

KESY- JA VILLIHEVOSEN EROTTAMINEN METAKARPAALIN MUODON  
PERUSTEELLA

Noora Piipponen

Oulun yliopisto

Humanistinen tiedekunta

Arkeologian kandidaatintutkielma

15.3.2023

Ohjaaja: Markku Niskanen

Opponentti: Erika Karlsson

SISÄLLYSLUETTELO .....	2
JOHDANTO.....	3
1. TAUSTAA .....	6
2. AINEISTO JA MENETELMÄT .....	7
3. TULOKSET .....	10
4. POHDINTA .....	15
PÄÄTÄNTÖ .....	18
BIBLIOGRAFIA .....	19

## JOHDANTO

Kesyhevosen alkuperä on kysymys, johon on etsitty vastausta sinnikkäästi sen ollessa haastavaa.<sup>1</sup> Geneettinen, alueellinen ja ajallinen alkuperä on ollut tuntematon pitkän aikaa, mutta vuoden 2021 Librado et al tutkimus valaisi asiaa laajemmin ensimmäisen kerran.<sup>2</sup> Hevosen kesyyntymisestä on kirjoitettu runsaasti ja tutkimuksia on paljon, niin vanhempia kuin uudempiaakin ja kesyhevosen merkitys ihmiskunnan historiassa on suuri.<sup>3</sup>

Hevoseläinten (suku *Equus*) metakarpaalit ovat muokkaantuneet niiden evoluution aikana. Kolmas eli keskimäinen metakarpaali muodostaa hevosen etusäären, toinen ja neljäs ovat surkastuneet puikkoluiksi, ja ensimmäinen ja viides ovat kadonneet. Keskimäinen eli kolmas digit (sormi- tai varvasluu) muodostaa vastaavasti kavion. Tutkimuksessani keskityn kolmanteen eli keskimäiseen metakarpaaliin, jota kutsun lyhennetyksi metakarpaaliksi. Metakarpaalin muoto heijastaa hevosen omasta painosta ja fyysisestä aktiviteetista (liikkumisesta) johtuvaa mekaanista kuormitusta. Koska eturaajat kantavat noin 60 % hevosen ruumiinpainosta, kukin metakarpaali kantaa noin 30 % ruumiinpainosta. Lisäksi tämän takia luhun kohdistuu taivutusstressiä hevosen liikkuessa. Metakarpaali ja metatarsaali (tunnetaan yhteisnimellä metapodiat) ovat erityisen hyödyllisiä eläinosteologisessa metrisessä analyysissä, koska niiden morfologia muuttuu koon ja ruumiinrakenteen, fyysisen aktiviteetin sekä täten rodun (esimerkiksi käyttö ratsuna tai vetohevosena) mukaan.<sup>4</sup>

Käsittelen villi- ja kesyhevosen erotettavuutta metakarpaalin muodon perusteella, kuten Outram et al ovat esittäneet. Heidän tuloksissaan Kentin löytöpaikan hevoset sekä Botai-hevoset ovat Tersek-löytöpaikkojen hevosia hoikempia mittojen keskeiseltä suhteeltaan. Oma tutkimukseni eroaa siinä, että huomioin myös luvvarren pituuden suhdeluvussa ja keskityn pääosin luvvarsien paksuuden vertaamiseen, jättäen nivelpintojen koon taustalle. Omassa tutkimuksessani ovat mukana myös przewalskinhevoset Outram et al'in käsittelevien löytöpaikkojen lisäksi, niiden erotessa muista yksilöistä suuresti,

---

<sup>1</sup> Outram et al 2009: 1332

<sup>2</sup> Librado et al 2021: 1

<sup>3</sup> Taylor & Barrón-Ortiz 2021: 1

<sup>4</sup> Outram et al 2009: 1333 ja Davies & Watson 2005: 224 ja Niskanen 2022a: 8, 15-16

sillä käsittelemieni yksilöiden tiedetään olleen tarhattuja ja ratsastamattomia, antaen tasaisen pohjan ja verrokin pelkästään tarhatulla hevosella.

Luuston kehitys ja erot ovat suuressa osassa tutkimuksessani. Kesyyntymisellä on olennainen osa hevosen luuston muutoksessa. Kun fyysisen aktiviteetin määrä väheni sitomisen ja aitaamisen seurauksena, ei liikettä tullut yhtä paljon kuin villihevosilla. Hevosen fyysinen aktiviteetti rajoittuu, kun ne sidotaan kiinni ja aidataan, ja täten ne eivät päässeet liikkumaan yhtä laajasti kuin villihevoset (ja villiintyneet kesyhevoset), jotka liikkuvat jopa 50 kilometrin matkoja laidunalueiden ja juomapaikkojen välillä.<sup>5</sup> Rajão et al huomasi vuonna 2019 kirjoitetussa artikkelissaan intensiivisesti treenatuissa, kestävyyskilpailuihin osallistuvissa arabianhevosissa paksumpia ja tiheämpiä luuseinämiä verrattuna vain vapaasti laiduntaviin lajitovereihinsa.<sup>6</sup> Liikunnan määrällä ja intensiteetillä on täten merkitystä.

Metakarpaalin nivelpintojen ja luuvarsien koosta pystyy päättelemään hevosen ”suunnitellun” kantomäärän, sillä nivelpintojen pinta-ala ja seinämien tiiviin luun pinta-ala heijastaa sitä. Luuvarsien pituus heijastaa luun taivutusvastusta, koska luu taipuu eläimen liikkeessä. Luuvarteen kohdistuu myös tärähdyksiä, vahvistaen luuta. Täten, samankokoiset nivelpinnat omaavat yksilöt painavat saman verran, jos niillä ei ole eroja perimässä, kasvu- tai elinympäristössä, ravitsemuksessa eikä lihavuusasteessa, mutta fyysisesti aktiivisemmän eläimen luuvarret ovat kuitenkin vahvemmat, sillä sen luuseinämit ovat vahvemmat. Davies ja Watson huomasi vuonna 2005 kirjoitetussa tutkimuksessaan, että pidemmät luut taipuvat lyhyempiä enemmän, ja ovat täten alttiimpia murtumille.<sup>7</sup> Tämä selittää sen, miksi pitkävirtaisen metakarpaalin omaava täysiverinen omaa myös paksumpien luuseinämien vuoksi paksimmat luuvarret kuin lyhyemmän metakarpaalin omaava yksilö.<sup>8</sup>

Joten vaikka luuseinämit vahvenevatk in enemmän ”sisäänpäin” kuin ”ulospäin”, voimme olettaa, että fyysinen aktiviteetti kasvattaa luuvarsien ulkomittoja jossakin määrin. Ruffin vuonna 2018 julkaistussa kirjassa, että metsästäjä-keräilijöillä on 8.3% paksumpi luuvarsi reisiluun puolivälissä kuin maanviljelijöillä, jos nivelpintojen koko ja reisiluun paksuus ovat samat. CT-skannauksissa on määritetty luuvarren kokonaispinta-ala eli ”total area” ja skannauksella määritetyn luuseinämien paksuuksiin perustuvan luualueen eli

---

<sup>5</sup> Hamson et al 2010

<sup>6</sup> Rajão 2019: 58

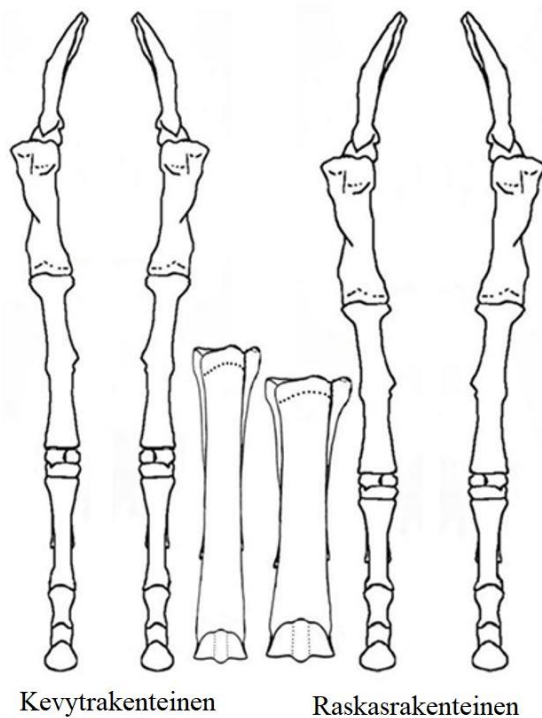
<sup>7</sup> Davies & Watson 2005: 224

<sup>8</sup> Davies & Watson 2005: 224–225

tiivinluun pinta-alan suhteen ero on 15.1 %, koska luut vahveneivat enemmän ”sisäänpäin” kuin ”ulospäin”.

