

Sini Tiainen

Käynnistä laukkaan

Hevosen Askellajit avainpaikka-animaatiossa

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Sini Tiainen Käynnistä laukkaan Hevosen askellajit avainpaikka animaatiossa 30 sivua 6.6.2011
Tutkinto	Medianomi AMK
Koulutusohjelma	Viestinnän koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	3D-animointi ja -visualisointi
Ohjaaja(t)	Kristian Simolin Olli Vihma
<p>Tämän työn tarkoitus on esittää hevosen perusaskellajien ja niiden sisäisten liikkeiden muutokset. Animaatio on tehty avainpaikka-animaationa käänteistä kinematiikkaa käyttäen. Projektin aikana tarkoitus on todentaa väite, että yhden animoidun perusaskellajin kautta on mahdollista luoda jokainen askellajin muutos samoja avainkohtia käyttäen. Muokkaamalla avainten paikkoja, liikeratoja ja tarvittaessa väliasentoja lisäämällä voidaan helposti saada aikaiseksi muutos esimerkiksi kootun ravin ja keskiravin välillä</p> <p>Animointi on paras aloittaa keskiliikkeistä, jolloin muutokset koottuun ja lisättyyn liikkeeseen ovat mahdollisimman hienovaraisia ja lähellä alkuperäistä. Ero eri liikkeiden välillä jokaisessa askellajissa on askeleen pituudessa ja korkeudessa. Liikkeiden välillä olevat muutokset ovat helposti saavutettavissa liikeratojen kurvien käyriä muokkaamalla haluttuun suuntaan. Joissakin tapauksissa on tarpeen myös vaihtaa avainpaikkojen kohtia aikajanalla tai lisätä väliasentoja avainpaikkojen väliin.</p> <p>Animaation aikana hevosen luuranko käy läpi jokaisesta askellajista kolme variaatiota ja muutaman korkeakoululiikkeen. Askellajien muutokset esitetään pose to pose-tyylisesti liikkeen ollessa paikoillaan. Näin katsoja näkee selkeästi muutokset luurangon asennossa askellajin vaihtuessa seuraavaan. Jokaisen askellajin ensimmäisen version aikana kamera kiertää luurangon antaen katsojalle mahdollisuuden nähdä liike kokonaisuutena joka suunnasta. Jotta katsoja tietäisi mistä liikkeestä on kyse, on jokainen liike nimetty lopulliseen animaatioon.</p> <p>Rakentamalla yhden askelparin jokaisesta perusaskellajista, voidaan askellajien muutokset saavuttaa alkuperäisiä avaimia muokkaamalla. Vaikkakin hevonen on ainoa nelijalkainen, jolle on nimetty perusaskellajeista eri variaatioita sääntöineen, voidaan samanlaista työmetodia käyttää myös muilla nelijalkaisilla hahmoilla.</p>	
Avainsanat	Animaatio, avainpaikka, hevonen, luuranko, askellaji

Author(s) Title Number of Pages Date	Sini Tiainen From walk to canter Horse gaits in key frame animation 30 pages 5 May 2010
Degree	Bachelor of Arts
Degree Programme	Media
Specialisation option	3D Animation and Visualization
Instructor(s)	Kristian Simolin Olli Vihma
<p>This project presents the movements and transitions of a horse's skeleton in the basic gaits and their variations. The animation was made by keyframe animation using Inverse Kinematics mode. The rig was made using Character Animation Toolkit (CAT). In this project the aim was to prove the idea that animating one cycle loops of basic gaits allows the animator to easily create other versions by editing just the existing keys or, if needed, adding new inbetweens. For example, from working trot to collected and extended trots.</p> <p>Due to the subtlety of the variations of extended and collected forms from the working gait, ie. middle gate, by starting to animate from the working gait the modification to extended and collected versions went smoother. The differences between the variations can be easily made in the curves-editor by selecting the curve that indicates wanted direction in space, and then scaling or moving needed keys. In some versions of gaits, moving the existing key to another frame or inserting new inbetweens gave a more realistic result than just the modification of a curve.</p> <p>In this animation a horse's skeleton presents the basic gaits and their most common variations, and a few extra dressage movements. The differences in between variations of gaits are presented using pose to pose style. During the moments the camera pans to allow viewing of the whole skeleton in action.</p> <p>The result of this project proved that the initial idea of manipulating the same key frames within a gait worked well for controlling the details in the differences. Although only the horse has strict guidelines and rules for each movement, this type of modifying loops is useful for all creatures with legs. By modifying key frames and curves within the primary animation loop, working with gaits becomes more practical.</p>	
Keywords	Animation, key frame, horse, skeleton, gait

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Käsitteiden määrittely	3
3	Hevosen anatomia ja liikkeet	4
3.1	Jalkojen rakenne	4
3.2	Askellajit	6
3.2.1	Käynti	8
3.2.2	Ravi	9
3.2.3	Laukka	10
3.2.4	Opetetut liikkeet	11
3.3	Tahti, tempo ja rytmi	11
4	Animaation tuottaminen	12
4.1	Mallinnus	14
4.1.1	Kokonaisuuden hallinta	14
4.1.2	Luiden mallinnus	16
4.2	Luurankosysteemin toteutus	17
4.3	Animointi	19
4.3.1	Animaatioasetukset	20
4.3.2	Askelsykliä rakentaminen	21
4.3.3	Askelsyklin muokkaaminen	22
5	Lopputulokset	26
6	Ongelmat ja niiden ratkaisut	27
7	Loppupäätelmät	28
	Lähteet	30

## 1 Johdanto

Ajatus lähteä tutkimaan hevosen jalkojen anatomiaa ja liikkeitä sai alkunsa halusta saada tietää mahdollisimman paljon hevosen askeleiden muodostumisesta ja niihin vaikuttavista asioista. Voidakseni käsitellä liikkeen muodostumista jätin hevosen massan pois työstäni ja keskityn pelkästään luurankoon. Tässä opinnäytetyössä mallinnetaan hevosen luuranko, rakentaa sille luurankosysteemi, ja animoida lopullista tuotosta mahdollisimman realistisesti.

Liikettä animoitaessa pyrin todentamaan väitteen, että tehtäessä useita muunnoksia perusaskellajin sisällä, voidaan askeleessa tapahtuvat erot pituudessa ja korkeudessa saavuttaa jokaiseen variaatioon samoja avainpaikkoja muokkaamalla. Näin työskennellessä jokaista liikettä ei tarvitse animoida aina uudestaan alusta alkaen, vaan voidaan kopioida ensimmäisen syklin avainpaikat joita lähdetään muokkaamaan eteenpäin tarpeen mukaan. Työskentelytapa nopeuttaa animointia ja antaa enemmän aikaa hioa yhden askelparin täydelliseksi. Animoinnissa keskityn liikkeeseen suoralla uralla, mutta samoja periaatteita käyttäen liike voidaan muovata kulkemaan kaarevaa uraa.

Taustatutkimus on rajattu pääasiallisesti hevosen jalkoihin, niiden anatomiaan ja liikkeiden ratoihin. Koska suuri osa askeleiden aikaisesta liikkeistä tapahtuu rintakehän alapuolella, on selkärangan ja kaulan liikkeet jätetty tarkoituksella vähemmälle huomiolle taustatutkimuksen aikana. Näissä liikerata pohjautuu suurimmaksi osaksi sivuttaisliikkeisiin, kaulan tapauksessa enemmän myös ylös- ja alaspäin kiertäviin liikkeisiin. Selkärangan ja kaulan luiden olemassaoloa ei voi jättää kokonaan pois, mutta kertoessani animoinnin tekemisen vaiheista keskityn jalkojen liikkeisiin. Taustatutkimuksessa on selvitetty millainen hevosen luuranko on, mitä ovat sen rajoitteet ja mahdollisuudet, sekä muut asiat, jotka on hyvä tietää ennen kuin aloittaa työskentelyn. Tutkimuksen aikana on otettu huomioon mahdollisimman paljon asioita, joita on hyvä miettiä suunniteltaessa ja toteutettaessa mallinnusta, luiden rakennusta ja animointia.

Siirryttäessä 3D-puolelle on tiedettävä periaatteet hevosen anatomiasta ja liikkeistä. Mallinnuksen aikana ei ole pakollista tehdä jokaista luuta erikseen liikkuvaksi, varsinkaan jos tarkastellaan kokonaisuutta. Pienemmät luut voidaan linkittää joko toisiinsa tai isompaan luuhun jo mallinnusvaiheessa. Kun mallinnukseen lisätään luurankosysteemi, on otettava huomioon että luut ovat kiinteitä kappaleita eivätkä ne animoinnin aikana muuta muotoa. Animoitaessa liikkeitä on pidettävä mielessä rajoitukset, joita aiheuttaa luurangon muoto, jotta mallia ei laita tekemään jotakin täysin luonnotonta liikettä.

Mallintamisen aikana tarkoitus oli saada aikaan anatomisesti mahdollisimman realistisen näköinen hevosen luuranko. Koska hevosen luurankoon sisältyy yli 200 luuta (Evans 1990, *The Horse*, 90 mukaan), on mahdollista käyttää erilaisia työmääriä helpottavia menetelmiä projektin aikana. Mallinnusluvussa pyritään löytämään mahdollisimman kevyt mutta samalla toimiva ratkaisu kokonaisuutta ja käyttötarkoitusta ajatellen.

Valmiiseen luurankosysteemiin on animoitu jokaisesta hevosen perusaskellajista askelsyklin, jota toistettaessa peräkkäin saadaan aikaan jatkuva liike. Tässä työssä askellajin muutoksilla tarkoitetaan kouluratsastuksessa käytettyjä liikkeiden määrittäjiä joista käyn läpi kolme. Samat liikkeiden vaiheet löytyvät kaikista kolmesta pääaskellajista. Askellajien sisällä tapahtuvat muutoksia ovat askeleen pituus, askeleen tahti ja liikkeen suunta.

Lopullisessa animaatioissa havainnollistetaan hevosen perusliikkeistä kolme muunnosta, sekä kaksi korkeakoululiikettä. Jokaisen askellajin ensimmäisen muutoksen aikana kamera liikkuu luurangon ympäri, jolloin luurangon liikkuminen voidaan nähdä jokaisesta suunnasta. Liikkeiden erot toisistaan on visualisoitu mahdollisimman selkeästi havaittavaksi myös katsojalle joka ei ole aikaisemmin tutustunut hevosen liikkeisiin. Siirryttäessä askellajien ja niiden muutoksien välillä liike pysäytetään ennen kuin luuranko seuraavaan sykliin. Seuraavaa sykliä jatketaan samasta muodosta kuin mihin edellinen sykli pysähtyy, ja ennen kuin liike jatkuu luuranko animoituu suoraviivaisesti uuteen avainasentoon.

## 2 Käsitteiden määrittely

Hevoseen liittyvät käsitteet:

**Askellaji.** Tällä tarkoitetaan tekstin yhteydessä hevosen erilaisia liikkumistapoja.

**Askellajin muutos.** Perusaskellajin sisällä tapahtuvia muutoksia kuten koottu käynti ja lisätty käynti.

**Perusaskellaji.** Käynti, ravi ja laukka.

**Tahti.** Määrittää askeleen säännöllistä mitta, jolla määritellään hevosen poljenta.

**Tempo.** Määrittää askeleen nopeuden

Projektin työvaiheisiin liittyvät käsitteet:

**Aikajana.** Graafinen liittymä, jolla voidaan esittää ja käsitellä animaation tapahtumia

**Apuobjekti** (Gismo). Tässä työssä on käytetty apuobjektia hallitsemaan luiden liikuttamista.

**Muokattava objekti** (Editable poly). Objekti jota pystyy muokkaamaan pisteiden, viivojen ja sivupintojen kautta

**Etenevä kinematiikka** (Forward Kinematics). Linkitettyjen objektien animoinnin oletusmenetelmä, jossa hierarkian ylimmän luun liike vaikuttaa kaikkiin alempana hierarkiassa oleviin

**Frame.** Yksittäinen still-kuva, joka on osa sarjaa.

**Instanssi.** Objektin kopion tyyppi, jossa muutokset yhdessä kopiassa vaikuttavat kaikkiin muihin kopioihin.

**Keyframe.** Avainkehys aikajanalla johon sijoitetaan jokin animaation tapahtuma

**Keyframe animointi.** Animointitapa, jossa hahmolle luodaan tärkeimmät asennot, ja tietokone laskee väliin jäävien kuvien liikeradat.

