okolí -6 °C) oboustranná lepicí páska nedržela na srsti koně tak, jak bylo potřeba, a způsobovala časté odpadání sledovací značky. To znehodnocovalo získané záběry.

Kvalita získaných dat je přímo závislá na kvalitě videozáznamu. Snímková frekvence domácí videokamery se ukázala být při vyšších rychlostech (fáze kmitu končetiny) málo dostačující a ke zpracování záznamu byla nutná dodatečná úprava jednotlivých snímků. Tato skutečnost zmenšuje jednu z hlavních výhod této programově automatizované metody. Použitím vysokorychlostní kamery lze tento nedostatek odstranit a záznamy zpracovávat zcela bez manuálního zásahu, tím pádem umožnit vyšší přesnost získaných dat a také zpracovat nesrovnatelně více záznamů za stejný čas.

Další zlepšení by bylo možné dosáhnout úpravou a přizpůsobením funkcí programů pro zpracovávání a vyhodnocení videa. Pro tohle ověření byly užity základní předdefinované funkce programu PYTHON a OPEN CV, které byly navrženy ke zcela jiným účelům.

Získané křivky z různých záznamů se nedají přímo srovnávat. Za tímto účelem je vhodné použít normovací metodu, kdy se sledovaná charakteristika vykreslí ve vztahu k procentuálnímu poměru trvání pohybového cyklu dané končetiny.

Všechny uvedené nedostatky je možné dalším zdokonalováním této metody postupně odstranit. Demonstovaná metoda kinematické analýzy z videozáznamu může proto sehrát významnou roli při procesu objektivizování mechaniky pohybu u koní. Jednou z nesporných výhod je, že tahle kinematická analýza byla vykonána lehko dostupným materiálovým vybavením a za užití programů s bezplatnou licencí a tím by mohla být lehce uplatnitelná i v širší zootechnické praxi mezi chovateli a šlechtiteli koní v České republice.

Pro snadnější uplatnění a další zdokonalení metody pro domácí videokamery (a tedy i pro širší uplatnění) je nevyhnutná mezioborová spolupráce, která by práci s programovými nástroji učinila více uživatelsky přátelskou.

Ze zjištěných poznatků lze za určitých podmínek doporučit videografickou kinematickou analýzu jako vhodný doplněk k již zavedeným metodám hodnocení mechaniky pohybu. Zvláštní pozornost by se měla věnovat faktu, že kvantitativní charakteristiky, které využil **DUŠEK a kol. (2011)** ke své metodě hodnocení pomocí kvantilových pásem (podkapitola 2.3.3) a které poměrně obtížně získával, lze touto metodou vyčíst jednoduše z vykreslených průběhů posunutí, rychlostí a zrychlení končetin v čase. Další možnosti otevírá srovnávání normovaných průběhů kinematických veličin mezi koňmi stejného plemene, jako například normovaný průběh zauhlení spěnkového kloubu během kroku a klusu.

Citovaná literatura

- BACK, W. a H.M. CLAYTON, 2012. *Equine Locomotion*. 2. vydání. Edinburgh: Saunders Elsevier.
- BACK, W., H.C. SCHAMHARDT a H.H.C.M. SAVELBERG, 1995. *How the Horse Moves: Significance of Graphical Representations of Equine Forelimb Kinematics*. *Equine Veterinary Journal*, (27), s. 31-38.
- BENIOT, D.L., D.K., RAMSEY, L. XU, P. WRETENBERG a P. RENSTRÖM, 2006. *Effect of skin movement artifact on knee kinematics during gait*. *Gait & Posture*, **24**, 152–164.
- BUDRAS, K.D., W.O. SACK a S. RÖCK, 2009. *Anatomy of the Horse: An Illustrated Text. 5th ed.* Hannover: Schlütersche.
- BUCHNER, H., H. SAVELBERG, H. SCHAMHARDT a A. BARNEVELD, 1997. *Inertial Properties of Dutch Warmblood Horses*. *Journal of Biomechanics*, **30**, s. 653-658.
- BUCHNER, H.H, S. OBERMÜLLER a M. SCHEIDL, 2000. *Body Centre of Mass Movement in the Sound Horse*. *The Veterinary Journal*, **160**, s. 225-234.
- CLAYTON, H.M., 2004. *The Dynamic Horse*. Mason: Sport Horse Publications.
- DUŠEK, J., 1990. Přípomínky k objektivizaci posuzování vlastností koní. In: *Studijní informace o chovu koní*. Slatiňany: VSCHK, s. 1-7.
- DUŠEK, J. a kol., 2011. *Chov koní*. 3. vydání. Praha: Brázda.
- DYCE, K.M., W.O.G. SACK a C.J. WENSING, 1991. *Anatomie der Haustiere: Lehrbuch für Studium und Praxis*. Stuttgart: Enke.
- FIGUEROA, P.J., N.J LEITE a R.M.L BARROS, 2003. *A flexible software for tracking of markers used in human*. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, **72**, s. 155-165.
- FRELICH, J. a kol., 2011. *Chov hospodářských zvířat I*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.
- HARTMAN, K., H. KEIL a V. PROCHÁZKA, 1955. Chody koně. AMBROŽ, L. *Speciální zootechnika: Chov koní*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství .
- HAUSSER, K.K., J.E.A. BERTRAM, K. GELLMAN a J.W. HERMANSON, 2000. *Dynamic analysis of in vivo segmental spinal motion: An instrumentation strategy*. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, **13**, s. 9-17.
- HIGGINS, G. a S. MARTIN, 2009. *Koně a jejich pohyb*. Praha: Metafora.
- HIGGINS, G. a S. MARTIN, 2013. *Pohyb a výkon koně: Anatomie*. Praha: Metafora.