Tutkimusten perusteella voimmekin olettaa, että liikunnan määrällä ja sen intensiteetillä on vaikutusta hevosen luiden luvvarsien vahvuuteen ja muotoon, mutta vähän tai ei ollenkaan vaikutusta nivelpintojen kokoon tai muotoon niiden saavuttaessa lopullisen kokonsa nuorella iällä.<sup>9</sup> Kuitenkin luvvarsien ulkomitat aliarvioivat sen, miten vahva luvvarsi todellisuudessa on, sillä luvvarret paksuuntuvat enemmän sisään- kuin ulospäin. Täten luvvarren todellista paksuutta ei ole mahdollista tarkastella ottaen huomioon kaikki vaikuttajat kuin röntgenkuvista tai CT-kuvista.

Hevosen ruumiinrakenne vaikuttaa metakarpaalin lateraalisten ja lineaaristen mittojen väliseen suhteeseen. Kuva 1 osoittaa, kuinka raskarakenteisella hevosella on lyhyt etusääri ja kevytrakenteisella pitkä, kun sitä vertaa suhteessa varren sekä nivelpintojen leveys- ja syvyysmittoihin, sekä muiden luiden pituuteen.<sup>10</sup>



Kuva 1: Kevytrakenteisen ja raskarakenteisen hevosen eturaajojen pituuden suhteet.  
Lähde: Niskanen (2022a)

<sup>9</sup> Ruff 2018: 163

<sup>10</sup> Niskanen 2022a: 16

Edellä esitettyjen perusteella keskityn nivelkoon ja varren vahvuuden väliseen suhteeseen. Nivelpinnan ja luuvarren kokojen vertailu valaisee fyysisen aktiiviteetin määrää, ja verratessa fyysisesti erittäin aktiivisten hevosten (esimerkiksi villihevoset ja huippukuntoiset kilpailuhevoset) luiden varsien pitäisi olla vahvemmat kuin useimpien kesyhevosten, joiden fyysisen aktiiviteetin taso on alhaisempi. Jääkauden kylmään ilmastoon sopeutuneet villihevoset olivat suhteellisesti raskasrakenteisempia kuin lämpimämpinä kausina samalla seudulla eläneet villihevoset. Outram et al (2009) ja Gaunitz et al (2018) eivät huomioineet tätä tutkimuksissaan, vaikka sillä on vaikutusta metakarpaalin muotoon.

Villihhevostenkin välillä on aktiiviteetin määrässä eroja, ja esimerkiksi aroilla elävät hevoset, kuten pohjoisen Ukrainan Dereivka, eivät ole todennäköisesti liikkuneet aivan yhtä paljon ravinnon perässä (esimerkiksi laidun- ja juomapaikkojen välillä) kuin esimerkiksi kuivalta arolta peräisin olevat lajitoverinsa, kuten pohjoisen Kazakstanin jääkauden aikaiset villihevoset.

## 1. TAUSTAA

Outram et al esittivät Kazakstanin pohjoisosan aronseudun Botai-kulttuurin (3700–3100 eaa) hevoset ensimmäisiksi kesyhevosiksi. Heidän mukaansa patologiset muutokset hampaissa viittasivat siihen, että hevosia olisi suitsittu, koska hampaissa näyttäisi olevan kuolainkulumaa. Orgaaninen jäännösanalyysi keramiikka-astioista alueelta osoittaa mahdollisia tammanmaidon jäämiä viitaten kesyhevosiin liittyvään talouteen. Metakarpaalin analyysi alueen hevosista kertoo, että luut ovat rakenteeltaan hennompiä suhteessa sen pituuteen, kun niitä verrattiin villihhevosen metakarpaaliin, joka taas voi osoittaa niiden liikunnan rajoittuneisuutta.<sup>11</sup> Gaunitz et al toistivat tutkimuksen suuremmalla otoskoolalla, tarkastellen genomeja. He tulkitsivat tutkimustulosten osoittavan, että przewalskinhevonen on periytynyt paimennetuista botaihevosista eikä siis olisi ”oikea” villihhevonen. Täten kesyhevonen on oma erillinen kehityslinjansa, joka ei polveudu przewalskinhevoselle läheistä sukua olevasta Botai-hevosesta.<sup>12</sup> Palaan przewalskinhevosen villihhevostatukseen myöhemmin.

---

<sup>11</sup> Outram 2009: 1333

<sup>12</sup> Gaunitz et al 2018: 1

Librado et al paikansivat nykyisen kesyhevosen syntykodiksi Länsi-Euraasian arot, sillä tällä aroalueella aikavälillä 3500–2600 eaa eläneet hevoset edustivat DOM2 hevosen kantapopulaatiota. He eivät kuitenkaan kyseenalaistaneet Botai-hevosten kesyystatusta.<sup>13</sup> Tämä kesyystatus haastettiin Taylor ja Barrón-Ortiz'in artikkelissa, joka tarkastelee osteologisia todisteita. Heidän mukaansa Botai-hevoset eivät ole olleet kesytettyjä, vaan hampaiden väitetyt kulumat olleen luontaista kulumaa ja stabiili-isotooppiarvot saviastoissa olisivat heidän mukaansa voineet viitata hevosenlihaan, eivätkä maitoon.<sup>14</sup> Outram vastasi tähän puolustaen Botai-hevosen kesyystatusta, sanoen botaihevosten olleen kesytettyjä, DOM2 hevosen myöhemmin syrjäyttämiä.<sup>15</sup> Nores et al käsittelee iberialaista villihevosta oli nimellä ”zebro”, joka on historiallisena aikana Iberian niemimaalla vapaana elänyt hevoseläin. He päättelivät sen olleen todennäköisemmin villihevonen tai villiintynyt kesyhevonen kuin villiaasi tai villiintynyt kesyaasi sen turkin värin ja ääntelyn vuoksi.<sup>16</sup>

Nämä tutkimukset<sup>17</sup> luovat pohjaa omalle tutkimukselleni yrittäessäni selvittää, voiko kesyhevosen erottaa villihevosesta metakarpaalin muodon perusteella Outram et al'in esityksen mukaisesti. Erityisesti kiinnostuksen kohteena ovat Botai-hevoset sekä muut eneoliittisen kauden (5 000/4 500–3 500 eaa) hevoset Euraasian aroilta, niiden kesyystatusten kiistanalaisuuden vuoksi. Tutkimusmenetelminä on käytetty SPSS-tilasto-ohjelmaa, ja sen avulla on pyritty tulkitsemaan aineistoa sekä tekemään kaavioita auttamaan tiedon havainnollistamisessa.