**Käänteinen kinematiikka** (Inverse Kinematics). Linkitettyjen objektien animoinnin hallintamenetelmä, jossa hierarkkisen ketjun kauimmaisen pään siirto vaikuttaa koko yläpuolella olevaan ketjuun.

**Luurankosysteemi** (Rigi). Luurankosysteemi on hahmon sisäinen liikuttava luuranko.

**Määrite** (Modifier). Käytetään muokkaamaan objektin ulkoasua tai ominaisuuksia.

**Piste** (Vertex). Yksittäinen avaruuden piste, jonka kautta objektin osat kulkevat.

**Reunaviiva** (Edge). Kahden kärkipisteen väliin jäävä

**Sivupinta** (Polygon). Pisteiden ja viivojen väliin jäävä pinta.

### 3 Hevosen anatomia ja liikkeet

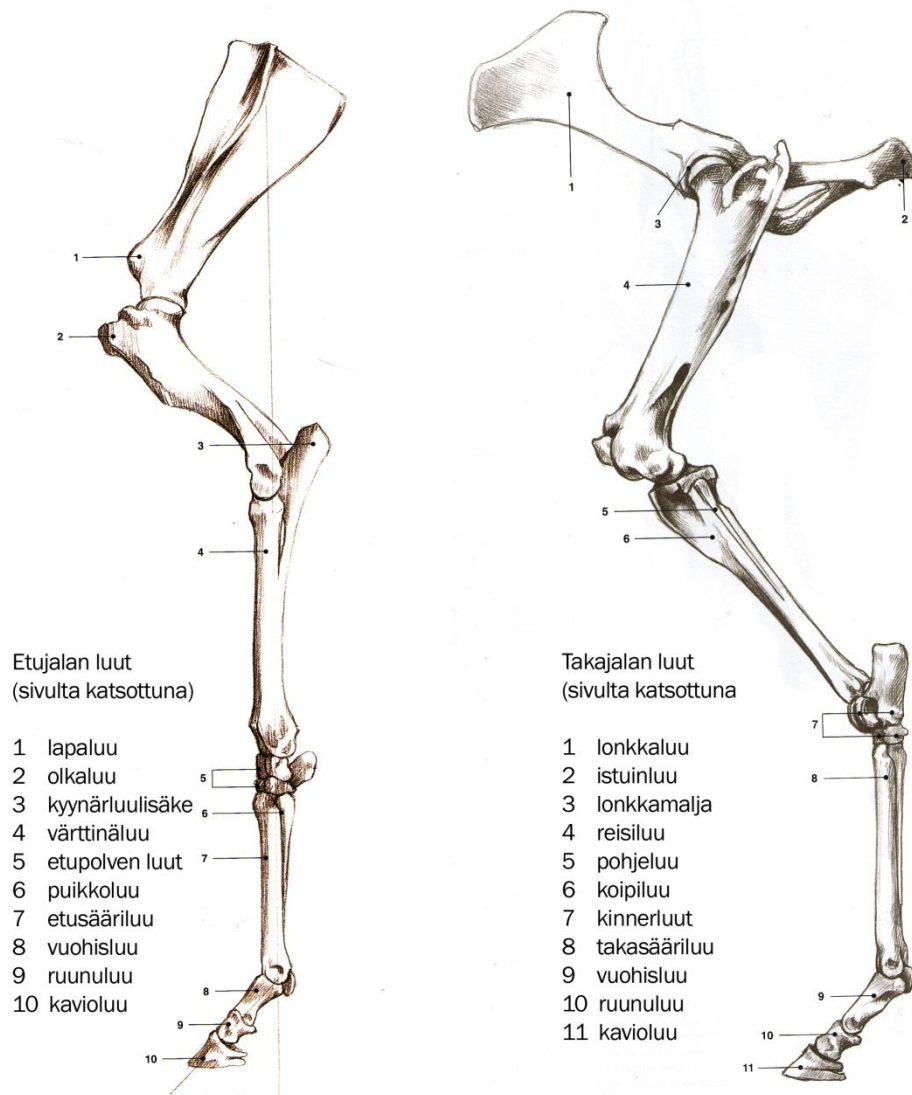
Nelijalkaisista eläimistä vain ratsuhevosen liikkeille on annettu selkeät rajat ja vaatimukset, joiden animoimisen aikana on tärkeää ymmärtää mitkä anatomiset ja ulkoiset asiat vaikuttavat kokonaisuuden muodostamiseen. Puhtaat liikkeet, rakenne ja suorituskyky kulkevat pääsääntöisesti käsi kädessä. Liikkeiden niin käynnissä (selvästi nelitahtinen), ravissa (selvästi kaksitahtinen ja riittävä liitovaihe) kuin laukassa (selvästi kolmitahtinen) tulee olla irtonaisia ja täysin säännöllisiä. Tästä syystä askellajit pitäisi olla mahdollista mallintaa yhden askelparin kautta jota voi toistaa ja vain muokata hieman tarvittaessa

#### 3.1 Jalkojen rakenne

Hevosen etujalka sisältää kolme kämmenluuta, jotka vastaavat ihmisen käden luita. Luuston osat voivat liikkua suhteessa toisiinsa vain tietyissä rajoissa niitä yhdistävien ruston, nivelten ja sidekudosten välityksellä. Laajimman liikkeen mahdollistavat nivelet, joita on raajojen luiden välissä. Sääriluu vastaa ihmisen kädessä keskimmäistä välikämmenluuta. Seuraavat, eli vuohis-, ruunu- ja kavioluu ovat verrattavissa sormen luihin. Kynsi on laajentunut jalkaa suojaavaksi sarveistupeksi, jonka sisään alin nivelistä, kavionivel, jää. (Talaskivi 1997, s.96 – 99.)

Liikkeessä jalat joutuvat vuorotellen kantamaan hevosen painon. Laukan ja hypyn aikana paino on hetkellisesti kokonaan yhden jalan varassa. Etujalan malli on kehittynyt sellaiseksi, ettei se salli kyykistymistä, eli polven taittumista, lievittämään tärahdyttä, vaan tarpeellisen jouston täytyy tapahtua kolmen alimman nivelen alueella. Tällä alueella jalka on tosiasiallisesti vain yksi varvas, kaksi viereistä on surkastunut sääriluun eli putkiluun sivuille ns. keihäsluiksi, jotka ovat osittain kasvaneet siihen kiinni ja uloimmat varpaat ovat kadonneet.





Kuvio 1. Hevosen jalkojen luut (Szunyoghy, Andreas & György, Feher 2006. Anatomian Piirustusopas. Könemann)

Hevosen korkeat jalat merkitsevät neliömäistä rakennetta, ja tämän johdosta epävakaata tasapainoa. Takajalat toimivat kantamisen ohella pääasiallisena eteenpäin työntävänä voimana, kun taas etujalkojen tehtävä on kannattaa vartaloa ja liikkeen aikana ottaa vastaan eteenpäin suuntautuva voima (Butzow 1943, 19). Jalat eivät liiku suuresti sivusuuntaan sillä ainoastaan lapaluu antaa periksi sivuttaiseen liikkeeseen. Hevosen jalkojen siteet ovat järjestyneet siten, että ne pitävät raajoja hieman kulmikkaassa asennossa, minkä johdosta ainoastaan liikkeet eteen ja taaksepäin ovat

mahdollisia. Se kuitenkin riittää jo, että hevonen saavuttaa suuren askelpituuden ja siten korkean juoksunopeuden. (Talaskivi 1997, 96–209.)

Koska hevonen on luonnostaan enemmän etupainoinen, pyritään ratsastaessa siirtämään hevosen painopistettä mahdollisimman paljon edestä taakse, ja saada siten takajalat ottamaan mahdollisimman tehokkaasti osaa kuorman kantamisessa. Takajalkojen työskennellessä voimakkaasti liike tulee enemmän rungon alle, jolloin täytyy etujalkojen väistyä esteettömästi niiden alta, mikä edellyttää avaria ja vapaita olka- ja kyynärniveliä liikkeitä. Askel pitenee sitä mukaan, mitä enemmän ja voimakkaammin hevonen koukistaa ja ojentaa lonkkaniveltä. (talaskivi 1997,118–120.)

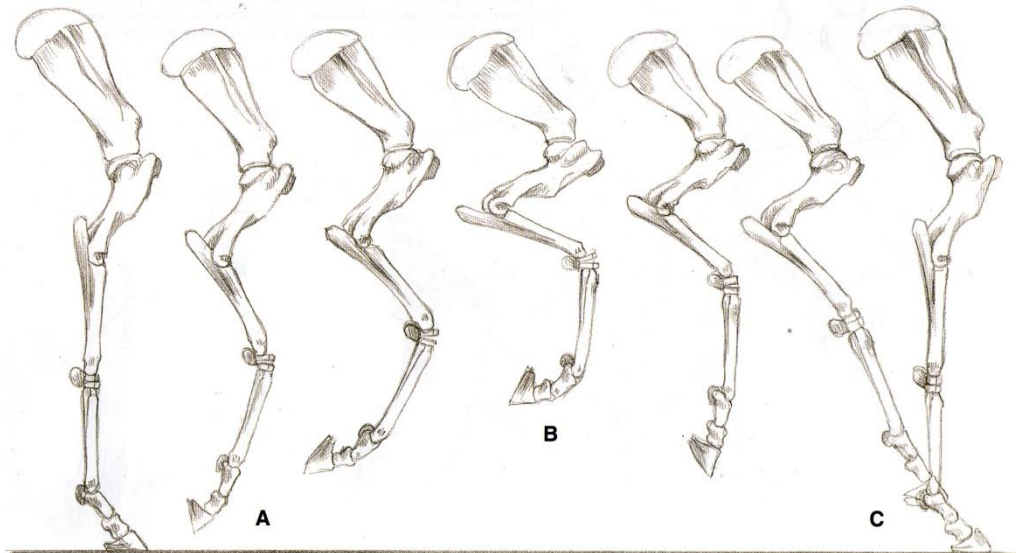
### 3.2 Askellajit

Hevosen askeleella tarkoitetaan liikkeen suoritusjaksoa saman jalan kahden peräkkäisen poljennon välillä, jolloin poljenta merkitsee jalan painumista maahan. Jalan irtautumista maasta sanotaan ponnistukseksi. (Talaskivi 1997, s.111.)

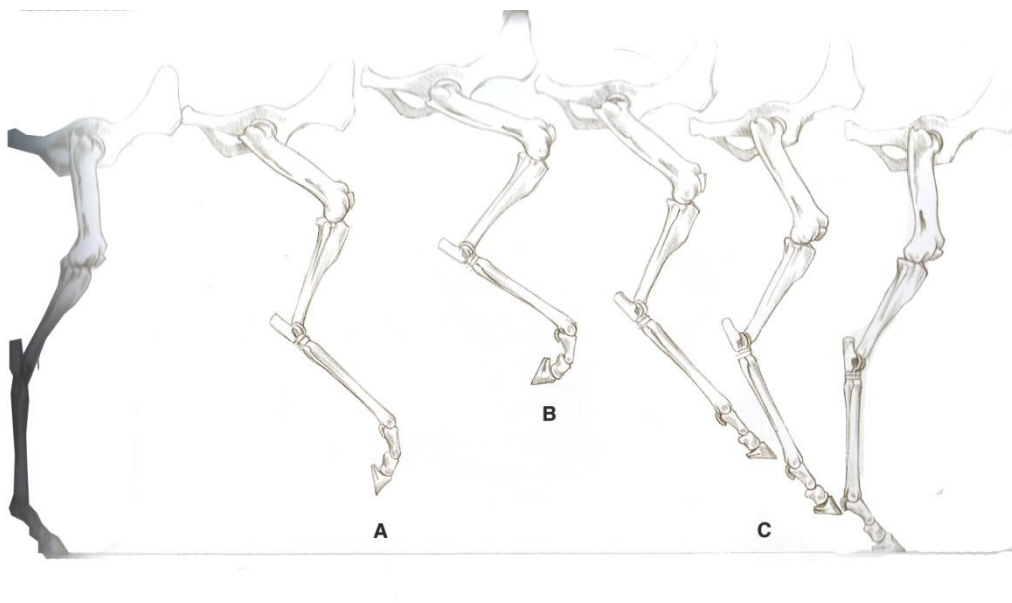
Luonnollisina askellajeina voidaan pitää niitä liikkeitä, joita hevonen käyttää myös vapaana liikkueessaan. Hevosen luonnolliset askellajit ovat käynti, ravi ja laukka. Lisäksi hevoselle opetetaan vaihteleva määrä ns. opetettuja liikkeitä, joista suurin osa mukailee hevosen luonnollisia liikkeitä mutta esiintyy harvemmin luonnossa. Nelijalkaisen eläimen rakenne mahdollistaa jalkojen siirtämisen varsin vaihtelevalla tavalla.