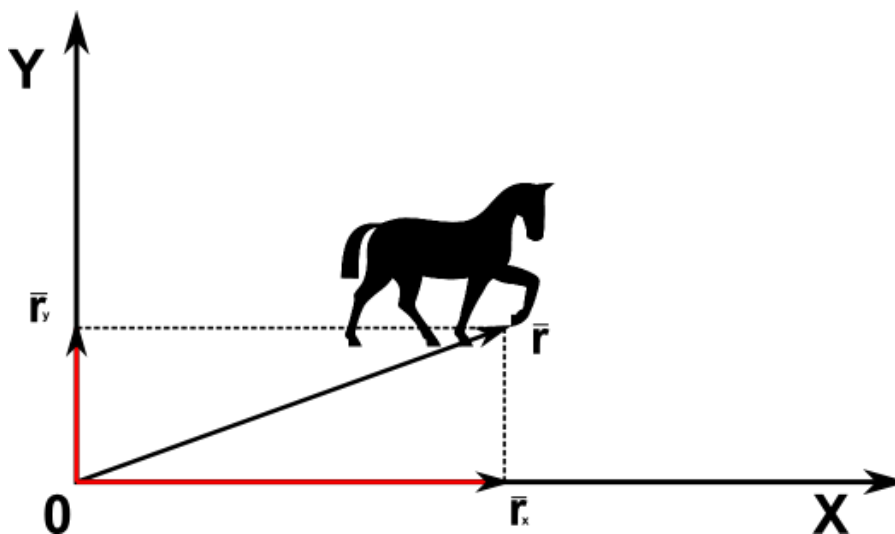
- JANČINA, J. a F. PEKÁREK, 1987. *Mechanika II: Kinematika*. Bratislava: Alfa.
- LICKA, T., C. PEHAM a A. FREY, 2004. *Electromyographic activity of the longissimus dorsi muscles in horses during trotting on a treadmill*. American Journal of Veterinary Research, **65**, s. 155-158.
- MARŠÁLEK, M., 2008. *Chov koní - popis, posouzení, šlechtění*. České Budějovice: Jihočeská universita Zemědělská fakulta.
- MARŠÁLEK, M. a H. CIVIŠOVÁ, 2016. *Šlechtění chladnokrevných koní a jejich uplatnění*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích Zemědělská fakulta.
- MARŠÁLEK, M. a L. EIDELPESOVÁ, 2007. *The Quality of the Young Warm-Blooded Stallions During the Rearing Period*. Journal of Central European Agriculture, **8**(4), s. 469-477.
- MARVAN, F. a kol., 2003. *Morfologie hospodářských zvířat*. Vydání 3. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze.
- MZE, 2014. Koncepce chovu koní. *Asociace svazů chovatelů koní České republiky* [online]. Praha: Ministerstvo zemědělství [cit. 2017-01-15]. Dostupné z: <http://www.aschk.cz/>
- OPENCV, 2014. OpenCV-Python Tutorials. *Open CV 3.0* [online]. [cit. 2016-08-02]. Dostupné z: <http://docs.opencv.org/>
- POORE, L.A.B. a T.L. LICKA, 2011. *A Quantitative Review of the Equinalysis System for Equine*. Journal of Equine Veterinary Science, **31**, s. 717-721.
- POPESKO, P. a kol., 1992. *Anatómia hospodárskych zvierat*. Bratislava: Príroda.
- PYTHON, , 2010. Python. *Python Software Foundation* [online]. [cit. 2016-08-12]. Dostupné z: <https://www.python.org/>
- PZHK, 2005. Program hodowlwi koni riasy wielkopolskiej. *Polski Związek Hodowców Koni* [online]. [cit. 2017-02-18]. Dostupné z: <http://pzhk.pl/hodowla/programy-hodowlane/>
- RIEMERSMA, D.J., H.C. SCHAMHARDT a W. HARTMAN, 1988. *Kinetics and Kinematics of the Equine Hind Limb: In Vivo Tendon Loads and Force Plate Measurements in Ponies*. American Journal of Veterinary Research, **49**, s. 1344-1352.
- SCHCHK-ČMB, 2010. Řád PK ČMB. *Svaz Chovatelů chladnokrevných koní N, SN a ČMB* [online]. [cit. 2016-11-28]. Dostupné z: <http://www.schchk.cz/clanky/ceskomoravsky-belgik/rad-pk/>

- SCHCHK-N, 2008. Řád PK N. *Svaz Chovatelů chladnokrevných koní N, SN a ČMB* [online]. [cit. 2016-11-28]. Dostupné z: <http://www.schchk.cz/clanky/norik/rad-pk/>
- SCHCHK-SN, 2008. Řád PK N. *Svaz Chovatelů chladnokrevných koní N, SN a ČMB* [online]. [cit. 2016-11-28]. Dostupné z: <http://www.schchk.cz/clanky/slezsky-norik/rad-pk/>
- STACHOVÁ, D., 2002. *Pohyb koní z pohledu moderních měřících metod*. Pražská vydavatelská společnost, s. 26-29.
- STACHOVÁ, D., 2002. *Pohyb koní z pohledu moderních měřících metod (2)*. Pražská vydavatelská společnost, s. 26-29.
- STN 466310, 1997. *Slovenská technická norma. Plemenné kone*.
- ŠINDELÁŘOVÁ, M., 2012. Svaz chovatelů chladnokrevných koní N, SN a ČMB. <Http://www.schchk.cz>.
- VPZMV, 2016. Zuchtprogramm für Kaltblutrassen. *Verband der Pferdezüchter Mecklenburg-Vorpommern e.V.* [online]. [cit. 2017-03-15]. Dostupné z: <http://www.pferdezuchtverband-mv.de>
- WFPSB, 2014. Zuchtprogramm für die Rasse des Süddeutschen Kaltblutpferdes. *Westfälischer Pferdstammbuch e.V.* [online]. [cit. 2017-01-07]. Dostupné z: <http://www.westfalenpferde.de>
- WISSDORF, H., H. GERHARDS a B. HUSKAMP, 1998. *Praxisorientierte Anatomie des Pferdes*. Hannover: Verlag M. & H. Schaper Alfred.
- Zákon č. 154/2000 Sb., o šlechtění, plemenitbě a evidenci hospodářských zvířat a o změně některých souvisejících zákonů (plemenářský zákon).

Přílohy

Příloha č. 1: Vztahy mezi základními kinematickými veličinami

Poloha sledovací značky na koni je jednoznačně daná v (sagitální) rovině kamery jejím polohovým vektorem \vec{r} . Jeho rozkladem dostaneme horizontální a vertikální složky (znázorněno na obrázku níže).



Rychlost \vec{v} sledovací značky mezi dvěma následujícími obrázky záznamu dostaneme jako:

$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}; [m \cdot s^{-1}]$$

Kde $\Delta \vec{r}$ představuje vektorový rozdíl poloh mezi dvěma zaznamenanými polohami a Δt je časový krok, který uplyne mezi vyhotovením těchto obrázků. Je daný snímkovací frekvencí kamery dle vztahu:

$$\Delta t = \frac{1}{\text{snímkovací frekvence kamery}}; [s]$$

Pro vektor zrychlení sledovací značky \vec{a} platí:

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\Delta^2 \vec{r}}{\Delta t^2}; [m \cdot s^{-2}]$$

Při užití komponentů polohového vektoru vypočteme příslušné komponenty rychlosti a zrychlení v dané osy.