## 2. AINEISTO JA MENETELMÄT

Tutkimusaineistoon kuuluu 437 hevosen metakarpaalia eri puolilta maailmaa. Se pitää sisällään niin nykyisiä kesyhevosia (*Equus ferus caballus*), przewalskinhevosia (*Equus ferus przewalskii*) sekä esihistoriallisia hevosia rauta-, pronssi- ja kivikaudelta keskipaleoliittiselle kaudelle saakka. Osa arkeologisista yksilöistä on ajoitettu absoluuttisesti, mutta monen kohdalla ajoitus perustuu arkeologiseen kontekstiin. Alla oleva taulukko 1 esittää

---

<sup>13</sup> Librado et al 2021: 3

<sup>14</sup> Taylor & Barron-Ortiz 2021: 1

<sup>15</sup> Outram 2012: 5

<sup>16</sup> Nores et al 2015: 24

<sup>17</sup> Gaunitz et al 2018 ja Librado et al 2021 ovat Pegasus-projektin tuotoksia

hevosityksilöiden jakautumisen aikakausittain sekä jaottelun kesyihin, villeihin ja tarhattuihin villihevosiiin.

Taulukko 1. Hevosityksilöiden jakautuminen aikakausittain sekä arvioitu kesyystaso.<sup>18</sup>

	Villi	Tarhattu	Kesy	Yht.
<b>Aikakausi</b>				
Keskipaleoliittinen	43	-	-	43
Myöhäispaleoliittinen	79	-	-	79
Mesoliittinen	2	-	-	2
Pronssikautinen	-	-	43	43
Rautakautinen	-	-	70	70
<b>Hevoslajit</b>				
Nykyinen kesy	-	-	59	59
Tarpaani	1	-	-	1
Przewalskinhevonen	-	52	-	52
<b>Eneoliittinen</b>	?	?	?	88
<b>Yht.</b>				437

Tutkimuksessani keskityn vertaamaan viimeisen jääkauden lopulla ja mesoliittisella kaudella eläneitä villihevosia (N=72), eneoliittisiä hevosia Euraasian arolta (Tripolie N=2, Dereivka N=15 ja Botai N=18 sekä Kozhai N=12 ja Kumkeshu N=41) pronssikautisiin kesyhevosiiin Kent'istä (N=35), Kazakstanista, viimeisen jääkauden lopun ja mesoliittisen kauden villihevosiiin sekä przewalskinhevosiin (N=52).<sup>19</sup> Botai-löytöpaikka edustaa Botai-kulttuurin hevosia ja Kozhai ja Kumkeshu -hevokset edustavat Tersek-kulttuurin hevosia. Przewalskinhevokset taas ovat vankeudessa syntyneitä ja kasvaneita, ja ne ovat täten verrattavissa vankeudessa pidettäviin villihevosiiin. Ne ovat myös periytyneet Botai- ja Tersek-kulttuurien hevosista. Teen Outram et al.'in suorittamat analyysit osittain uudelleen, käyttäen parempia indikaattoreita ja hieman eri mittoja.<sup>20</sup> Outram et al.'in saattaa antaa harhaanjohtavan tuloksen, koska hevosen ruumiinrakenteen vaikutusta metakarpaalin lateraalisten ja lineaaristen mittojen väliseen suhteeseen (kuva 1) ei ole huomioitu.

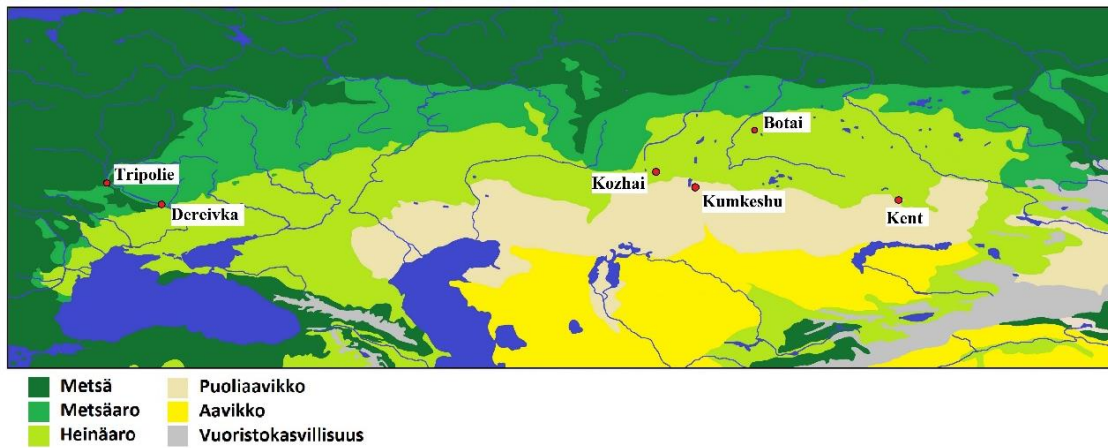
<sup>18</sup> Przewalskinhevokset ja tarpaani ovat 1800–1900 lukujen vaihteesta pitkälle 1900-luvulle, samalta aikaväliltä kuin nykyiset kesyhevokset.

<sup>19</sup> Joiltakin yksilöiltä puuttuu mittoja (MC11xMC13 tai MC3xMC4), joka heijastuu tekstin ja taulukon lukujen eroina (keskipaleoliittiset 43/25, myöhäispaleoliittiset 79/71 ja mesoliittiset 2/1)

<sup>20</sup> Outram et al. 2009

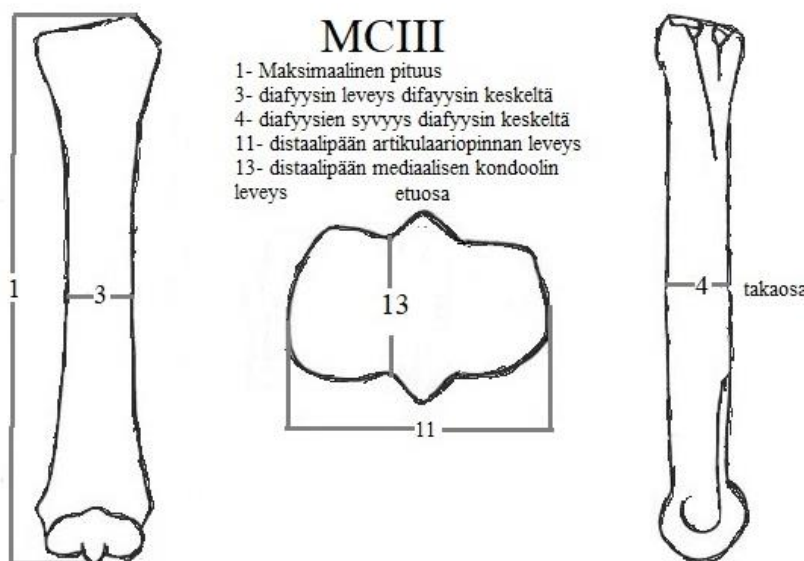


Kuva 2: Kartta, johon eritelty suurimmat löytöpaikat. Markku Niskasen piirtämästä kartasta muokattu.



Metakarpaalin mittojen avulla voidaan alkaa selvittää, ovatko hevoset todellakin olleet viljejä tai mahdollisesti puoliviljejä, ja onko niitä mahdollisesti aidattu, jolloin liikunnan määrä on vähentynyt. Hyödynnän Outram et al'in mitoista MC1 (fysiologista pituutta edustava lateraalinen pituus), MC3 (varren leveys) ja MC4 (varren syvyys) laskettua varren paksuutta ( $MC13 \times MC4$ ) ja mitoista MC11 (distaalipään artikulaatiopinnan leveys) ja MC13 (distaalipään mediaalisen kondyylin leveys) sekä mitoista MC11 ja MC13 laskettua distaaliniivelen kokoa ( $MC11 \times MC13$ ). Näiden lukujen mittoja ja suhdelukuja verrataan mittaan MC2 (metakarpaalin lateraalinen pituus), koska se edustaa luun fysiologista pituutta. Näiden mittojen ottokohtaa havainnollistaa kuva 3.