Hevosen kolmeen viralliseen askellajiin sisältyy useita variaatioita joita käytetään varsinkin perinteisessä kouluratsastuksessa. Askellajit voi hajottaa kolmeen käytetyimpään versioon, joita ovat koottu askel, työskentely- eli keskiaskel ja lisätty askel. Koottujen liikemuotojen aikana hevosen askeleet ovat lyhyitä ja painopiste on selkeästi takaosan päällä. Lisättyjen liikemuotojen aikana askel on pitkä ja hevonen venyttää jalkojaan niin paljon kuin pystyy rikkomatta liikkeen muotoa. Näiden kahden variaatioiden välissä on yleisimmin käytetty askellajin muutos eli työskentely- tai toiselta nimeltään keskiliike. Myöhemmin tulen käyttämään sanaa keskiaskel. Kaikista näistä eri askellaaduista erotetaan vielä pienempiä muutoksia kulkunopeudesta ja kokoamisasteesta riippuen. (Butzow 1943, s.131.)

Liike muodostuu etujalassa siten, että taka-asennosta hevonen nostovaiheessa koukistaa jalan nivelet alkaen olkanivelestä (Kuvio 2, kohta A). Tämän jälkeen olkanivelen olkavarsi-päälihaksen avulla hevonen vetää jalkaa eteenpäin (kuvio 2, kohta B), josta liike jatkuu ojentamalla nivelet vähitellen eteen. Kun jalka laskeutuu maahan, hevonen liikkuu eteenpäin ojentamalla kyynär- ja olkanivelen (kuvio 2, kohta C). (Szunyoghy & Feher 2006, 260.)



Kuvio 2. Liikekuvaus etujalan vaiheista käynnin aikana (Szunyoghy & Feher 2006)

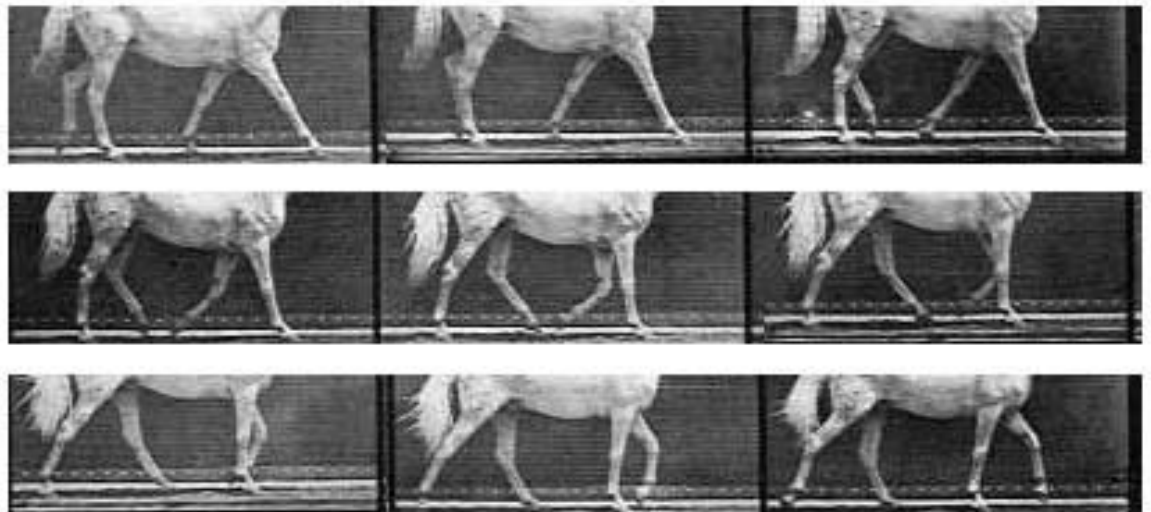


Kuvio 3. Liikekuvaus takajalan vaiheista käynnin aikana (Szunyoghy & Feher 2006)

Takajalan liikkeessä nostovaiheessa nivelet koukistuvat alkaen lonkkanivelestä (kuvio 3, kohta A). Viimeinen liike on kavionivelen voimakas koukistuminen (kuvio 3, kohta B). Matkalla kohdasta B kohtaan C hevonen on vetänyt koko jalan ylös ja heilauttanut sitä lannelihasten avulla eteenpäin. Kun hevonen astuu jälleen maahan, nivelten ojentuminen alkaa kavionivelestä. (Szunyoghy & Feher 2006, 291.)

### 3.2.1 Käynti

Käynti on nelitahtinen askellaji, jossa hevosen kukin kavio laskeutuu maahan selvästi vuorotellen, mutta jaloista kaksi tai kolme on aina maassa. Jalat polkevat maahan järjestyksessä vasen takajalka – vasen etujalka – oikea takajalka – oikea etujalka jne. Saman puolen jalat eivät puhtaassa käynnissä ole irti maasta samanaikaisesti kuin lyhyen hetken, kun etujalka nousee maasta tavallaan pois kohta maahan painuvan takakavion tieltä. Tässä askellajissa liitovaihetta ei ole.

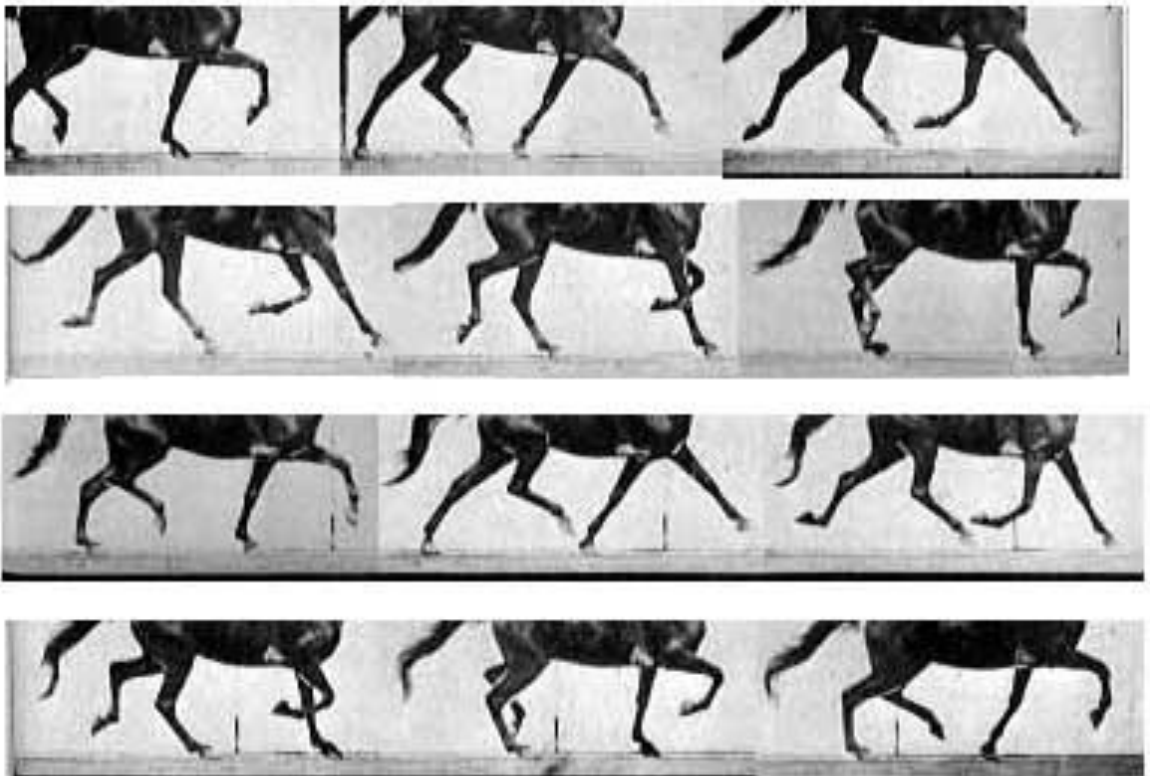


Kuvio 4. Liikekuvaus käynnistä (Eadweard Muybridge, *Animals in Motion*)

Kuvio 2 havainnollistaa jalkojen liikkeen käynnin aikana. Hevonen siirtää vuorotellen jalkojaan eteenpäin, siten että kaksi tai kolme jalkaa on samaan aikaan aina maassa. Ojennus jalassa on suurimmillaan siinä, missä jalkaa aletaan liikuttaa ja siinä minne asti jalkaa ojennetaan, eli ennen ja jälkeen liikkeen. Käynnissä hevosen kaula ja pää liikkuvat selkeästi painuen alas aina etujalan ponnistaessa

### 3.2.2 Ravi

Ravi on kaksitahtinen askellaji jossa kaksi kaviota laskeutuu aina maahan yhtä aikaa. Ravissa hevonen siirtää vuoron perään ristikkäisiä eli diagonaalisia jalkaparejaan eli oikeaa etujalkaa ja vasenta takajalkaa tai vasenta etujalkaa ja oikeaa takajalkaa. Poljentojen väliin kuuluu liitovaihe, jolloin hevosen kaikki jalat ovat yhtä aikaa irti maasta. Jalat polkevat maahan järjestyksessä oikea etu- ja vasen takajalka – liito – vasen etu- ja oikea takajalka – liito jne. (kuva 3)

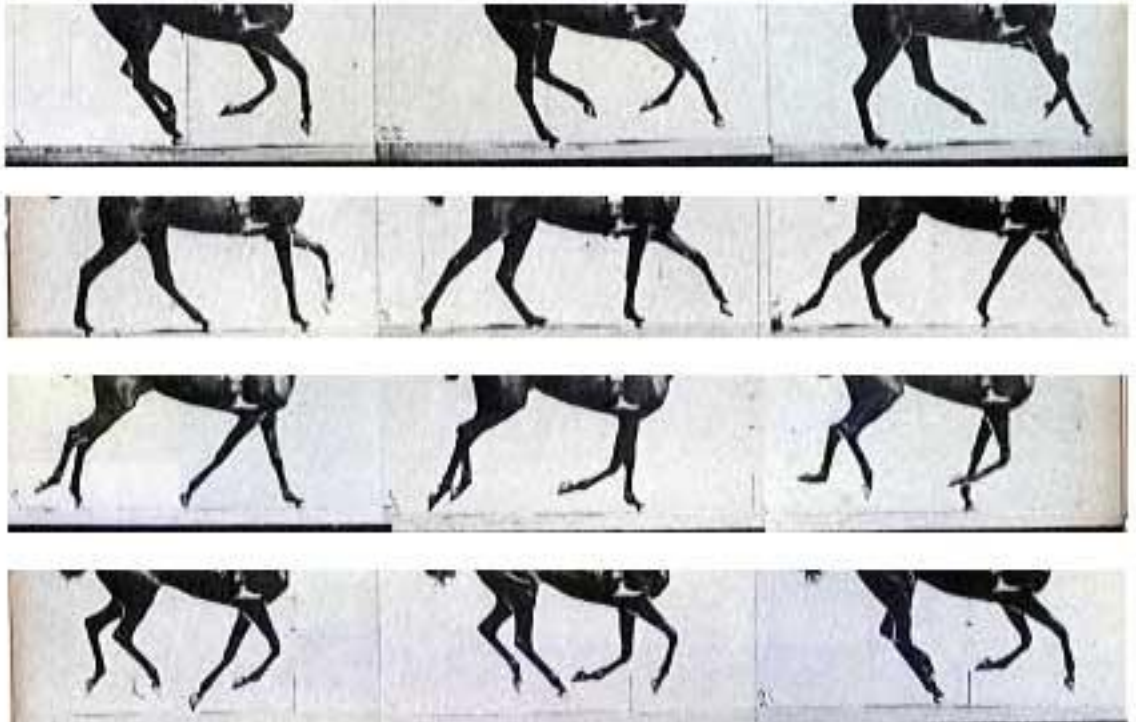


Kuvio 5. Liikekuvaus ravista (Eadweard Muybridge, *Animals in Motion*)

Hevosen jalat liikkuvat melko lailla samoin kuin käynnissäkin, mutta ojentuvat pidemmälle. Vastakkaiset jalkaparit ojentuvat äärimmilleen liitovaiheen aikana. Erittäin nopeaksi kehityksessä kilparavissa liike muuttuu nelitahtiseksi, mutta sama tapahtuu myös muissa raviliikkeissä jos takajalat työntävät painon etujalkojen varaan jolloin hevosen liike menettää tasapainonsa. Tasapainotilaa säännöstelevää kaulan ja pään liikettä ei sanottavasti esiinny ravissa, koska oikeaoppisesti tapahtuva jalkojen siirto ei vaadi säännöllistä tasapainon korjausta. (Butzow 1943, 131.)

