

Mutsumi Kellinsalmi

Anatomisesti oikeaoppisen digitaalisen mallin toteuttaminen miesvartalosta

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Medianomi (AMK)

Viestinnän koulutusohjelma

Opinnäytetyö

23.5.2016

Tekijä(t) Otsikko	Mutsumi Kellinsalmi Anatomisesti oikeaoppisen digitaalisen mallin toteuttaminen miesvartalosta
Sivumäärä Aika	64 sivua + 4 liitettä 23.5.2016
Tutkinto	Medianomi (AMK)
Koulutusohjelma	Viestinnän koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	3D-animointi ja -visualisointi
Ohjaaja(t)	lehtori Kristian Simolin
<p>Opinnäytetyössä oli tavoitteena löytää vastaus tutkimuskysymykseen ”Kuinka toteuttaa anatomisesti oikeaoppinen, seitsemän ja puolen päänkorkeuden pituinen digitaalinen 3D-malli länsimaalaisen, atleettisen ja miespuolisen aikuisen ihmisen vartalosta taiteilijalle merkityksellisellä tasolla.” Vartaloon haluttiin näin ollen perehtyä sillä tarkkuudella ja niiden rakenteiden tasolla, mitkä taiteilijan näkökulmasta ovat merkityksellisiä ihmisvartalon kokonaisuuden tuottamisessa. Anatomisella oikeaoppisuudella tarkoitettiin työssä sitä, että kunkin anatomisen rakenteen sijainti, koko sekä muoto olivat teoretiedon mukaisia.</p> <p>Tutkimuskysymykseen etsittiin vastausta kirjallisuustutkimuksen keinoin taiteilijoiden anatomiaoppaista sekä lääketieteellisestä aineistosta muodostuneen tutkimusaineiston avulla. Opinnäytetyöhön kuului myös toiminnallinen osuus, jossa käytännössä valmistettiin kysymyksenasettelun mukainen 3D-malli miesvartalosta. Mallintaminen tehtiin digitaalisesti veistämällä Pixologic ZBrush -ohjelman avulla. Kukin mallinnettava anatominen rakenne pyrittiin sisällyttämään omaan 3D-objektinaan malliin. Samalla tavoitteena oli visuaalisesti yhtenäinen vartalon kokonaisuus. Mallia valmistaessa tavoitteena oli pitää kaikki tehdyt ratkaisut tutkimus- eli referenssiaineiston mukaisena, jotta työssä voitaisiin perustellusti väittää valmiin mallin olevan anatomisesti oikeaoppinen. Mallia toteutettaessa olennainen työvaihe oli kaksiolotteisen tai tekstimuotoisen referenssiaineiston sisältämän tiedon tulkitseminen kolmiolotteiseen muotoon. Työssä tarkasteltiin rinnakkain useaa eri suunnasta olevaa referenssiä ja yritettiin löytää sellainen 3D-ratkaisu, joka toteuttaisi kaikkia eri katse- lukulmaisista referensseistä mahdollisimman hyvin. Malli valmistui siis useiden eri referenssi- en ja eri kuvakulmien pohjalta tehtyjen tulkintojen yhteenvedona.</p> <p>Työssä onnistuttiin toteuttamaan tavoitellun vartalotyypin mukainen 3D-malli. Mallintamisessa ei tehty mielivaltaisia päätöksiä malliin muodon suhteen, vaan kaikkiin prosessin aikana esille tulleisiin anatomia-aiheisiin kysymyksiin haettiin vastaus referenssiaineistosta. Näin ollen valmiin mallin voidaan tältä osin väittää olevan anatomisesti oikeaoppinen. Työssä läpikäytiin luita ja rustoja, lihaksia ja jänteitä, ligamentteja, peitinkalvoja, rasvaesiintymiä, neurovaskulaarinen kimppu, silmämunat, muutama ihon rakenne, kilpirauhanen, sylkirauhasia sekä henkitorven ja kurkunpään rakenteita. Näitä myös toteutettiin 3D-malliin. Valmis malli koostui 239 ZBrush-SubTool-objektista, jotka edustivat 370 eri anatomista rakennetta.</p>	
Avainsanat	ihmisen anatomia, 3D-mallintaminen, digitaalinen veistäminen, hahmotaide

Author(s) Title Number of Pages Date	Mutsumi Kellinsalmi How to Create an Anatomically Correct Digital Model of the Male Body 64 pages + 4 appendices 23 May 2016
Degree	Bachelor of Culture and Arts
Degree Programme	Degree Programme in Media
Specialisation option	3D Animation and Visualization
Instructor(s)	Kristian Simolin, Senior Lecturer
<p>The aim of this final project was to study how to create an anatomically correct digital 3D model of a specific human body type. The body type selected for the project was that of a seven and a half heads tall adult male with an athletic and western appearance. The desired levels of complexity and detail were defined as ones necessary for the artist. The goal was to focus the study on the body structures significant in forming the overall shape of the human body from the artist's viewpoint. An anatomical structure was deemed anatomically correct if its location, size and shape were in accordance with the theoretical information.</p> <p>To answer the research question, literature research was conducted on research material comprised of artists' anatomy books and medical material. The project also included a functional part, in which a 3D model of the specified male body type was created in a manner consistent with the objectives of the thesis. Modeling was carried out by digitally sculpting in Pixologic ZBrush. The attempt was to incorporate each modeled anatomical structure as a separate 3D object into the model. At the same time, the goal was to attain a visually whole overall shape of the model. In order to be able to state in a verifiable way that anatomical correctness was achieved, it was attempted to keep all the decisions – made while modeling – in accordance with the research material, alias the reference material. An integral step while modeling was interpreting information from two dimensional or text-only reference materials into a 3D format. Several references from various viewing directions were studied side by side, and the aim was to find the 3D solution that would the best realize all the different references. As a result, the 3D model came to being as a summary of interpretations made from several different references and viewing angles.</p> <p>A 3D model of the desired body type was successfully created in the course of the project. No arbitrary decisions on the shape of the model were made while modeling. Instead, for any question on the subject of anatomy that presented itself during the modeling process, answers were sought from the reference material. Thus, it is possible to claim that the model is anatomically correct for this part. Bones, cartilages, muscles, tendons, ligaments, fascia, fat deposits, a neurovascular bundle, eyeballs, some skin structures, the thyroid gland, salivary glands and structures of the larynx and the trachea were studied as a part of the project. Such structures were also included in the 3D model. The finished model was made of 239 ZBrush SubTool objects representing 370 different anatomical structures.</p>	
Keywords	human anatomy, 3D modeling, digital sculpting, character art

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Pixologic ZBrush -tietokoneohjelma ja digitaalinen veistäminen	3
3	Anatomisessa kuvailussa käytettäviä käsitteitä	5
3.1	Ihmisen vartalonosat	5
3.2	Anatominen perusasento ja siihen liittyvät käsitteet	6
4	Anatomisesti modernin ihmisen vartalon ulkomuotoon vaikuttavia tekijöitä	9
4.1	Elinjärjestelmät ja kudostyytit vartalon ulkomuotoon vaikuttavina tekijöinä	10
4.1.1	Tuki- ja liikuntaelimestö: Luuranko ja ligamentit	10
4.1.2	Tuki- ja liikuntaelimestö: Lihakset	16
4.1.3	Aistinelimet: Silmät, korvat, nenä ja kieli	22
4.1.4	Iho ja rasvakudokset	22
4.1.5	Umpierityselimet	24
4.1.6	Verenkiertoelimestö ja hermosto	25
4.1.7	Hengitys- ja ruuansulatuselimet	25
4.1.8	Sukupuolielimet ja virtsanerityselimestö	25
4.2	Vartalotyytit ja vartalon kunto vartalon ulkomuotoon vaikuttavina tekijöinä	26
4.3	Ihmisvartalon mittasuhteet vartalon ulkomuotoon vaikuttavina tekijöinä	26
4.4	Sukupuoli vartalon ulkomuotoon vaikuttavana tekijänä	28
4.5	Ikä vartalon ulkomuotoon vaikuttavana tekijänä	28
4.6	Etninen alkuperä vartalon ulkomuotoon vaikuttavana tekijänä	28
4.7	Vartalon asennot vartalon ulkomuotoon vaikuttavina tekijöinä	29
5	Prosessikuvaus anatomisesti oikeaoppisen digitaalisen mallin toteuttamisesta	29
5.1	Toiminnallisessa osuudessa käyttämäni referenssi- ja tutkimusaineisto	30
5.2	Tavoitellun vartalotyytin asettamat ehdot	37
5.3	Mallin valmistamisjärjestys ja ZBrush-ohjelmassa käyttämäni tekniikat	38
5.4	Referenssien käyttö ja 3D-mallin valmistaminen yhteenvetotulkintana	42
5.4.1	Referenssien käyttö ja 3D-mallin valmistaminen koko mallin osalta	42
5.4.2	Pään rakenteiden mallintaminen esimerkkitapauksena	52
5.5	Digitaalisen mallin värit	55
5.6	Prosessin tulokset: Valmistamani digitaalinen malli	56
6	Yhteenveto	58

Liitteet

Liite 1. Esittelyvideo opinnäytetyön toiminnallisessa osuudessa valmistamastani 3D-mallista.

Liite 2. Erittely kaikista digitaaliseen malliini toteuttamistani anatomisista rakenteista.

Liite 3. Lista kaikista digitaalista mallia tehdessäni käyttämästäni referensseistä.

Liite 4. Esittelykuvia opinnäytetyön toiminnallisessa osuudessa valmistamastani 3D-mallista.

1 Johdanto

Ihminen ja tämän fyysinen muoto ovat kautta historian olleet tyypillisiä taiteellisen esittämisen kohteita (Simblet 2001, 9). Koska ihmisvartalon ulkoinen muoto syntyy erillisten anatomisten osien kokonaisuutena, on ihmiselimestön rakentumisen riittävä tuntemus tärkeää pyrkimyksissä tuottaa realistisesti ihmisiä esittävää taidetta (Peck 1982, vii; Richer 1986, 11–15). Tämä toiminnallinen 3D-animoinnin ja -visualisoinnin suuntautumisvaihtoehdon opinnäytetyöni liittyy siis ihmisen rakenteita tutkivaan tieteenalaan, ihmisen anatomiaan (Tirri, Lehtonen, Lemmetyinen, Pihakaski & Portin 2001, 50). Ihmisestä puhuttaessa tässä työssä viitataan anatomisesti moderniin nykyihmiseen (*Homo sapiens sapiens*) (Campbell & Reece 2002, 713; Tirri 2001, 244). Ihmisen anatomiaa on mahdollista käsitellä monista näkökulmista sekä useilla tasoilla. Tässä työssä käsittelen aihetta taiteilijan näkökulmasta ja tasolla, jota kutsutaan makroskooppiseksi anatomiaksi (Budowick, Bjälje, Rolstad & Toverud 1995, 9).

Ihmisen anatomiaan aiheena päädyin johtuen yleisestä kiinnostuksestani realistisia piirteitä sisältävään hahmotaitteeseen. Teen itse hahmotaidetta, jossa usein esiintyy länsimaalaisen näköisiä, atleettisia, aikuisia ja miespuolisia ihmishahmoja, jotka noudattavat seitsemän ja puolen pääncorkeuden mittasuhdejärjestelmää. Kantavana tavoitteena opinnäytetyössäni onkin oman ihmisanatomisen tietämykseni syventäminen, sillä koin anatomiankäsittekseni olevan epämääräinen ennen tämän työn tekemistä. Tähän opinnäytetyöhön kuuluu myös toiminnallinen osuus, jossa tavoitteenani on toteuttaa anatomisesti oikeaoppinen 3D-malli miesvartalosta. Johtuen edellä mainitsemistani hahmotaitteellisista tendensseistäni on tutkimuskysymykseni tässä työssä ”Kuinka toteuttaa anatomisesti oikeaoppinen, seitsemän ja puolen pääncorkeuden pituinen digitaalinen 3D-malli länsimaalaisen, atleettisen ja miespuolisen aikuisen ihmisen vartalosta taiteilijalle merkityksellisellä tasolla.” Vartaloon haluan tässä työssä näin ollen perehtyä sillä tarkkuudella ja niiden rakenteiden tasolla, mitkä taiteilijan näkökulmasta ovat merkityksellisiä ihmisvartalon kokonaisuuden tuottamisessa. Tällaisessa, niin sanotussa taiteellisessa anatomiassa, tarkastelualueesta poisrajautuvat monet rakenteet, joiden ei katsota olevan taiteilijoille tarpeellisia eli merkityksellisiä vartalon pinnanmuotojen rakentumisessa (Goldfinger 1991, xi; Richer 1986, 11). Anatomisella oikeaoppisuudella tarkoitan työssä sitä, että kunkin mallinnetun anatomisen rakenteen sijainti, koko sekä muoto ovat teoritiedon mukaisia. Tässä työssä keskityn siis realistiseen ihmisen anatomiaan. Ihmisiä voidaan esittää taiteessa myös tyylytellen, jolloin

vartalon anatomian suhteen otetaan tarkoituksella vapauksia (Constance 2004, 11). Tietämys realistisesta anatomiasta on tärkeää kuitenkin myös tyylliteltäessä (Janson 2002, 28). Anatomian tuntemus edesauttaa jopa fantasiahahmojen tuottamista (Spencer 2011, 33).

Tässä työssä etsin tutkimuskysymykseeni vastausta ensinnäkin kirjallisuustutkimuksen keinoin perehtymällä taiteilijanoppaista, lääketieteen alan kirjallisuudesta, videosarjasta sekä kahdesta muusta valmiista 3D-anatomiamallista koostuvaan tutkimusaineistooni. Työssäni minun tulee aluksi selvittää, mitä ehtoja miespuolisuus, atleettisuus, aikuisuus, länsimaalaisuus sekä seitsemän ja puolen päänkorkeuden mittasuhteiden järjestelmä asettavat 3D-mallille. Seuraavaksi minun tulee selvittää, mitkä anatomiset rakenteet ovat merkityksellisiä 3D-mallin ulkomuodon tuottamisessa taiteilijan näkökulmasta. Lopuksi minun tulee selvittää, mihin kohtaan vartaloa nämä rakenteet sijoittuvat ja minkä muotoisia sekä kokoisia niiden tulee olla, jotta anatominen oikeaoppisuus toteutuu. Tämän lisäksi minun tulee käytännössä valmistaa työn tavoitteiden mukainen 3D-malli löytämieni vastausten mukaisesti. Tässä käytän tutkimusaineistoani referenssiaineistona. Mallia valmistaessani tavoitteenani on pitää kaikki tekemäni ratkaisut referenssiaineistolla perusteltavissa olevina, jotta voisin työn lopussa perustellusti väittää valmiin mallin olevan tavoitellusti anatomisesti oikeaoppinen. Olennainen osuus opinnäytetyössäni on yhdistellä eri suunnista esitettyjen kaksiulotteisen referenssikuvien sekä tekstiaineiston sisältämää tietoa ja tulkita tämä tieto kolmiulotteiseen visuaaliseen muotoon. Mallin valmistaminen ja kirjallisuustutkimuksen tekeminen tapahtuvat työssä yhtäaikaaisesti ohjaten toinen toistaan. Sitä mukaa kun löydän informaatiota tutkimusaineistostani, sisällytän tiedon 3D-malliini. Kun mallia valmistaessani joudun lisäselvitystä vaativiin tilanteisiin, palaan tutkimusaineiston äärelle.

Malliin sisällyttämäni rakenteet valikoituvat opinnäytetyön rajauksen perusteella. Tavoitteenani on tuottaa kaikki toteutettavaksi valitsemani anatomiset rakenteet omina 3D-objekteinaan, koska oletan tämän edesauttavan miesvartalon muodon rakentamisen ymmärtämistä. Kuitenkin, koska ihmisvartalo on anatomisten osastensa summa (Goldfinger 1991, xi–xii), tavoitteenani on, että malli kokonaisuutena on visuaalisesti yhtenäisen näköistä. Yritän siis välttää vaikutelmaa kasasta irrallisia rakenteita. Tästä syystä käytännön osiossa painotan miesvartalon kokonaismuodon tuottamista, jolloin pidän toissijaisina anatomisten rakenteiden pintatekstuurien kaltaisia yksityiskohtia.

Digitaalisen mallin toteutan kokonaisuudessaan Pixologic ZBrush -ohjelman versioilla 4R5–4R7. Kyseessä on digitaalinen veisto-ohjelma, jolla voi valmistaa digitaalisia 3D-malleja (Pixologic, Inc. 2016a). Valitsen tämän tietokoneohjelman työkalukseni useasta syystä. Ensinnäkin valitsen 3D-työkalun, koska haluan perehtyä työn aiheeseen kolmiulotteisella tasolla, sillä ihmisvartalo on kolmiulotteinen kokonaisuus ja näin ollen sen rakentamisen ymmärtämisessä kaikkien kolmen ulottuvuuden huomioiminen on mielestäni olennaista. Pixologic ZBrush -ohjelman oletan olevan erityisen sopiva tähän tarkoitukseen, koska tiedän ohjelman sisältävän muun muassa DynaMesh-työkalun, jonka avulla on mahdollista melko nopeasti topologiasta huolehtimatta tuottaa erilaisia muotoja (Pixologic, Inc. 2016b; 2016c). Työkaluvalinnan kautta yritän siis mahdollistaa keskittymiseni opinnäytetyön varsinaiseen aiheeseen eli ihmisen anatomiaan ja samalla välttää joiltakin teknisiltä rajoitteilta. Mielenkiintoni Pixologic ZBrush -ohjelmaa kohtaan lisää myös yleinen kiinnostukseni kaikenlaiseen figuratiiviseen kuvanveistoon. Ohjelman käytöstä minulla oli ennen työn aloittamista vain hieman kokemusta, sillä olin käyttänyt ohjelmaa aiemmissa opiskeluprojekteissani ainoastaan yksinkertaisten normaalikarttojen tuottamisessa. Tässä työssä tavoitteenani onkin ZBrush-ohjelman suhteen oppia käyttämään sitä monipuolisemmin ja syvemmin.

Käsittelen perusasioita Pixologic ZBrush -ohjelmasta ja digitaalisesta veistämisestä tämän työn luvussa 2. Luvussa 3 esittelen anatomiseen kuvailuun liittyviä käsitteitä ja standardeja. Luvussa 4 läpikäyn ihmisen vartalon ulkomuotoon vaikuttavia tekijöitä alustuksena luvulle 5, jossa käsittelen työn käytännön osuutta eli 3D-mallin valmistamisprosessiani sekä prosessin tuloksia. Luku 6 toimii kirjallisen työni yhteenvetona.

2 Pixologic ZBrush -tietokoneohjelma ja digitaalinen veistäminen

Digitaalinen veistäminen eli skulptaaminen on yksi tavoista, joilla voi luoda kolmiulotteisia eli 3D-malleja käyttäen tiettyjä tietokoneohjelmia (Digital-Tutors Team 2014). Tällaisia tietokoneohjelmia ovat muun muassa Pixologic ZBrush ja Autodesk Mudbox (Pixologic, Inc. 2016a; Autodesk Inc. 2016). ZBrush-ohjelmassa 3D-mallien muoto rajautuu ohjelman sisäisessä 3D-avaruudessa sijaitsevien pisteiden määrittämien polygonien mukaan. Nämä polygonit ovat ZBrush-ohjelmassa kolmi- tai nelikulmaisia tasoja, joilla on ulko- ja sisäpuolet mutta ei paksuutta. Suuntaa, jonne polygonin pinta osoittaa, kutsutaan kyseisen polygonipinnan normaaliksi. ZBrush-ohjelmassa 3D-avaruus määrittyy horisontaalisen x-akselin, vertikaalisen y-akselin ja syvyysuuntaisen z-akselin avulla.

Teknisesti ohjelman työtilänäkymä perustuu kuitenkin 2.5-ulotteisuuteen. Käytännössä 3D-malli saa siis muotonsa, kun sen polygonit sijaitsevat eri kohdissa 3D-avaruutta, ja kun polygonin normaalit osoittavat eri avaruudellisiin suuntiin. Mitä enemmän eri suuntiin osoittavia polygoneja käytetään, sitä monimutkaisempia ulkomuotoja on mahdollista mallintaa. (Keller 2011, 12–15.)

Kolmiulotteisten mallien veistämisen voi ZBrush-ohjelmassa aloittaa usealla tavalla. Työtilänäkymään voi luoda tyhjästä esimerkiksi pallonmuotoisen primitiivin, jota muokataan kohti haluttua muotoa. Muita menetelmiä ovat esimerkiksi ShadowBox- sekä ZSketch-tekniikat. (Pixologic, Inc. 2016d.) ZBrush-ohjelmaan voi myös tuoda muista 3D-mallinnusohjelmista malleja veistämistä varten (Keller 2011, 56). ZBrush-työtilänäkymään pystyy sijoittamaan yhtä aikaa useita 3D-malleja, jolloin yksittäisiä erillisiä objekteja kutsutaan nimellä SubTool (Keller 2011, 118). Yksittäisten SubTool-kappaleiden näkyvyys on erikseen säädeltävissä (Keller 2011, 37, 123). Työtilänäkymässä 3D-malleja on mahdollista tarkastella eri suunnista sekä isompina tai pienempinä eli käytännössä lähempää tai kauempaa (Spencer 2011, 15). Mallien osia voi myös valikoidusti piilottaa näkyvistä (Keller 2011, 97). Mask-toiminnolla mallista voi puolestaan valita suojattavia osioita, jolloin malliin tehtävät muokkaukset eivät vaikuta valittuihin alueisiin (Keller 2011, 90). ZBrush tarjoaa sekä ortografisen että perspektiivikameran 3D-mallien tarkasteluun työtilänäkymässä (Spencer 2011, 19). Malleja voi myös valaista eri tavoin (Keller 2011, 43). Veistäessä on suositeltavaa liikutella valonlähdettä 3D-mallin ympärillä, jotta mallin muotoa on helpompi analysoida (Spencer 2011, 5).