Kuva 3: Mittojen ottokohtaa havainnollistava kuva



Standardisoin raa'at alkuperäiset mitat z-arvoiksi, (z-arvo = yksilön mitta – ks. mitan keskiarvo / ks. mitan keskihajonta), joitakin analyysjä varten. Ne ovat informatiivisempia, sillä ne ottavat huomioon luun koon ja sen muodon allometrisen eli kasvun suhteen. Isokokoiset luut ovat siis isomman kokonsa lisäksi eri muotoisia kuin pienempien yksilöiden luut, ja Z-arvon käyttäminen eliminoi suurelta osin koon vaikutuksen muotoon. Eri mitat eroavat, kun otetaan keskihajonnan suhde keskiarvoon, mutta z-arvojen kautta laskeminen neutralisoi näitä eroja. MC3xMC4Z–MC11xMC13z avaa asiaa paremmin ja laajemmin kuin MC3xMC4 / MC11xMC13, koska erot annetaan keskihajontayksikköinä, ja kokoerot eliminoituvat täten pitkälti.<sup>21</sup>

Jotta allometria eli koon vaikutus muotoon saadaan mitätöityä, analysoidaan mitat regressioanalyysin avulla. Tämä aloitetaan luuvarren paksuuden arvioinnilla ja se tehdään luopituuden ja nivelkoon avulla. Koska residuaali (mitattu luun pituus – arvioitu luun pituus) on koosta riippuvainen, olen hyödyntänyt koosta riippumatonta PPE-arvoa eli Percent prediction error'ia (suomeksi prosentuaalista arviointivirhettä). Se lasketaan kaavalla  $[(\text{Mitattu arvo} - \text{arvioitu arvo}) / \text{arvioitu arvo}] \times 100$ .<sup>22</sup>

### 3. TULOKSET

Aloitan vertaamalla kesyjä ja villihevosia yleensä, ja tästä keskityn eteenpäin eneoliittisen kauden hevosiin, eli Tripolie, Dereivka, Botai, ja Kumkeshu -hevosiin Euraasian jääkauden arolta jääkauden lopun ja mesoliittisen kauden hevosiin sekä Kentin hevosiin pronssikauden löytöpaikalta Kazakstanista. Aloitan varren vahvuuden (MC3xMC4) ja distaalipään nivelkoon (MC11xMC13) vertaamisella metakarpaalin lateraaliseen pituuteen (MC2) velleillä sekä kesyillä hevosilla.

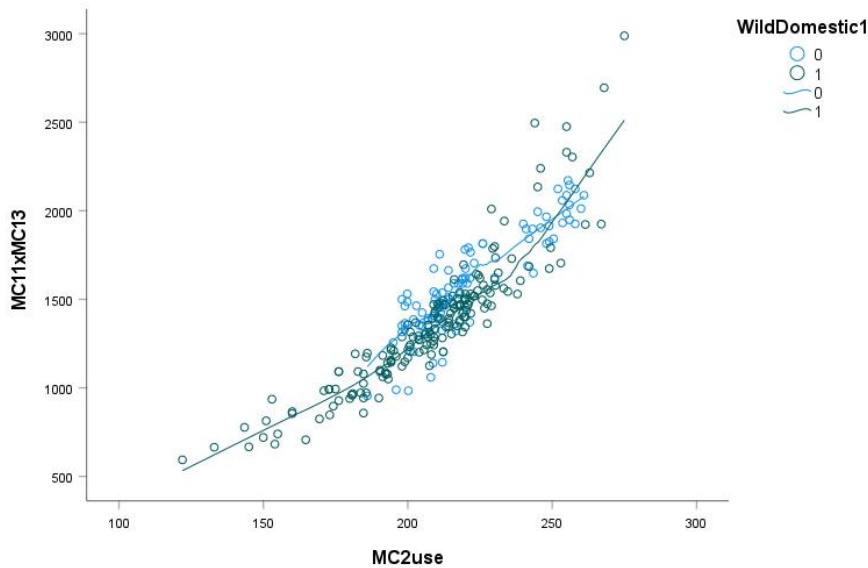
Kuva 4 osoittaa villi- ja kesyhevosten olevan samankaltaisia nivelkoon suhteesta luopituuteen, kaikki niiden LOESS-käyrät ovat lähellä toisiaan, kuten myös kuvaaja osoittaa. Kuva 5 osoittavaa villihevosilla olevan vahvemmat luuvarret suhteessa luopituuteen kuin kesyhevosilla, sillä eri väriset yksilöt eroavat selkeästi toisistaan ja niitä osoittavat kuvaajat antavat selkeästi erisuuntaiset tulokset.

---

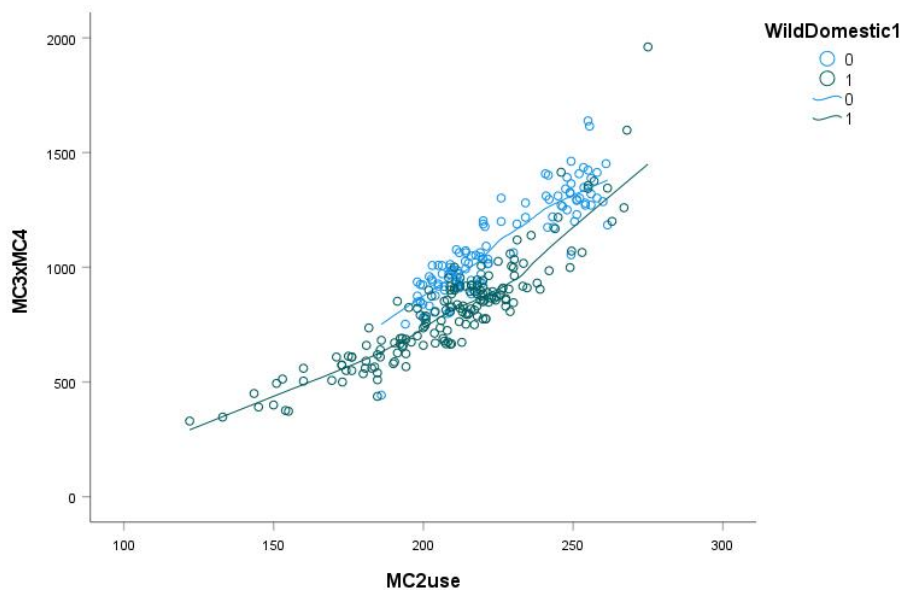
<sup>21</sup> Niskanen et al 2018: 9

<sup>22</sup> Niskanen et al 2018: 9 ja Ruff 2018: 20

Kuva 4: Metakarpaalin nivelpinnan vertaus luun pituuteen villi- ja kesyhevosilla eli MC11xMC13 verrattuna MC2use. Kuvassa on käytetty LOESS'ia (locally estimated scatterplot smoothing) osoittamaan luun pituuden trendiä kummallakin. 0 esittää villihevosia ja 1 kesyhevosia.

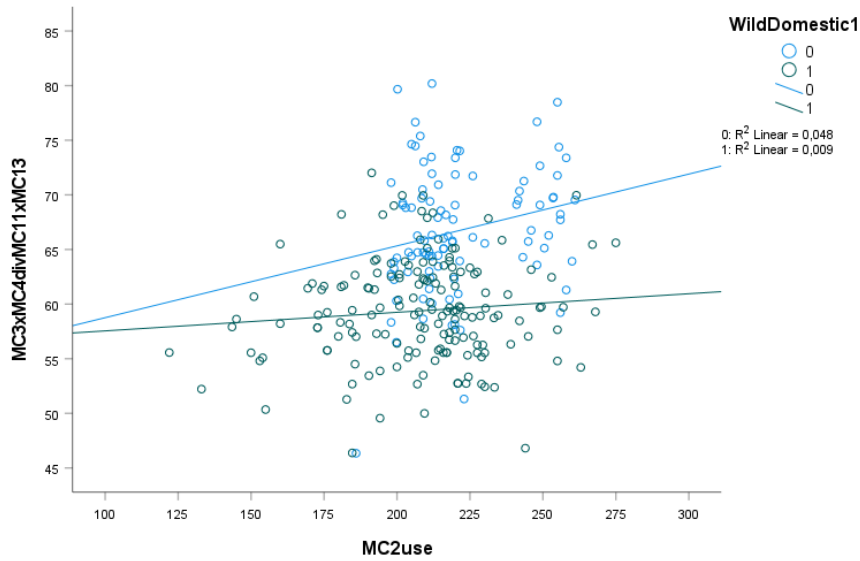


Kuva 5: Metakarpaalin varren vahvuuden vertaus luun pituuteen villi- ja kesyhevosilla eli MC3xMC4 verrattuna MC2use. Kuvassa on käytetty LOESS'ia (locally estimated scatterplot smoothing) osoittamaan luun vahvuuden trendiä kummallakin. 0 esittää villihevosia ja 1 kesyhevosia.