### 3.2.3 Laukka

Laukka on toispuoleinen, epäsymmetrinen askellaji, jossa hevosen joko vasen tai oikea puoli johtaa eli liikkuu toisen puolen edellä. Liikettä voidaan kuvailla sarjana hyppyjä, ja sitä nimitetään oikeaksi tai vasemmaksi laukaksi sen mukaan, kumman puolen jalat kulkevat edellä, eli kumman puolen etujalka viimeiseksi irtautuu maasta ennen liitovaiheeseen siirtymistä.



Kuvio 6. Liikekuvaus laukasta (Eadweard Muybridge, *Animals in Motion*)

Poljentojen järjestys oikeassa laukassa on seuraavanlainen: vasen takajalka – oikea taka- ja vasen etujalka – oikea etujalka – liito jne (kuvio 4). Jalat ponnistavat ja irtoavat maasta jokseenkin välittömästi samassa järjestyksessä. Laukan säännöllinen, puhdas poljenta on siten kolmitahtinen. (Talaskivi 1997, 113.) Yksi ristikkäinen jalkapari siis laskeutuu maahan samanaikaisesti, ja kaksi muuta jalkaa liikkuvat omassa erillisissä tahteissa. Kiitolaukassa tahti muuttuu nelitahtiseksi, jotta liikkeestä saisi mahdollisimman pitkän ja matkanvoittavan.

### 3.2.4 Opetetut liikkeet

Opetetut liikkeet ovat jotain, mitä hevonen ei luonnontilassa tarvitse. Näistä yleisin on takaperin kulkeminen eli peruutus, joka täytyy hevoselle opettaa, sillä luonnossa hevonen kyseistä liikettä tarvitse. Peräytyessään hevonen polkee ristivastaisilla jalkapareillaan samanaikaisesti, kuten ravissa, mutta poljentojen välissä ei tietystikään ole liitoa.

Käännökset, väistöt (sivuttaisliikkeet) ja moni muu korkeakoululiike ovat niin ikään liikkeitä, joita hevonen ei suorita oma-aloitteisesti, tai ainoastaan poikkeuksellisesti. Opetettuihin liikkeisiin kuuluu passage, joka on lähinnä ylös eikä eteenpäin suuntautuvaa liitoravia, sekä piaffe, jossa poljenta on samanlainen kuin ravissa, mutta liitovaihe ei erotu. Passagen aikana hevonen ravaa voimakkaasti koottuna, nostellen ja koukistaen polviaan voimakkaasti. Jokaista jalkojen työntöä seuraa pitkä liitovaihe ja tauko jalan liikkeessä (Butzow 1943, 274). Piaffe tarkoittaa ravia paikoillaan, eikä eteenpäin liikkumista saisi olla kuin hieman. Jalan eteen heilahdusta ei ole, mutta ennen jalan nousemista on jalassa havaittavissa liitovaihetta vastaava tauko (Butzow 1943, 269). Hevonen omaa luonnostaan taidon liikkua näiden raviliikkeiden edellyttämällä tavalla, ja usein liikkeet ovat nähtävissä hevosella luonnossa kun se mahtaillee, esiintyy tai taistelee.

### 3.3 Tahti, tempo ja rytmi

Ratsastettaessa tahdilla tarkoitetaan askeleen nopeutta, eli lukumäärää minuutissa. Tahti vaihtelee askellajien ja hevosen ominaisuuksien mukaan. Se tulee liittää ajatukseen liikkeen säännöllisyydestä ja havaitaan liikkeessä poljennolta toiselle. Tahtia ei saa sekoittaa rytmiin. (Butzow 1943, 9.)

Ratsastaessa tempo mittaa nopeutta, jolla hevonen liikkuu eteenpäin, eli kuljettu mitta minuutissa.. Kun tempoa lisätään, hevonen ei pelkästään kiihdytä vauhtia vaan myös venyttää askeltaan. Jos liikkeessä tempo on hidas, niin tahti eli hevosen poljenta on hitaampaan. Tempon ollessa nopeampi tahti nopeutuu ja samalla hevonen pidentää askellustaan. Tahti siis venyy tempon mukaan. (Butzow 1943, 9.)

Termillä rytmi tarkoitetaan hevosen askelten säännöllisyyttä kussakin askellajissa. Jokaisen hevosen ottaman askeleen tulisi olla yhtä pitkä ja kestää ajallisesti yhtä kauan. Esimerkiksi ravissa kummankin ristikkäisen jalkaparin ottamien askelten tulee olla yhtä pitkiä ja tahdin tulee säilyä samana. Vastaavasti laukassa kunkin perättäisen laukka-askeleen tulisi olla samanlaisia.

#### **4 Animaation tuottaminen**

Ajatuksena hevosen luurangon mallinnus tuntuu suunnattoman suurelta työltä, ja sitä se onkin, mutta on olemassa tapoja helpottaa työn määrää. Kohdissa joissa on sarja samanlaisia luita peräkkäin, voidaan hyödyntää yhtä kappaletta mallina muille, kuten selkärangan eri osioissa. Jokainen selkärangan osioiden nikamista on suunnilleen samannäköinen, joten kun on saanut yhden mallinnettua, voi loput kappaleet kopioida ensimmäisestä mallinnetusta luusta. Usein pieni skaalaus riittää saamaan tarvittavan eron luiden välille. Kylkiluissa, joiden koko muuttuu isommasta pienempään, toimii sama mallinnusperiaate kuin nikamissa. Koska luurangon molemmat puolet ovat samannäköisiä, voidaan vielä helpottaa hieman työmäärää mallintamalla tarvittavat osat, jalat ja kylkiluut, ja kopioida ne peilikuvana toiselle puolelle. Näin ajateltuna mallinnusurakka liki puolittuu.

Luurankosysteemiä rakentaessa jokaiselle mallinnuksen yksittäisille luille ei tarvitse tehdä vastaavaa luuta. Kuitenkin esimerkiksi selkärangassa kannattaa olla useita kappaleita, jotta liike animoituu luontevan näköisestä kaarevanakin. Ensimmäiset kylkiluuparit ovat kiinni rintalastassa, jolloin liikettä näiden nikamien kohdalla ei esiinny suuresti. Kylkiluut ovat ylhäältä kiinni selkärangan nikamissa, jolloin voidaan asettaa luurankosysteemin luut vastaamaan pelkästään nikamia, koska niihin kiinnittyvät kylkiluut perivät näiltä liikkeen.

Ennen animoinnin aloittamista on kannattavaa tutustua erilaisiin tekniikoihin ja valita itselleen parhaiten soveltuva tapa lähestyä lopullista tuotosta. Kaikkein yleisin tapa luoda animaatiota on avainpaikkojen käyttö. Tietokoneanimaatioista puhuttaessa yksittäisistä kuvista käytetään termiä frame, eli kuva. Animaation yksi sekunti sisältää 25 framea eli 25 yksittäistä kuvaa. Tarpeeksi nopeasti vaihtuvat perättäiset kuvat



luovat silmälle illuusion jatkuvasta liikkeestä. Tämä illuusio perustuu näkökyvyn toimintaan. Näköaisti ei pysty erottamaan nopeasti vaihtuvia kuvia toisistaan, vaan aivot kokevat ne jatkuvana liikkeenä. (Ivallius 2008, Digitaalisen median perusteet 2010.)

Yleisesti ottaen animaation toisto ei ole tasainen, mikäli ei saavuteta nopeutta 20 fps (frames per second eli kuvaa sekunnissa). Euroopassa käytetään PAL (Phase Alternate Line) -standardia, jossa kuvanopeus on 25 kuvaa sekunnissa. Vertailun vuoksi on hyvä mainita, että filmin nopeus on 24 fps. (Michael, Todd, Peterson 1998, 339.)

Avainpaikka-animaation perusideana on määritellä animoitavan kappaleen ääriasennot liikkeen kannalta tärkeisiin kohtiin. Periaatteessa hahmolle luodaan erilaisia poseerauksia, jotka liitetään yhteen aikajanalla liikkuviksi kuvaksi. Vanhoissa käsin piirretyissä animaatioissa tavallisesti pääkuvittaja piirsi tärkeimmät avainasennot joista voitiin tehdä raakaversio. Näissä raakaversioissa oli vain muutamia avainkuvia sekunnissa. Näin tuotetusta yksinkertaisesta animaatiosta saa yleensä jo hyvän käsityksen siitä, mitä animaatioissa tapahtuu ja millaisia liikkeitä ja niiden suunnat ovat. Kun liikeradat ja tapahtumat oli saatu hyväksytyä, avustajat piirsivät loput kuvat avainpaikkojen väleihin jolloin saatiin aikaiseksi soljuva liike. Näitä avainpaikkojen väliin tulevia kuvia kutsutaan projektin aikana väliasennoiksi. (Wikipedia 2011, Key frame.)

Nykyään avustajien työn tekee tietokone. Avainkohtien välinen liike tapahtuu interpoloinnilla joka tarkoittaa väliarvojen laskemista päätepisteistä. Interpoloinnissa tietokone laskee avainpaikkojen ja väliasentojen väliin muodostuvat kuvat. Tarkoitus on päästä aloituspaikasta lopetuspaikkaan käytettävissä olevien kuvien aikana. (www-dokumentti: keyframing.)

Kuvioiden 2 ja 3 avulla on helppo havainnollistaa interpolointi jonka tietokone tekee. Kuvassa 2 A, B ja C ovat etujalkojen avainpaikkoja ja niiden väliin jäävät kuvat edustavat tietokoneen muodostamia välikuvia siitä, kuinka luuranko liikkuu avainpaikkojen välillä. Kuvassa 3 voidaan nähdä avainpaikat takajalkojen osalta. Koska liike ei välttämättä ole aina suoraviivaista, tietokone ei aina saa aikaiseksi täysin haluttua liikettä, ja avainpaikkojen väleihin joudutaan mahdollisesti tekemään tietokoneen laskemaa liikettä korjaavia väliasentoja toimivan liikkeen saamiseksi.

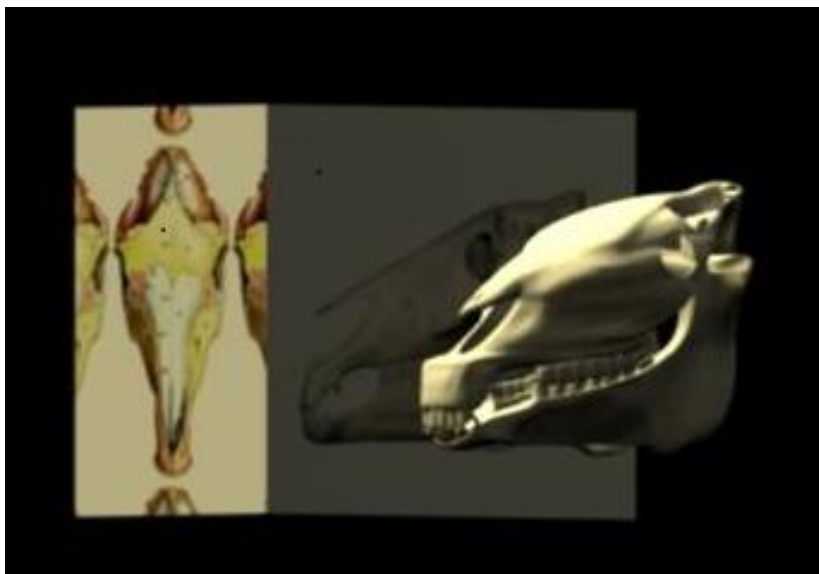
## 4.1 Mallinnus

Aloittaessa rakentamaan luurankoa animoitavaksi, on syytä suunnitella ja tutkia tarkkaan millainen luurangon muoto on, ja määrittää tulevaisuuden käyttötarpeet. Mallintamista varten on hyvä kerätä kuvapankkia josta lähteä liikkeelle. Yksittäiset luut rakentavat kokonaisuuden, mutta juuri yksittäisissä luissa on suurin työ. Suhteet on pidettävä mielessä koko ajan, jottei lopputulos ole epäsopuinen.