ZBrush-ohjelmassa veistäminen tapahtuu veistosiveltimiksi kutsuttujen työkalujen avulla. Siveltimiä käytetään liikuttamaan mallin polygonipintaa määrittäviä pisteitä eri suuntiin, kuten esimerkiksi ulommaksi ympäröivään alueeseen nähden, mikä visuaalisesti vastaa digitaalisen saven lisäämistä malliin. Liikutettaessa niitä sisemmäksi ympäröivään alueeseen nähden mallin pintaan näyttää ikään kuin syntyvän kuoppa. Polygonien määrä ei siis lisäännä automaattisesti veistettäessä. (Keller 2011, 55–65.) Kun lisää polygoneja tarvitaan tarkempaa veistämistä varten, saadaan niitä jakamalla olemassa oleva polygoni neljään pienempään polygoniin subdivide-toiminnolla. Joka kerta, kun toimintoa käytetään, syntyy malliin uusi niin sanottu subdivision-kerros. (Keller 2011, 71–73.) Koska veistosiveltimet ainoastaan liikuttavat 3D-mallin pinnassa olevia pisteitä (Keller 2011, 62), saattaa veistäminen johtaa tilanteeseen, jossa polygonit eivät jakaudu tasaisesti mallin pinnalla. Tällaisen mallin työstäminen on hankalaa. ZBrush-ohjelman DynaMesh-työkalu mahdollistaa kuitenkin veistämisen ilman tarvetta huoleh-

tia mallin topologiasta. Kun malliin aktivoi DynaMesh-ominaisuuden, mallin pinta jaetaan uudelleen tasatiheäksi polygoniverkoksi. Tämän tiheyttä on mahdollista säätää DynaMesh Resolution -säätimellä. DynaMesh mahdollistaa myös eri 3D-kappaleiden yhdistämisen saumattomaksi kokonaisuudeksi. (Pixologic, Inc. 2016b; 2016c.)

Eri veistosiveltimet vaikuttavat 3D-mallin pintaan eri tavoin. Siveltimiä voi säätää niiden vaikutusvoimakkuuden sekä vaikutusalueen koon, muodon ja reunan pehmeiden suhteen. (Keller 2011, 279; Kingslien 2011, 9-18; Spencer 2011, 14.) Erikoissiveltimillä voi mallia esimerkiksi leikellä pienempiin osiin (Pixologic, Inc. 2016e). Käytettäessä paineutunnistavaa piirtopöytää on veistosiveltimien käyttö luonnollisen tuntuista (Spencer 2011, xviii). Siveltimillä voi myös määrittää mallin pintaan värejä ja materiaaleja (Spencer 2011, 14). Lisäksi ZBrush pitää sisällään useita muita tapoja muokata ja hyödyntää 3D-malleja, kuten ohjelman käyttöopas (Pixologic, Inc. 2016f) havainnollistaa.

3 Anatomisessa kuvailussa käytettäviä käsitteitä

Anatomia eli ”eliön sisärakenne” (Tirri ym. 2001, 50) tarkoittaa myös elinten tai kudosten makroskooppisen rakenteen morfologiaa eli muoto-oppia (Tirri ym. 2001, 464). Anatomisen aineistoon perehtyessäni havaitsin, että tekstin ja kuvien ymmärtämisen kannalta oli olennaista tuntea standardinmukaisia anatomisia ilmaisutapoja sekä käsitteitä.

3.1 Ihmisen vartalonosat

Ihmisen vartalokokonaisuus voidaan jaotella nimettyihin osiin, kuten kuvio 1 havainnollistaa. Jaottelu voidaan tehdä yksinkertaisesti, kuten kuvion 1 vasemmalla puolella tai monimutkaisemmin, kuten kuvion 1 oikealla puolella. Esimerkiksi yksi mahdollinen jaottelu sisältää pään, kaulan, rintakehän, selän, vatsan, lantion, alaraajan sekä yläraajan (Moore, Dalley & Agur 2014, 3).

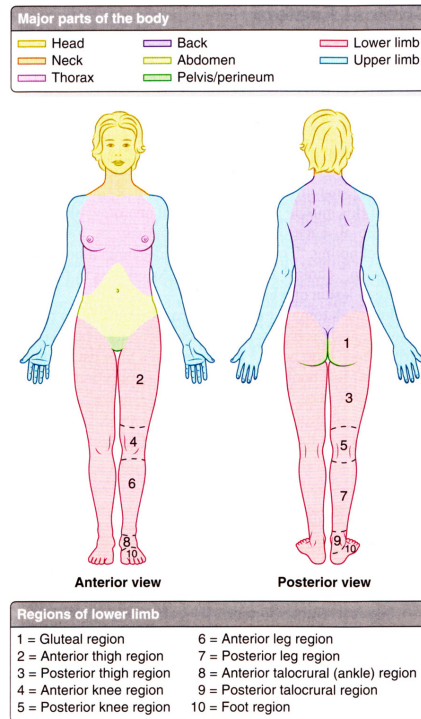
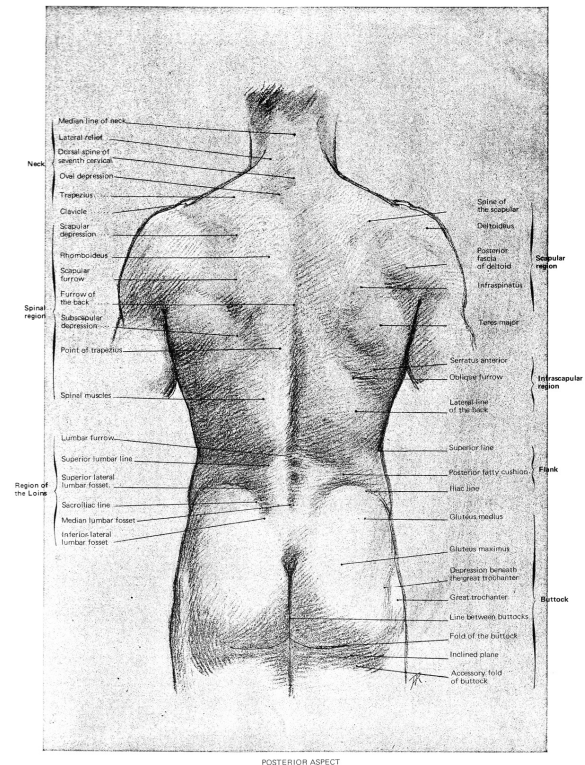


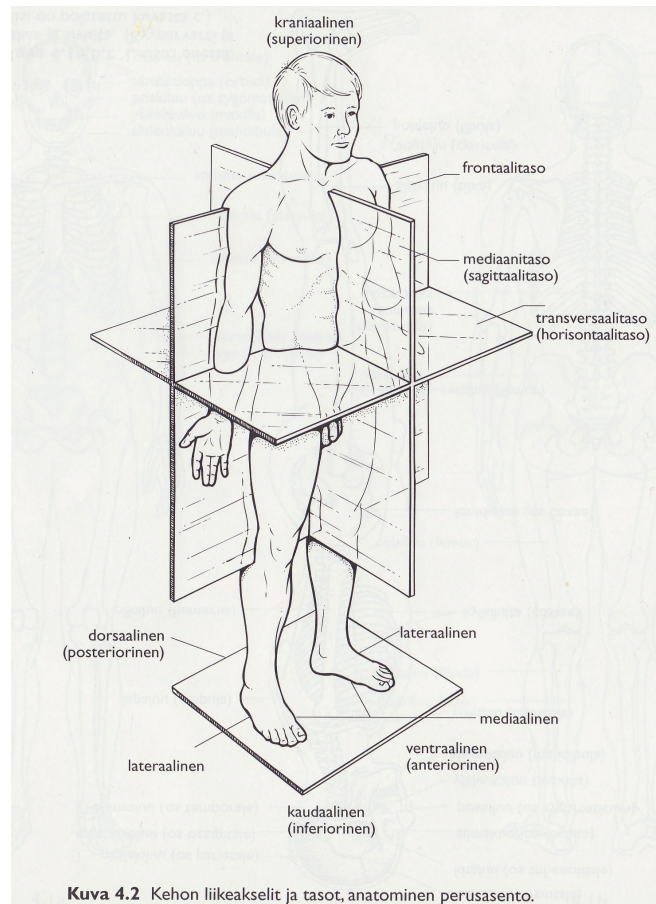
FIGURE 1.1. Major parts of the body and regions of the lower limb. Anatomy is described relative to the anatomical position illustrated here.



Kuvio 1. Ihmisen vartalo voidaan jakaa nimettyihin osiin joko yksinkertaisemmin, kuten kuvion vasemmalla puolella (Moore ym. 2014, 3) tai monimutkaisemmin, kuten kuvion oikealla puolella. (Richer 1986, 216.)

3.2 Anatominen perusasento ja siihen liittyvät käsitteet

Anatominen perusasento tarkoittaa kuvion 2 mukaista ihmisvartalon seisoma-asentoa, jota käytetään standardinmukaisissa anatomiakuvauksissa, kuten anatomian kirjoissa. Esimerkiksi anatomisten rakenteiden sijaintia vartalossa kuvaillaessa oletetaan vartalon olevan tässä nimenomaisessa referenssiasennossa ja käytetään asennon pohjalta määriteltyjä käsitteitä. (Budowick ym. 1995, 78; Goldfinger 1991, xiii; Richer 1986, 13.) Näin ollen jalat esimerkiksi sijaitsevat anatomisessa mielessä aina alempana kuin pää eli inferiorisesti päähän nähden, vaikka käsillään seisovalla ihmisellä jalat ovatkin ylempänä kuin pää. Anatomista perusasentoa käytetään myös anatomisissa malleissa, kuten AnatomyTools.com-valmistajan Male figure: Art-pro v2A -figuurin oikeanpuoleisella vartalonpuoliskolla (AnatomyTools.com 2012).



Kuva 4.2 Kehon liikeakselit ja tasot, anatominen perusasento.

Kuvio 2. Anatominen perusasento ja siitä määriteltyjä käsitteitä. (Budowick ym. 1995, 78.)

Kuviosta 2 on myös havaittavissa, että anatomisesta perusasennosta on eriteltävissä erilaisia vartalon tasoja. Ensimmäinen näistä on frontaalitaso, joka kulkee vertikaalisesti läpi perusasentoisen vartalon jakaen sen vatsan- ja selänpuoleisiin osiin. Mediaanitaso puolestaan kulkee vertikaalisesti keskellä perusasentoista vartaloa jakaen vartalon oikeaan ja vasempaan symmetriseen puoliskoon. Sagittaalitaso on perusasennossa vertikaalinen kuten mediaanitaso mutta sijaitsee muualla kuin keskellä vartaloa. Transversaalitaso taas tarkoittaa perusasentoista horisontaalitasoa, jonka yläpuolella perusasennossa on päänpuoleinen vartalonpuolisko ja alapuolella peränpuoleinen puolisko. (Budowick ym. 1995, 78; Szunyoghy & Fehér 2010, 9.)

	Käsite ja sen määritelmä	Lähdeviite
1	<i>Anteriorinen</i> tarkoittaa vartalon etupuolista	(Goldfinger 1991, xiii)
2	<i>Distaalinen</i> tarkoittaa vartalosta etäällä olevaa osaa raajassa	(Goldfinger 1991, xiii)
3	<i>Dorsaalinen</i> tarkoittaa selänpuoleista, kädessä kämmenselänpuoleista ja jalkaterässä jalanselänpuoleista	(Budowick ym. 1995, 80; Goldfinger 1991, xiii; Opas anatomiaan 2014, 5; Szunyoghy & Fehér 2010, 9)
4	<i>Inferiorinen</i> tarkoittaa alempana olevaa	(Goldfinger 1991, xiii)
5	<i>Kaudaalinen</i> tarkoittaa peränpuoleista	(Szunyoghy & Fehér 2010, 9)
6	<i>Kraniaalinen</i> tarkoittaa päänpuoleista	(Szunyoghy & Fehér 2010, 9)
7	<i>Lateraalinen</i> tarkoittaa sivunpuoleista	(Budowick ym. 1995, 58)
8	<i>Mediaalinen</i> tarkoittaa keskilinjanpuoleista	(Budowick ym. 1995, 58)
9	<i>Palmaarinen</i> tarkoittaa kämmenenpuoleista	(Budowick ym. 1995, 80)
10	<i>Plantaarinen</i> tarkoittaa jalkapohjan puoleista	(Szunyoghy & Fehér 2010, 9)
11	<i>Posteriorinen</i> tarkoittaa vartalon takapuolista	(Goldfinger 1991, xiii)
12	<i>Proksimaalinen</i> tarkoittaa vartaloa lähellä olevaa osaa raajassa	(Goldfinger 1991, xiii)
13	<i>Superiorinen</i> tarkoittaa ylempänä olevaa	(Goldfinger 1991, xiii)
14	<i>Ventraalinen</i> tarkoittaa vatsanpuoleista	(Szunyoghy & Fehér 2010, 9)

Kuvio 3. Anatomisesta perusasennosta määriteltävissä olevia akseleita määritelmien.

Anatomisesta perusasennosta on määriteltävissä monia akseleita (Goldfinger 1991, xii) (kuvio 3). Usein myös vartalon liikkeitä kuvaillaessa pidetään anatomista perusasentoa lähtökohdaksi (Moore ym. 2014, 7). Esimerkiksi taivutettaessa vartaloa vyötäröstä lateraalisesti taipuu vartalo jommankumman kyljen puolelle. Vartalonsien liikkeitä kuvaillaessa käytetään omia käsitteitään (Goldfinger 1991, 44), joita esittelen kuviossa 4.

	Käsite ja sen määritelmä	Lähdeviite
1	<i>Abduktio</i> eli vartalonosan loitontaminen joko mediaanitasosta tai vartalonosan sisäisestä keskilinjasta	(Budowick ym. 1995, 79; Goldfinger 1991, 44)
2	<i>Adduktio</i> eli vartalonosan lähentäminen kohti mediaanitasoa tai vartalonosan sisäistä keskilinjaa taikka näiden yli	(Budowick ym. 1995, 79; Goldfinger 1991, 44)
3	<i>Dorsifleksio</i> eli nilkan koukistaminen niin, että jalanselkä tulee lähemmäksi alaraajan etupuolta	(Goldfinger 1991, 44)
4	<i>Ekstensio</i> eli ojennus suoristaa vartalonosia ja kasvattaa luiden välistä kulmaa	(Budowick ym. 1995, 79; Moore ym. 2014, 11)
5	<i>Eversio</i> tarkoittaa yhtäaikaista nilkan dorsiflektiota ja jalanselän abduktiota	(Goldfinger 1991, 56)
6	<i>Fleksio</i> eli koukistus taivuttaa vartalonosia ja pienentää luiden välistä kulmaa	(Budowick ym. 1995, 79; Moore ym. 2014, 11)
7	<i>Inversio</i> tarkoittaa yhtäaikaista nilkan plantaarifleksiota ja jalanselän adduktiota	(Goldfinger 1991, 56)
8	<i>Lateraalinen rotaatio</i> eli vartalonosan akselin ympäri tapahtuva uloskierto	(Budowick ym. 1995, 79; Goldfinger 1991, 44)
9	<i>Mediaalinen rotaatio</i> eli vartalonosan akselin ympäri tapahtuva sisäänkierto	(Budowick ym. 1995, 79; Goldfinger 1991, 44)
10	<i>Oppositio</i> eli vastaanasettaminen	(Budowick ym. 1995, 80)
11	<i>Plantaarifleksio</i> eli nilkan ojentaminen niin, että varpaat osoittavat kohti maata	(Moore ym. 2014, 11)
12	<i>Pronaatio</i> eli kyynärvarren sisäänkierto	(Budowick ym. 1995, 79)
13	<i>Supinaatio</i> eli kyynärvarren uloskierto	(Budowick ym. 1995, 79)

Kuvio 4. Vartalonsien liikkeitä kuvailevia käsitteitä määritelmien.

4 Anatomisesti modernin ihmisen vartalon ulkomuotoon vaikuttavia tekijöitä

Tässä luvussa läpikäyn ihmisen vartalon ulkomuotoon vaikuttavia tekijöitä, jotka on mielestäni syytä huomioida, kun tavoitteena on kuvata ihmisvartalo realistisesti taiteessa. Työni rajauksessa olin asettanut ehtoja näiden tekijöiden suhteen.

Ihmisen vartalo on muodostunut lukuisista anatomisista rakenteista, kuten elimistä, elinjärjestelmistä ja kudoksista (Simblet 2001, 31). Käytännössä juuri nämä yksittäiset rakenteet ovat siis niitä osasia, joita anatomisia malleja tehtäessä mallinnetaan. Näin ollen 3D-mallin toteuttamisessa on mielestäni tarpeen tuntea ihmisen elinjärjestelmiä ja kudoksia, jotta osataan valita oikeita rakenteita mallinnettaviksi. Eri rakenteiden osalta on mielestäni tunnettava niiden koko, muoto sekä sijainti vartalossa, jotta rakenteiden esittäminen tapahtuisi anatomisesti oikeaoppisella tavalla.

Anatomiaoppaissa esiintyvä anatominen kuvailu perustuu usein klassiseen ideaalivartaloon, kuten Goldfingerin teoksessa (1991, xi), tai vartaloihin, joissa vähäisen rasvakudoksen vuoksi lihakset erottuvat hyvin (Richer 1986, 14–15). Peck (1982, 201) esittääkin, että anatomisen materiaalin opiskelun myötä voi taiteilijalle syntyä taipumus esittää kaikki hahmot ideaalivartaloisina. Ihmisyksilöiden välillä esiintyy kuitenkin runsaasti ulkonäöllistä vaihtelua esimerkiksi riippuen henkilön sukupuolesta (Moore ym. 2014, 12) tai iästä. Myös samanikäiset ja samaa sukupuolta olevat yksilöt eroavat tavallisesti toisistaan ulkonäöllisesti olemalla esimerkiksi eri pituisia tai enemmän tai vähemmän lihaksikkaita. Kuten tässä luvussa selvitän, perustuu tällainen ulkonäöllinen vaihtelu pohjimmiltaan yksittäisten anatomisten rakenteiden muodon, koon tai sijainnin muuttumiseen. Näin ollen ihmisen elinjärjestelmien ja kudosten tunteminen on mielestäni tärkeää myös keskenään erinäköisten ihmishahmojen taiteellisen toteuttamisen näkökulmasta. Jotta voisin toteuttaa työni rajauksen mukaista ihmistä esittävän 3D-mallin, on minun siis tiedettävä, miten aikuisuus, atleettisuus, länsimaalaisuus ja mies-sukupuolisuus sekä seitsemän ja puolen pääncorkeuden mittasuhteijärjestelmä vaikuttavat anatomisiin rakenteisiin.

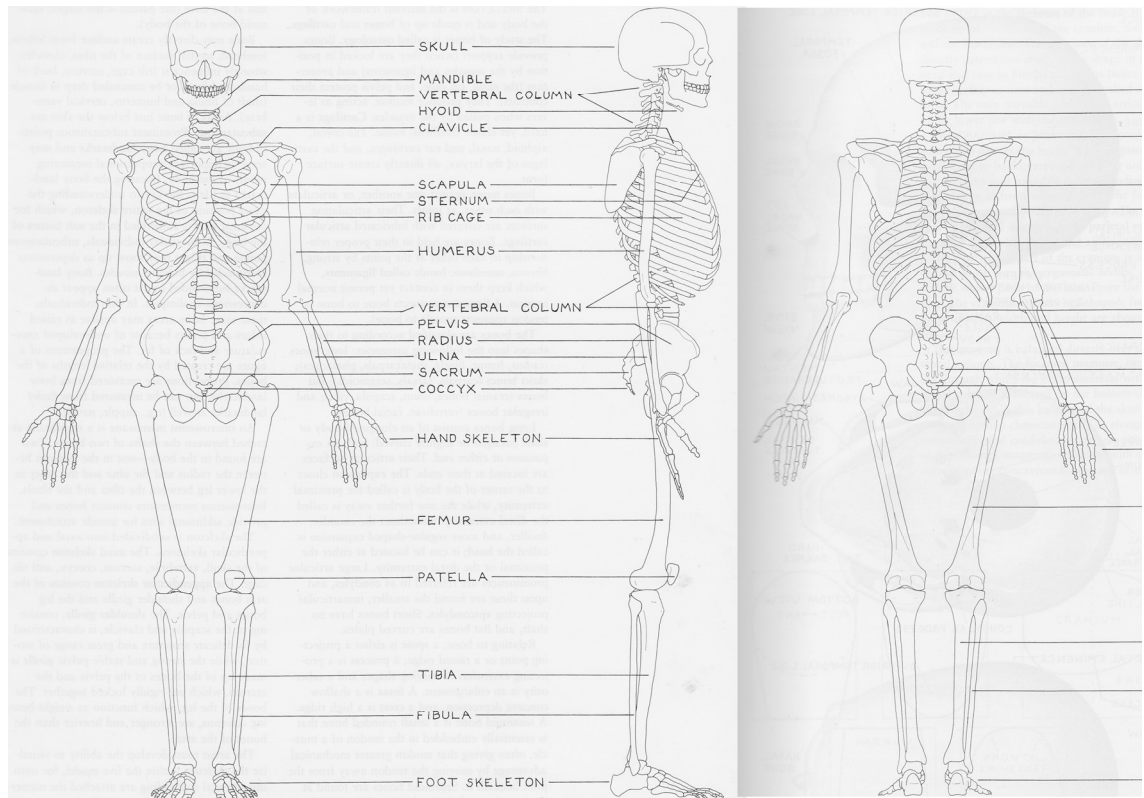
Myös sairaudet ja onnettomuudet voivat vaikuttaa anatomisten rakenteiden ulkonäköön ja näin aikaansaada vartalon ulkomuodon muuttumisen. Tällaisten muutosten myötä syntynyt vartalo ei kuitenkaan edusta standardivartaloa, joten näitä tekijöitä en käsittele tässä työssä.