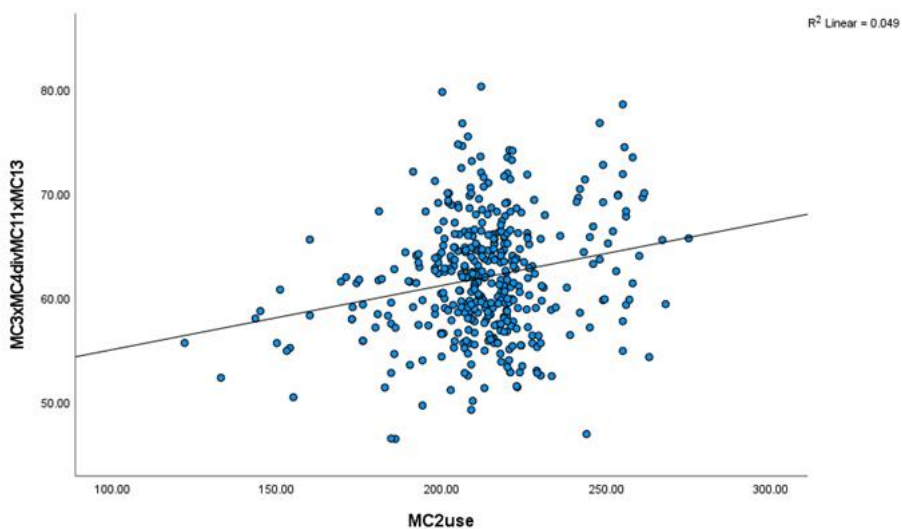
Kuva 6 osoittaa, kuinka luupituudella on enemmän vaikutusta villi- kuin kesyhevosilla. Syynä tähän on todennäköisesti se, että keskikokoisten kesyhevosten joukossa on mongolialaisia ja islantilaisia kesyhevosia, jotka ovat liikkuneet paljon. Vaikuttajana voi olla myös se, että luuvarret eivät kuormitu merkittävästi enemmän pitkäluisella kuin lyhytluisella hevosella, jos aktiiviteettitaso on alhainen.

Kuva 6: Sirentakuvi, joka osoittaa villi- ja kesyhevosen erot metakarpaalin muodossa, ja mittojen keskilinjan. 0 esittää villihevosia ja 1 esittää kesyhevoseä. Villihevoset  $MC3 \times MC4 = 0,066 \times MC2 + 52,188$ ,  $r = 0,219$ ,  $N = 98$ ; kesyhevoseet  $MC3 \times MC4 = 0,017 \times MC2 + 55,853$ ,  $r = 0,097$ ,  $N = 166$ .



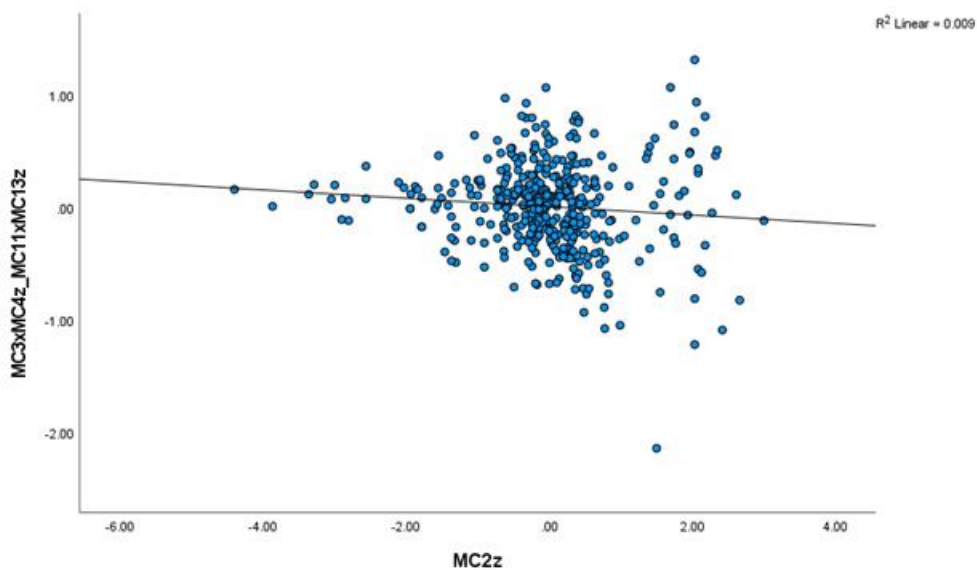
Kuva 7 vertaa myös nivelpinnan kokoa (kaava) verrattuna luuvarren pituuteen (MC2), mutta villi- ja kesyhevoseet sekä eneoliittiset hevoseet ja przewalskinhevoseet on yhdistetty. Se heijastaa, kuinka metakarpaalien luuvarret vahveneä kasvavan taivutusstressin takia suhteessa enemmän, mitä nivelpinnan koko kasvaa, kun luunpituus lisääntyy. Tässä kuitenkin luun pituus pääsee vaikuttamaan tuloksiin. Täten luunpituuden ja nivelkoon vaikutukset täytyy eliminoida pois vaikuttajina.

Kuva 7: Metakarpaalien luuvarrien vahvenemistä kuvaava sirentakuvi, joka osoittaa luuvarrien vahvenevan taivutusstressin takia nivelpintojen kokoon verrattuna luunpituuden lisääntyessä. Regressiokaava  $[MC3 \times MC4 = 1,607 \times MC2 + 0,556 \times MC11 \times MC13 - 248,705]$  ( $r = 0,923$ ,  $N = 404$ ).