### 4.1.1 Kokonaisuuden hallinta

On hyvin helppo löytää kuva kokonaisesta hevosen luurangosta kaikista tarvittavista suunnista tehdäkseen mallinnuksen. Kuvien löytäminen jokaisesta yksittäisestä luusta on sen sijaan hyvin hankalaa. Eläinlääketieteellisiltä sivustoilta löytyi monista luista kuvia useista suunnista kuvattuina. Yllättävästi mallikuvien aarreaitta olivat sivustot, jotka myivät aitoja luurankoja joko valmiiksi koottuina tai tee se itse -versioina. Myytävästä kauppatavarasta oli katsottavissa useita kuvia.

Saadakseen kuvan kokonaisuudesta ja yksittäisten luiden mittakaavoista, voi laittaa koko luurangon tai yksittäisen luun kuvan malliksi taustalle asetettuun objektiin, joka toimii pysyvänä mittakaavana mallinnettaville luille (kuvio 7) ja kokonaisuudelle (kuvio 8). Jotta mittakuva pysyisi samana koko projektin ajan, kannattaa jäädä kyseinen objekti, jotta sitä ei vahingossa muokkaisi projektin aikana.



Kuvio 7. Mallikuva yksittäiselle luulle



Kuvio 8. Mallikuva kokonaisuuden hallinnoimiseksi

Jokainen hevosen luu on aloitettu mallintamaan suorakulmaisesta kappaleesta, jonka on muutettu muokattavaksi objektiksi. Luiden muoto on saatu pisteitä ja reunoja liikuttelemalla ja lisäämällä, sekä venyttämällä valittuja sivupintoja haluttuun suuntaan. Reunoja viistoamalla saadaan aikaiseksi pyöreämpiä muotoja ja yhdistämällä voi lisätä reunojen ja sivupintojen määrää, jolloin saavutetaan tarkempi ja monimuotoisempi lopputulos. Viistoamis-toimintoa voidaan käyttää reunaviivan viistämiseen siten, että se jakautuu kahdeksi tai useammaksi samansuuntaiseksi viivaksi, joiden sisälle muodostuu uusia sivupintoja. Yhdistämällä toiminto lisää uusia reunaviivoja, ja sitä kautta myös sivupintoja ja pisteitä joita muokata. Lisäämällä muokausmahdollisuuksia päästään tarkempaan tulokseen.

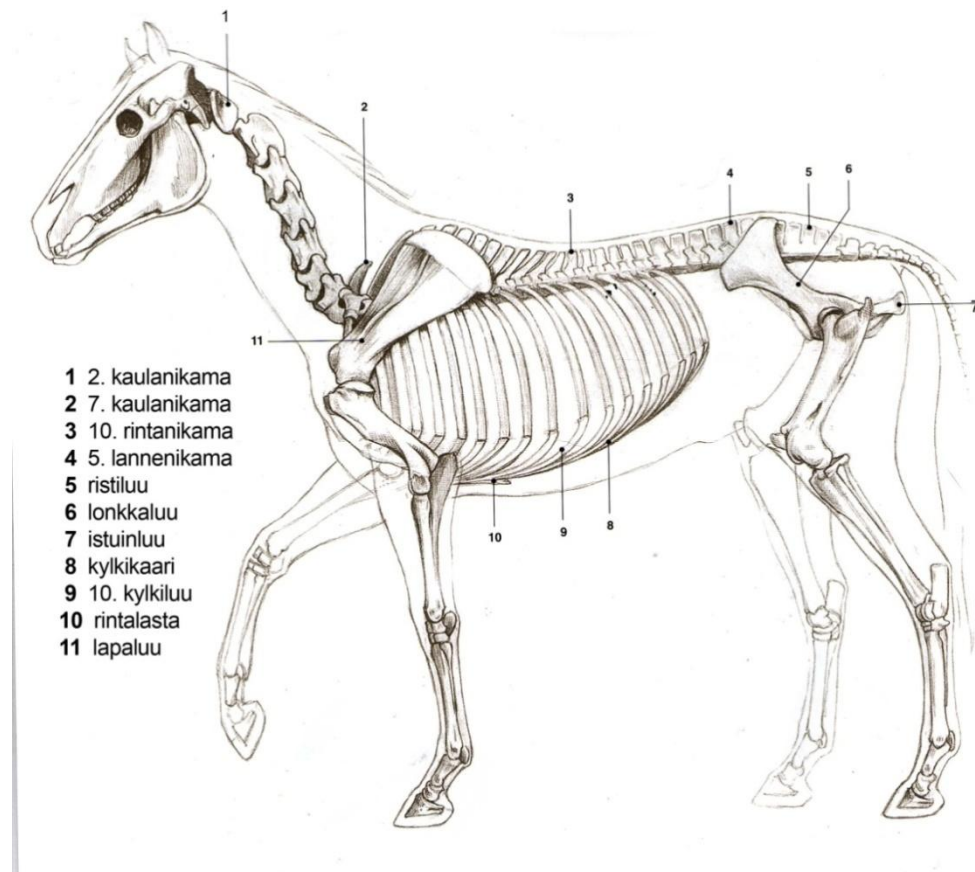
Riippuen hahmon lopullisesta käyttötärpeestä voi jättää pienemmälle huomiolle joitakin luita tai niiden osia. Lopullisessa animaatioissa ei hevosen tarvitse avata suutaan, joten pääkallon sisälle jäävää kieliluuta ei ole otettu kokonaisuuteen mukaan. Jos tarkoitus olisi animoida kielen liikkeitä näkyvästä, olisi luu käytännöllinen. Toinen paikka, jonka voi jättää pienemmälle huomiolle, on polvien pikkuluut. Jos liikettä kuvataan lähikuvana

polvesta, niin tapaukseen on kiinnitettävä suurempaa huomiota. Polven pikkuluut sijaitsevat kahdessa rivissä värttinäluun ja etusääriluun välissä etujaloissa, sekä koipiluun ja takasääriluun välissä takajaloissa, kuten kuviosta 8 saatetaan nähdä. Yhteensä näitä pikkuluuta on kahdeksan kappaletta melko tiiviissä rykelmässä. Luut on yhdistetty riveittäin yhden kappaleen sisälle, joten objekteja on siis vain kaksi joita animoida. Pikkuluut liikkuvat vain hieman, joten lopputulos on kuitenkin uskottavan näköinen ja helpompi animoida.

#### 4.1.2 Luiden mallinnus

Luurangossa jokainen luu liittyy vähintään yhteen toiseen luuhun, suurin osa kahteen. Liittymäkohdat määrittelevät luun liikkeiden rajat ja mahdollisuudet, heiluriliikkeen ja pyörimisen. Suurimpaan osaan luista täytyi mallinnettaessa palata uudestaan siinä vaiheessa kun vastakappaleet oli saatu valmiiksi. Liittymien sovittaminen toimi myös apukeinona saada luusta oikeanmuotoinen, varsinkin jos mallikuvat olivat riittämättömiä. Selkärangan luut eivät eroa toisistaan suuresti, ovat tiiviisti peräkkäin ja menevät hieman sisäkkäin. Mallintamalla ensin luulle perusmuodon ja kopioimalla kaksi instanssia, eli kopion tyyppiä, joihin alkuperäiseen kappaleeseen tehdyt muutokset myös vaikuttavat, kykenee havainnoimaan muokkaamisen vaikutukset liitoskohtien yhteensopivuuteen.

Osa hevosen luista on symmetrisiä, mikä helpottaa mallinnusta. Symmetrisiin luihin kuuluvat kaikki keskellä olevat luut, eli selkärangan ja kaulan luut, pää ja lantion alue (kuvio 9). Näitä luuta mallinnettaessa voi käyttää apunaan mallinnettavaan kappaleeseen lisättävää mallinnusohjelman peilaus-toimintoa, jolloin kaikki muutokset keskiakselin toisella puolella kopioituu peilikuvana vastakkaiselle puolelle samaan kappaleeseen. Haluttuun objektiin lisätään peilaus-toiminto, valitaan suunta johon kopio rakentuu, ja aletaan muokata haluttua puolta. Vastakkaiselle puolelle syntyvät muodot tekevät luusta symmetrisen kokonaisuuden.



Kuvio 9. Hevosien luuranko

Loput luista, joita ovat kaikki jalkojen luut, ovat epäsymmetrisiä jolloin kappaleet täytyy muokata kokonaisuudessaan käsin ilman aputoimintoja. Kuitenkin myös kokonaisia objekteja voi peilata puolelta toiselle. Tällöin ei tarvitse käyttää toimintoa, vaan peilaus-komentoa, joka tekee kokonaisesta objektista kopion peilikuvana. Jaloista on rakennettu ensin vasemmanpuoleiset luut, jotka on peilattu kopiona oikealle puolelle. Samaa komentoa on hyödynnetty kylkiluiden kanssa, jolloin säästyi sekä aikaa että vaivaa.

#### 4.2 Luurankosysteemin toteutus

Hevosien jaloissa on tärkeää tarkastella niitä sekä kokonaisuutena että erikseen etu- ja takajalkoina. Jalat eroavat toisistaan muodoltaan liikkeiltään huomattavasti. Tämä on otettava huomioon luurankosysteemiä rakentaessa, jotta liikkeistä saisi mahdollisimman helposti luonnollisen näköisiä. Esimerkiksi etujalan muoto on kehittynyt sellaiseksi, ettei se salli kyykistymistä eli polven taittumista lievittämään tärähdystä,

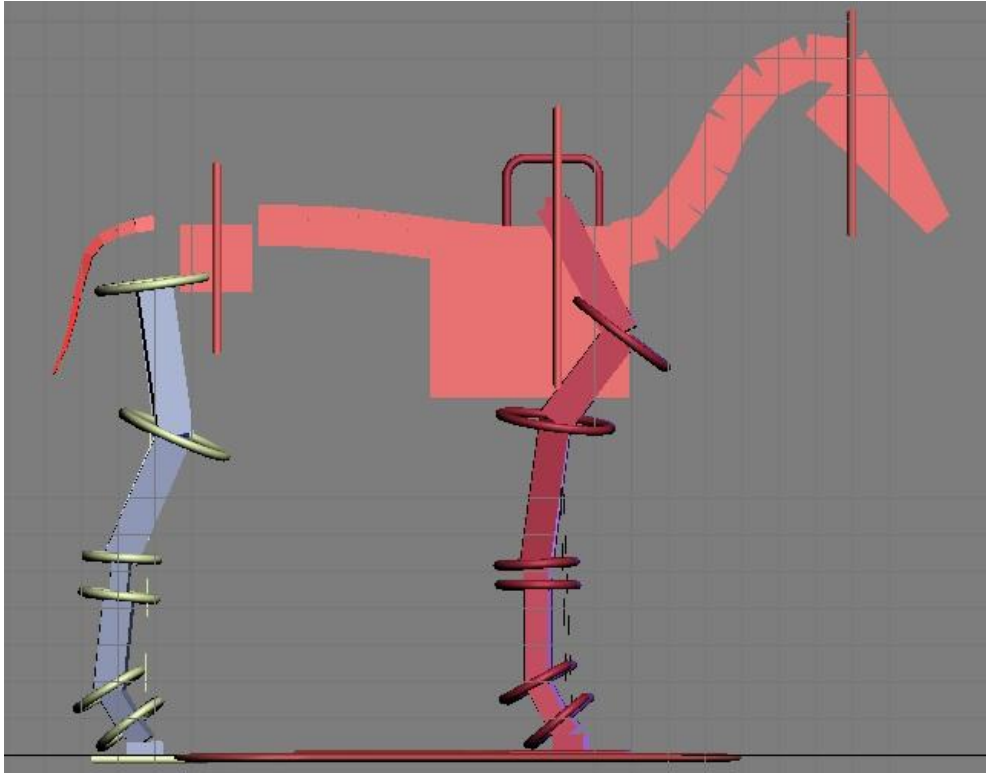
vaan tarpeellisen jouston täytyy tapahtua kolmen alimman nivelen, kario-, kehä- ja vuohisnivelien alueella. Tämä koskee vain etujalkoja. Takajalkojen jousto jakaantuu myös kintereeseen, polvi- ja lonkkaniveleen. (Talaskivi 1997, 99.)