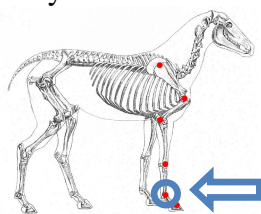
Analogické vztahy platí pro změnu úhlu $\Delta \vec{\varphi}$, vektor úhlové rychlosti $\vec{\omega}$ a úhlové zrychlení $\vec{\alpha}$:

$$\bar{\omega} = \frac{\Delta\bar{\varphi}}{\Delta t}; [deg.s^{-1}]$$

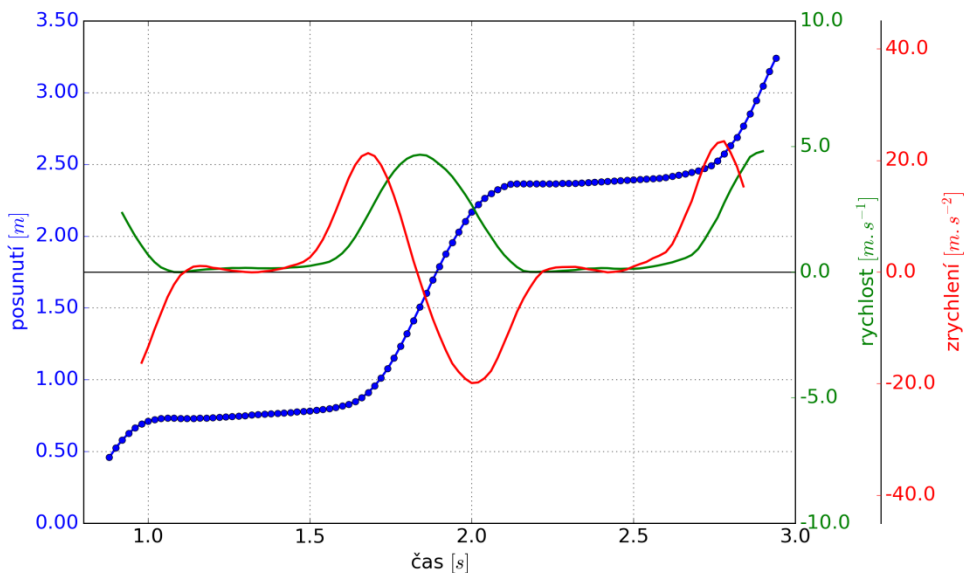
$$\bar{\alpha} = \frac{\Delta\bar{\omega}}{\Delta t} = \frac{\Delta^2\bar{\varphi}}{\Delta t^2}; [deg.s^{-2}]$$

Poznámka: Rozměr [*deg*] je zkrácením anglického termínu ‚degree‘ tedy ‚stupeň [°]‘. Kvůli užití programů s anglickým kódováním klávesnice byl tento rozměr užit souběžně s českým. Vztahy byly zpracovány podle **CLAYTONOVÉ (2011)**.

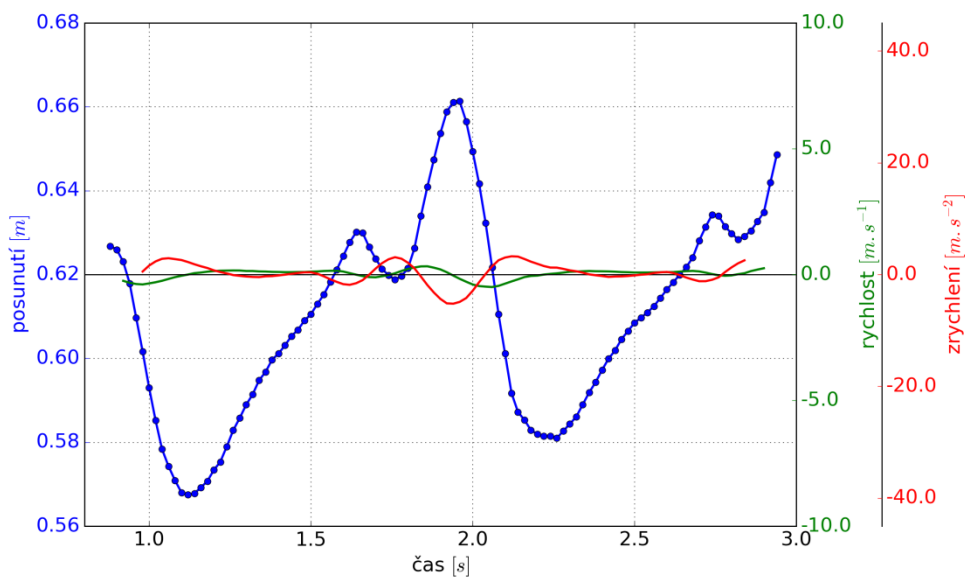
Příloha č. 2: Kinematické charakteristiky sledovací značky spěnkového kloubu – krok



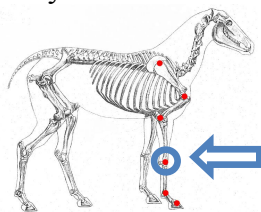
Horizontální průběh posunutí, rychlosti a zrychlení



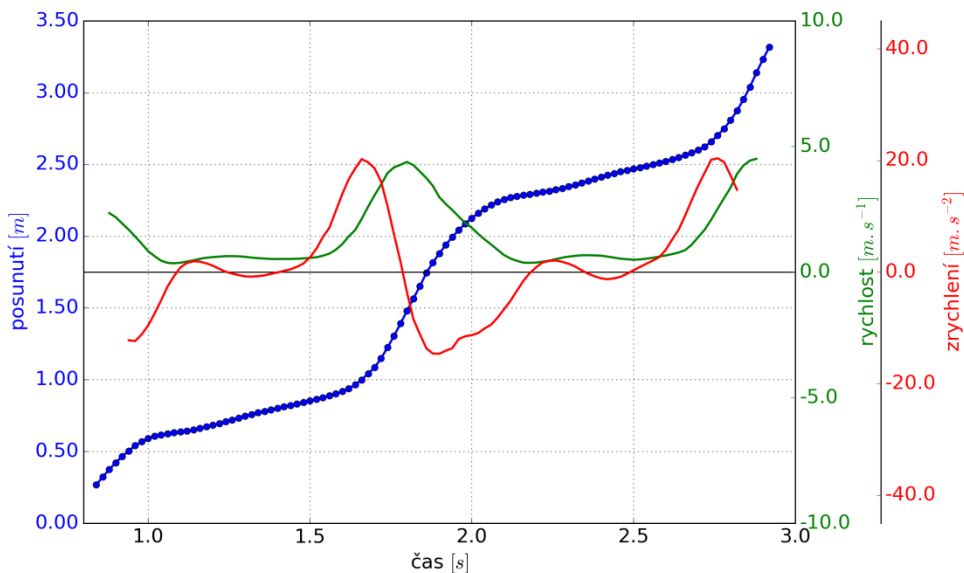
Vertikální průběh posunutí, rychlosti a zrychlení