4.1 Elinjärjestelmät ja kudostyypit vartalon ulkomuotoon vaikuttavina tekijöinä

Ihmisen vartalo on muodostunut monista elimistä, elinjärjestelmistä ja kudostyypeistä (Simblet 2001, 31). Taiteilijan anatomiaoppaissa esitetään, että vain osa näistä rakenteista on taiteilijan näkökulmasta merkityksellisiä vartalon ulkomuodon rakentumisessa (Richer 1986, 11; Goldfinger 1991, xi). Esimerkiksi pään ulkomuodon rakentumista kuvattaessa ei taiteilijoiden anatomiaoppaissa tavallisesti havaintojeni mukaan käsitellä aivoja, vaan syvin läpikäytävä pään rakenne on pääkallo. Simbletkin kirjoittaa aivoista vain osana vartalon elinjärjestelmistä kertovaa kappaletta (2001, 40–43). Eri taiteilijan anatomiaoppaiden välillä esiintyy kuitenkin eroja siinä, mitä rakenteita oppaissa läpikäydään eli mikä rakenne katsotaan merkityksellisiksi. Esimerkiksi Goldfinger (1991), Richer (1986) sekä Peck (1982) kuitenkin käsittelevät ensinnäkin rakenteita, jotka sijaitsevat lähellä vartalon ulkopintaa luoden vartalon ulkomuodon joko suoraan tai lähes suoraan päällempänä olevien rakenteiden läpi. Toiseksi he käsittelevät rakenteita, joihin edellä mainitut rakenteet kiinnittyvät. Kolmanneksi näissä teoksissa käsitellään rakenteita, jotka vaikuttavat ihmisvartalon liikkumiseen ja kasvonilmeisiin. Yleistäen voin siis sanoa, että taiteilijalle merkitykselliset vartalon ulkomuotoa luovat rakenteet kuuluvat johonkin näistä kolmesta tyyppistä.

4.1.1 Tuki- ja liikuntaelimityö: Luuranko ja ligamentit

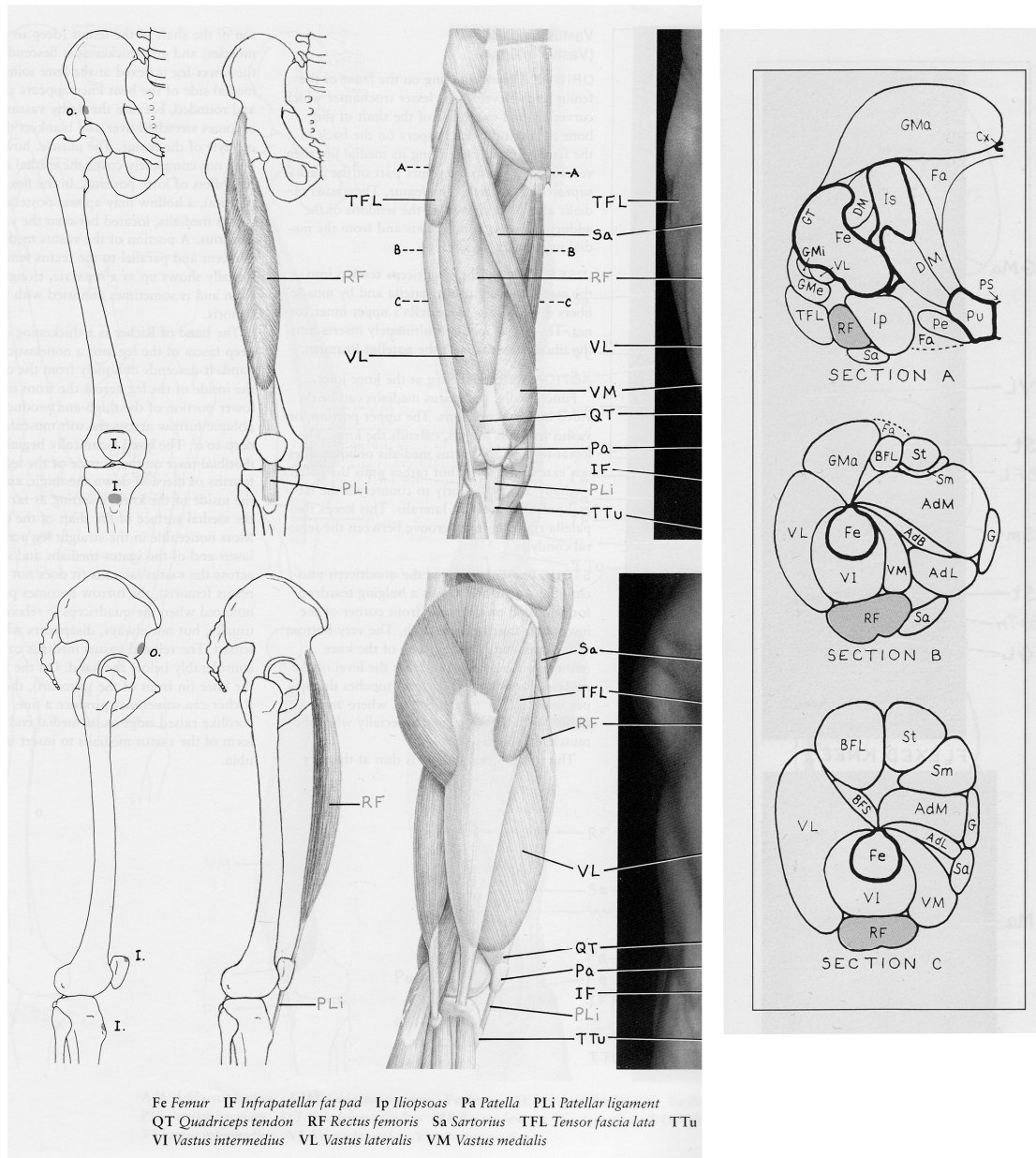
Vartalon runkona oleva luuranko (kuvio 5) muodostuu aikuisella ihmisellä noin 206 luusta sekä rustosta ja nivelsiteistä (Clippinger 2007, 9; Simblet 2000, 32). Sesamluiden määrä vaihtelee yksilöittäin (Gray 2012, 187). Taiteilijan näkökulmasta merkityksellisiä ovat 132 uniikkia tavallista luuta sekä kuusi sesamluuta, sillä näitä havaintojeni mukaan käsitellään taiteilijoiden anatomiaoppaissa. Osaa luurangon luista voi kuitenkin käsitellä pelkistetysti. Ensinnäkin aikuisen ihmisen pääkallo on pelkistettävissä kaksiosaiseksi rakenteeksi, sillä se on muodostunut 22 luusta, joista kaikki paitsi alaleukaluu ovat yhteen sulautuneita saumojen välityksellä (Budowick ym. 1995, 78; Constance 2004, 16; Richer 1986, 21). Lonkkaluu puolestaan on muodostunut kolmesta yhtyneestä luusta, ja ristiluussa on viisi yhteen sulautunutta nikamaa (Moore ym. 2014, 328). Häntäluu taas on tavallisesti muodostunut neljästä nikamasta (Goldfinger 1991, 12).



Kuvio 5. Ihmisen luuranko etu-, sivu- ja takasuunnista. (Goldfinger 1991, 4–5.)

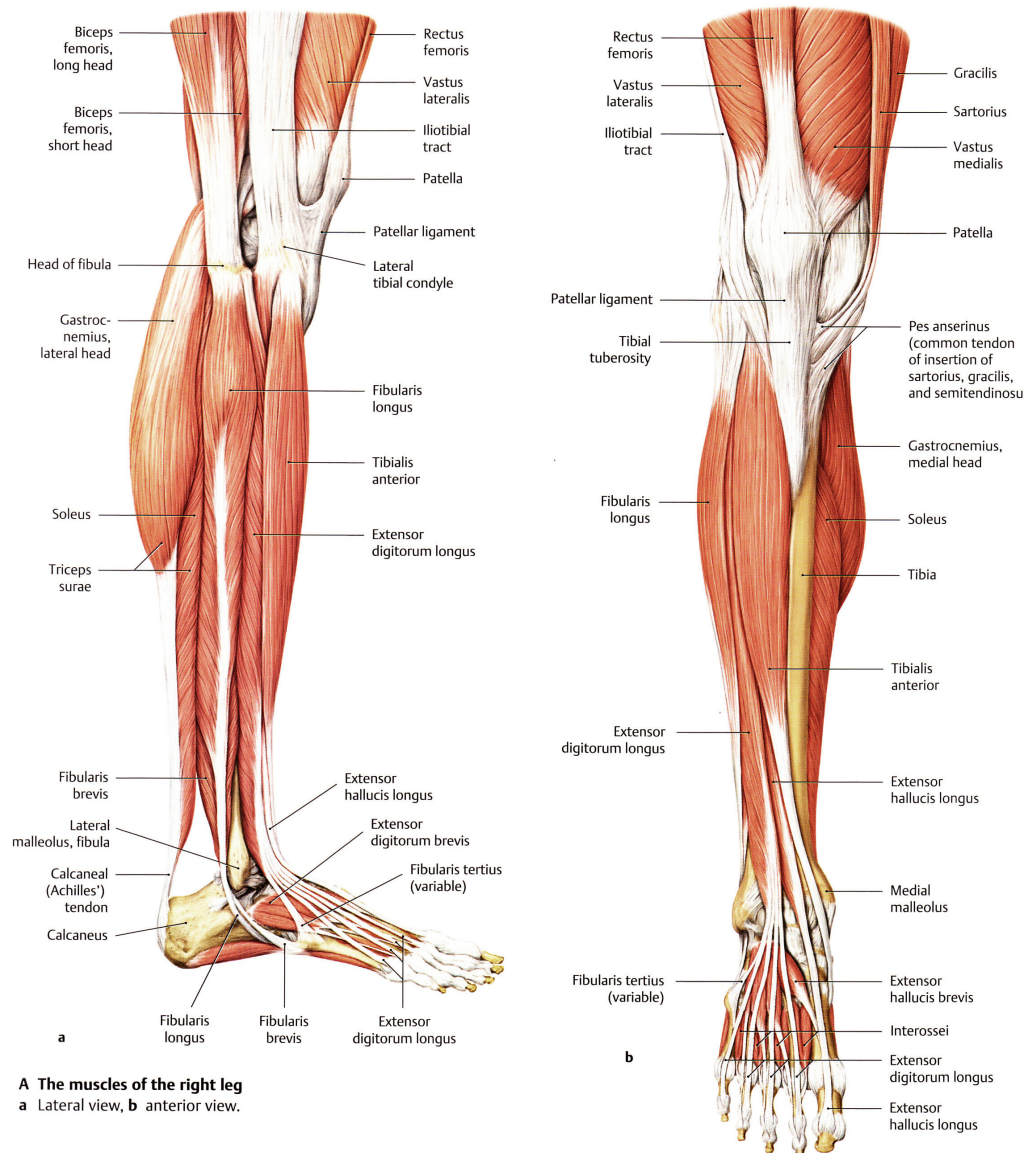
Luut ovat kovia elimiä, joten ne tukevat vartaloa ja suojaavat sen sisempiä osia (Goldfinger 1991, 3; Moore ym. 2014, 19). Kylkiluiden etuosa on kuitenkin muodostunut taipuisasta kylkirustosta, joka kimmoisana rakenteena mahdollistaa kylkiluiden liikkumisen (Budowick ym. 1995, 126). Luut toimivat kiinnittymiskohtina lihaksille vaikuttaen näin suoraan lihasten sijaintiin vartalossa. Luiden sijainti luurangossa määrittää myös vartalon nivelten sijainnin eli sen, mistä kohti vartalo kykenee esimerkiksi taipumaan. (Richer 1986, 19–20; Goldfinger 1991, 3.) Luuranko yhdessä nivelten ja lihaksiston kanssa muodostaakin ihmisen tuki- ja liikuntaelimistön (Opas anatomiaan 2014, 17.)

Luurangon ja luiden koko määrittävät vartalon mittasuhteet (Richer 1986, 20). Esimerkiksi olka- ja käsivarren pituudet ovat suoraan verrannolliset näiden vartalonosien luiden pituuksiin (Richer 1986, 40). Vartalossa osa luurangosta on näkymättömissä lihaspeitteen alla (Goldfinger 1991, 3), jolloin luurangon merkitys taiteelliseen anatomiaan ilmenee epäsuorasti lihasten kiinnittymiskohtien ja nivelten sijainnin kautta (Richer 1986, 20). Esimerkiksi reisiluu on valtaosin useiden lihasten peittämänä (kuvio 6). Samasta kuviosta näkee kuitenkin, että osa reisiluusta on vain ohuiden jänteiden peitossa. (Goldfinger 1991, 33.)



Kuvio 6. Reisiluu (kuviossa Fe) on valtaosin lihasten peitossa mutta lähes ihonalaisesti muun muassa ison sarvennoisen (kuviossa GT) kohdalla eli kuvion läpileikkaustasolla A. (Goldfinger 1991, 236–237.)

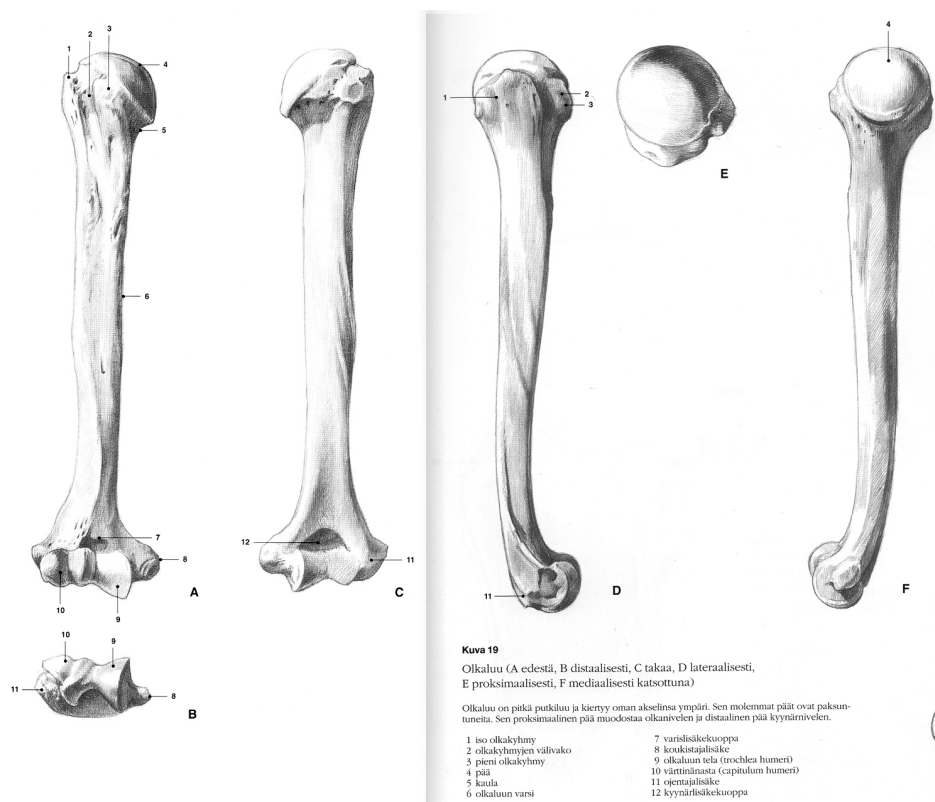
Sääriluu (kuviossa 7) puolestaan on esimerkki luusta, joka itsessään tuottaa hyvin selkeästi vartalon ulkopinnan muotoja, sillä luun lähes koko mediaalinen pinta sijaitsee heti ihon alla (Goldfinger 1991, 37).



Kuvio 7. Sääriluun mediaalinen pinta ei ole lihasten peitossa. (Schuenke ym. 2014, 510.)

Tällaiset luurangon ihonalaiset tai lähes ihonalaiset kohdat toimivat tärkeinä maamerkeinä taiteilijoille, sillä niiden kautta on mahdollista määrittää vartalon mittoja (Goldfinger 1991, 3; Richer 1986, 20). Osa luurangosta tulee ihonalaisesti tai lähes ihonalaisesti näkyville vasta vartalon liikkeiden tai hengittämisen myötä. Esimerkiksi kämmenluiden distaalinen pääty pinta paljastuu vasta taivutettaessa sormia rystysten kohdalta (Goldfinger 1991, 27). Rintakehän alareuna taas on havaittavissa sisään hengityksen myötä (Raynes 1997, 62). Laihoilla ihmisillä luiset maamerkit näkyvät tavallisesti kohoimina vartalon pinnassa, mutta lihaksikkaissa vartaloissa samat maamerkit voivat näkyä syvänteinä muodokkaiden lihasten välissä. Lapaluun selkäranka on esimerkki näin käyttäytyvästä luisesta maamerkestä. (Richer 1986, 35; Simblet 2001, 96.)

Yksittäinen luu on ”luukudoksesta ja sitä peittävästä sidekudoskalvosta, luukalvosta (periosteum) muodostunut tukielin” (Tirri ym. 2001, 413–414). Luut on väritykseltään kermanvalkoista (Szunyoghy & Fehér 2010, 8) ja pinnaltaan monimuotoisia ollen paikoin sileitä, paikoin epätasaisia. Kaikki luut ovat perusolemukseltaan kaarevia. (Simblet 2001, 32.) Luut voidaan kuitenkin jaotella muotonsa perusteella. Käsivarressa esimerkiksi on sekä pitkiä luita kuten olkaluu että lyhyitä luita kuten ranneluut. Lapaluu on esimerkki litteästä luusta ja nikamat kuuluvat epäsäännöllisiin luihin. (Goldfinger 1991, 3; Szunyoghy & Fehér 2010, 48.) Yksittäisestä luusta on lisäksi eriteltävissä monenlaisia osarakenteita, joille on spesifit anatomiset termit. Esimerkiksi luussa olevaa kohoumaa kutsutaan kohouman koosta riippuen joko nimellä protuberance, tubercle tai tuberosity (Peck 1982, xiii). Osa luiden rakenteista kuuluu luisiin maamerkkeihin, kuten aiemmin mainittu lapaluun selkäranka (Raynes 1997, 60–61). Toisaalta osa luiden pintarakenteista on tärkeitä lihasten kiinnittymiskohtia, kuten varttinäluussa oleva hauislihaksen kiinnittymiskohta (Richer 1986, 37). Osa luiden rakenteista puolestaan toimii eräänlaisina urina, joita pitkin lihasten jänteet kulkevat, kuten esimerkiksi olkaluussa (Richer 1986, 36). Näin ollen tämän opinnäytetyön kaltaista työtä tehtäessä yksittäisten luiden pintarakenteet ovat merkityksellisiä. Kuviossa 8 on olkaluu pintarakenteineen.



Kuvio 8. Olkaluun monet pintarakenteet. (Szunyoghy & Fehér 2010, 66–67.)

Kohtia, joissa kaksi luuta kohtaa toisensa nivelpinnoistaan muodostaen liikkuvan liitoksen kutsutaan niveliksi (Tirri ym. 2001, 493). Osa nivelistä, kuten pääkallon saumat, eivät kuitenkaan kykene juuri liikkumaan toisiaan vasten. Cartilaginous-tyyppisissä nivelissä puolestaan on nivelpintojen välissä rustoisia, kimmoisia levyjä, kuten on selkärangassa, jossa nikamien välissä on välilevyt. (Goldfinger 1991, 43.) Niin sanottujen varsinaisten nivelten nivelpintoja peittää sileä nivelrusto. Joissakin varsinaisissa nivelissä, kuten polvinivelessä, nivelpinnat eivät vastaan täysin toisiaan muodoltaan, jolloin nivelpintojen välissä on yhteensopivuutta parantavia syysrustoisia nivellevyjä tai kiekuroita. (Budowick ym. 1995, 82–83.) Anatomisissa piirustuksissa nivelpinnat on tavallisesti esitetty selkeästi luusta poikkeavasti, esimerkiksi sinertävän sävyisenä.

Varsinaiset nivelet voidaan jakaa nivelpintamuotojensa perusteella eri tyypeihin (Tirri ym. 2001, 493). Niveltyypistä riippuu, millä tavalla nivelen sisältävä vartalonosa liikkuu. Esimerkiksi olkanivel on tyypiltään suurimman liikelaajuuden omaava pallonivel. Pallonivelestä kaksi luuta kykenee liikkumaan kaikissa mahdollisissa suunnissa toisiinsa nähden. Olkanivelen kohdalla mahdollisia ovat näin ollen olkavarren fleksio, ekstensio, abduktio ja adduktio sekä olkavarren pitkittäisakselin ympäri kiertyminen ja kehänpiirto-liike olkavarrella niin, että olkanivel on liikkeen napa. Vähiten liikkuviin niveliin kuuluvat puolestaan pelkästään fleksioon ja ekstensioon kykenevät sarananivelet, joita on muun muassa sormissa. (Goldfinger 1991, 43.) Muita niveltyyppejä ovat kiertonivel, nivelnas-tainen nivel, ellipsoidinivel, satulanivel sekä tasonivel (Szunyoghy & Fehér 2010, 52).