Animoitaessa on huomioitava jouston paikka, eli jalan alemmissa nivelissä etujalkojen kohdalla, takajaloissa myös kintereessä. Jousto ei saa kuitenkaan olla liioiteltu tai liian vähäinen (yli- ja alitaipuneisuus, luonnottomuus), jolloin oikea hevonen joko murskasi jalkansa tai kaatuisi esim. hypyn alastulossa. Liikkeissä on siis tietyt rajoitukset ja asteet, niin liikeradoissa kuin anatomiassa.

Projektin hahmon luurankosysteemi on rakennettu käyttämällä CAT-lisäosaa, jonka kautta rakennettua luurankosysteemiä voi muokata tarpeen mukaiseksi. Luiden määrät, koot ja paikat on valittu vastaamaan animoinnin tarpeita. Mallinnettujen luiden kiinnittäminen luurankosysteemiin on tässä projektissa helppoa koska jokainen luu on oma itsenäinen elementti, mutta vaatii jokaisen mallinnetun luun yksittäin asettamista luurankosysteemin vastaavan luun yhteyteen skin-määritteen avulla. Skin-määritteen avulla luurankosysteemin luut liitetään mallinnettuun objektiin, jolloin animoitaessa luurankosysteemiä, liikkuvat mallinnetut luut mukana.

Koska luu on kiinteä objekti, ei siinä esiinny venymistä tai taipumista, jolloin näihin vaikuttavia arvoja ei tarvinnut lähteä muokkaamaan. Mallinnettu luu liikkuu muuttumattomana systeemi-luun mukana.

Etujalan luurankosysteemiin tuli 8 luuta, takajalkoihin vain 7, koska lonkka luu takana vastaa lapaluuta. Polven luut linkitin yhteen, joten niiden liike ei täysin vastaa todellisuutta, mutta tämän huomaa vain katsottaessa lähikuvaa liikkeestä, tai jos katsoja on anatomian ammattilainen. Selkärankaan laitoin 12 luuta vastaamaan 24:ää selkärangan nikamaa. Päädyin tähän ratkaisuun koska hevosen selkäranka on melko jäykkä varsinkin rintalastaan kiinnittyvien kylkiluuparien osalta. Koska liike on vähäistä, eikä matomaista liikkeen tarkkuutta tarvita, saatoinkin linkittää kaksi luuta samaan luurankosysteemin osaan.



Kuvio 10. CAT-luurankosysteemi ja apuobjektit

Animoinnin kannalta tärkeimpiin luihin on lisätty apuobjektit helpottamaan liikkeiden luontia (kuvio 8). Sen sijaan että animoi liikuttamalla luita, voi käyttää apuobjektia joka on linkitetty luuhun kiinni, jolloin apuobjektiin animoidut muutokset siirtyvät luulle. Tämä mahdollisti animoinnin aikana työskentelyn pelkän luurankosysteemin kanssa siihen asti, kun sain perusliikkeen näyttämään hyvältä. Kun liike oli suunnilleen valmis, saatoin palauttaa näkyviin mallinnetun luurangon, ja työskennellä niiden kanssa siten, että apuobjektit olivat näkyvissä ja animoitavissa tarkastaessani mallinnettujen luiden asentoja. Varsinkin ruunu- ja vuohisluu jäivät usein hieman luonnottomiin asentoihin pelkkä luurankosysteemi-näkökentän kautta tehdyn liikuttelun myötä ja kaipasivat hienosäätöä.

### 4.3 Animointi

Hevosen liikkeistä on olemassa kaavakuvia, mutta kaikki esittävät perusaskellusta ottamatta kantaa variaatioihin. Nämä kuvat toimivat usein mallina keskiaskelleita animoitaessa. Lähtiessä muodostamaan muita liikkeiden variaatioita on suositeltavaa katsoa kouluratsastusta ylemmiltä tasoilta, jolloin askellajit ovat hyvin tasalaatuisia ja

puhtaita. Monesta askellajista on mahdollista löytää hidastettuja videoita, joiden kautta voi nähdä liikkeen yksityiskohdat helpommin.

#### 4.3.1 Animaatioasetukset

Animoinnissa on käytetty käänteistä kinematiikkaa, joka on keino helpottaa animointiprosessia tehden mahdolliseksi vaativat liikkeet vähemmällä vaivalla. Mallinnettaessa käänteisen kinematiikan avulla tietokone lukee hierarkian kaikkia luita ja niiden liittymäkohtien eli nivelien välisiä suhteita samanaikaisesti. Normaalisti luurangossa hierarkian päässä alimpana ovat kämmenet ja jalkaterät (lapset) ja ylimpänä rintakehä ja lantio (vanhemmat). Jos haluaa esimerkiksi nostaa polvea, voi animoida pelkästään jalkaterässä olevaa hierarkian päätä nostamalla ja kääntämällä sitä haluttuun asentoon. Omassa luurankosysteemissäni hierarkian päähän on linkitetty apuobjekti. Hierarkiaan kuuluvat luut seuraavat mukana asettuen paikoilleen luontevasti. Tällöin ei tarvitse animoida jokaista jalan luuta erikseen saadakseen hyvännäköisen lopputuloksen.

Vastakkainen tapa animaatiota tehtäessä on suora kinematiikka jossa animoidaan hierarkkista ketjua ylhäältä alas, vastakkaisesti käänteiseen kinematiikkaan verrattuna. Tämä tarkoittaa sitä, että jalan nostamiseksi animoitaisiin ensin reisi, sitten sääri, tämän jälkeen nilkka jne. Suorassa kinematiikassa lapsiobjektit seuraavat vanhempaa muuttumattomana, kunnes niitä animoidaan.

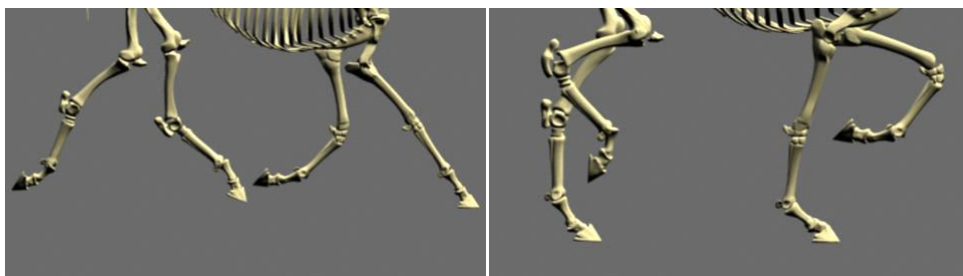
Monimutkaisempia luurangon liikkeitä animoitaessa saattaa olla parempi animoida käsin erikseen jokainen liittymäkohta ja luun asento suoraa kinematiikkaa käyttäen, mutta hevosen luurangossa jalat liikkuvat joko eteen, taakse, ylös ja alas eivätkä juuri lainkaan sivuille. Liike on tällöin melko yksinkertaista laskettavaa koneelle, kun ylempien liittymäkohtien rotaatiota ei tapahdu juuri lainkaan. Tämä ei kuitenkaan tarkoita että vain jalan alimman luun apuobjektista kiinni ottamalla ja sen paikkaa tai liikettä animoimalla olisi saanut aikaiseksi täydellisen liikkeen. Avainpaikkoihin joutui usein määrittelemään tarkemmat paikat hierarkian muille luille, jotka eivät seuranneet luonnollisesti mukana.



#### 4.3.2 Askelsykliä rakentaminen

Jokaisesta askellajista on ensimmäiseksi animoitu keskimmäisen version, eli keskiliikkeen sykli. Tästä on hyvä lähteä muokkaamaan lyhyempää ja pidempää muotoa, sillä muutokset ovat suhteellisen lähellä alkuperäisen syklin muotoja. Perusaskellajeista ensimmäisenä on tehty ravi, koska sen liikkeet ovat jalkojen osalta symmetriset. Tässä kappaleessa käytetään ravisyklejä esimerkkinä animoinnin kulusta ja vaiheista.

Askelparin animoiminen kannattaa aloittaa määrittelemällä luurangon liikkeen avainpaikat. Tässä työssä avainasentoja jaloille ovat ojennukset taakse ja eteen, sekä ylä- ja ala-asennot (kuvio 11). Alussa siis 4 avainpaikkaa riittää määrittelemään liikkeen muodon ja ajallisen keston. Ravin symmetrisen luonteen vuoksi saattoi jokaisessa jalassa käyttää samoja avainasennon paikkoja, mutta muissa askellajeissa on avainpaikat laitettava jalkakohtaisesti omiin kohtiinsa aikajanalla. Animoitaessa avainasentoa, kannattaa laittaa avain kaikille liikkeeseen kuuluville apuobjekteille, kuten kaikille luille etujalassa, samaan paikkaan, vaikka joitakin osia ei olisikaan joutunut liikuttamaan poseerausta tehdessään. Tämä kannattaa tehdä varmistaakseen että asento säilyy haluttuna, eivätkä ympärillä olevat muut avainpaikat pääse vaikuttamaan siihen jatkossa.



Kuvio 11. Ravin avainpaikat

Kun ääriasennot on saatu tehtyä saattaa olla tarpeen tehdä muutamia väliasentoja, kuten jalan maahan osuminen ja maasta nouseminen. Maasta noustessaan tulee ponnistusvaihe jota seuraa nopeasti ääriasento taakse ojennettuna, joten nousukohtaa joutui animoimaan hieman tarkemmin. Ponnistus tulee vuohis-, ruunu- ja kavioluun liikkeistä. Ennen ponnistusta hevosen takapää laskee, jolloin alajalalle jää tilaa taivutukseen. Ponnistus alkaa vuohisluusta, ja päättyy kavioon.

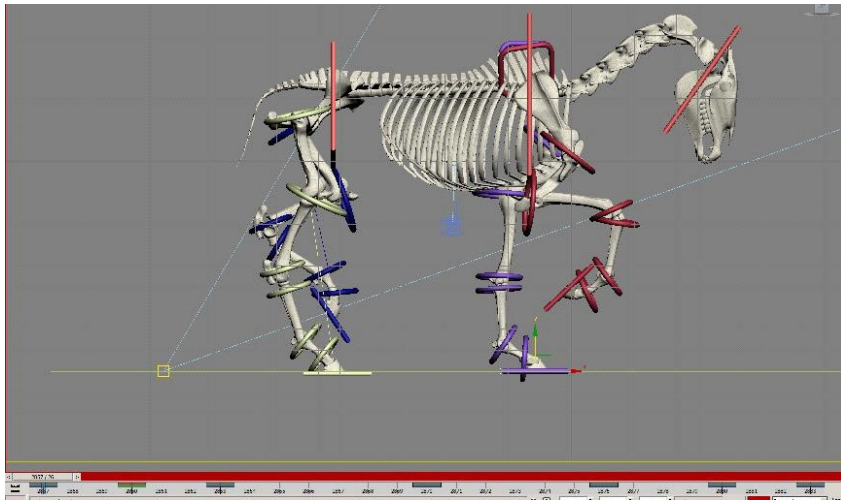
Raviin ja laukkaan kuuluu olennaisena asiana liitovaihe. Tästä johtuen liikeparien väliasennot ravissa eivät ole aivan peilikuvia toisiinsa verrattaessa. Kun jalkapari nousee maasta, ei vastakkainen pari laskeudu samaan aikaan, vaan jalat pysyvät vielä hetken aikaa ilmassa. Käynnin aikana liitovaihetta ei ole laisinkaan, ja passagen aikana liito on niin vähäinen, ettei sitä huomaa katsottaessa.