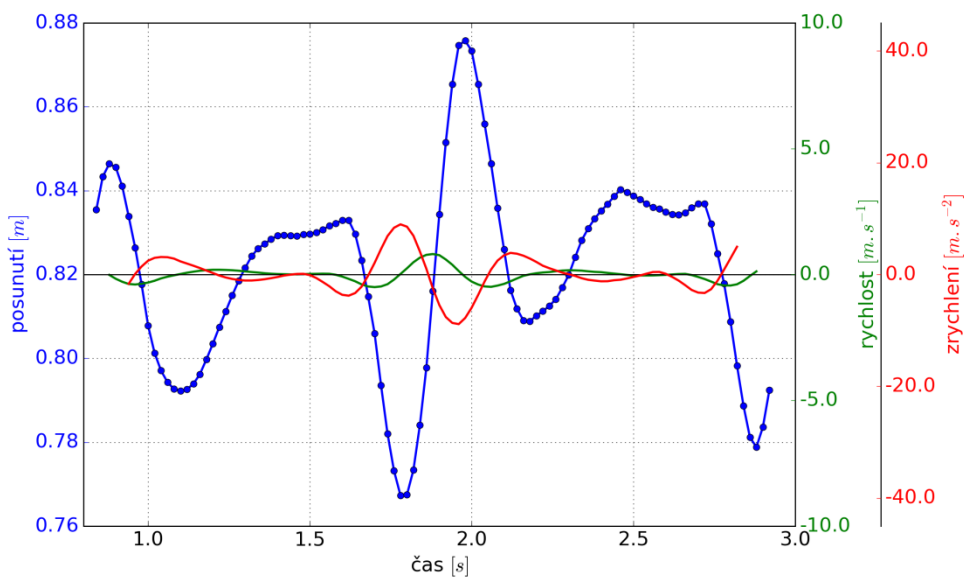
Příloha č. 3: Kinematické charakteristiky sledovací značky zápěstního kloubu – krok



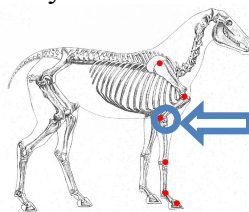
Horizontální průběh posunutí, rychlosti a zrychlení



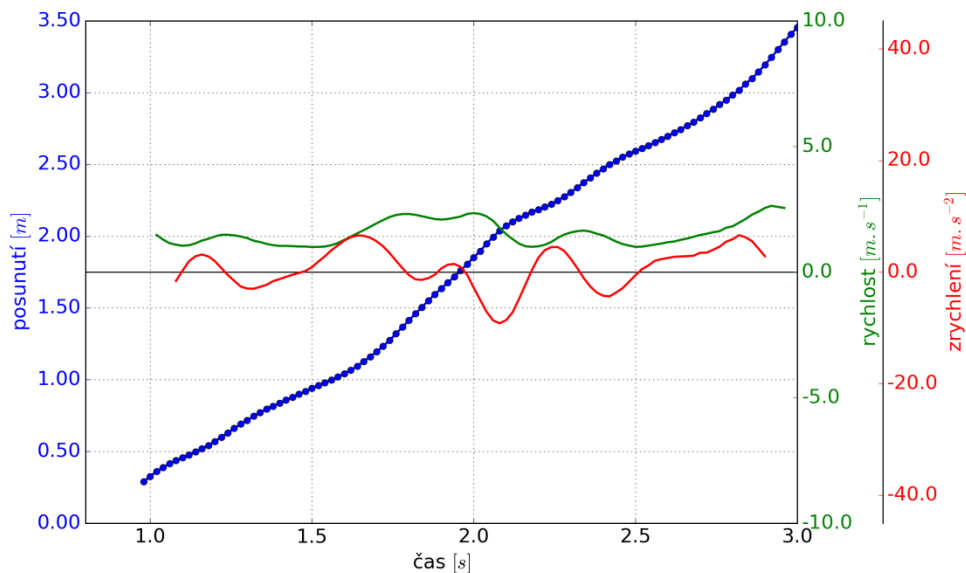
Vertikální průběh posunutí, rychlosti a zrychlení



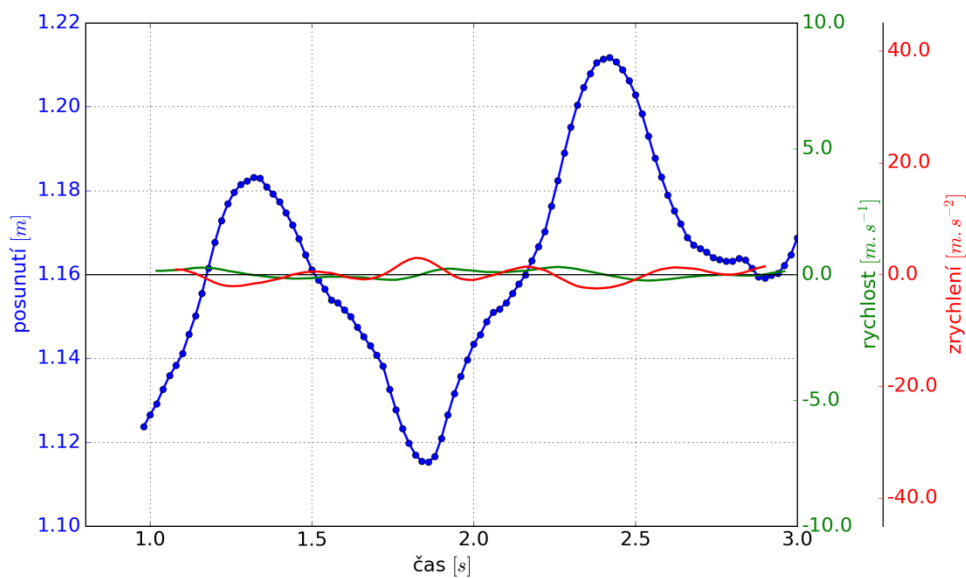
Příloha č. 4: Kinematické charakteristiky sledovací značky loketního kloubu – krok



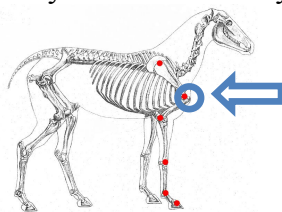
Horizontální průběh posunutí, rychlosti a zrychlení