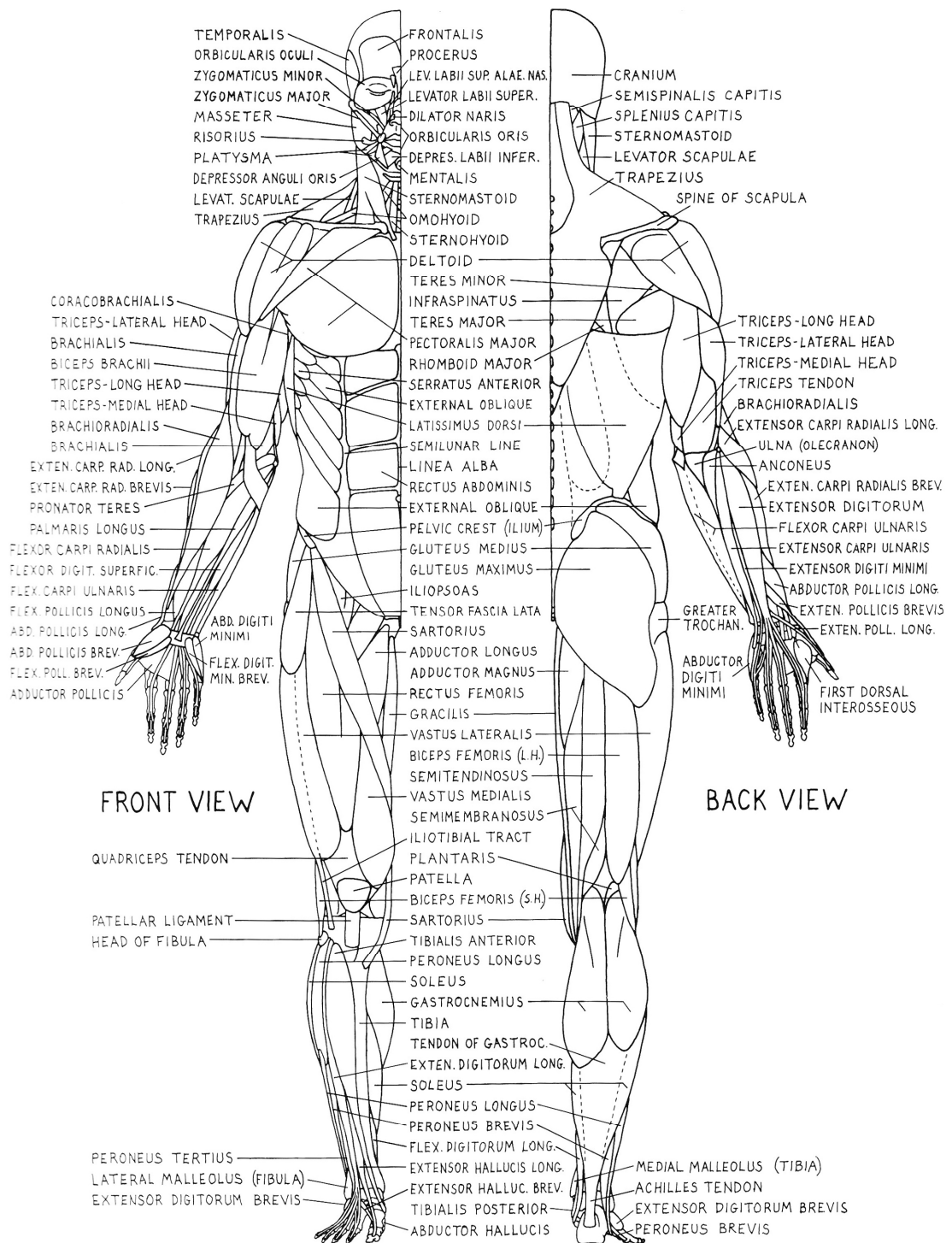
Nivelen tarkoituksenmukaista liikkumissuuntaa ja -laajuutta säätelevät myös sideku-doksiset nivelsiteet eli ligamentit, jotka tukevat niveliä (Budowick ym. 1995, 82; Tirri ym. 2001, 493). Osa ligamenteista toimii lisäksi lihasten kiinnittymiskohtina, kuten esimerkiksi ristiluu-istuinkyhmyside ison pakaralihaksen kiinnittymiskohtana (Goldfinger 1991, 225). Väriltään ligamentit ovat valkoisia (Szunyoghy & Fehér 2010, 9). Luurankoa kuvaavissa lääketieteellisissä kuvituksissa ligamentit ja muut nivelen rakenneosat, kuten nivelpussi, näyttävät selkeästi muokkaavan luurangon siluettia. Näin on esimerkiksi kyynärnivelessä THIEME Atlas of Anatomy: General Anatomy and Musculoskeletal System -teoksessa (Schuenke ym. 2014, 282). Lihasten kiinnittymistä kuvaavissa piirustuksissa näitä kyynärnivelen ligamenteja ei ole esitetty niin lääketieteellisessä ai-neistossa (esimerkiksi Schuenke ym. 2014, 336-341) kuin taiteilijan oppaissa (esimerkiksi Goldfinger 1991, 182–209). Tästä päättelenkin, että ligamentit ovat taiteilijan näkökulmasta pelkistettävissä muutamaan tärkeään rakenteeseen.

4.1.2 Tuki- ja liikuntaelimistö: Lihakset

Lihakset ovat olennaisia ihmisen vartalon ulkomuodon tuottajia, sillä juuri ne aikaansaavat vartalon ulkomuodon monet kaaret ja pullistumat (Goldfinger 1991, 64). Taiteilijan näkökulmasta vartalon ulkomuotoon vaikuttavat lihakset ovat tyypiltään luustolihaksia, joiden toimintaa ihminen pystyy tahdonalaisesti hallitsemaan. Näiden lihasten avulla ihminen kykenee siis liikuttamaan vartaloaan. Muun tyyppiset lihakset, eli sileät lihakset sekä sydänlihas, sijaitsevat kauempana vartalon ulkopinnasta sisäelinten seinissä tai sydämessä eikä niitä käsitellä taiteilijoiden anatomiaoppaissa. (Goldfinger 1991, 61; Opas anatomiaan 2014, 17; Tirri ym. 2001, 398.) Luustolihaksistakin vain osa on merkityksellisiä taiteilijalle (Goldfinger 1991, 58). Lähellä vartalon pintaa olevat muodokkaat lihakset tuottavat lähes suoraan vartalon ulkomuotoja, kuten on esimerkiksi ison rintalihaksen kohdalla (Richer 1986, 58). Syvempänä vartaloa olevat lihakset puolestaan antavat vartalon osille paksuutta kohottaen pinnallisempia lihaksia ulomaksi, kuten esimerkiksi keskimmäinen reisilihas muiden reisilihasten alla (Goldfinger 1991, 233; Richer 1986, 14). Joskus pinnallinen lihas voi kuitenkin olla niin ohut, että se ei itsessään juurikaan vaikuta vartalon ulkomuotoon, vaan tällöin vartalon ulkomuodossa näkyvät muodot johtuvatkin pinnallisen lihaksen alla olevista rakenteista (Goldfinger 1991, 64). Esimerkki tämänkaltaisesta pääosin ohuesta lihaksesta on leveä selkälihas, jota syvempänä sijaitsevista rakenteista muun muassa etummainen sahalihhas ja kylkiluut tuottavat vartalon pinnalla havaittavia muotoja (Goldfinger 1991, 145–147). Ihmisyksilöiden välillä esiintyy suurta vaihtelua lihasten koon ja muodon suhteen (Moore ym. 2014, 12), ja tietyt lihakset, kuten pitkä kämmenlihas, voivat jopa puuttua kokonaan joiltakin yksilöiltä (Goldfinger 1991, 207). Kuviossa 9 näkyy ihmisen lihaksistoa.

Yksittäinen luustolihhas on muodostunut punertavasta lihaskudoksesta, jossa lihassolut eli lihassyöt ovat yhteen liittyneet lihassyökimpuiksi. Lisäksi lihaksissa on sidekudosta. (Moore ym. 2014, 29; Opas anatomiaan 2014, 17; Tirri ym. 2001, 398). Lihaksesta riippuen lihassyökimput ovat asettuneet kullekin lihakselle ominaiseen asetelmaan (Moore ym. 2014, 31), kuten kuviossa 10 on nähtävissä. Joidenkin lihasten, kuten kuvion ison rintalihaksen, lihassyökimppukuviointi voi olla havaittavissa ideaalivartaloisilla henkilöillä ihon lävitse (Richer 1986, 94). Yhdellä lihaksella voi olla yksi tai useampi pää (Goldfinger 1991, 61), ja perusasentoisessa vartalossa lihas saattaa esiintyä itsensä ympäri kiertyneenä. Esimerkki tällaisesta on jälleen iso rintalihas, joka suoristuu kiertymättömäksi vasta, kun olkavartta nostetaan ylöspäin (Goldfinger 1991, 143–144).

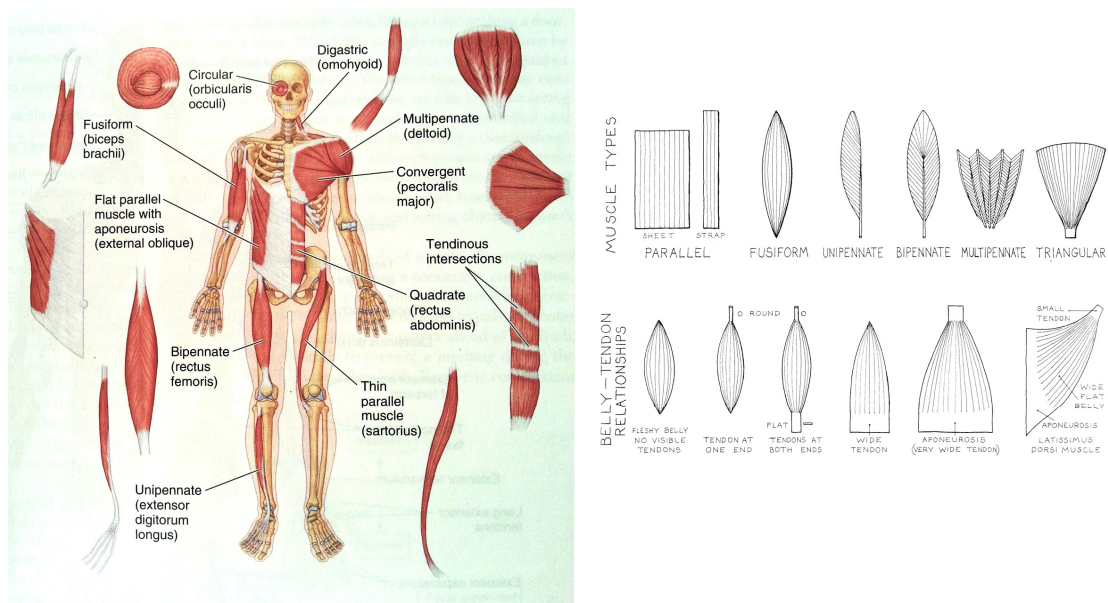
The Muscles - STRUCTURE, FUNCTION, AND FORM



Kuvio 9. Ihmisen lihaksistoa etu- ja takasuunnasta. (Goldfinger 1991, 66.)

Vartalossa luustolihakset ovat kiinnittyneet joko luihin, rustoon, ligamentteihin, toisiin lihaksiin, peitinkalvoihin tai ihoon (Goldfinger 1991, 61; Moore ym. 2014, 29). Lihasten

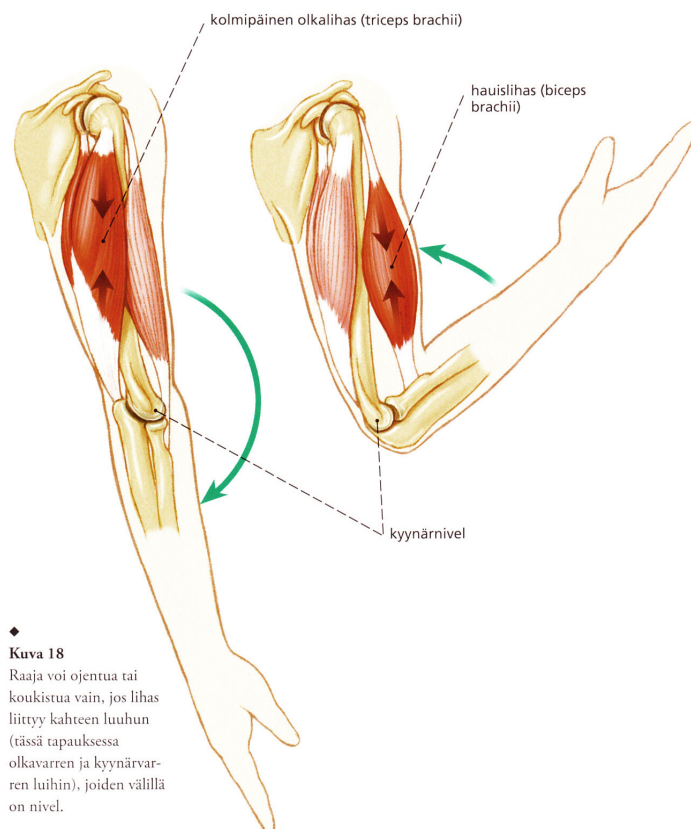
kiinnittymisessä esiintyy myös vaihtelua ihmisyksilöiden välillä (Moore ym. 2014, 12). Kiinnittyminen voi tapahtua joko suoraan tai jänteiden välityksellä. Jänneet ovat valkoisia, kiiltäviä ja venymättömiä lihaksen sidekudoksia, jotka voivat olla monenmuotoisia. Jänneet voivat olla esimerkiksi lieriömäisiä, litteitä, kapeita tai leveitä, kuten kuviossa 10 on jälleen nähtävissä. Hyvin leveää jännettä kutsutaan aponeuroosiksi. Kuviossa 10 on myös nähtävissä, että osassa lihaksista, kuten suorassa vatsalihaksessa, jänneitä esiintyy myös keskellä lihasta. Kun jänne sijaitsee keskellä lihassykimppuja, se on usein ulkoisesti havaittavissa painaumanäköisenä lihaksen pinnassa. Samoin jos jänne tai sen uloke sijaitsee lihassykimppujen päällä, estää se allaan olevan lihasosan pullistumisen lihaksen supistuessa. Tällöinkin seurauksena on jänneisen osan jääminen painaumaksi suhteessa ympäröivään vapaasti pullistumaan pääsevään osaan. (Goldfinger 1991, 61; Szunyoghy & Fehér 2010, 9; Tirri ym. 2001, 296.) Jänneet voivat näkyä myös selvinä pitkulaisina tai narumaisina kohoumina vartalon pinnassa, kuten esimerkiksi akillesjänne nilkassa (Goldfinger 1991, 259) tai kämmenselän jänneet (mts. 183). Muuan muassa ranteen kohdalla osa jänneistä sijaitsee sidekudoksisen jännetupen sisällä (Budowick ym. 1995, 82).



Kuvio 10. Erilaisia lihaksia erilaisine lihassykimppuasetelmineen ja jänneineen. Vasemmanpuoleisen kuvan lähdeviite Moore ym. (2014, 31). Oikeanpuoleisen kuvan lähdeviite Goldfinger (1991, 65).

Lihaksen toiminta perustuu sen kykyyn supistua (Peck 1982, 88). Kun lihas supistuu konsentrisesti, sen pituus lyhenee ja paksuus vastavuoroisesti kasvaa (Goldfinger 1991, 62–63), kuten kuviossa 11. Koska lihas sijaitsee vartalossa, välittyä lihaksen

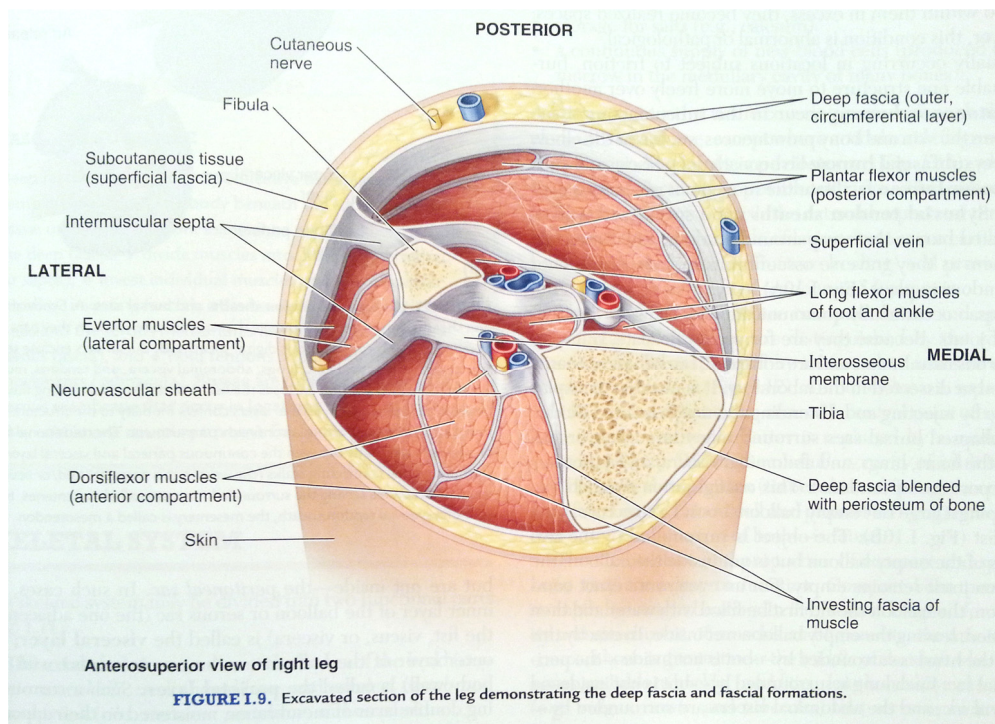
muodon muutos myös vartalon ulkomuodon muutokseksi (Richer 1986, 49). Lihaksen lyheneminen vetää sen kiinnittymiskohtia lähemmäksi toisiaan, ja sitä lihaksen kiinnittymiskohtaa, joka tavanomaisesti liikkuu vähemmän, kutsutaan lihaksen lähtökohdaksi. Enemmän liikkuvaa kohtaa kutsutaan puolestaan insertiokohdaksi. (Budowick ym. 1995, 84; Goldfinger 1991, 62.)



Kuvio 11. Lihassupistus vaikuttaa lihaksen muotoon ja mahdollistaa vartalon liikkumisen nivelistä. (Opas anatomiaan 2014, 18.)

Kun lihaksen kiinnittymiskohta sijaitsee ihossa, kuten esimerkiksi kasvolihasen kohdalla usein on, saa lihaksen supistuminen aikaiseksi ihon liikkumisen (Faigin 1992, 57; Richer 1986, 50). Kasvoilla tämä näkyy ilmehtimisenä (Simblet 2001, 47). Kun lihaksen kiinnittymiskohdat sijaitsevat eri luissa, jää näiden kohtien väliin vähintään yksi nivel, josta vartalo liikkuu lihassupistuksen seurauksena (Goldfinger 1991, 62). Esimerkiksi lapaluuhun toisesta päästään kiinnittyvä hauislihas ulottuu sekä olka- että kyynärnivelen ylitse kiinnittyen distalisemmasta päästään varttinäluuhun. Tämän lihaksen supistuminen aikaansaa käsivarren koukistumisen kyynärpäähän kohdalta sekä käsivarren kohottamisen olkanivelestä. (Goldfinger 1991, 168–169.) Lihasta, joka pääasiallisesti

aikaansaa tietyn toiminnan nivelessä, kutsutaan agonistiksi. Agonistille synergistisinä lihaksina puolestaan pidetään lihaksia, jotka avustavat kyseisen toiminnan toteutumista. (Moore ym. 2014; 34.) Käsivarren koukistamisessa olka-värttinälihas on hauislihaksen synergisti. Antagonistiksi puolestaan kutsutaan lihasta, jonka toiminta aikaansaa agonistiin nähden vastakkaissuuntaisen liikkeen samaisessa nivelessä, kuten hauislihaksen antagonisti kolmipäinen olkalihas ojentaessaan käsivartta. (Budowick ym. 1995, 84.) Vartalon ulkomuodossa samaa toimintaa toteuttavat lihakset tuottavat usein oman visuaalisesti yhtenäisen muotonsa (Goldfinger 1991, 62), mistä on hyötyä haluttaessa pelkistää vartalon muotoja.



Kuvio 12. Peitinkalvot lihasten ja lihasryhmien ympärillä. Lisäksi kuvioista on havaittavissa, että lihaksia voi olla useassa tasossa ja luu voi olla ihonalainen tai lihasten peittämä. Kaikkia näitä rakenteita peittää vartalon päällimmäisimmät kerrokset, iho ja ihonalainen kerros. (Moore ym. 2014, 17.)

Kuten kuvioista 12 näkee, niin yksittäisiä lihaksia kuin lihasryhmiäkin ympäröi sidekudoksinen peitinkalvo eli faskia, joka tukee lihasten muotoa ja paikallaan pysymistä (Schuenke, Schulte & Schumacher 2014, 61; Opas anatomiaan 2014, 425). Osa peitinkalvoista muodostaa lihasvälikalvoja (Moore 2014, 16–17). Osa paksuuntuneista peitinkalvoista toimii pidäkeside-rakenteina, jotka pitävät jänteitä paikoillaan esimerkiksi nilkassa (Moore ym. 2014, 18). Taiteilijan anatomiakirjoissa mainitaan lähinnä yksittäisiä peitinkalvoja. Esimerkiksi ohimolihasta peittävä ohimokalvo-peitinkalvo mainitaan,

koska poskikaaren kohdalla kyseinen peitinkalvo rajaa sisälleen myös rasvakertymän, seurauksena alueen siluetin muokkautuminen (Goldfinger 1991, 113).