#### 4.3.3 Askelsyklin muokkaaminen

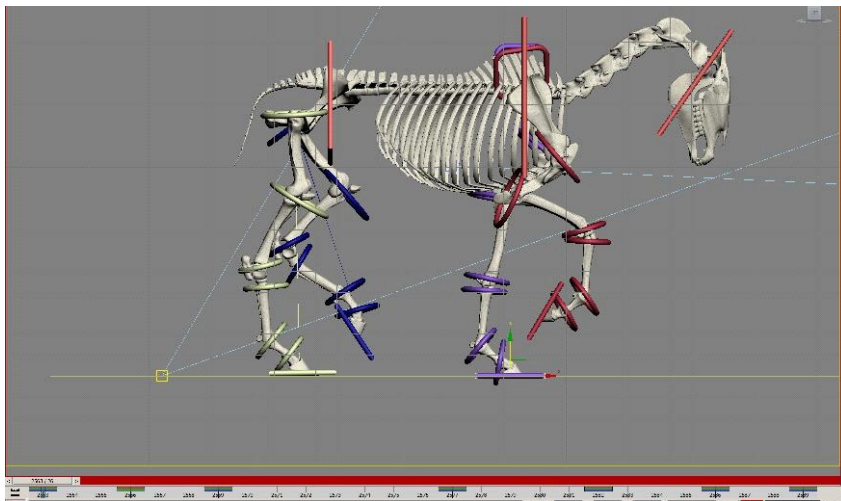
Kun jokaisen perusaskellajin ensimmäinen animoitu sykli saadaan valmiiksi, niin liikkeen muokkaamiseen voi käyttää muutamia apukeinoja jottaaskellajin variaatioita ei joudu animoida alusta alkaen uudestaan. Samat perusaskellajeista rakennetut avainpaikat toimivat pohjana jokaiselle tarvittavalleaskellajin muutokselle kuten kuvien 12, 13 ja 14 aikajanojen esittämistä etujalan avainpaikoista voidaan nähdä. Kaikki avainpaikat, joita hahmolle on tehty, kopioidaan ja siirretään aikajanalla toiseen kohtaan. Kun kaikki variaatiot perusaskellajeista on saatu valmiiksi, ovat valmiit syklit helposti siirrettävissä aikajanalla käytettäväksi lopullisessa animaatiossa.

Muutoksia liikkeiden sisällä tehdessä pitää tietää minne, miksi ja mitä pitää muuttaa. Esimerkiksi jalan maassaoloaika tai matka saattaa olla isommassa liikkeessä täysin sama kuin lyhyessä vaikka ääripaikat muuttuvat. Mitä suuremmasta liikkeestä on kyse, sitä enemmän takajalkojen liike vie enemmän alle kuin taakse, etujalkojen taas enemmän eteen kuin alle. Itse tajusin viimeinkin, mitä ratsastuksenopettajani on tarkoittanut sanoessaan hevosen polkevan hyvin alleen katsoessani ravien lineaarisia muutoksia lopputuloksessani.

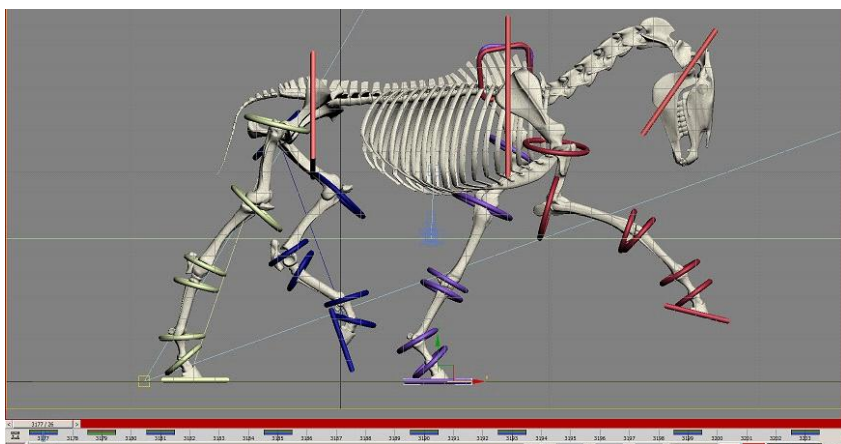
Joissakin liikkeissä oli tarpeen muuttaa avain- ja väliasentojen paikkoja tai luoda uusia väliasentoja. Esimerkiksi lisättyyn raviin kannatti lisätä etujalkoihin ojennus ja tätä varten oma väliasentonsa, jota lyhyemmissä variaatioissa ei ole. Tehtäessä passagea ja piaffea, joissa on molemmissa joko ojennus tai tauko liikkeessä, aikaisemmin lisätty väliasento oli jälleen tarpeellinen ja pysyi paikoillaan uudelleen muokattuna.



Kuvio 12. Oikean kavion apuobjektin avainpaikat kootussa ravissa

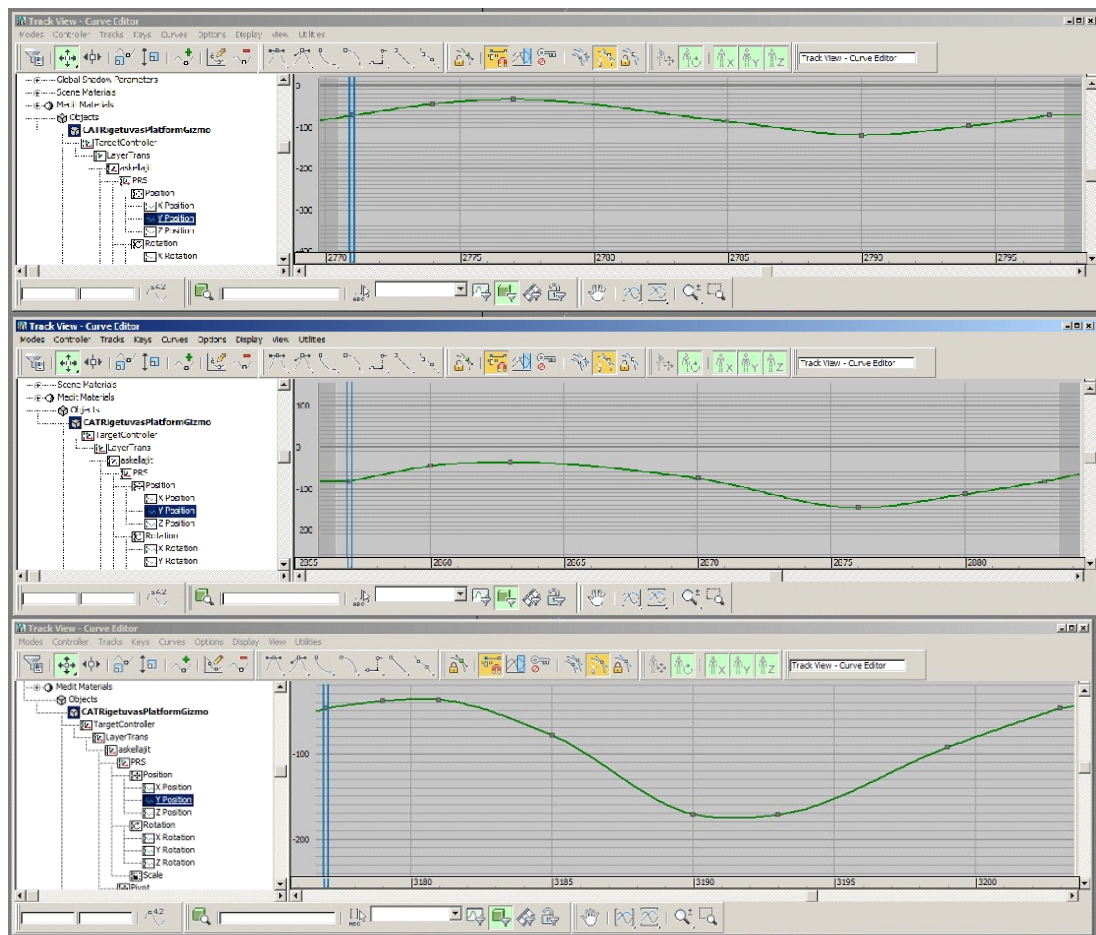


Kuvio 13. Oikean kavion apuobjektin avainpaikat keskiravissa

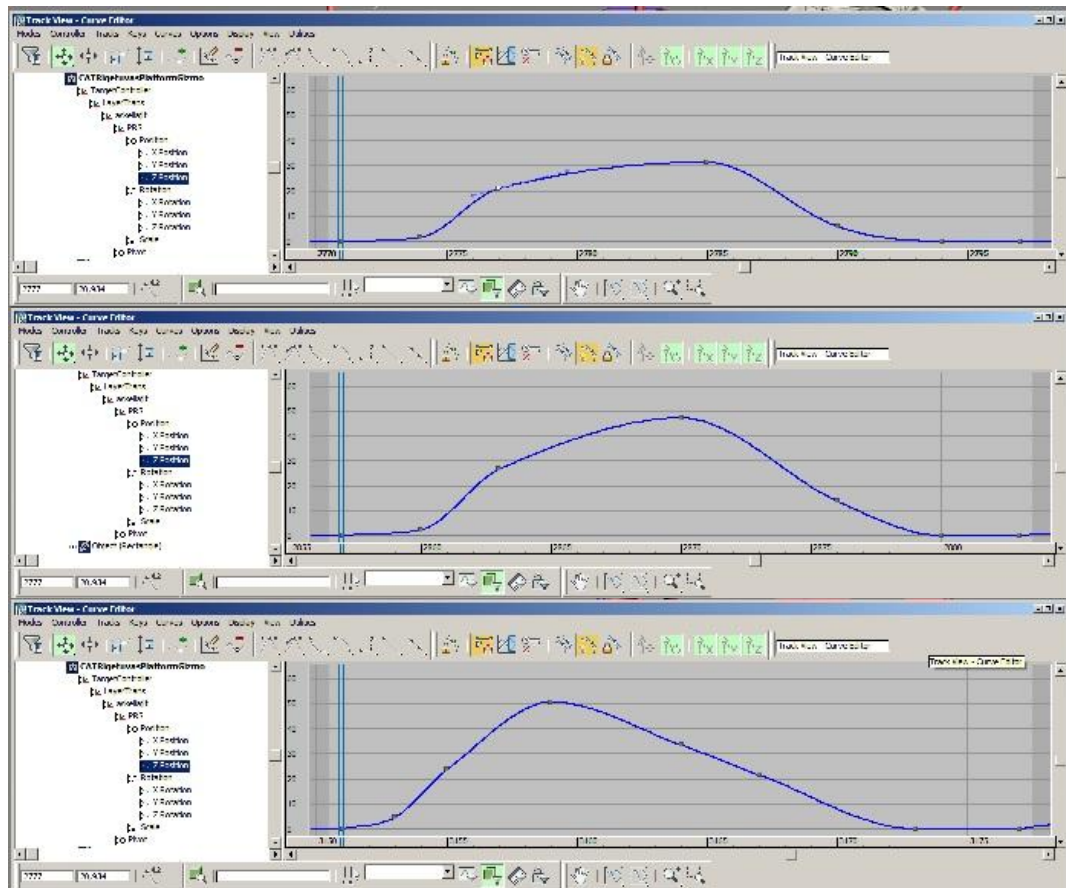


Kuvio 14. Oikean kavion apuobjektin avainpaikat lisättyssä ravissa

Suurimmaksi osaksi tarvittavat muutokset voi tehdä curves-valikon koordinaatiston kautta. Valikossa näkyvässä kurvissa on esitetty myös avainkohdat, joiden kohdalla objektia on animoitu. Liikkeen muutos suoraan kuljetulla uralla tapahtuu askeleen pituudessa ja korkeudessa. Nämä muutokset voidaan toteuttaa helpoiten valitsemalla hierarkian pää, tässä tapauksessa jalkojen apuobjektit, jolloin curves valikossa näkyvät valittujen objektien liikeradat. Aallon ala ja yläkohdat osoittavat eteen ja taakse, ylös ja alas, tai sivulta toiselle suuntautuvan liikkeen ääripäitä. Kuviossa 15 on kuvattuna oikean etujalan askelsyklin Y-kurvi, joka akselistossa merkkää eteen ja taakse suuntautuvaa liikettä. Kuviossa 16 on saman luun sykli Z-akselistolla joka havainnoi liikkeen korkeutta.



Kuvio 15. Etujalan eteen ja taakse suuntautuvat liikeradat kootussa, keski- ja lisättyssä ravissa.



Kuvio 16. Etujalan ylös ja alas suuntautuvat liikeradat kootussa, keski- ja lisättyssä ravissa.

Avainkohtia voi liikuttaa akselistossa joko yhtä kerrallaan tai kaikkia samanaikaisesti. Jos kaikkia avaimia liikutetaan samalla kerralla, siirtyy kyseisen objektin animaatio kokonaisuudessaan, mutta suhteet pysyvät samana. Usein on tarve liikuttaa sekä kokonaisuutta että myös yksittäisiä avainten kurveja akselistolla. Esimerkkinä mainittakoon, että mitä suuremmaksi liike menee, sitä enemmän takajalat astuvat kokonaisuudessaan eteenpäin. Liikkeen eteenpäinmeno vaikuttaa myös jalkojen korkeimman kohdan määrittelyyn, mutta tässä tapauksessa ei voi liikuttaa koko akselistoa alaspäin, sillä silloin jalka, ollessaan maassa, liikkuisi maan sisään. Näissä tapauksissa on liikutettava yksittäisiä avaimia haluttuun kohtaan. Eli kauempana kurvien päät ovat toisistaan, sitä suurempi on ero liikkeen pituudessa, korkeudessa tai suunnassa.