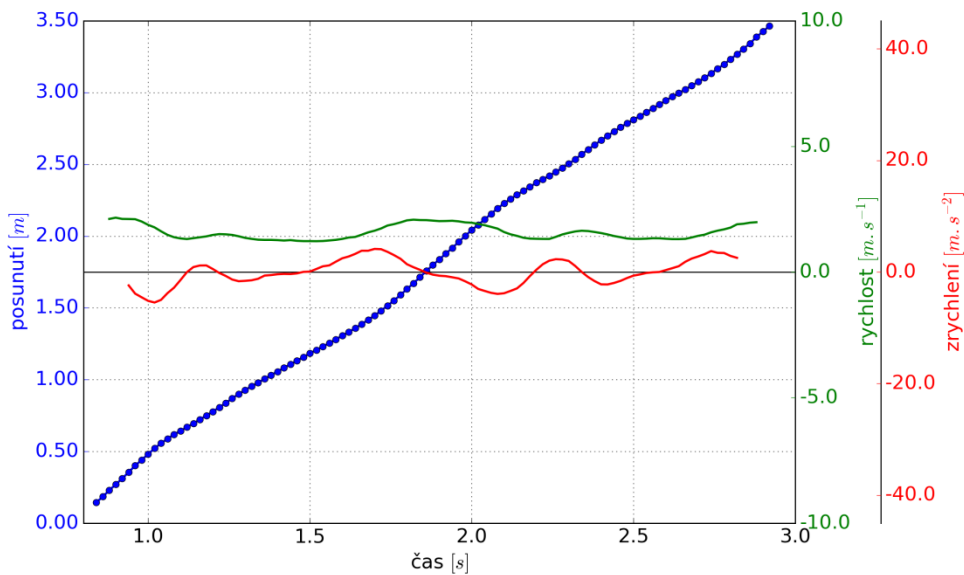
Vertikální průběh posunutí, rychlosti a zrychlení



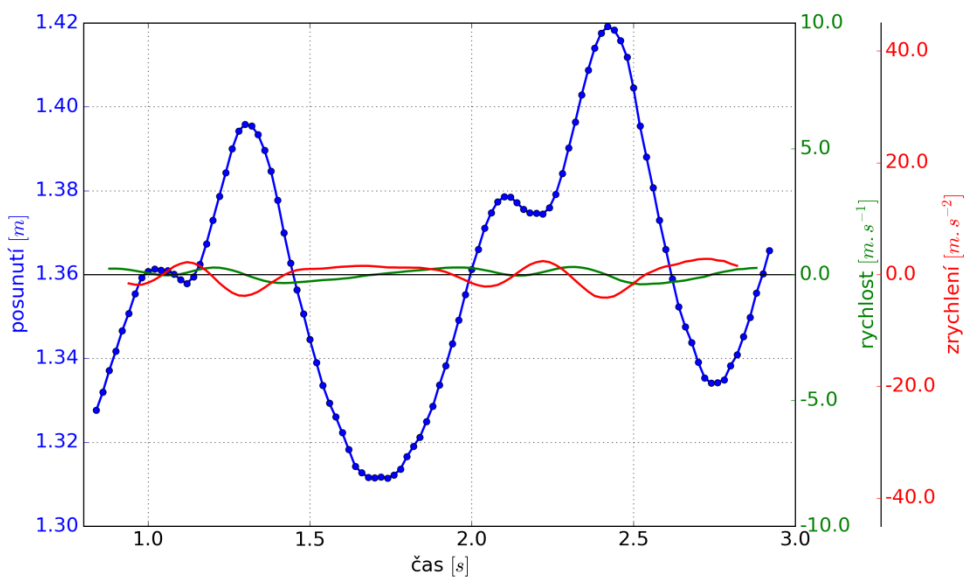
Příloha č. 5: Kinematické charakteristiky sledovací značky ramenního kloubu – krok



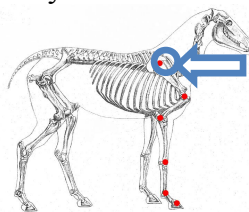
Horizontální průběh posunutí, rychlosti a zrychlení



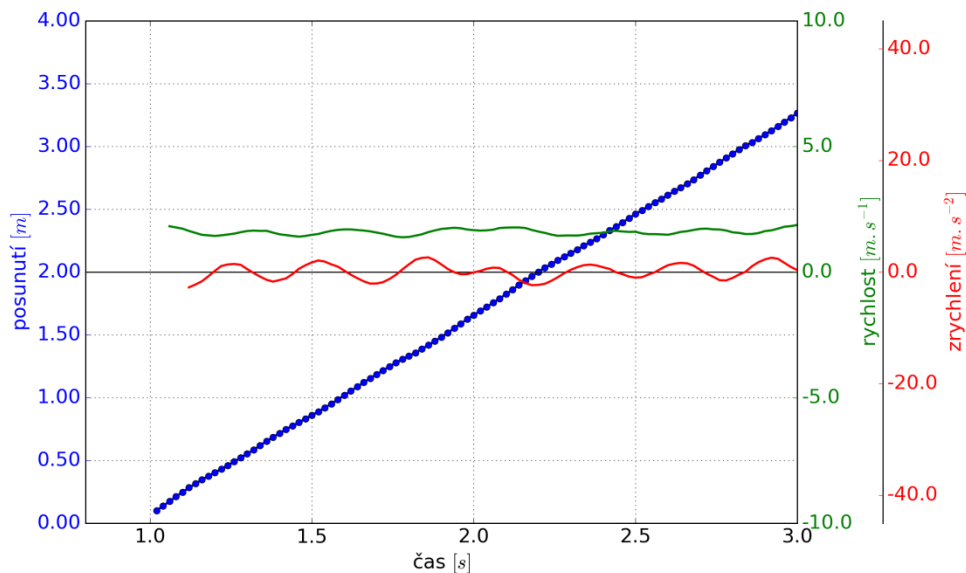
Vertikální průběh posunutí, rychlosti a zrychlení