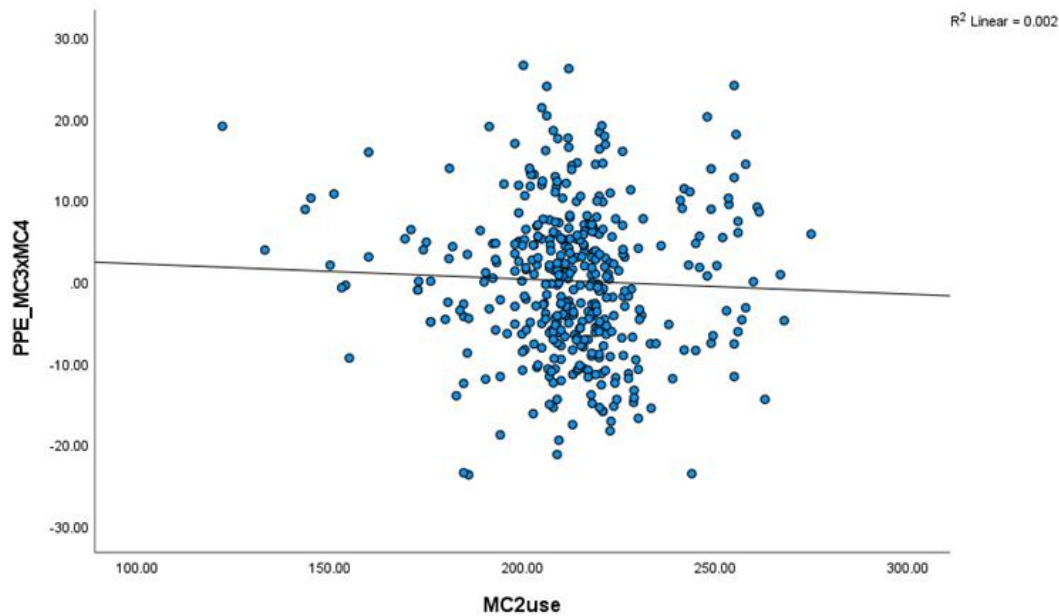


Kuva 8 osoittaa koon vaikutuksen eliminointia z-arvojen avulla vertaamalla luuvarren vahvuuden ja nivelkoon z-arvojen erotusta metakarpaalin lateraalisen pituuden z-arvoon. Kuva 9 osoittaa koon vaikutuksen eliminointia PPE-arvojen avulla. Arvioin ensin varren vahvuuden (MC3xMC4) metakarpaalin lateralisesta pituudesta (MC2) ja distaalipään nivelpinnan koosta (MC11xMC13) regressiokaavalla  $[MC3xMC4 = 1,607 \times MC2 + 0,556 \times MC11xMC13 - 248,705]$  ( $r = 0,923$ ,  $N = 404$ ). PPE-arvot on laskettu käyttäen MC3xMC4:n todellisia ja arvioituja arvoja. PPE-arvot on kuvassa 9 verrattu metakarpaalin lateraaliseen mittaan. Kuvien 8 ja 9 vertaaminen osoittaa, että kun PPE:tä (prosentuaalista arviointivirhettä) verrataan luopituuteen, huomataan, että PPE eliminoi kokoerosta johtuvan muutoksen mahdollisesti paremmin kuin z-arvojen hyödyntäminen ja näin antaa tarkemmat tulokset tutkimuksellisesti. Tämän vuoksi jatkan PPE-arvojen vertailua.

Kuva 8: Luuvarsien vahvenemista suhteessa nivelkokoon luuvarren pidentyessä kuvaava siro ntakaavio. Kuvassa käytetty z-arvoiksi muutettuja mittoja, ja näin luuvarren ja nivelpinnan kokoero jää pois vaikuttajana melkein täysin. Tämä jättää kokoeron vaikutuksen



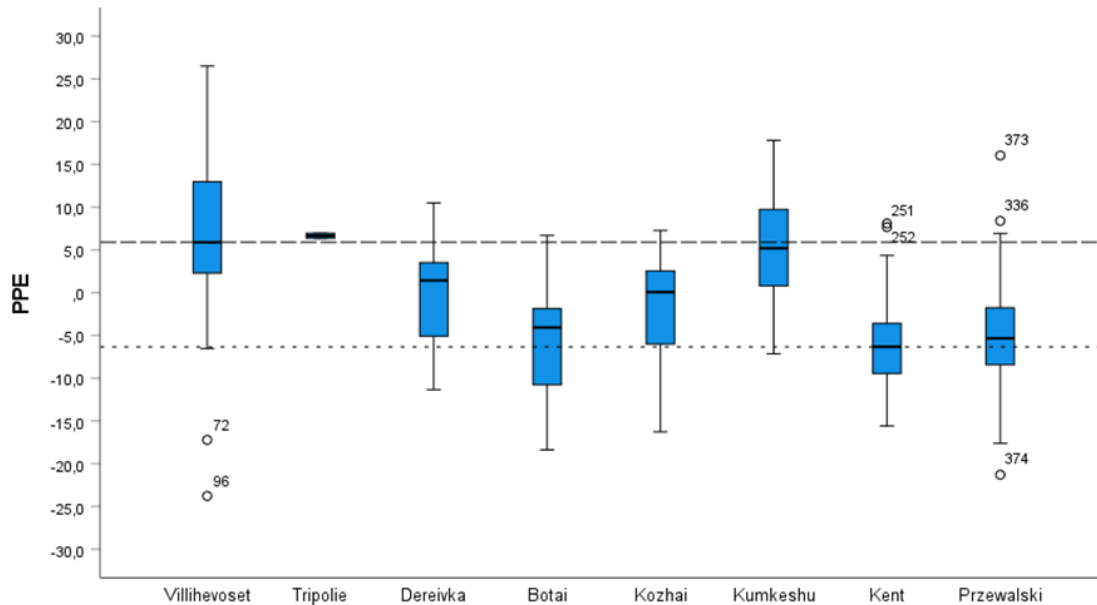
Kuva 9: Siro ntakuvio varren vahvuuden (MC3xMC4) arvioinnista metakarpaalin lateralisesta pituudesta (MC2) ja distaalinivelen koosta (MC11xMC13). Prosentuaalinen arviointivirhe (PPE) arvioidessa luuvarren vahvuus luopituudesta ja nivelkoosta regressioituna lukuina



Seuraavaksi keskityn vertaamaan viimeisen jääkauden lopulla ja mesoliittisella kaudella eläneitä villihevosia, eneoliittisia hevosia Euraasian arolta (Tripolie, Dereivka, Botai, ja Kumkeshu) sekä varhaisia kesyhevosia Kent'istä. Kuva 10 on laatikko-janakaavio, joka esittää niitä valittuja luunäytteitä, joihin keskityn tutkimuksessa. Ne on jaoteltu löytöpaikoittain, ja PPE-arvo on otettu toiseksi sarakkeeksi. Ylempi, pitkäviivaisempi katkoviiva osoittaa villihevosien mediaaniarvon, ja lyhyempi, harvempi katkoviiva osoittaa kesyhevosien mediaaniarvon.

Kuva 10 osoittaa, että botaihevoset, joista on myös käytetty nimeä managed wild horses, ovat villihevosien ja kesyhevosten välimuotoja. Dereivka-hevoset Ukrainasta, läntisen aron eteläosasta, muistuttavat Botai-hevosia, ja ovat täten myös fyysiseltä kuormitukseltaan olleet rajoitettuja, kun niitä verrataan villihevosiin. Kozhai ja Kumkeshu -paikkojen näytteet eli Tersek-kulttuurin hevoset ovat Botai-hevosia luuarreltaan vahvempia, mutta ne asettuvat niiden ja paleoliittisten ja mesoliittisten, paksumpivartisten villihevosien väliin, kun niitä verrataan keskenään. Kumkeshu-hevoset muistuttavat mitoiltaan villihevosia, ja Kozhai-hevoset ovat taas villin ja kesyn välimuotoja. Tripolie-yksilöt ovat myös mitoiltaan villihevosien kaltaisia.

Kuva 10: Boxplot taulukko tutkimuksessa käytetyistä luunäytteistä löytöpaikoittain ja niistä lasketuista PPE-arvoista. Ylempi katkoviiva osoittaa villihevosien mittojen mediaanin ja alempi pisteiviiva kesyhevosten mittojen mediaanin.



Vankeudessa eli eläintarhoissa elävät villihevoset eli przewalskinhevoset eivät eroa kesyhevosta laatikko-janakuviossa. Niiden liikunta on rajoitettua samalla tavalla kuin kesyhevostenkin, joten vaikka niiden laji itsessään on villihevonen ja sukuisuudeltaan nykyhevosesta eroava, ei luissa silti näy eroa. Hevosen alajilla ei siis ole merkitystä, kun tarkastellaan luiden nivelpintojen kokoa ja luvvarsien suhteellisia kokoja, vain niiden liikunnan määrällä.