Periaatteessa täysin saman asian voisi tehdä perusikkunasta käsin animoimalla haluttuja muutoksia suoraan objektiin niissä avainpaikoissa, joihin muutos tarvitaan.

Kurvit esittävät liikkeen kokonaisuuden ja avainpaikkojen väliset suhteet graafisesti ilman että tarvitsisi liikkua aikajanalla avaimesta toiseen.

## 5 Lopputulos

Lopullinen animaatio muodostuu kahdesta osiosta, joista ensimmäisessä esitellään hahmo, eli hevosen luuranko, ja toisessa osiossa askelsykli sekä niiden väliset erot toisiinsa verrattaessa. Esittelyn aikana luurangossa ei ole liikettä, vaan kamera pyörii mallinnuksen ympäri tarjoten katsojalle mahdollisuuden nähdä luuranko yksityiskohtaisesti jokaisesta suunnasta. Liikkeiden kuvauksen aikana kamera pysyy suurimmaksi osaksi paikoillaan, jotta liikkeitä voisi tarkastella helpommin kuin kameraliikkeen aikana.

Koska animaation tarkoitus on esitellä askellajien välisiä eroja, ei siirtymävaiheita ole kuvattu työssä lainkaan. Jos halutaan tehdä siirtymiä liikkeiden välillä, on hyvä muistaa muutama sääntö animaatiota tukemaan. Ponnistus eteenpäin lähtee aina takajaloista, sillä takapää on liikuttava moottori, eli takajalat aloittavat siirtymisen. Kun liikettä hidastetaan, niin silloin etujalat ottavat vauhdin vastaan ja jarruttava liike lähtee etujaloista ennen taakse siirtymistä.

Animaatiossa liikkeiden muutokset esitetään pose-to-pose tyyliä, jolloin askel on pysäytetty ennen siirtymistä seuraavan variaation samaan kohtaan. Siirtymä on lineaarinen, jolloin asento näyttää liukuvan edellisestä seuraavaan. Näin esitettynä luurangon asennon muutos on nähtävissä selkeästi ja ajan kanssa. Aluksi tarkoituksena oli tehdä jatkumo, jossa hevonen siirtyy askellajista toiseen luonnollisesti, mutta silloin erot eivät olisi helposti havaittavissa.

Liikeosio jakautuu kolmen askellajin mukaan. Liikkeelle lähdetään käynnistä, siitä siirrytään raviin ja viimeiseksi laukkaan. Kustakin askellajista esitetään kolme muutosta ja lisäksi raviin on sisällytetty kaksi korkeakoululiikettä, eli passage ja piaffe, joita käytetään kouluratsastuksessa paljon. Ravissa on siis yhteensä viisi osaa, jotka kolme ensimmäistä ovat samoja kuin on esitetty muissakin askellajeissa. Erikoisliikkeet tulevat näiden jälkeen. Askellajien muutokset alkavat aina lyhyimmistä liikkeistä, eli kootusta

askelluksesta, ja päättyvät pisimpään, eli lisättyyn askellukseen. Askellajeista laukassa on ainoana suunnanmuutoksen aiheuttama siirtymä liikkeessä. Riippuen kumpaan suuntaa hevonen liikkuu, on olemassa kaksi vaihtoehtoa jalkojen asetteluun. Liikkeet ovat toistensa peilikuvia, mutta liikkeen suunta vaihtuu. Laukkaosiossa on keskimmäisestä liikesarjasta tehnyt molemmat versiot jotka esitellään katsojalle. Koska edeltävä ja jälkimmäinen laukka ovat molemmat vasempaan, välissään oikea laukka, on oikean laukan loppuun lisätty laukanvaihto, joka on korkeakoululiike, jotta päästäisiin takaisin vasempaan laukkaan. Kootusta ja lisäystä laukasta ei ole esitetty oikeaa laukkaa.

Jokaisen askellajin ensimmäisen liikkeen syklien aikana kamera kiertää luurangon ympäri, jolloin animaatio voidaan nähdä kokonaisuutena jokaisesta suunnasta. Tämän jälkeen kamera ei liiku, jotta liikkeitä voi tarkkailla paremmin ja pidempään. Yhtä askellusta kuvataan noin kymmenen sekunnin ajan, kamera-ajojen variaatioita hieman pidempään. Käynnin ja ravin aikana ehtii luuranko astumaan noin yhdeksän askelparia. Laukka on sykliltään nopeampi, joten askeleita mahtuu samaan aikaan useampia kuin käyntiin ja raviin.

## **6 Ongelmat ja niiden ratkaisut**

Projektin aikana huolta tuotti eniten rintakehän liike. Lantion liikkeistä varsinkin sivuttainen rotaatioliike vaikutti liian paljon rintakehään, jolloin korjaavia väliasentoja joutui lisäämään avainpaikkojen väliin. Pahimmillaan korjauksia tuli liki jokaiseen aikajanan kuvaan. Tästä syystä joissakin liikkeissä rintakehän, ja sen vaikutuksesta pään ja kaulan liikkeet ovat animaatioissa hieman nykiviä.

Jalkojen luiden liikkeiden animoimisessa hieman enemmän työtä vaativat lapa- ja olkaluu johtuen liikkeiden nopeudesta. Jalan nousu maasta taimmaiseen ääripäähän, eli ponnistusvaihe, tapahtuu yhteensä 5-10 kuvan aikana eli suhteellisen lyhyessä ajassa tapahtuu melko paljon asioita. Joissakin liikkeissä interpolointi nykäisi luiden välisen kulman aloitusasennosta loppuasentoon. Tällöin jouduin joko korjaamaan avainpaikkojen tai väliasentojen kokonaisuutta, tai lisäämään korjaavan avaimen joko toiseen tai molempiin kyseisistä luista.

Animoidusta liikkeestä on mahdollista saada tehtyä animaation kopio peilattuna. Tämä on käytännöllinen apukeino laukkoja työstettäessä kun halutaan lähteä tekemään vastakkaisen puolen laukkaa. Kuitenkaan projektin aikana jostakin syystä kyseinen toiminto ei osannut lukea kavioiden animaatiota, jolloin lopputulos näytti hetken aikaa hyvinkin mielenkiintoiselta. Kaikki muut luut liikkuiivat halutusti, mutta kaviot pysyivät paikoillaan, mikä tietysti vaikutti myös muiden luiden liikkeisiin. muutaman yrityksen jälkeen oli paljon helpompaa animoida kavioiden liike alusta uudestaan. Tässäkin vaiheessa kurvit toimivat hyvänä apukeinona liikkeen uudelleenrakentamisessa kunhan muistaa, että liikeradat rakennetaan vastakkaiselle jalalle.

## **7 Loppupäätelmät**

Projektissa ei oteta kantaa mallinnukseen, luurankosysteemin valintaan tai animaatiotapoihin. Jokaisella on oma tapansa ja halunsa tehdä asioita, ja kannattaa valita itselleen parhaat menetelmät. Projektin tarkoitus on kiinnittää huomio luiden liikkeisiin, ovat ne sitten mallinnettuja tai luurankosysteemin osia. Ymmärtämällä hieman tehdyn hahmon anatomiaa ja liikkeiden syntyä päästään luonnollisempaan lopputulokseen.

Nelijalkaisen hahmon animointiin vaikuttavat luiden muoto ja fysiikan rajoitukset. Riippuen hahmosta ja sen liikkumistavasta ovat rajoitukset hieman erilaisia, verrattaessa toisiinsa vaikka hevosta ja kissaeläintä, sekä niiden tapaa liikkua. Hevoson raajat ovat melko jäykät, ja liikeradat selkeitä verrattuna notkeaan ja ketterään kissaan.

Askeleen muodon pitäisi pysyä samana liikkeen nopeudesta tai laajuudesta huolimatta. Perusta liikkeelle kannattaa animoida mahdollisimman neutraaliin muotoon, kuten keskimmäiseen variaatioon eli keskiaskellajeihin, jotta uusiin askelsykleihin tehtävät muutokset eivät olisi liian kaukana alkuperäisestä. Askeleiden muutokset eteenpäin lähtevät melkein aina takaa, ja hidastuvat etuosalla. Askeleen pituus, korkeus ja suunta ovat muokattavissa helposti aikaisemmin selitettyjen keinojen kautta.

Moni muukin neliraajainen aina sudesta lehmään liikkuu samoissa perusaskellajeissa kuin hevonen, eli käynnissä, ravissa ja laukassa. Vain hevosen liikkeistä on nimetty ja



kategorisoitu perusaskellajien sisään omia versioitaan, jolloin liikkeet tuntuvat monimuotoisemmilta kuin ovatkaan. Jokaisen liikkuvan hahmon askeleissa on kuitenkin havaittavissa muutamia selkeitä linjauksia: Jos pyritään pääsemään eteenpäin nopeammin, askel joko nopeutuu, pitenee, tai askeleen korkeus nousee. Mahdollisesti tapahtuu kaikkia näitä muutoksia samanaikaisesti. Käytännössä kyse on siis vain askeleiden pituuksista, ponnistuksen voimasta ja liikkeen suunnasta, ihan sama mikä neliraajainen on kyseessä. Näin voidaan päätellä, että riippumatta hahmosta voi olla kannattavaa animoida liikesykliä valmiiksi, jotta tarvittaessa ne voi ottaa käyttöön joko sellaisenaan tai muokkausta varten.

Työskentely valmiiden askelsykliden kanssa antaa mahdollisuuden hallita projektia hyvin. Kun alkuperäiset liikkeet ovat helposti kopioitavissa ja toistuvat samanlaisina, on sykliden muokkaaminen uudenlaiseksi nopeaa ja yksinkertaista. Liikkeiden väliset siirtymät joutuu animoimaan olemassa olevien sykliden väliin, mutta nämäkin siirtymät on kätevä laittaa aikajanalla syrjään, voidakseen käyttää niitä myöhemminkin jos on tarvetta. Jos alkuperäiseen sykliin halutaan erikoisempia lisäyksiä, kuten pään tai hännän liikkeitä, nämä voidaan lisätä animaation kokoamisvaiheessa. Nykyään animoidut syklit voi tallentaa 3D-ohjelman muistiin myöhemmin käytettäväksi joko saman hahmon tai muun nelijalkaisen liikkeiden animoimiseen (Autodesk 3ds Max Help Center).

## Lähteet

Ratner, Peter 2004. Mastering 3D animation. New York: Allworth Press

Szunyoghy, Andreas & György, Feher 2006. Anatomian Piirustusopas. Ullmann

Talaskivi, Soini 1997. Suomalainen hevostkirja. Keuruu: Otavan kirjapaino

Todd, Peterson 1998. 3D Studio Max 2. Jyväskylä: Suomen Atk-kustannus Oy

Butzow, Yngve 1943. Ratsuhevosen ja ratsastajan koulutus. Helsinki: Otava

Autodesk 3ds Max Help Center

Kouluratsastuksen Kannatusyhdistys ry 2011. Kouluratsastus tuomarin näkökulmasta  
Saatavissa: [http://www.kouluratsastus.net/Tuomarin\\_nakokulmasta.htm](http://www.kouluratsastus.net/Tuomarin_nakokulmasta.htm). Hakupäivä  
12.4.2009

Wikipedia 2011. Vapaa tietosanakirja.

Saatavissa: <http://en.wikipedia.org/wiki/Horse#Anatomy>. Hakupäivä 12.4.09

Ivalli 2008. Digitaalisen median perusteet 2010. Verkkodokumentti: Creative commons.

Saatavissa: [http://www.tol.oulu.fi/kurssit/dmp/animaatio2007/anim\\_teoria.html](http://www.tol.oulu.fi/kurssit/dmp/animaatio2007/anim_teoria.html).  
Hakupäivä 26.4.2011

University of Virginia 1997. Verkkodokumentti.

Saatavissa: <http://www.arch.virginia.edu/arch545/handouts/keyframing.html>.  
Hakupäivä 23.3.2011

CD (käynnistä laukkaan -animaatio)