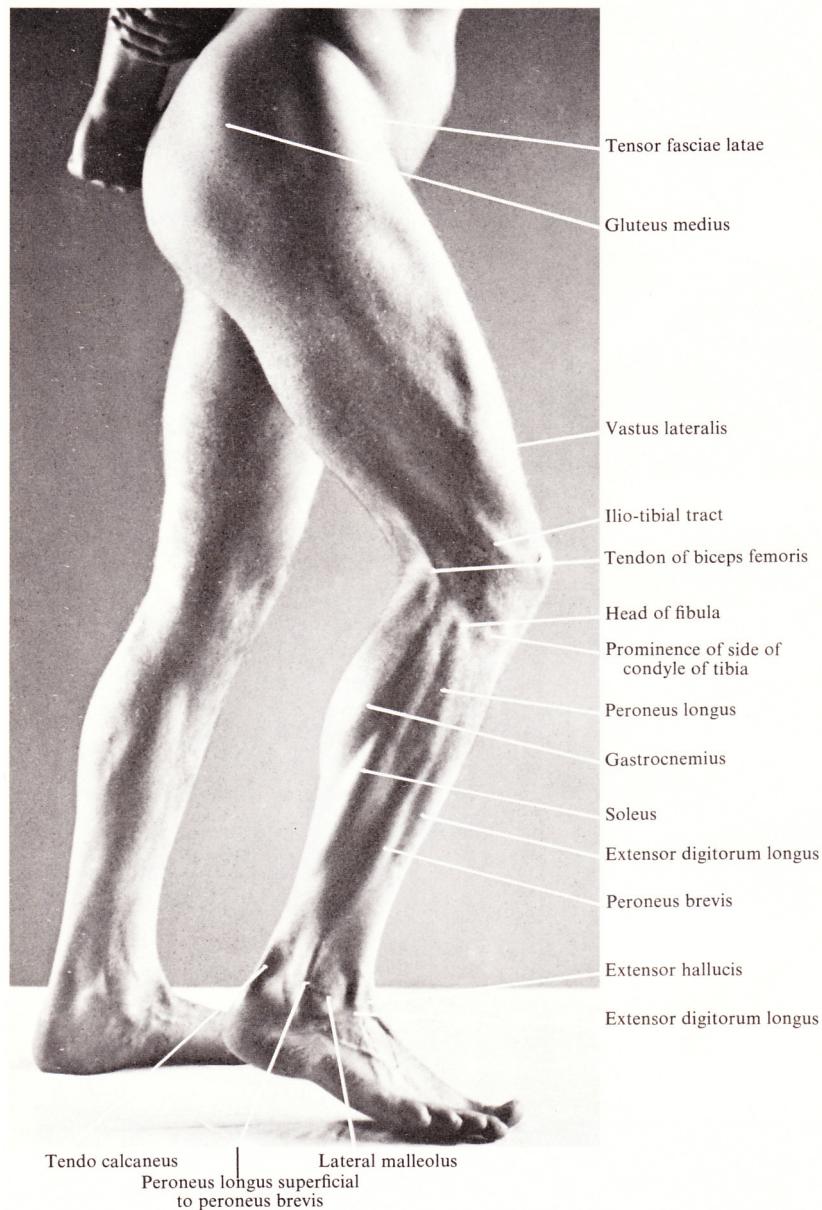


FIG. 118. Subject 'setting' muscles of leg

Note the concavity of the popliteal fossa behind the flexed knee and the fullness of this region behind the straight knee

Kuvio 13. Kuvassa olevan alaraajan ulkomuodossa on havaittavissa niin lihasten (esimerkiksi iso pakaralihas eli gluteus maximus), luiden (esimerkiksi pohjeluun pää eli head of fibula), jänneiden (esimerkiksi akillesjänne eli tendo calcaneus) kuin peitinkalvojenkin (esimerkiksi suoliluu-sääriside eli ilio-tibial tract) tuottamia muotoja. (Lockhart 1974, 60.)

Gluteal band taas mainitaan, koska se on yksi gluteal fold -muodon aikaansaajista (Goldfinger 1991, 297). Kolmas taiteilijalle tärkeä peitinkalvo on suoliluu-sääriside. Tä-

mä paksuuntunut peitinkalvo toimii ensinnäkin kiinnittymiskohtana kahdelle lihakselle, leveään peitinkalvon jännittäjälihakselle sekä isolle pakaralihakselle. Toiseksi se on suoraan osallinen vartalon ulkomuodon tuottamisessa, sillä sen distaalinen pää on usein havaittavissa selkeänä kohoumana polven lateraalaisella sivulla (kuvio 13). Peitinkalvoon kiinnittyneiden lihasten supistuminen puolestaan johtaa peitinkalvon kiristymiseen, mikä aikaansaa vartalon ulkopinnassa näkyviä uurteita peitinkalvon puretuessa allaan olevaan lihakseen. (Goldfinger 1991, 221.)

4.1.3 Aistinelimet: Silmät, korvat, nenä ja kieli

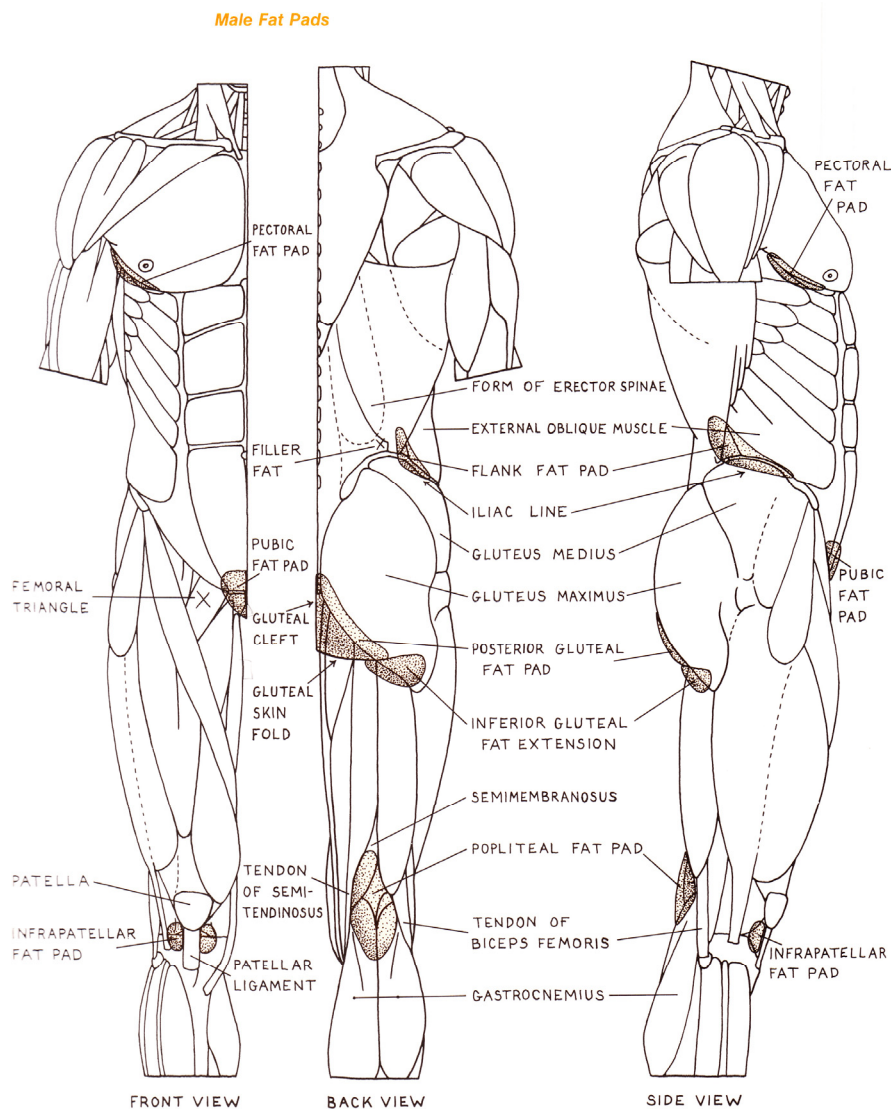
Silmät, korvat, nenä ja kielen makusilmut ovat kaikki ihmisen aistinelimiä. Kukin näistä reagoi erilaisiin ulkoisiin ärsykkeisiin ja välittää tietoa eteenpäin keskushermostoon. (Budowick ym. 1995, 60; Tirri ym. 2001, 22.) Kaikilla näillä on silminnähtävä merkitys ihmisvartalon ulkomuodossa, joskin kieli ei näy ulospäin suun ollessa suljettuna. Nenä on muodostunut pääkalloon kuuluvista luista, useasta erilaisesta rustorakenteesta sekä rasvakudoksesta (Goldfinger 1991, 285). Korvan ulkoiset osat ovat muodostuneet monimutkaisesta rustorakenteesta sekä rasvakudoksesta (Goldfinger 1991, 287). Silmämunan ulospäin näkyvät osat kuuluvat puolestaan kaikki silmämunan seinämän uloimpaan kahteen kerrokseen. Silmämunan valkoista osaa kutsutaan kovakalvoksi, värikalvoksi kutsutaan silmän värillistä keskiosaa, ja sarveiskalvoksi kutsutaan silmämunan pallomaisesta perusmuodosta poiketen kuperasti ulosnousevaa läpinäkyvää osaa. Värikalvon keskelle jäävä pyöreä aukko on nimeltänsä mustuainen. Värikalvon ja mustuaisen koko vaihtelevat esimerkiksi ympäristön valoisuuden perusteella. (Budowick ym. 1995, 62; Goldfinger 1991, 283.)

4.1.4 Iho ja rasvakudokset

Sekä aistinelimiin että integumenttiin kuuluva iho muodostaa suoraan vartalon ulkopinnan ja pitää sisällään muut vartalon elimet (Budowick ym. 1995, 60; Moore ym. 2014, 3). Vartalonosasta riippuen iholla on paksuutta 1-3 mm (Richer 1986, 80). Taiteilijan anatomiaoppaissa ihoa tavallisesti käsitellään lähinnä vartalon liikkeiden ja ikääntymisen myötä siihen syntyvien rypyjen tai kynsien ja karvojen osalta (Richer 1986, 80–81; Goldfinger 1991, 295–299). Karvat ja kynnet ovat ihon liiterakenteita (Moore ym. 2014, 3). Peck (1982, 158) käsittelee myös ihon väriä. Ihon pinnasta on löydettävissä lisäksi joitakin erikoismuotoja, kuten nänni ja napa (Goldfinger 1991, 300–301). Silmä-

munan yläkokulmassa sijaitseva ihopoimu tekee muutoin koverasta alueesta kuperan (Goldfinger 1991, 284).

Ihon alla sijaitsee rasva- ja sidekudoksesta muodostuva ihonalainen kerros, jonka merkitys vartalon ulkomuotoon on huomattava, sillä se sekä häivyttää allaan olevien muiden rakenteiden ääriviivoja että tuottaa täysin uusia muotoja. Ihonalaisen rasvan paksuus vaihtelee eri kohdin vartaloa, puuttuen täysin esimerkiksi silmäluomista. (Tirri ym. 2001, 261; Richer 1986, 78.) Ihonalaista rasvaa esiintyy myös Goldfingerin teoksessa (1991) esiintyvän klassisen ideaalivartalotyypin miesvartaloissa, jolloin rasvan ilmeneminen pelkistetään tapahtumaan vain tarkoin rajatuilla alueilla, vaikka todellisuudessa rasvakerros sulautuu esimerkiksi lihaksiin portaattomasti (Goldfinger 1991, 289–292).



Kuvio 14. Ideaalivartaloliselle miehelle tyypilliset rasvaesiintymät. (Goldfinger 1991, 292.)

Kuviossa 14 näkyy ideaalille vartalotyypille spesifejä rasvaesiintymiä. Osa näistä rasvakertymistä ei kuulu ihonalaiseen kerrokseen vaan vartalon eri rakenteiden väliin jääviä tiloja täyttäviin täyterasvaesiintymiin (Richer 1986, 80). On kuitenkin syytä huomata, että täyterasva ei välttämättä täytä kaikkia vartalossa sijaitsevia tyhjiä tiloja, sillä esimerkiksi ranteen värttinänluunpuoleisella sivulla sijaitsee ”anatomisena nuuskarasiana” tunnettu syväne (Goldfinger 1991, 197).

Kasvojen osalta rasvakudosta tyypillisesti esiintyy poskissa useassa tasossa, jopa lihasten alla, olevissa esiintymissä (Gierloff, Stöhring, Buder & Wiltfang 2012; Goldfinger 1991, 68). Lisäksi silmämunat ovat rasvakudoksen tukemina silmäkuopissaan, joten jos rasvakudosta on vain vähän, asettuvat silmämunat syväälle silmäkuoppiin (Budowick ym. 1995, 64; Peck 1982, 152). Tyypillisesti silmämuna sijaitsee silmäkuopassa niin, että mikäli vedetään sivusuunnasta katsottuna suora viiva silmäkuopan yläreunasta alareunaan, koskettaisi se sarveiskalvon ulointa kohtaa (Spencer 2011, 62–63). Rasvakudosta esiintyy merkittävästi myös osana korvia ja nenää kuten luvussa 4.1.3 mainitsin sekä huulista (Goldfinger 1991, 81).

Käsissä sekä jalkaterissä rasva- ja sidekudoksella on huomattava merkitys vartalon ulkomuotoon. Jalkapohjissa rasva- ja sidekudoksesta on muodostunut jopa 2 cm paksu rakennekerros, joka vaimentaa seisoma-asennosta jalkapohjiin koituvaa räsitusta (Schuenke ym. 2014, 472) ja antaa ihmiselle siis lisää pituutta. Tämä jalkapohjan rakennelma aikaansaa myös jalkapohjan tutun jalanjälkimuodon. Pelkistettynä rakennelman voi ajatella muodostuvan kahdeksasta erillisestä rasvaesiintymästä per jalka, jolloin kussakin varpaassa sijaitsee yksi rasvaesiintymä. (Goldfinger 1991, 295; Peck 1982, 141–143; Spencer 2010, 221.) Peukalossa voi puolestaan ajatella olevan yksi rasvakertymä, ja muissa sormissa kolme rasvaesiintymä kussakin. Nämä sormien rasvaesiintymät tuottavat noin puolet sormien paksuudesta. (Goldfinger 1991, 295; Peck 1982, 127.) Lisäksi kämmenessä on rasvaesiintymiä (Richer 1986, 113).

4.1.5 Umpierityselimet

Umpirauhaset ovat hormoneja tuottavia elimiä (Budowick ym. 1995, 72). Ainoa taiteilijalle mainittava vartalon ulkomuodon tuottaja on henkitorven ympärillä sijaitseva kilpirauhanen, joka mahdollisesti tuottaa kaulaan kummun ja jota myöten jotkut kaulan lihakset muotoutuvat (Goldfinger 1991, 299; Richer 1986, 88).

4.1.6 Verenkierroelimistö ja hermosto

Verenkierroelimistö muodostuu sydäimestä sekä verisuonista eli valtimoista, laskimoista ja hiusverisuonista (Moore ym. 2014, 37). Näistä taiteilijalle maininnanarvoisia ovat laskimot, sillä yksilöriippuvaisesti osa niistä kuultaa ihon läpi sinertävinä muodostaen välillä jopa kohoumia vartalon pintaan (Goldfinger 1991, 304). Tämän lisäksi olkavarren mediaalisella puolella on välillä mahdollista havaita omana kohoumanaan neurovaskulaarinen kimppu, joka sisältää rasvakudoksen ympäröimiä verisuonia sekä hermoja (Goldfinger 1991, 165). Myös esimerkiksi reisissä lähellä nivusia kulkee rasvaesiintymän sisällä hermoja ja verisuonia (Goldfinger 1991, 291). Ihminen kykenee liikuttamaan vartaloaan tahdonalaisesti luustolihasia säätelevien hermojen avulla. Nämä hermot kuuluvat ääreishermostoon. (Budowick ym. 1995, 12.)

4.1.7 Hengitys- ja ruuansulatuselimet

Hengityselimistä suuontelo ja nenäontelo sekä osa kurkunpään ja henkitorven rakenteista ovat ulkoisesti havaittavissa ja täten taiteilijalle merkityksellisiä vartalon ulkomuodon tuottajia. Kurkunpäässä havaittavissa ovat kalvon välityksellä kieliluuhun kiinnittynyt kilpirusto sekä mahdollisesti sen alapuolella sijaitseva rengasrusto. Osa kaulanalueen lihaksista muotoutuu vasten kurkunpään ja henkitorven rakenteita, joten tätäkin kautta kyseiset elimet ovat taiteilijalle tärkeitä. (Budowick ym. 1995, 202–207; Moore ym. 2014, 1021; Peck 1982, 99–101.)

Ruuansulatuselimiä ovat ruuansulatuskanava ja siihen liittyvät avorauhaset. Näistä taiteilijalle merkityksellisiä ovat suuontelo sekä leuan alapinnan muotoja tuottavat leuanalussylikirauhaset ja leuan takaosan muotoihin lähellä korvia vaikuttavat korvasylikirauhaset. (Budowick ym. 1995, 224; Goldfinger 1991, 299.) Myös ruuansulatuskanavan loppupää eli peräaukko (Budowick ym. 1995, 240) on ulkoisesti havaittavissa, mutta taiteilijan anatomiaoppaissa en sitä havainnut käsiteltävän.

4.1.8 Sukupuolielimet ja virtsanerityselimistö

Ulkoiset sukupuolielimet vaikuttavat vartalon ulkopinnan muotoon ja niitä käsitelläänkin taiteilijan anatomiaoppaissa. Miehen ulkoisia sukupuolielimiä ovat kivespussi ja siitin, jotka sijaitsevat häpyliitoksen alapuolella. (Budowick ym. 1995, 288–289; Goldfinger

1991, 300–303.) Virtsanerityselimistöä en havainnut taiteilijan anatomiaoppaissa erikseen käsiteltävän.

4.2 Vartalotyytit ja vartalon kunto vartalon ulkomuotoon vaikuttavina tekijöinä

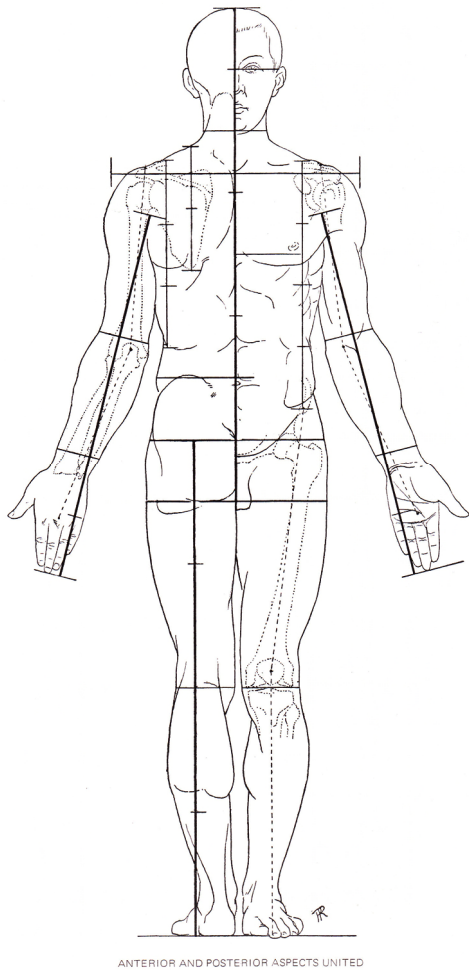
Ihmisvartalon tyyppiä voi kuvailla sen somatotyypin perusteella. Somatotyyppi arvotetaan kolmen tekijän, eli endo-, meso- sekä ektomorfinisuuden suhteen. Endomorfinisuuden kasvaessa tiedetään, että vartalotyyppille on ominaista rasvan suuri määrä. Mesomorfinisuuden ollessa suuri on vartalolle ominaista lihaksikkuus. Suuri ektomorfinisuuden arvo taas kertoo vartalon olevan lineaarinen. (Peck 1982, 201.) Vartalon kunto puolestaan riippuu sen ravitsemustilasta (Szunyoghy & Fehér 2010, 8). Lihavalla henkilöllä vartalon rasvakertymät kasvavat muuttaen vartalon ulkomuotoa ja lihakset sekä luurangon ihonalaiset maamerkit erottuvat huonommin (Richer 1986, 78; Goldfinger 1991, 289). Nälkiintyneen ihmisen vartalo taas lähenee ulkomuodoltaan luurangon muotoa (Peck 1982, 155). Fyysinen harjoittelu kasvattaa lihasten kokoa (Goldfinger 1991, 61), ja vähäinen rasvakudoksen määrä saa niiden muodot paremmin ihon läpi erottuviksi (Goldfinger 1991, 289). Atleettisessa vartalotyyppissä lihakset erottuvat mielestäni selkeästi, joten tässä työssä oletan atleettisuuden tarkoittavan lihaksiston osalta lihasten riittävää kokoa ja rasvakudoksen osalta sen vähyyttä.

4.3 Ihmisvartalon mittasuhteet vartalon ulkomuotoon vaikuttavina tekijöinä

Vartalon mittasuhteilla tarkoitetaan vartalon osien keskinäistä kokosuhdetta (Szunyoghy & Fehér 2010, 8), kuten esimerkiksi sitä, mikä on pään pituuden osuus koko vartalon pituudesta. Luiset maamerkit ovat sopivia kohtia mittasuhteiden määrittämiseen, koska jäykkänä luisina alueina ne eivät itsessään muuta muotoaan (Richer 1986, 20). Mittasuhteiden määrittämisessä voidaan tarkastella myös esimerkiksi napaa tai nännejä (Goldfinger 1991, 309). Ihmisyksilöiden välillä esiintyy vaihtelua vartalon mittasuhteissa, mutta taiteilijoiden avuksi on ajan saatossa esitetty erilaisia standardimittasuhtejärjestelmiä (Richer 1986, 129–135; Peck 1982, 192–198). Se, mikä mittasuhtejärjestelmä valitaan, vaikuttaa suoraan tuotettavan vartalon ulkomuotoon. Keskiverron aikuisen ihmisen vartalo noudattaa järjestelmää, jossa vartalon pituus vastaa seitsemää ja puolta pään korkeutta (Richer 1986, 132; Spencer 2011, 7) kuten kuviossa 15, joskin tästä on erimielisyyksiä, sillä esimerkiksi Raynes (1997, 58) esittää vartalon standardimittasuhteiksi seitsemää pään korkeutta. Kaanonია, missä vartalo on kahdek-

san päänmitan pituinen, voidaan pitää sankarihahmoille sopivampana (Spencer 2010, 8). Koska luurangon mitat vaikuttavat koko vartalon muotoon (Richer 1986, 12) ja moni mittasuhtejärjestelmien mitoista mitataan luisista maamerkeistä (Goldfinger 1991, 309), vaatii seitsemän ja puolen päänkorkeuden mittaisen mallin valmistaminen siis oikeanmittaisen luurangon toteuttamista.

Plate 110: PROPORTIONS OF THE HUMAN BODY



Kuvio 15. Seitsemän ja puolen päänkorkeuden mittasuhtejärjestelmä. (Richer 1986, 248.)