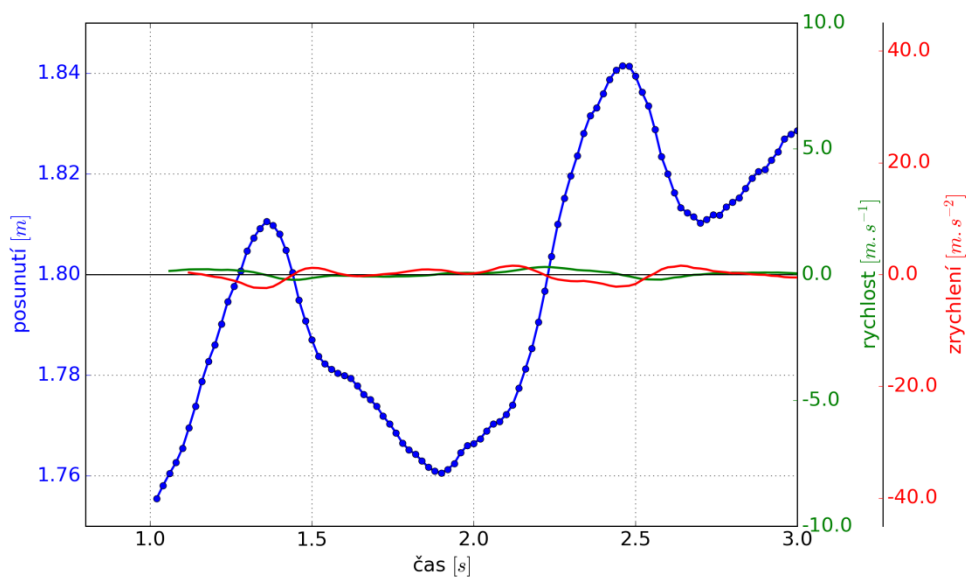
Příloha č. 6: Kinematické charakteristiky sledovací značky lopatky – krok



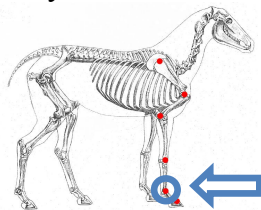
Horizontální průběh posunutí, rychlosti a zrychlení



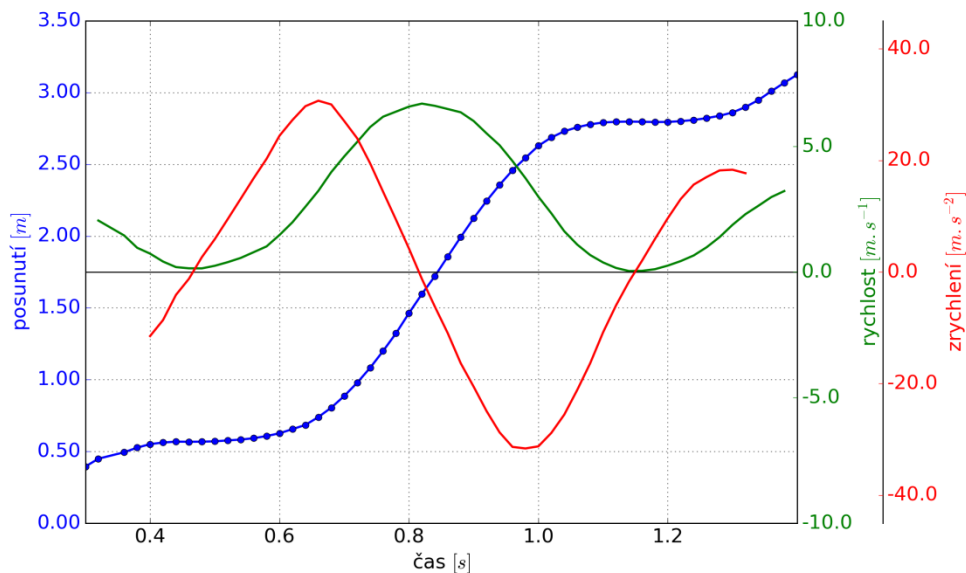
Vertikální průběh posunutí, rychlosti a zrychlení



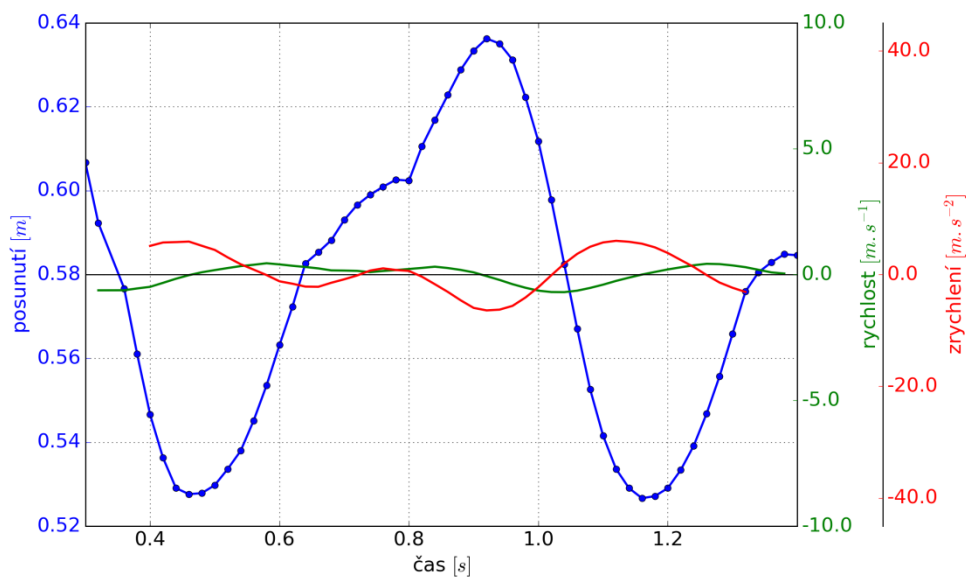
Příloha č. 7: Kinematické charakteristiky sledovací značky spěnkového kloubu – klus



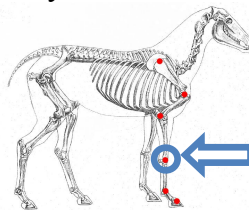
Horizontální průběh posunutí, rychlosti a zrychlení



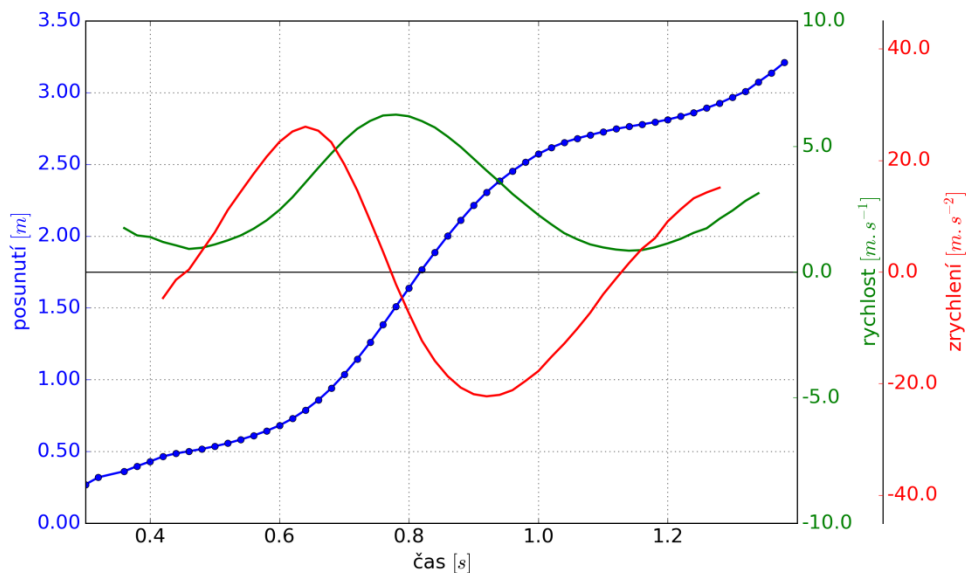
Vertikální průběh posunutí, rychlosti a zrychlení