#### 4. POHDINTA

Villi- ja kesyhevosen metakarpaalit todellakin eroavat toisistaan. Villihevosten luvarret ovat vahvemmat suhteessa metakarpaalin pituuteen ja nivelkookoon, kuten kuvat 5 ja 7 osoittavat. Tämä on selitettävissä villihevosten korkeamman aktiviteetin tasolla niiden ollessa jatkuvassa liikkeessä ruuan ja juoman perässä.<sup>23</sup> Villihevosten metakarpaaleihin kohdistuu täten enemmän taivutusstressiä ja tärähdyksiä vahvistaen luuta. Maaperän kovuudella voi olla myös vaikutuksensa. Pohja, jolla villihevoset liikkuvat, on usein kesyhevosten pohjaa kovempi ja täten aiheuttaa voimakkaampia tärähdyksiä luuhun. Luiden mitoista voidaan päätellä kesyhevostilla, on ohuempia luuta kuin villihevostilla, vaikka ne olisivat aktiivisessa käytössä olevia ratsuhevosia.

<sup>23</sup> Outram et al. 2009: 1333

Outram et al ovat siis osittain oikeassa. Heidän tutkimuksessaan suhteellisen suuri nivelkoko heijastaa kuitenkin jääkauden aikaisten hevosten vantteraa rakennetta, ei niinkään kaikkiin hevosiin pätevää yleisnäkemyä. Omassa aineistossani on myös lämpimästä ilmastosta kotoisin olevia villihevosia, jotka ovat eläneet jääkauden aikana Portugalissa tai lämpimän keskileistoseenisen ilmastovaiheen aikaisessa Saksassa. Näiden yksilöiden metakarpaalien luuvarret ovat, kun niitä verrataan nivelkokoon, suhteessa pidemmät kylmässä ilmastossa eläneiden yksilöiden vastaaviin, sillä nämä lämpimän ilmaston yksilöt ovat olleet kevytrakenteisempia, kuten kuva 1 osoittaa.

Jos luuvarren pituus eliminoidaan vaikuttajana tässä tutkimuksessa hyödynnettyjen z-arvovertailun tai regressioanalyysin avulla, ovat luuvarret suhteessa nivelkokoon yhtä paksut niin lämpimän kuin kylmän alueen eli pitkä- tai lyhytluuvarteisilla villihevosilla. Kuitenkin, kun luuvarren pituutta verrataan nivelkokoon, voidaan huomata, että lämpimän alueen hevosilla ne ovat hieman vahvemmat, kun pituus jätetään huomiotta vaikuttajana. Koska taivutusstressi kasvaa luun pidentyessä, vahvistuu pidempi luuvarsi suuremman taivutusstressin seurauksena suhteellisesti enemmän kuin lyhyempi luuvarsi.

Botai-hevosien kesyhevosstatuksesta väitellään edelleen, ja se ei osoita laantumisen merkkejä. Kaaviosta 11 näkee, kuinka Botaihevoset asettuvat hyvin lähelle kesyhevosten mediaania. Tätä kaaviota tarkasteltaessa tulee selkeäksi, että Botaihevoset eivät todennäköisesti olleet täysin kesyjä, tukien hypoteesia botaihevosien mahdollisesta historiasta puolivillinä tai puolikesynä, osittain vangittuna hevosena.<sup>24</sup> Ne ovat todennäköisesti olleet intensiivisesti metsästettyjä villihevosia, joista osa on ollut vangittuna ja niitä on mahdollisesti lypsetty ja jopa ratsastettu. Niitä on hyvin todennäköisesti ajettu aitauksiin, jossa suuren hevosmäärän hallitseminen ja kesyttämisen aloittaminen on helpompaa. Amerikan preeriaintiaanit ajoivat mustangeja aitauksiin valikoidakseen niiden joukosta kesytettävät hevoset.<sup>25</sup>

Tersek-kulttuurin hevoset, eli Kozhai ja Kumkeshu -löytöpaikkojen hevoset omasivat Kent'in hevosia paksummat luuvarret, mutta muihin kaavioiden hevosiin nähden niiden luuvarret olivat kuitenkin vahvat, kuten kuvasta 11 näkee. Kozhai-hevosien voidaan täten olettaa olevan villin ja kesyn välimuotoja, niiden ollessa kahden löytöpaikan hevosista

---

<sup>24</sup> Outram et al, Bendrey R, Evershed R 2021

<sup>25</sup> Grinnell 1923: 292



ohuempia, kun taas Kumkeshu-hevoset ovat mediaaniltaan villihevesten tasolla luumittoja tarkasteltaessa, joten niiden voidaan olettaa olleen villihevosia. Outram et al (2009: Supplementary information) eivät löytäneet arkeologisia todisteita siitä, että Tersek-hevoset olisivat olleet kesytettyjä, mutta löysivät niitä Botai-hevesten kesyhevosstatusta tukemaan. Tutkielmassani esitetyn kartan mukaan ainakin Kumkeshun hevoset sekä mahdollisesti Kozhai-hevoset elivät kuivemmassa ympäristössä kuin Botai-hevoset. Tämä on mahdollisesti vaikuttanut niiden liikunnan määrää, koska niiden on täytynyt vaeltaa pidempiä matkoja laidun- ja juomapaikkojen välillä kuin kosteammassa ilmastossa elävät hevoset.

Tripolie-hevoset, eli Ukrainan Tripoliesta löydetty ja mesoliittiselle kaudelle ajoitetut hevosluut löytyivät metsä- ja metsäarovyöhykkeeltä. Yhteisö harjoitti maaviljelyskulttuuria, ja ei ollut omaksunut hevuskulttia. Täten voidaan olettaa, että nämä hevoset ovat todennäköisesti olleet villejä, sillä niiden mitat ovat verrattavissa suuresti villihevesten mittoihin, kuten kuva 11 osoittaa. Yksilöitä on tutkimuksessa kuitenkin vain kaksi, joten vaikka niiden molempien luumitat viittaavat vahvasti Tripolie-hevesten villihevosstatukseen, tarvitaan suurempi otoskoko, jotta asiasta voidaan saada varmuus.

Dereivka on eneoliittiselle ajalle ajoitettu löytöpaikka Ukrainassa, ja se antoi nimensä Stredni Stogin kulttuurin paikalliselle variantille (Dereveikankulttuuri, 4200–3700 eaa), jonka elinkeinona oli metsästys, kalastus ja karjankasvatus. Se, Volga-joen ympäristön aroilla 4700–3300 eaa vallinneen Hvalinskin kulttuurin tavoin, uhrasi hevosia ja teki hevosenpäänmuotoisia kivisiä nuijia. Tämän löytöpaikan hevesten hennommat luuvarret osoittavat fyysisen kuormituksen rajoitusta, kun niitä verrataan kesyhevosiin, kuten kuvasta 11 voidaan nähdä. Kun liikunnan rajoittuneisuus yhdistetään Dereivka-kulttuurin omaksumaan hevuskulttiin, voidaan nähdä, kuinka tämän kulttuurin keskuudessa olleet hevoset ovat hyvinkin voineet olla vankeudessa eläviä tai ainakin osittain kesytettyjä, kuten kulttistatuksen perusteella voisi olettaa. Kuitenkin Dereivka-hevesten suhteellisen hennot luuvarret selittyisivät niiden kotipaikalla, Dneprin kostealla metsäarolla. Näin niiden ei ole täytynyt liikkua niin paljon ravinnon ja juomapaikkojen perässä kuin kuivan alueen lajitoverinsa, jos ne ovat olleet villihevosia.

Kent'in kulttuurin hevoset villihevosiin tai eneoliittisiin hevosiin verrattuna hyvin hentovartisia, kuten kuvasta 11 voimme nähdä. Kent'in hevoset ovatkin olleet varmasti kesyjä, joka heijastuu niiden luuvarsissa. Outram et al (2012) olettivat näiden heinäaron ja puoliaavikon raja-alueiden hevesten olleen käytössä lähinnä ratsuina.