Taiteilijan oppaissa esitetään myös yksittäisiin rakenteisiin liittyviä standardimittasuhteita. Muun muassa kasvoista on löydettävissä monenlaisia säännönmukaisuuksia. Esimerkiksi etäisyyden hiusrajasta kulmakarvoihin voidaan katsoa olevan sama kuin etäisyys kulmakarvoista nenän alareunaan tai nenän alareunasta leuan alareunaan. (Peck 1982, 196.)

4.4 Sukupuoli vartalon ulkomuotoon vaikuttavana tekijänä

Anatomisessa oppimateriaalisessa on tyypillistä esittää miespuolinen vartalo anatomisen kuvailun perustana, kuten tekee esimerkiksi Goldfinger (1991). Naissukupuolelle spesifit anatomiset ominaisuudet mainitaan usein erillisessä osiossa, kuten tekee esimerkiksi Peck (1982, 224–235). On selvää, että realistisen miespuolisen hahmon toteuttamisessa tulee välttää naissukupuolelle tyypillisiä ominaisuuksia. Ensinnäkin on siksi kiinnitettävä huomiota siihen, että miehen ja naisen sukupuolielimet eroavat niin muodoltaan kuin sijainniltaan toisistaan (Szunyoghy & Fehér 2010, 8.) Miehellä ei ole hyvin kehittyneitä maitorauhasia, toisin kuin naisella. Myös miehen ja naisen luurangot eroavat toisistaan erityisesti lonkkaluiden muodon suhteen, joten luurankoreferenssien käytössä on kiinnitettävä huomiota luurangon oikeaan sukupuoleen. Naisen lihakset ovat tavallisesti vähemmän kehittyneet kuin miehen, ja naisella ihonalaisen rasvan määrä on suurempi ja rasvaesiintymiä on useammissa paikoissa kuin miehellä. Näiden seurauksena naisen vartalossa ovat pyöreämmät muodot. Eroja naisen ja miehen välillä on myös muun muassa karvoituksessa. (Opas anatomiaan 2014, 1; Peck 224–226; Goldfinger 1991, 289–293.)

4.5 Ikä vartalon ulkomuotoon vaikuttavana tekijänä

Anatomisessa oppimateriaalissa on tyypillistä käsitellä aikuista vartaloa lähtökohtana, kuten tekee Peck (1982, 215). Eri vartalon rakenteet kehittyvät eriaikaisesti ihmisen kasvaessa. Näin ollen ihmisen vartalossa esiintyvät mittasuhteet riippuvat merkittävästi ihmisen iästä. (Szunyoghy & Fehér 2010, 7.) Myös yksittäisten anatomisten rakenteiden muoto riippuu vartalon kehitysvaiheesta. Esimerkiksi lapsella kylkiluut sijaitsevat vaakatasossa (Rohen, Yokochi & Lutjen-Drecoll 2000, 5). Sukupuolielimet kehittyvät täysin vasta puberteetin myötä (Szunyoghy & Fehér 2010, 7). Vanhenemisen myötä muun muassa vartalon pituus lyhenee (Peck 1982, 215–217). Muille ikäluokille spesifit anatomiset ominaisuudet kuvaillaan tavallisesti omassa osiossaan, kuten tekee Peck (1982, 214–223).

4.6 Etninen alkuperä vartalon ulkomuotoon vaikuttavana tekijänä

Oman havaintoni perusteella ainakin länsimainen anatominen oppimateriaali vaikuttaa keskittyvän länsimaalaisen ja valkoihoisen ihmisen ulkomuodon kuvaamiseen. Varsin-

kin vanhanaikaisissa aineistoissa kuitenkin esitellään myös muille etnisille ryhmille spesifeiksi väitettyjä anatomisia ominaisuuksia omassa osiossaan tällöin keskittyen lähinnä pääkallon ja kasvojen muodon erilaisuuteen, kuten esimerkiksi tekee Peck (1982, 236–241).

4.7 Vartalon asennot vartalon ulkomuotoon vaikuttavina tekijöinä

Kun vartalo poistuu perusasennosta, ei sen ulkomuoto pysy samana (Richer 1986, 14). Esimerkiksi ison rintalihaksen muoto muuttuu huomattavasti, kun käsivartta nostetaan. Vartalon liikkeet perustuvat supistuviin lihaksiin, ja supistuvan lihaksen voi havaita esimerkiksi ihon kohoamisen kyseisen lihaksen kohdalla. Lihasten jännittäminen voi muun muassa aikaansaada lihassykimppukuvioiden paremman erottuvuuden vartalon pinnalla. (Goldfinger 1991, 142–144; Richer 1986, 49, 58.) Vartalon asennot vaikuttavat myös luurangon anatomisten maamerkkien näkyvyyteen ja maamerkkien sijaintiin toisiinsa nähden. Esimerkiksi reisiluun iso sarvennoinen peittyy ison pakaralihaksen alle, kun reittä lateraalisesti rotatoiden taivutetaan (Goldfinger 1991, 33). Toisaalta lateraalinen taivutus vyötäröstä tuo rintakehän lähemmäksi taivutuksenpuoleisia lonkkaluun maamerkkejä samalla kun vastaava etäisyys vartalon toisella puolella kasvaa (Raynes 1997, 60–61). Myös painovoima vaikuttaa vartalon muotoihin, joten vartalon asennoituminen suhteessa maanpintaan vaikuttaa vartalon ulkomuotoon. Painovoima esimerkiksi aikaansaa isojen rintalihasten roikkumista alaspäin, kun seisotaan rinta ja käsivarret rentoina (Richer 1986, 94). Vartalon paino itsessään aikaansaa puolestaan esimerkiksi jalkapohjan rasvaesiintymien litistymistä ja jalkaterän kaarien loivenemistä (Goldfinger 1991, 42; Raynes 1997, 76; Schuenke ym. 2014, 472).

5 Prosessikuvaus anatomisesti oikeaoppisen digitaalisen mallin toteuttamisesta

Tässä luvussa kerron, miten tutkin referenssi- ja tutkimusaineistoani, kuinka toteutin 3D-mallini ja minkälainen siitä tuli. Mallini ja toiminnallisen osuuden suhteen asettamani tavoitteet löytyvät tämän opinnäytetyön johdannossa määriteltynä. Päättökysymykseni työssäni oli siis ”Kuinka toteuttaa anatomisesti oikeaoppinen, seitsemän ja puolen päänkorkeuden pituinen digitaalinen 3D-malli länsimaalaisen, atleettisen ja miespuolisen aikuisen ihmisen vartalosta taiteilijalle merkityksellisellä tasolla.” Varta-

loon halusin työssä näin ollen perehtyä sillä tarkkuudella ja niiden rakenteiden tasolla, mitkä taiteilijan näkökulmasta ovat merkityksellisiä ihmisvartalon kokonaisuuden tuottamisessa. Anatomisella oikeaoppisuudella tarkoitin työssä sitä, että kunkin mallinnetun anatomisen rakenteen sijainti, koko sekä muoto olivat teoriatiedon mukaisia. Malliini sisällyttämäni rakenteet valikoituivat opinnäytetyön rajauksen ja referenssiaineiston perusteella. Näin ollen mallinnettavakseni tulee tässä luvussa rakenteita ihmisen luumangosta luineen ja rustoineen, vartalon pintamuotoihin vaikuttavia lihaksia jänteineen, rasvakudosta, joitakin ligamentteja ja peitinkalvoja, kaksi sylkirauhasta, kilpirauhanen, silmät, nenä, korvat, osa kurkunpään ja hengitystorven osista sekä muutamia ihon rakenteita. Karvoitus ja verenkiertoelimistö jäivät työn ulkopuolelle.

Ennen kuin aloitin itse 3D-mallin veistämisen, tein lukuisia muita valmistelevia työvaiheita. Ensinnäkin tutustuin paremmin ZBrush-ohjelman käyttämiseen lukemalla ohjelman dokumentaatiota, katsomalla virallisia ZBrush-opetusvideoita ja tarkastelemalla hieman muita ZBrush-aiheisia tutoriaaleja. Testasin samalla eteen tulleita ZBrush-ominaisuuksia yksinkertaiseen pallo-objektiivin ohjelman sisällä, ja lopuksi tein nopean vapaamuotoisen veistoharjoituksen. ZBrush-ohjelmaan tutustuminen oli tärkeä työvaihe, sillä näin sain selville, mitä mahdollisuuksia ZBrush tarjoaa minulle digitaalisen veistämisen ja 3D-mallin valmistamisen suhteen. Näin myös toteutin tavoitettani oppia ZBrush-ohjelman käyttö paremmin.

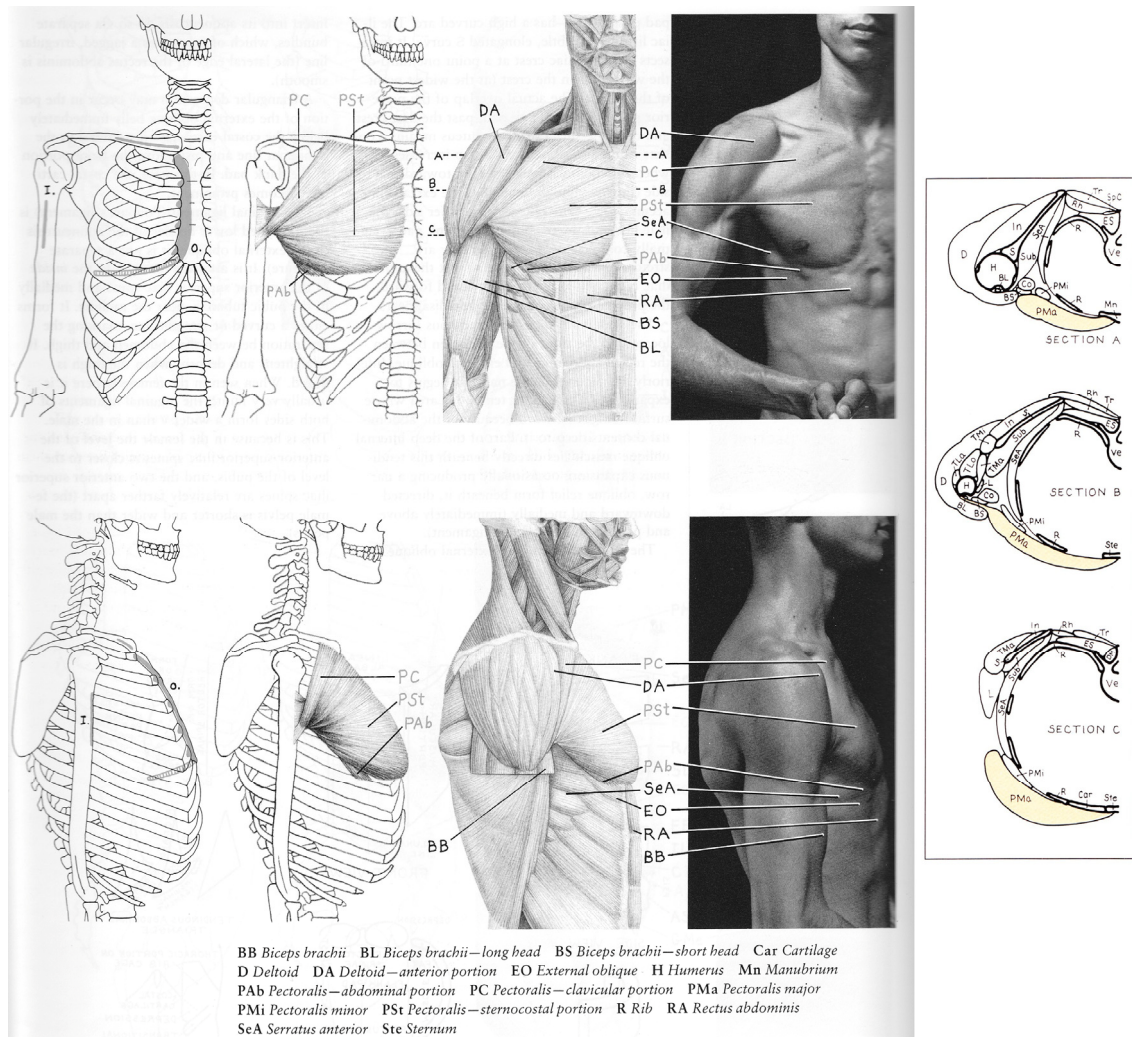
5.1 Toiminnallisessa osuudessa käyttämäni referenssi- ja tutkimusaineisto

Ennen itse 3D-mallin veistämiseen ryhtymistä suoritin myös anatomia-aiheisen referenssi- ja tutkimusaineiston keräämisen. Tämä työvaihe oli olennainen, sillä työn tavoitteiden täyttäminen olisi ollut mahdotonta ilman referenssiaineistoa. Potentiaalista referenssiaineistoa vaikutti olevan saatavilla vaikka kuinka paljon kirjoissa ja Internetissä sijaitsevien tekstien sekä kuvitusten muodossa. Sen sijaan käytettävissäni ei ollut työn rajaukseen sopivan vartalon omaavaa elävää miesmallia eikä myöskään pääsyä mihinkään ruumiinavauksiin tai vastaaviin, joissa olisin voinut tarkastella anatomisia rakenteita luonnossa. Näin ollen ymmärsin, että koska joutuisin tukeutumaan kaksiulotteiseen tai digitaaliseen aineistoon tutkimuskohteeni ollessa kolmiulotteinen ja tosimaailmallinen, olisi ehdottoman tärkeää löytää monipuolisesti eri kuvakulmista olevaa referenssikuvitusta. Tässä korvaamattomaksi lähteeksi nousi kuusiosainen lääketieteenalan DVD-sarja, Acland's DVD Atlas of Human Anatomy (Acland 2004a; 2004b; 2004c; 2004d; 2004e; 2004f). Kyseisessä sarjassa läpikäydään ihmisen anatomiaa

preparoitavan ruumiin avustuksella. Liikkuvassa videokuvassa näytetään erinäisiä rakenteita monesta suunnasta, mistä oli paljon hyötyä erityisesti ranneluiden muodon ymmärtämisessä. Sarjasta sai mielestäni hyvin selville, miltä eri anatomiset rakenteet todellisuudessa näyttävät, joskin matalaresoluutioisen videon kuvanlaatu oli mielestäni välillä huono. Anatomisista piirustuksista saamani vaikutelma oli välillä hyvin toisenlainen verrattuna oikeista elimistä otettuihin video- ja valokuviin.

Scott Eaton, joka on tunnettu ihmisanatomian ja digitaalisen veiston asiantuntija, oli kotisivuillaan listannut suosituksiaan liittyen anatomiankirjoihin (Eaton 2013), joten päätin tarkastella kyseisiä kirjoja. Kirjoista Eliot Goldfingerin *Human Anatomy for Artists: The Elements of Form* (1991) osoittautui ehdottomasti tärkeimmäksi referenssiksi työni onnistumisen kannalta. Ensinnäkin Goldfinger kertoi kyseisen teoksensa johdannossa (1991, xi) kirjan keskittyvän klassisen ideaalimiesvartalon kuvaukseen, mikä oli työni rajauksen mukainen, ja että kirja oli tarkoitettu nimenomaan taiteilijoiden anatomiareferenssiksi. Toiseksi samaisessa johdannossa väitettiin, että kirja sisältäisi kaikki ne anatomiset rakenteet, jotka vaikuttavat ihmisvartalon ulkomuotoon. Jos tämä pitäisi paikkansa, se tarkoittaisi, että läpikäymällä kaikki kirjassa esitetyt rakenteet ja sisällyttämällä jokaisen niistä 3D-malliini olisin työni aiheen mukaisesti onnistuneesti perehtynyt ihmisen anatomisiin rakenteisiin siltä osin, mikä taiteilijan näkökulmasta on merkityksellinen ihmisen ulkomuodon tuottamisessa. Päätin olettaa Goldfingerin väittämän olevan totta, ja tämän oletuksen mukaisesti päätin mallintaa malliini kaikki kirjassa esiintyvät rakenteet ihoa ja laskimoita lukuun ottamatta. Myöhemmin itse 3D-mallia tehdessäni minulle kuitenkin selvisi, että Goldfingerin teos ei kattanut kaikkia 3D-mallini kokonaisuuden tuottamiseen tarvittavia anatomisia rakenteita. Syy sille, miksi rajasin verisuoniston ja suurimman osan ihosta työni ulkopuolelle oli se, että pidin niiden merkitystä pienenä vartalon kokonaisuuden tuottamisessa.

Oli vielä kolmas syy, miksi Goldfingerin teoksesta tuli tärkein referenssi työssäni: kyseinen kirja oli ainoa löytämäni lähde, jossa oli kattavasti läpileikkauskuvia eri lihaksista ja vartalonosista (kuviot 16). Läpileikkauskuvat sisälsivät korvaamatonta tietoa anatomisten rakenteiden ja vartalonosien paksuudesta sekä rakenteiden pintojen kaarevuudesta läpileikkauskohtien kohdalla. Tämä oli sellaista tietoa, mitä ei pelkistä etu-, sivu- ja takasuunnasta olevista anatomisista piirroksista ollut mahdollista saada, ja kuvanveistossa nimenomaan syvyysinformaatio on oleellista (Raynes 1997, 36).



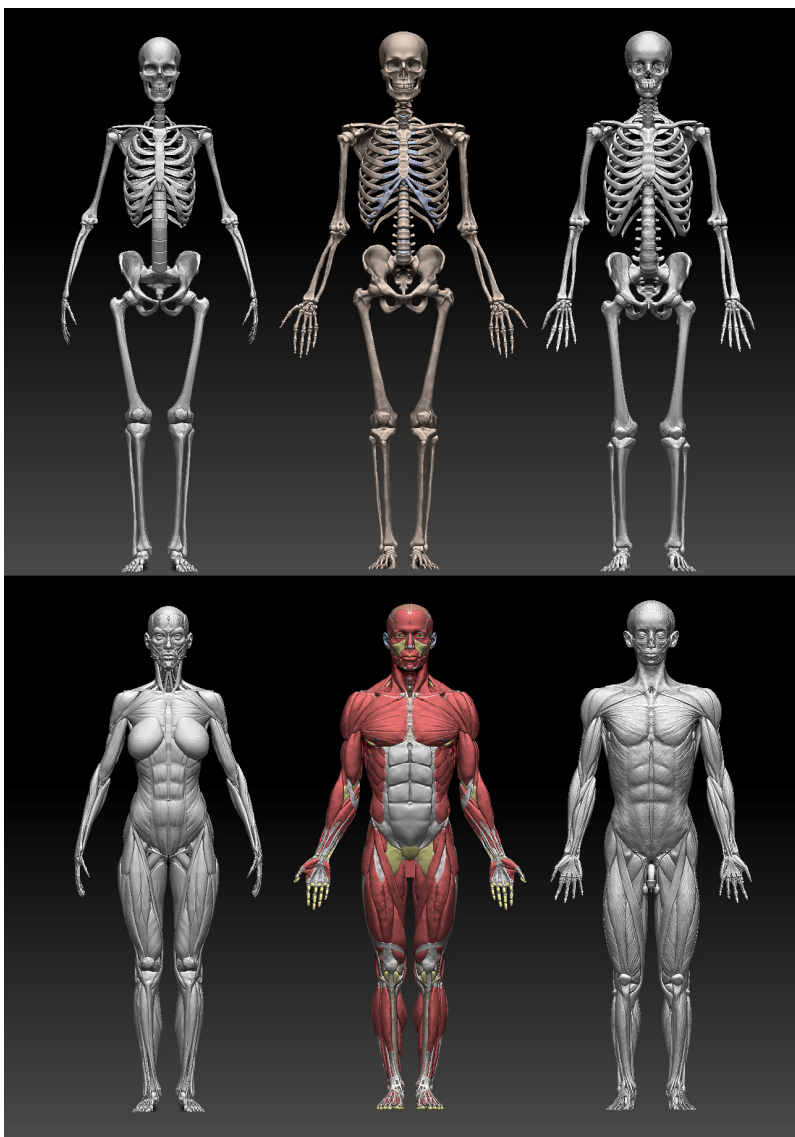
Kuvio 16. Goldfingerin teoksessa (1991) oli lähes kaikista kirjassa esitellyistä lihaksista (paitsi ei kasvolihasista) kattavasti etu- ja sivusuunnasta sekä usein myös takasuunnasta piirrettyjä kuvia sekä läpileikkauskuvia, kuten kuvion oikeassa laidassa. Kuviossa näkyvät isosta rintalihaksesta teoksessa olleet kuvat. (Goldfinger 1991, 142–143.)

Liitteestä 3 löytyy listattuna kaikki digitaalista mallia tehdessäni käyttämäni referenssit. Bammesin teos (2009) oli saksankielinen, joten saksaa osaamattomana kykenin hyödyntämään kirjaa vain joidenkin kuvituskuvien osalta. Muu aineisto oli englannin- tai suomenkielistä, jolloin kykenin myös hyödyntämään aineiston tekstiosuuksia tutkimusaineistonani. Anatomian kuva-atlas (Rohen ym. 2000) oli valokuvateos preparoidusta ruumiista. Spencerin teoksen aiheena oli ihmisen vartalon veistäminen ZBrush-ohjelmalla, mutta tästä kirjasta en juuri hyötynyt tässä työssä kirjan keskittyessä fantasiagenressä tyypilliseen sankarihahmoon (Spencer 2010, xiii), joka ei myöskään ollut anatomisessa perusasennossa. Yleisesti ottaen mukana oli 11 kappaletta taiteilijoille tarkoitettuja kirjoja, 12 kappaletta lääketieteelliseen käyttöön tarkoitettuja aineistoja sekä kaksi muuhun käyttöön tarkoitettua teosta. Aineistossa oli tekstiä, valokuvia tai

videokuvaa preparoiduista ruumiista, piirrettyjä kuvia, kuvia digitaalisista malleista sekä valokuvia elävistä ihmisistä. Kuvat elävistä ihmisistä eivät kuitenkaan tässä työssä olleet mielestäni hyödyllisiä, sillä en voinut olla varma esimerkiksi siitä, jännittikö valokuvassa oleva henkilö lihaksiaan. Lihasten jännittäminen muuttaa niiden muotoa (Simblet 2001, 164). Ylipäätään eläviltä ihmisiltä ei ihon alta erottunut anatomisia rakenteita sillä tarkkuudella, mitä työtä varten halusin nähdä. Kehonrakentajilla lihasten muodot toki erottuvat hyvin, mutta päätin, että kehonrakentajan lihasten koko ei vastaa klassisen standardivartalon lihasten kokoa, ja näin suljin kehonrakentajat työn referenssiaineiston ulkopuolelle. Internetistä löydettyjä valokuvia anatomisista rakenteista en käyttänyt referenssinä työssäni lähdekriittisyyteni vuoksi, sillä esimerkiksi luita kuvaavien valokuvien kohdalla en voinut olla varma, oliko kuvassa esiintyvä luu tyyppillisen terveen ihmisen luu. Anatomiakirjoissa esiintyvään kuvitukseen sen sijaan uskoin voivani luottaa.