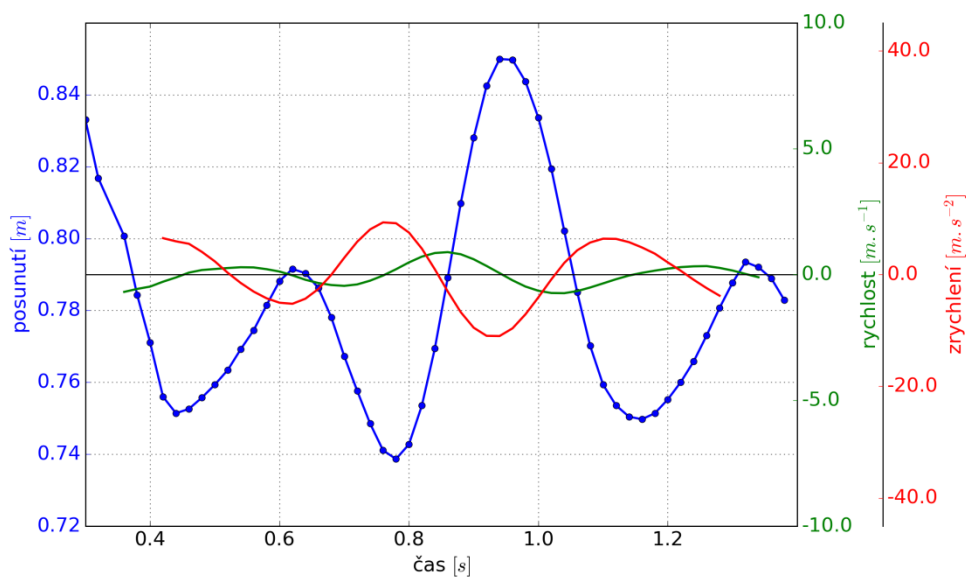
Příloha č. 8: Kinematické charakteristiky sledovací značky zápěstního kloubu – klus



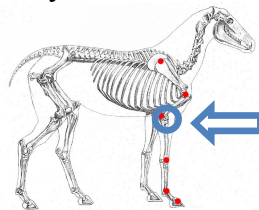
Horizontální průběh posunutí, rychlosti a zrychlení



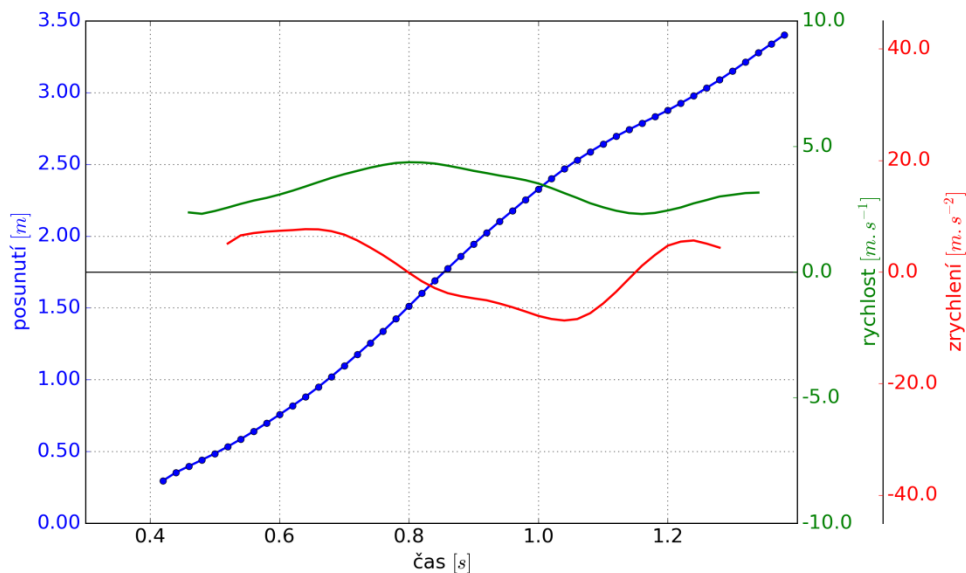
Vertikální průběh posunutí, rychlosti a zrychlení



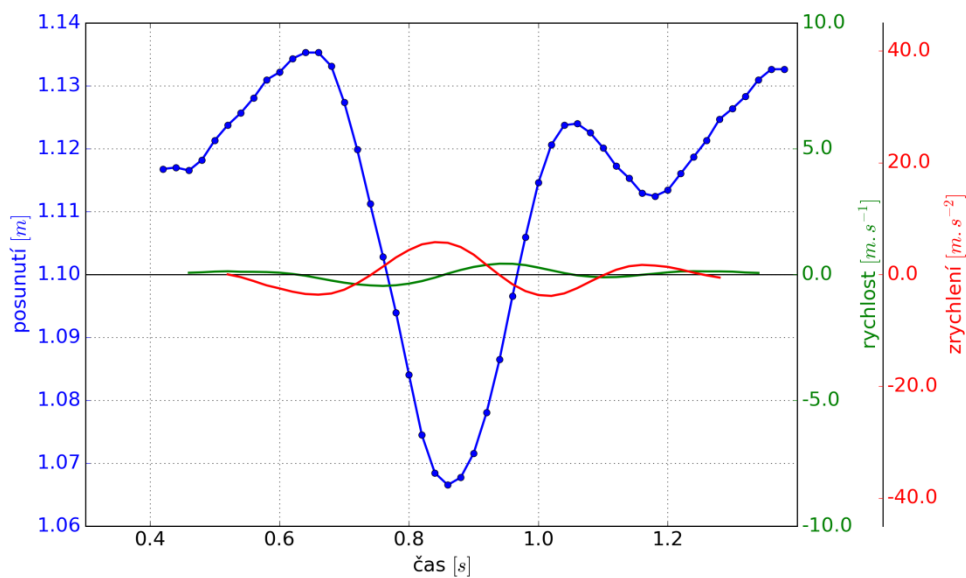
Příloha č. 9: Kinematické charakteristiky sledovací značky loketního kloubu – klus