## PÄÄTÄNTÖ

Metakarpaalien luuseinämät kasvavat ja täten paksunevat rasituksen seurauksena, oli se sitten taivutusstressiä tai liikunnan- ja tärähdysten aiheuttamaa rasitusta. Luuseinämät kasvavat paitsi ulospäin, joka on helposti mitattavissa, myös sisäänpäin luonteloon. Jotta saataisiin kokonaisvaltainen kuva metakarpaalien luuseinämien paksuuntumisesta, tulevilla tutkimuksissa pitäisi hyödyntää myös sisäänpäin paksuuntumisen huomioon ottavia mittoja. Nämä mitat olisi mahdollista tutkia ehkä röntgenin tai tietokonetomografian avulla.

Tarkasteltaessa tutkimuksessani käsiteltäviä luita tulee selväksi, että luuvarren paksuuden tarkastelulla voidaan tutkia hevosen mahdollista kesyystasoa tai ainakin liikkeen määrää. Myös luuvarren pituuden vaikutus tuloksiin ja sen huomioimisen tärkeys tuli selkeäksi tuloksia tarkastellessa. PPE-arvot osoittautuivat tarkemmaksi kuin z-arvot, joten hyödynsin niitä tutkimusta tehdessäni. Kuvaa 11 tarkasteltaessa voidaan nähdä, että Kumkeshu ja Dereivka -kulttuurien hevoslöydöt ovat luuvarren paksuudeltaan lähellä villihevosmediania, kun taas przewalskinhevosten ja Kentin hevosten luiden paksuus on kesyhevosten mediaanin pinnassa.

Varhaisempia kesyhevosia on voinut olla vaikeampi hallita verrattuna nykyisiin, sillä suitset ja satulat ovat kehittyneet suuresti ensimmäisten kesyhevosten ajoista, ja niiden ratsastettavuus on voinut olla ajoittain kyseenalainen myös niiden vielä osittain villihevosmaisen luonteen vuoksi. Nykyaikaiset varusteet ovat lisänneet mukavuutta niin hevoselle kuin ratsastajallekin, ja tämä voi mahdollistaa pidempien ratsastusmatkojen tekemisen ja täten luunvarsien vahvistumisen rasituksen mukaan. Rautakautisten satuloiden joukossa oli jo melko hyviä satuloita.

Villi- ja kesyhevosten välinen ero metakarpaalin varren vahvuudessa ulkomittojen perusteella on tässä tutkimuksessa käytetyn aineiston perusteella 10.4 %, joten ero on hieman suurempi kuin metsästäjä-keräilijöiden ja maanviljelijöiden 8.3 % ero reisiluun puolivälin kokonaispinta-alassa. Koska näillä kahdella ihmisryhmällä ero tiiviinluun pinta-alassa on 15.1 %, villi- ja kesyhevosten välinen ero on ehkä noin 20 % tiiviinluun pinta-alassa.

Tulevilla tutkimuksissa voitaisiin ottaa myös huomioon eri villihevosten löytöpaikat ja vertailla niitä toisiinsa nähden, jotta voitaisiin nähdä, kuinka paljon ne eroavat

toisistaan esimerkiksi asuinalueen pohjan tai kuivuuden perusteella. Tähän voi vaikuttaa paitsi maaperän kovuus myös ne matkat, joita hevoset ovat joutuneet kulkemaan laidunmaiden ja juomapaikkojen välillä. Eri kosteusvyöhykkeiltä kotoisin olevien villihevesten mitoissa on näissä tilanteissa todennäköisesti eroja.

Varhaisten kesyhevosten luita voitaisiin tutkia myös verraten niitä nykyisten kesyhevosten luihin. Jotkut nykyhevokset pääsevät kesytettyinäkin suuressa osassa paikkoja liikkumaan suuria määriä joko treenaamisen, muun ihmisen työstämisen ja tarhaamisen sekä laiduntamisen seuraamisena, kun taas osalla varhaisilla kesyhevosilla, jotka ovat voineet olla kiinni sidottuina pitkiä aikoja, ei ole tällaisia liikuntamahdollisuuksia ollut. Joidenkin seutujen muualta hankitut hevoset ovat todennäköisesti olleet sidottuna kiinni pitkiä aikoja, koska niiden omistajilla ei ollut tarpeeksi tietämystä niiden hallitsemiseen. Kuitenkin jotkut kesyhevokset, kuten ratsupaimentolaisten hevoset, ovat saaneet paljon liikuntaa.

## **BIBLIOGRAFIA**

### **Painamattomat lähteet**

Niskanen, M. 2022a: *New methods to estimate body size, conformation and athletic ability of archaeological horses from skeletal dimensions*. Esitelmä. 4th Nordic Zooarchaeology Meeting (Oct. 20 – Oct. 23, 2022). Lund, Ruotsi.

### **Painetut lähteet**

Luuaineisto (Eisenmann (<https://vera-eisenmann.com/>), Eisenmann / Gaunitz et al (2018), Cardosa & Eisenmann (1989) & Gaunitz et al (2018))

### **Tutkimuskirjallisuus**

Davies HMS & Watson KM 2005: Third metacarpal bone laterality asymmetry and midshaft dimensions in Thoroughbred racehorses: *Australian Veterinary Journal* Volume 83(4):224–226.

Gaunitz et al. 2018: Ancient genomes revisit the ancestry of domestic and Przewalski's horses: *SCIENCE*, 22 Feb, Vol 360. Issue 6384 [DOI: 10.1126/science.aao3297]

Grinnell GB 1923: The Cheyenne Indians, Their History and Ways of Life: Vol. 1. *Yale University Press*, New Haven, CT.

Hamson BA et al 2010: Distances travelled by feral horses in ‘outback’ Australia: *Equine Veterinary Journal* 42 (Suppl. 38):582–586 [doi: 10.1111/j.2042-3306.2010.00203.x]

Librado et al. 2021: The origins and spread of domestic horses from the Western Eurasian steppes: *Nature* volume 598, pages 634–640. [DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-021-04018-9>]

Niskanen, M. 2022b: Kesylhevosen alkuperä, leviäminen ja koon muutos. Suomenhevosen Maa: Toim. Karin Hemmann. *Livonia Print*, s. 16–21.

Niskanen, M. & Ruff, C. 2018: *Body size and shape reconstruction*. In: Ruff, C. (2018), *Skeletal Variation and Adaptation in Europeans: Upper Paleolithic to the Twentieth Century*: Ch. 2, pp. 15–37. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.

Niskanen, M., Ruff, C., Holt, et al 2018: *Temporal and geographic variation in body size and shape of Europeans from the Late Pleistocene to recent times*. In: Ruff, C.: *Skeletal Variation and Adaptation in Europeans: Upper Paleolithic to the Twentieth Century*, Ch. 4, pp. 49–89. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.

Nores et al 2015: The Iberian zebro: What kind of a beast was it?: *Anthropozoologica* 50(1), 21–32.

Outram et al 2009: The Earliest Horse Harnessing and Milking: *SCIENCE*, 6 Mar, Vol 323, Issue 5919. [DOI: 10.1126/science.1168594]

Outram et al 2012: Patterns of pastoralism in later Bronze Age Kazakhstan: new evidence from faunal and lipid residual analysis: *Journal of Archaeological Science* 39:2424-2435 [https://doi.org/10.1016/j.jas.2012.02.009]

Outram, Bendrey, Evershed et al 2021: Rebuttal of Taylor and Barrón-Ortiz 2021 Rethinking the evidence for early horse domestication at Botai: 28 July, [DOI:<http://hdl.handle.net/10871/126599>]

Rajão et al 2019: The bone response in endurance long distance horse: *Open Veterinary Journal* Vol. 9 No. 1, March 13. [10.4314/ovj.v9i1.11]

Ruff 2018: Skeletal Variation and Adaptation in Europeans – upper paleolithic to the twentieth century. [ISBN: 978-1-118-62802-7]

Taylor & Barrón-Ortiz 2021: Rethinking the evidence for early horse domestication at Botai: *Scientific Reports*, 11:7440 [DOI:<https://doi.org/10.1038/s41598-021-86832-9>]