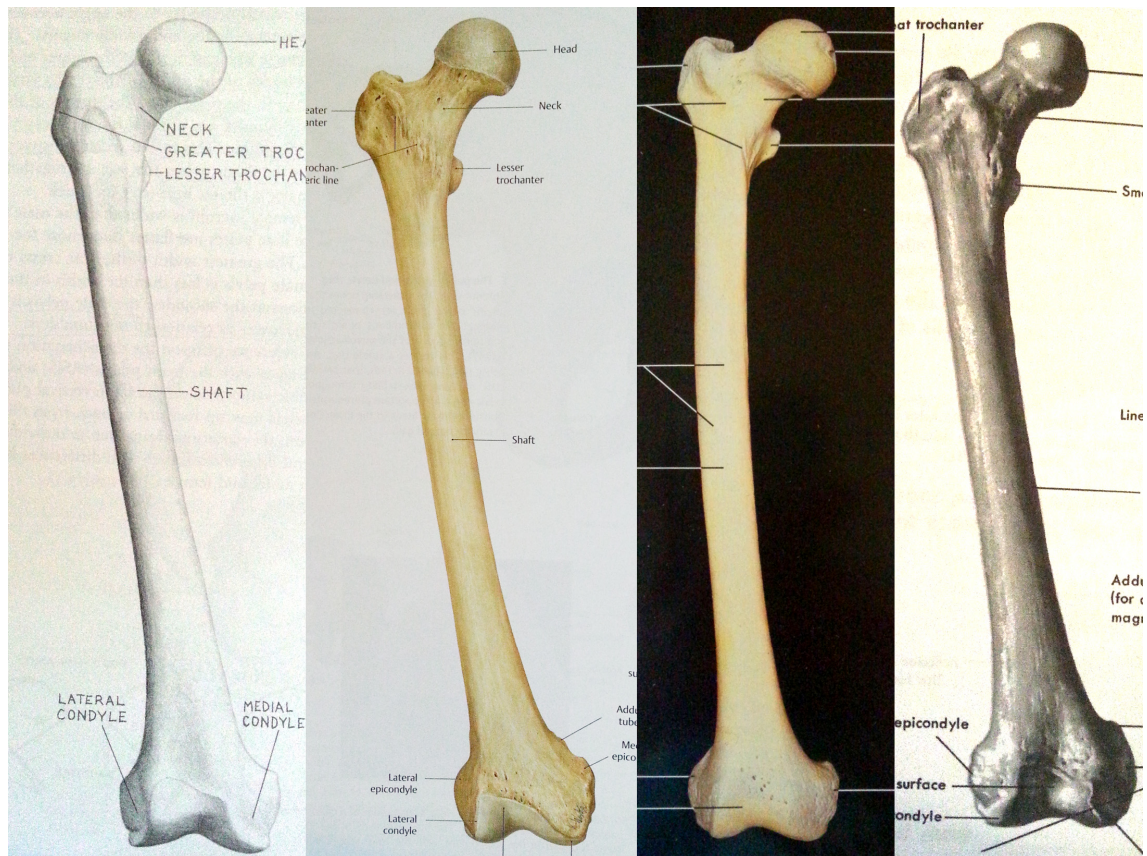
Saatavillani oli myös kaksi valmista digitaalista anatomiamallia. Ensimmäisessä malleista oli japanilaisen tutkimusryhmän tuottama TARO-malli, joka oli valmistettu 173,2 cm pitkän keskivertojapanilaismiehen vartalosta MRI-kuvantamistekniikan avustuksella ja joka oli saatettu yleiseen jakeluun osana BodyParts3D-tietokantaa (Mitsuhashi, Fujieda, Tamura, Kawamoto, Takagi & Okubo 2009; National Institute of Information and Communication Technology 2006). TARO-malli ei mielestäni vastannut työni kohteeksi määriteltyä vartaloa, sillä se edusti muuta etnisyyttä kuin länsimaalaista eikä se keskivertovartalona oletettavasti vastaisi ideaalivartaloa. TARO-mallissa oli mallinnettuna irrallisina osina luiden ja lihasten lisäksi myös muun muassa sisäelimiä ja itse ladattavassa mallissa osat oli nimetty numero- sekä kirjainsarjana. Tästä syystä mallin tarkastelu oli hankalaa, ja vahingossa poistinkin mallista muun muassa yhden olkaluun sitä tutkiessani. Toinen valmiista malleista taas oli ZBrush-ohjelman mukana tullut anatomiamalli, jonka oli valmistanut Ryan Kingslien. Tämä malli esitti kuitenkin naisvartaloa eikä näin myöskään edustanut opinnäytetyöni kohdetta. Näin ollen tässä työssä hyödynsin näitä valmiita malleja vain ja ainoastaan vertailukohteena omalle mallilleni etsimällä eroavaisuuksia mallien välillä ja pohtimalla syitä havaitsemiini eroihin. En käyttänyt valmiita malleja suoraan referensseinä tai pohjana omaa mallia veistäessäni, koska tarkoitukseni ei ollut valmistaa minkäänlaista kopiota jo olemassa olevasta 3D-mallista. Kuviossa 17 esiintyvät vierekkäin itse valmistamani malli sekä yllä mainitut valmiit mallit. Luurangon osalta ainoa pohdintaani herättänyt iso ero oman mallini ja valmiiden mallien välillä oli loppujen lopuksi vain lapaluun etäisyys kylkiluista. Omassa mallissani lapaluu oli etäämpänä kuin valmiissa malleissa. Läpikävin siis muuta tutkimusaineistoani uudelleen lapaluun sijainnin suhteen, ja havaitsin myös Aclandin video-

sarjassa (2004a) lapaluun sijaitsevan kaukana kylkiluista. Tämän koin riittäväksi perusteeksi säilyttää oman mallini lapaluu sijainnissaan. Lihaksistoa mallintaessani olin puolestaan siinä luulossa, että TARO-malli ei edustanut atleettista vartaloa, sillä se oli näyttänyt omaan silmääni vähemmän lihaksikkaalta kuin taiteilijan oppaissa esitetyt ideaalivartalot. Näin ollen en uskonut TARO-mallista olevan juuri hyötyä edes vertailukohteena enkä sitä siksi juuri enää tarkastellut saatuaani luurangon valmiiksi. Valmista malliani TARO-malliin vertaillessani havaitsin kuitenkin yllätyksekseni, että TARO-mallin vartalo ei ollutkaan niin ideaalivartalosta poikkeava kuin mitä olin mallinnusvaiheessa luullut. Kingslienin anatomiamalli erosi omasta mallistani lihaksiston suhteen enemmän, ja tämän eron uskon selittyvän mallien sukupuolien eroavaisuudella.



Kuvio 17. Työssä valmistamani malli keskellä (yllä luuranko, alla koko malli). Vasemmalla Ryan Kingslienin anatomiamalli, oikealla TARO-malli (osa BodyParts3D-tietokantaa).

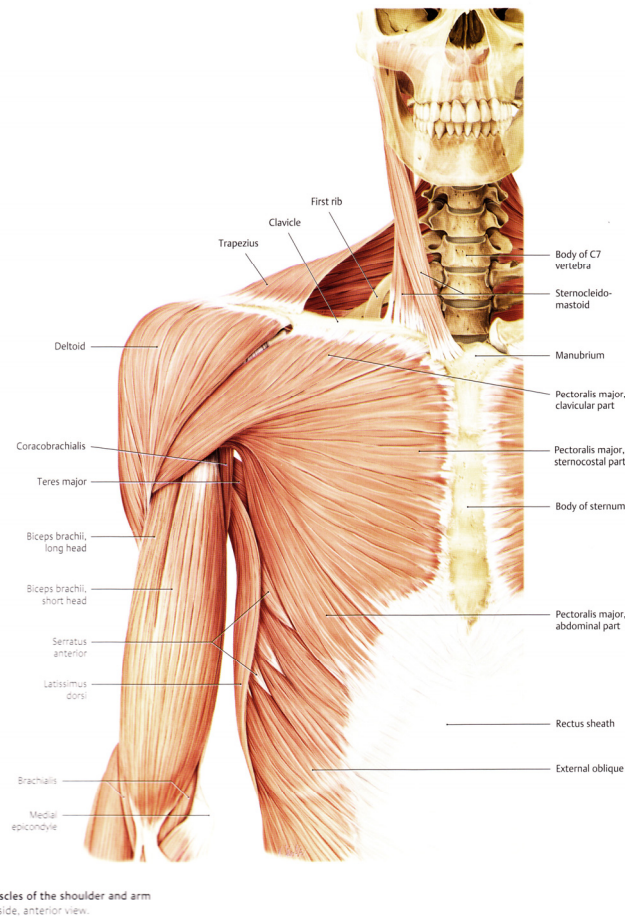
Jouduin myös täydentämään tutkimusaineistoani myöhemmin 3D-mallia valmistaessani, sillä kohtasin muutamia tilanteita, joissa en löytänyt kaipaamaani tietoa olemassa olevasta lähdeaineistosta. Päälaen päälle asettuvan kudoksen paksuutta selvittäessäni etsiskelin vastausta muun muassa kasvojen rekonstruktioon liittyvän aineiston parista. Kasvojen rasvaesiintymiä sijoittaessani hakeuduin plastiikkakirurgisen aineiston pariin. Pohjeluun ja lonkkaluun rakennetta en ollut hahmottanut oikein alusta lähti olemassa olleen aineistoni avulla, ja siksi jouduin etsimään uuden lähteen avukseni. Tämä teos oli Gray's Anatomy (Gray 2012).



Kuvio 18. Reisiluu edestä eri referensseissä. Ensimmäinen vasemmalta on taiteilijan oppaasta (Goldfinger 1991, 32), kuten myös viimeinen (Peck 1982, 69). Vasemmalta toinen on lääketieteellisen teoksen piirustus (Schuenke ym. 2014, 414). Vasemmalta kolmantena on valokuva aidosta luusta (Rohen ym. 2000, 415).

Luurangon osalta kaikki referenssiaineistoni piirustukset sekä valokuvat ja videot pre-paroiduista ruumiista olivat käyttökelpoisia. Luut näyttivät suurin piirtein samoilta niin valokuvissa, lääketieteellisissä piirustuksissa kuin myös taiteilijan anatomiaoppaissa (kuvio 18). Lihasten osalla näin ei kuitenkaan ollut. Taiteilijan anatomiaoppaissa esiteltiin vartaloita, joissa lihakset olivat muodokkaita. Tällainen vartalo vastasi omaa subjektiivista käsitystäni siitä, miltä atleettinen vartalo näyttää, joten taiteilijan anatomioppai-

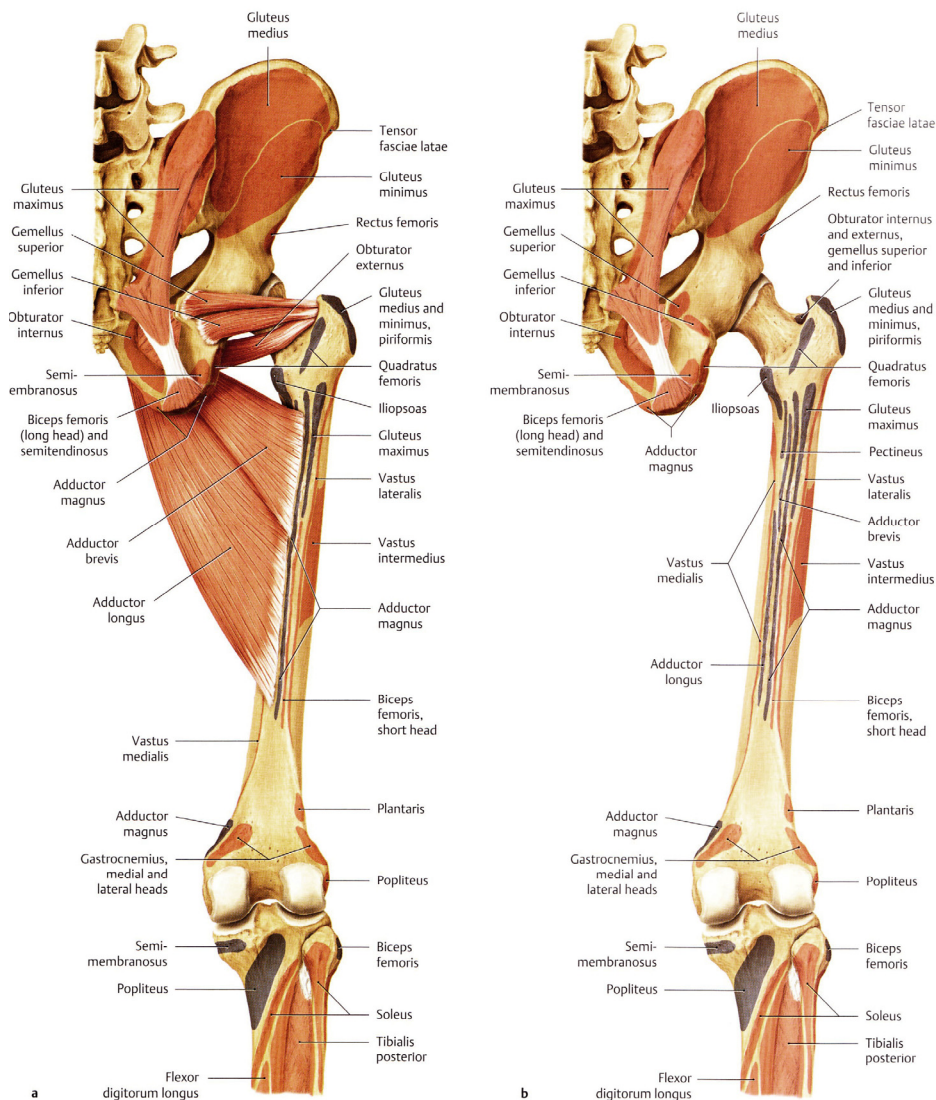
den kuvitus oli lihaksiston osalta paras lähde työlleni. Lääketieteellisissä piirustuksissa sen sijaan lihakset olivat huomattavasti vähemmän muodokkaita (kuvio 19), mistä päätelin kyseisissä kuvissa esitettävän vartalotyypin olevan jokin muu kuin atleettinen. Näin ollen lääketieteellisistä piirustuksista en saanut tietoa 3D-mallini lihaksille tavoiteltavasta koosta.



Kuvio 19. Lääketieteellisen teoksen kuvituksissa esimerkiksi iso rintalihas oli vähemmän muodokas verrattuna kuvion 16 taiteilijan oppaan kuvitukseen. (Schuenke ym. 2014, 334.)

Sen sijaan lääketieteellisissä piirustuksissa näkyi erityisen hyvin ja taiteilijan anatomiaoppaita tarkemmin eri lihasten kiinnittymiskohtia (kuvio 20). Lihaksia paikalleen asettaessani hyödynsin runsaasti lääketieteellisiä piirustuksia. Mikäli taiteilijan anatomiaoppaiden ja lääketieteellisten piirustusten välillä esiintyi eroja kiinnittymiskohdissa, noudatin aina lääketieteellisiä piirustuksia. Syynä tähän oli se, että uskon lääketieteellisen aineiston olevan näistä kahdesta luotettavampi. Preparoiduista ruumiista olevissa kuvissa lihakset, jänteet ja muut elimet muistuttivat lääketieteellisiä piirustuksia, joskin rakenteet eivät olleet lainkaan yhtä selvärajaisia kuin piirustuksissa. Erityisesti jänte-

den toiminnan ymmärtämisen osalta koin Aclandin videosarjasta (2004a) olleen kuitenkin paljon hyötyä.



The muscles of the thigh, hip, and gluteal region
right side, posterior view. The origins and insertions of the muscles are indicated by color shading (red = origin, blue = insertion).

All muscles have been removed except for the adductor brevis.

adductor longus, gemellus superior and inferior, and obturator externus.
b All of the muscles have been removed.

Kuvio 20. Lihasten kiinnittymiskohdat luissa ja ligamenteissa näkyivät erityisen hyvin lääketieteellisessä aineistossa. Punaiset ovat lihasten lähtökohtia, siniset insertiokohtia. (Schuenke ym. 2014, 509.)

5.2 Tavoitellun vartalo tyypin asettamat ehdot

Digitaalisen mallin vartalo tyypin suhteen olin siis päättänyt tavoitella länsimaalaisen, miespuolisen, iältään aikuisen ja vartalo tyypiltään atleettisen ihmisen vartaloa. Kuten

luvussa 4 läpikävin, taiteilijan anatomiaoppaissa esiintyvä vartalo tyyppi vastasi täydellisesti näihin tavoitteisiin.

Sen sijaan seitsemän ja puolen pään mitan mittasuhteijärjestelmän noudattamiseksi minun tuli tehdä ensiksi selvitystyötä. Pohdiskeltuani asiaa jonkin aikaa tulin siihen lopputulokseen, että päästäkseni seitsemän ja puolen päänkorkeuden pituiseen vartaloon joutuisin käyttämään luurankoa, jossa itse luurangon pituus olisi suurempi kuin seitsemän ja puoli pääkallon korkeutta. Perusteena tälle teorialleni oli se, että ensinnäkin ihmisen pää on kookkaampi kuin sen sisällä oleva pääkallo, sillä päälleen päälle ja leuan alle kiinnittyy kudosta. Toiseksi, ihmisen vartalo on pidempi kuin sen sisällä oleva luuranko, sillä jalkojen alle sekä päälleen päälle kiinnittyy kudosta. Nämä luurangon päälle kiinnittävät kudokset eivät kuitenkaan olisi kovin paksuja suhteessa kokovartalon pituuteen. Jalkojen alle olisi tulossa noin 2 cm kudosta (Schuenke ym. 2014, 472). Päälleen päälle tulevan kudoksen paksuus taas olisi 4,5 mm. Tämän paksuusmitan mainitsi Bailey (2013) viitaten lähteisiin Stephan ja Simpson (2008) ja www.CRANIOFACIALidentification.com (n.d.). Leuan alla olevaa kudosta en loppujen lopuksi ottanut huomioon työssä. Koska olin jo päättänyt käyttäväni Goldfingerin teosta työni pääasiallisena suunnanantajana, halusin käyttää kyseisessä teoksessa sivuilla 4-5 ja kuviossa 5 esitettyä luurankoa lähtökohtanani. Luuranko vaikutti sopivalta, sillä siitä oli selkeät, keskenään samassa suhteessa ja anatomisessa asennossa olevat piirustukset etu-, sivu- ja takasuunnista. Viivoittimen avulla havaitsin, että kyseiseen luurangon mahtui noin 7,64 pääkalloa. En voinut olla varma, tuottaisiko tämä luuranko juuri 7,5 päänmittaisen vartalon, mutta pidin sitä mahdollisena, sillä kirja perustui juuri klassiseen vartalotyyppiin. Päätin siksi ottaa riskin ja lähteä rakentamaan 3D-malliani Goldfingerin luurangon mittasuhteiden perusteella.

5.3 Mallin valmistamisjärjestys ja ZBrush-ohjelmassa käyttämäni tekniikat

Ennen mallin veistämisen aloittamista päätin, kuinka se tulisi rakentumaan. Koska tavoitteenani oli tuottaa kaikki toteutettavaksi valitsemani anatomiset rakenteet omina 3D-objekteina, päätin tehdä jokaisesta anatomisesta rakenteesta oman SubTool-objektin ZBrush-ohjelmassa. Näin pystyisin myös hallitsemaan yksittäisten rakenteiden näkyvyyttä. SubTool-objektijaottelu ei mennyt kuitenkaan täysin elimittäin, sillä välillä oli mallintamisen kannalta helpompaa tai käytännöllisempää pitää esimerkiksi jänne ja lihas eri objekteina. Myös silmän sarveiskalvon tein omana SubTool-objektina sen läpinäkyvästä luonteesta johtuen. Joihinkin SubTool-objekteihin sisällytin puolestaan

useamman erillisen anatomisen osan. Esimerkiksi selkärangan nikamat yhdistin kaikki yhteen selkärankaobjektiin, kuten tein myös käden luille ja jalkaterän luille, sillä tämä oli käytännöllisempää. Samassa SubTool-objektissa olevat eri osat olivat kukin kuitenkin omana polygoniverkkonaan, eli käytännössä omia objektejaan. Muiden kuin luiden osalta pyrin siihen, että yksittäinen SubTool olisi aina muodostunut yhdestä yhtenäisestä polygoniverkosta. Kuitenkin useiden käsivarren lihasten kohdalla jouduin mallintamaan jänteet ja lihaksen punaisen osan eri polygoniverkoikseen, koska en onnistunut yhdistämään näitä ilman jänneiden muodon rikkoontumista. Näin ollen kyseisissä lihaksissa on useita toistensa sisään meneviä polygoniverkkoja.