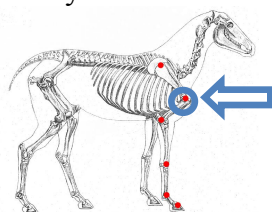
Horizontální průběh posunutí, rychlosti a zrychlení



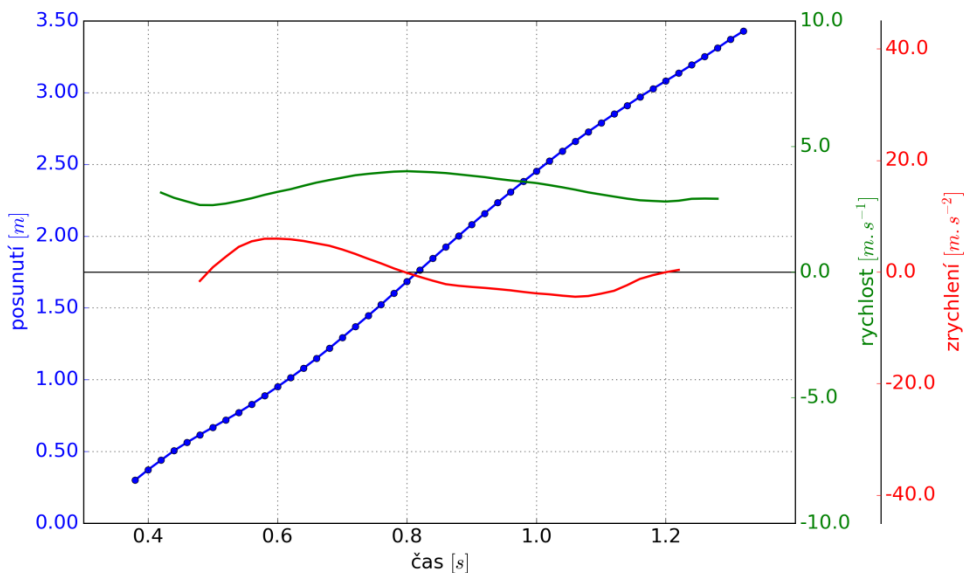
Vertikální průběh posunutí, rychlosti a zrychlení



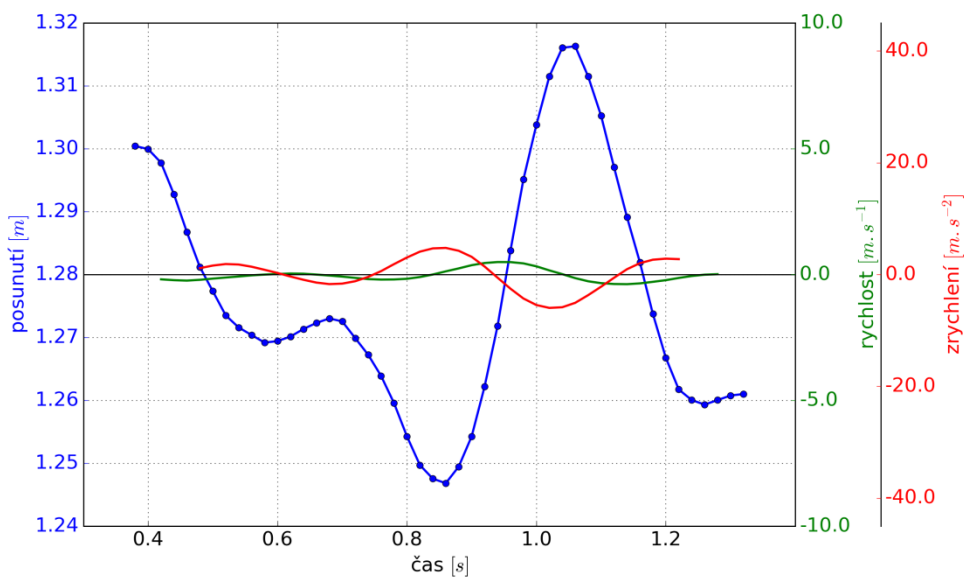
Příloha č. 10: Kinematické charakteristiky sledovací značky ramenního kloubu – klus



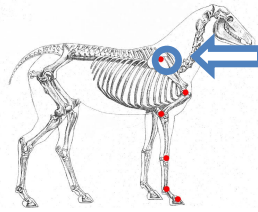
Horizontální průběh posunutí, rychlosti a zrychlení



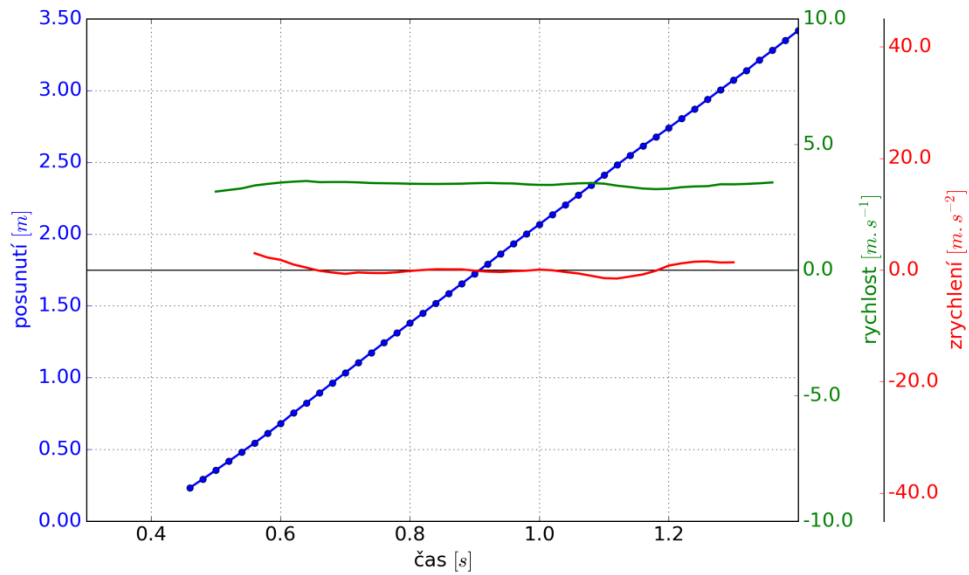
Vertikální průběh posunutí, rychlosti a zrychlení



Příloha č. 11: Kinematické charakteristiky sledovací značky lopatky – klus



Horizontální průběh posunutí, rychlosti a zrychlení



Vertikální průběh posunutí, rychlosti a zrychlení