Mallin veistämisessä päätin edetä rakentamalla vartaloa sisältä ulospäin, sillä esimerkiksi lihasten paikalleen asettelu vaati luurangon olevan jo mallinnettuna. Toteutin siis ensiksi kaikki luut rustoineen mahdollisimman tarkasti aloittaen pääkallosta. Tämän jälkeen uskoin olevan aika siirtyä lihaksistoon, ja niin tein. Lihaksia paikalleen asettaessani havaitsin kuitenkin, että en ollut mallintanut kaikkia tarpeellisia elimiä paikalleen. Esimerkiksi lantiossa osa lihaksista kiinnittyi luiden sijasta ligamentteihin, joten ennen kuin pystyin jatkamaan lihasten mallintamista, oli tarpeen mallintaa ligamentit paikalleen. Kaulan alueella minun tuli ensiksi mallintaa kurkunpään ja henkitorven rakenteet sekä kilpirauhanen, jotta voisin asetella näitä myöten kulkevat lihakset paikoilleen. Lihasten mallintamisen yhteydessä mallinsin myös joitakin peitinkalvoja, neurovaskulaarisen kimpun, navan, nännit ja silmät. Seuraavaksi mallinsin pääläen päälle tulevan ihon, silmän yläulkokulmalle muodon antavan muodon sekä korvat. Viimeiseksi mallinsin rasvaesiintymät. Mallintamisen yhteydessä jouduin jatkuvasti palaamaan jo mallintamiini rakenteisiin niitä korjatakseni. Tästä kerron enemmän luvussa 5.4.

Työssä päätin toteuttaa kaikki SubTool-objektit DynaMesh-tekniikan avulla, koska halusin keskittyä anatomiaan enkä halunnut huolehtia topologiasta. Eri SubTool-objekteihin tuli huomattavan eriäviä polygonitiheyksiä, mikä on havaittavissa valmiista mallista. Koska en ollut työssä keskittymässä mallin pintatekstuureihin, en erityisemmin pyrkinyt tasalaatuiseen polygonitiheyteen kautta mallin. Veistäessäni mallia käytin lähinnä perspektiivikameraa, joskin taustareferenssikuvuihin vertaamisessa ortografinen kamera oli ehdoton. Pyöritin mallia jatkuvasti 3D-näkymässä tarkastellen sen muotoa useista suunnista, kuten on suositeltavaa (Spencer 2011, 8). Valonlähdettä siirsin lähinnä jalkapohjia työstäessäni, koska en nähnyt rakenteita kunnolla perusvalosijainnilla. SubTool-objekteissa käytin tavallisesti MatCap Gray -materiaalia, josta olin nähnyt suosituksen jossakin, tai Spencerin (2011, 18) tyyppillisesti käyttämää MatCap White

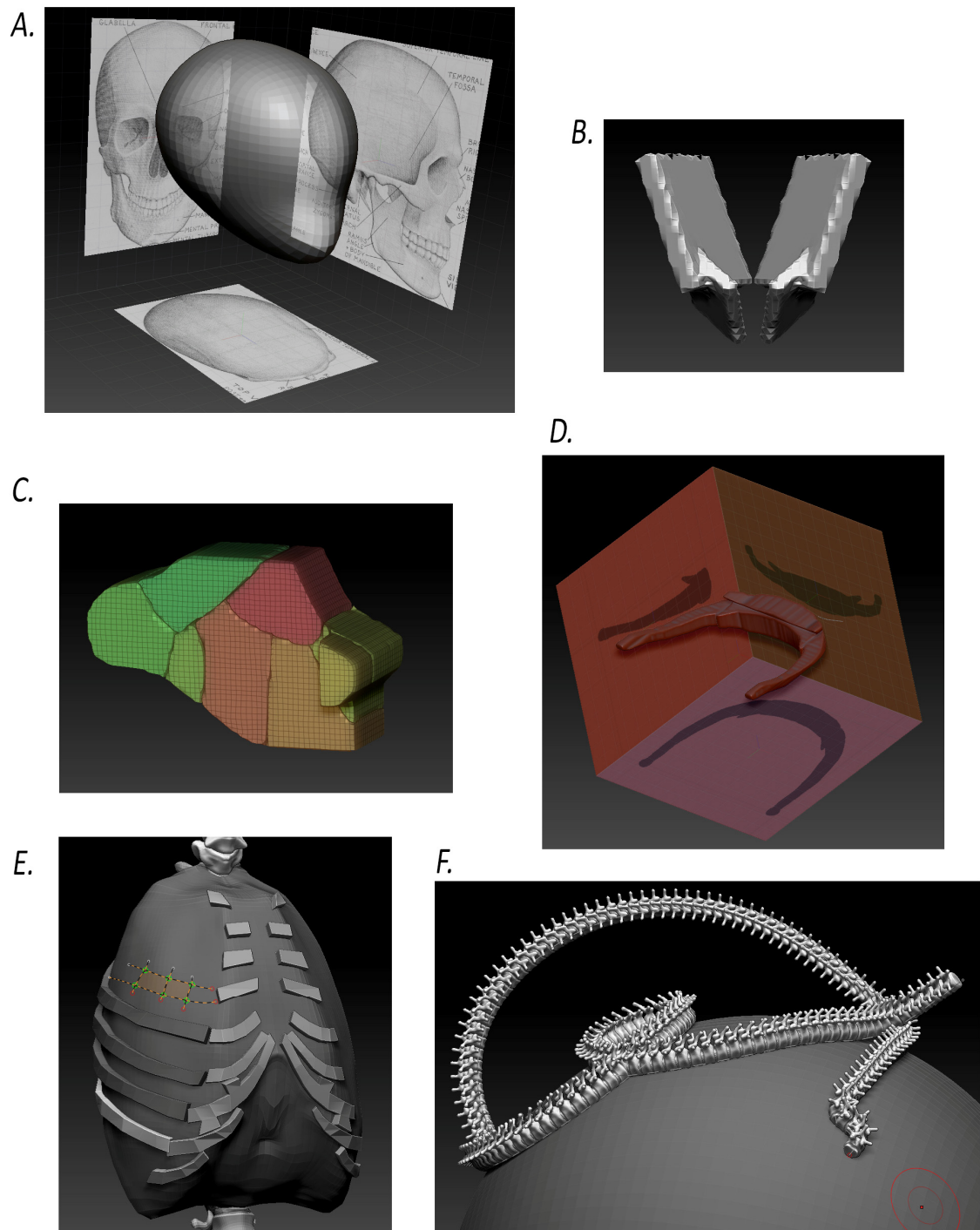
Cavity -materiaalia. Työssä käytin monia eri veistosiveltimiä paineentunnistavan piirto-pöydän välityksellä silotellen muotoja tasaisin väliajoin. Hyödynsin myös Mask-toimintoa sekä SubTool-objektien osittaista näkyvyyttä.

Koska tiesin kykeneväni myöhemmin hyödyntämään ZBrush-ohjelman SubTool Master -lisäosan X-akselin suhteen tapahtuvaa Mirror- eli peilaustoimintoa SubTool-objekteille, veistin työssäni aina vain oikeanpuoleiselle vartalonpuoliskolle sijoittuvat rakenteet. Käytännössä siis veistin esimerkiksi ainoastaan oikeanpuoleisen käsivarren rakenteita edustavat SubTool-objektit, jonka jälkeen peilaamalla X-akselin suhteen sain vastaavat rakenteet automaattisesti ja peilattuna paikalleen vartalon vasemmalle puoliskolle. Tämän peilaamisen tein moneen otteeseen mallia tehdessäni, sillä koin hahmottavani mallin leveysmittoja paremmin, kun molemmat vartalonpuoliskot olivat läsnä. Esimerkiksi aikaansaamani hartialeveyden hahmottamisessa tarvitsin malliini näkyviin sekä oikean että vasemman olkapään rakenteet. En kuitenkaan säilyttänyt vasenta vartalonpuoliskoa mallissa näiden välitarkastelujen jälkeen, koska vasemman puolen rakenteet olivat usein veistämisen tiellä näköesteinä. Olisin toki voinut piilottaa vasemman puolen rakenteet, mutta koska jouduin usein työn edetessä korjaamaan aiemmin veistämiäni rakenteita, en halunnut joutua sekavaan tilanteeseen, missä esimerkiksi epähuomiossa unohtaisin palauttaa vasemman puolen rakenteet näkyville korjauksia tehdessäni, jolloin korjaukset syntyisivät huomaamattani vain oikealle vartalonpuoliskolle.

Alaraajan lihasten mallintamisessa vain oikean vartalonpuoliskon näkyvillä pitämisestä koitui huomattava haitta. Molempien alaraajojen näkyvissä olo vaikeutti alaraajojen mediaalisen sivun tarkastelua, joten en pitänyt vasenta alaraajaa käytännössä lainkaan paikallaan alaraajan lihaksia työstäessäni. Kun vihdoinkin olin saanut koko oikean alaraajan lihaksiston valmiiksi, peilasin sen vasemmalle puolelle vartaloa. Tällöin ikäväkseni huomasin, että alaraajojen välinen välimatka oli liian suuri verrattuna referenssiaineistoon. Olin siis tulkinnut alaraajan mediaalisen sivun siluetin väärin, enkä ollut huomannut asiaa ennen kuin molemmat alaraajat olivat näkyvillä. Näin jouduin tekemään suuria korjaustöitä mallin alaraajamuodoissa.

Veistäessäni keskilinjalla olevia rakenteita ei Mirror-toimintoa tarvinnut käyttää. Sen sijaan käytin X Symmetry -ominaisuutta, jota käyttäessäni kaikki toiselle puolelle mallin keskilinjaa tekemäni muokkaukset syntyivät automaattisesti peilattuina vastaaville paikoille keskilinjän toispuoleiselle SubToolin osalle. Mirror- ja X Symmetry -toimintojen

käyttämisen vuoksi valmiista mallistani tuli lopuksi täysin symmetrinen mediaanilinjan suhteen.



Kuvio 21. Kokeilemani tavat aloittaa SubTool-objektien mallintaminen. A-kohdassa palloprimitiivi pääkallon lähtökohtana. B-kohdassa kaksi yhdistettyä suorakulmiota lonkkaluiden lähtökohtana. C-kohdassa Slice-veistosiveltimellä pilkottu muoto ranneluiden lähtökohtana. D-kohdassa kieliluun aloittaminen ShadowBox-tekniikalla. E-kohdassa Topology-veistosiveltimen käyttö kylkiluissa. F-kohdassa nikamaobjekti Insert mesh -siveltimenä.

Ennen mallintamisen aloittamista pohdin myös, mikä ZBrush-ohjelman menetelmistä olisi järkevin eri SubToolien valmistamisessa. Koska tavoitteeni oli myös kartuttaa kokemustani ZBrush-ohjelmasta, päätin kokeilla eri menetelmiä eri elinten mallintamisessa mahdollisuuksien mukaan. Suurimman osan lihaksista mallinsin aloittamalla palloprimitiivistä, jonka venytin suurpiirteisesti lihaksen muotoiseksi ennen jatkotyöstöä. Palloprimitiivi oli kiistatta yleisin valitsemani lähtökohta työn aikana, sillä havaitsin valmiiksi pyöreän muodon olevan erinomainen pohja mallissa esiintyville orgaanisille ja kaareville muodoille. Pystyin helposti muokkaamaan palloprimitiivin mitä moninaisimmiksi kaarevapintaisiksi muodoiksi ilman tarvetta hioa esimerkiksi kulmikkaita alueita pois. Myös pääkallon aloitin palloprimitiivistä (kuvio 21 a), sillä pääkallon kallo osa on pelkistettävissä kananmunamaiseksi (Spencer 2011, 49–51; Raynes 1997, 68–69). Lonkkaaluissa kokeilin kahden suorakulmioprimitiivin asettamista lomittain ja yhdistämistä DynaMesh-toiminnon avulla (kuvio 21 b), sillä lonkkaaluiden muoto on näin pelkistettävissä (Goldfinger 1991, 31). Ranneluissa kokeilin yhden isomman muodon pilkkomista pienempiin yksittäisiin luuta edustaviin kappaleisiin Slice-veistosiveltimen avulla (kuvio 21 c). Sormiluissa valmistin ensiksi yhden sormen luut, minkä jälkeen kopioin kyseiset luut muiden sormien paikalle ja jatkotyöstin niitä kullekin sormelle ominaisiksi. Kieli- luussa kokeilin ShadowBox-tekniikkaa (kuvio 21 d). Kylkiluissa aloitin muotoilemalla umpinaisen, rintakehän perusmuodon muotoisen kappaleen. Tämän kappaleen avulla loin sitten kylkiluiden perusmuodon määrittelemällä ensiksi Topology-veistosiveltimellä haluamani polygonisijainnit (kuvio 21 e). Selkärangassa mallinsin aluksi yhden nikaman. Tästä nikamasta kokeilin sitten luoda Insert mesh -veistosiveltimen, jolla pystyin ”piirtämään” nikamia, kuten kuvion 21 kohdassa f näkyy, mutta tällä menetelmällä en pystynyt hallitsemaan selkärankaan tulevien nikamien määrää. Siksi kokeilin sellaista menetelmää, jossa ZSphere-objektien välille voi määrittellä muita kappaleita. Nikamien yhteydessä olisi varmaankin ollut nopeampaa vain asetella käsin nikamaduplikaatteja oikeille paikoilleen, mutta halusin kokeilla näitä eri vaihtoehtoja mahdollisimman paljon.

5.4 Referenssien käyttö ja 3D-mallin valmistaminen yhteenvetotulkintana

5.4.1 Referenssien käyttö ja 3D-mallin valmistaminen koko mallin osalta

Edellä olin päättänyt käyttää Goldfingerin luurankopiirustuksia 3D-mallini lähtökohtana. Käytännössä tämä siis tarkoitti sitä, että skannasin kyseiset kuvat (kuviossa 5) ja asetelin ne sitten ZBrush-ohjelmaan etu-, sivu- ja takanäkymiin.

Työssä keskityin aina aluksi kunkin rakenteen saamiseen oikeaan paikkaan vartaloa. Luurangossa tämä tarkoitti sitä, että aina, kun mallinsin 3D-malliini uuden luun, aloitin työvaiheen sijoittelemalla valitsemani lähtömuodon (kuten palloprimitiivin) luurankotaustareferenssien osoittamaan paikkaan; tämä tosin ei koske pääkalloa, jonka mallintamista kuvailen luvussa 5.4.2. Jos siis esimerkiksi olin aloittamassa reisiluun mallintamista, sijoitin aluksi palloprimitiivin ZBrush-ohjelman 3D-näkymässä kohtaan, jossa pallo asettui taustareferenssireisiluun keskikohtaan niin etu- kuin sivusuunnassakin. Tämän jälkeen muokkasin palloprimitiiviä veistosiveltimillä niin, että pallon siluetti muokkautui pääpiirteisesti taustareferenssireisiluun muotoiseksi. Toimimalla näin varmistin, että 3D-mallini luut sijaitsisivat teorian tiedon mukaisessa eli anatomisesti oikeaoppisessa paikassa ja olisivat teorian tiedon mukaisen eli anatomisesti oikeaoppisen kokoisia. Lonkkaluiden kohdalla kokeilin kuitenkin tehdä lantiosta kapeamman kuin taustareferenssissä, koska miehen lantiorengas voi tyypillisesti vaihdella rintakehää hieman kapeammasta hieman leveämpään (Goldfinger 1991, 13). Taustareferenssissä lantiorengas oli yhtä leveä kuin rintakehä.

Tämän työvaiheen myötä tulin siis aina tutustuneeksi tutkimusaineistoon etsien vastausta kysymykseen ”Missä kohtaa vartaloa kukin luu sijaitsee ja minkä kokoinen se on”. Löytämäni vastauksen perusteella sitten sijoitin luun 3D-malliini kohtaan, jonka voin väittää olevan anatomisesti oikeaoppinen eli referenssiaineistoni mukainen. Luun muoto oli kuitenkin edelleen pääpiirteinen ja vaati huomattavaa jatkotyöstöä. Seuraavassa kuvailemani jatkotyöstön työvaiheet olivat samat joka ikisen 3D-malliin toteuttamani rakenteen osalta, ei siis pelkästään luurangon osalta. Jatkotyöstössä käytin hyödyksi kaikkea kunakin työstöhetkellä olemassa ollutta tutkimusaineistoani. Esimerkiksi Grayn teos (2012) tuli osaksi tutkimusaineistoni vasta työn loppupuolella muiden lähteiden perusteella tekemieni virhetulkintojen korjaamiseksi, joten sitä en käyttänyt työn alkupuolella valmiiksi saamieni rakenteiden kohdalla. Muokkauksia tehdessäni pidin huolta, että muokattava rakenne ei päässyt siirtymään vaan sijaitsi edelleen oikeassa kohdassa 3D-näkymässä.

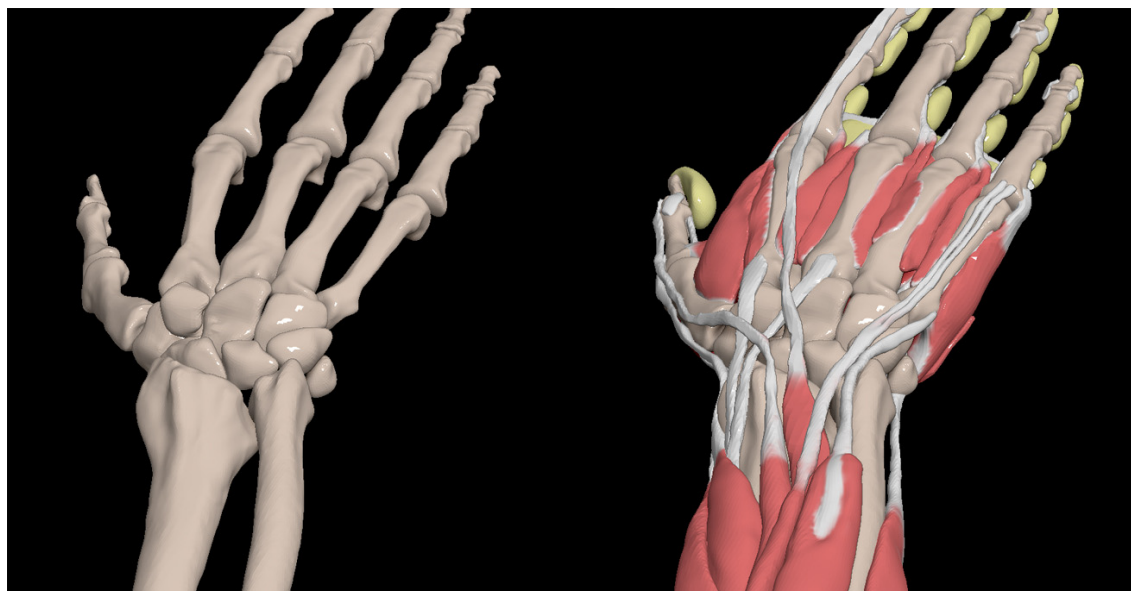
Perehdyin siis kunkin rakenteen kohdalla aluksi tutkimusaineistooni yrittäen selvittää, minkälainen kulloinkin tutkinnassani oleva rakenne on. Seuraavaksi yritin sisällyttää löytämäni tiedon 3D-malliini pyrkimyksenäni 3D-mallin anatomisesti oikeaoppinen muoto. Tiedon sisällyttämisen tein muokkaamalla työn alla olevaa SubTool-objektia veistosiveltimien avulla. Tarkastelin rinnakkain useaa eri suunnista olevaa referenssiä, ja yritin päästä sellaiseen kolmiulotteiseen ratkaisuun, joka toteuttaisi kaikkia näitä eri

suunnasta olevia referenssejä mahdollisimman hyvin. Tämä oli haastavaa, sillä kaikki referenssit poikkesivat toisistaan enemmän tai vähemmän ja aina ei ollut mahdollista sisällyttää kahta keskenään ristiriidassa olevaa tietoa malliini. Kuviossa 18 oli esimerkkejä siitä, miltä reisiluu edestä kuvattuna näytti eri referensseissä. Kuviota katsoessa on selvää, että ei olisi ollut mahdollista tehdä reisiluun kaulasta yhtä aikaa pitkää (kuten kuviossa vasemmalta toisessa luussa) ja lyhyttä (kuten kuvion vasemmalta kolmannessa luussa). Tällaisissa tapauksissa yritin aina säilyttää luun perusmuodon lähtökohdana olleen luurankoreferenssin mukaisena samalla, kun toteutin luuhun muista referensseistä löytämiäni tarkempia tai yksityiskohtaisempia muotoja. Koska tavoitteenani oli painottaa vartalon kokonaisuuden tuottamista, pidin työssä toissijaisina anatomisten rakenteiden pintatekstuuriin kaltaisia yksityiskohtia. Täten en niitä juuri sisällyttänyt digitaaliseen malliini. Lihaksien kohdalla pelkistin myös monipäisiä lihaksia..

Koska mallintamisvaiheessa referenssiaineistoni oli kaksiulotteista tai tekstimuotoista, jouduin jatkuvasti visualisoimaan mielessäni, miltä aineiston kuvaama rakenne näytti kolmiulotteisena. Tein siis jatkuvasti kaksiulotteisen tai tekstimuotoisen referenssiaineiston sisältämän tiedon tulkitsemista kolmiulotteiseen muotoon. Välillä tulkitseminen oli vaikeaa ja jouduin haeskelemaan oikeaa kolmiulotteista muotoa muokkaamalla SubTool-objektia hieman päämäärättömästi niin kauan, kunnes yhtäkkiä muoto näytti kaikista katselukulmista referenssien mukaiselta. Oikean kolmiulotteisen muodon tavoittaminen oli hyvin haastavaa, sillä välillä useampi 3D-ratkaisu näytti kaksiulotteisena samalta. Tämä johti usein siihen, että tein virheellisiä tulkintoja ja näin ollen virheellisiä muotoja 3D-malliini. Joskus huomasin virheeni nopeasti, kun esimerkiksi siirryin tarkastelemaan rakennetta eri kuvakulmasta uusien referenssien kanssa. Joskus huomasin virheeni vasta hyvin myöhään. Muun muassa nivelien kohdalla havaitsin virheeni usein vasta seuraavaa luuta mallintaessani. Olin esimerkiksi saanut mallinnettua lonkkaluun ja siinä olevan lonkkamaljan, johon reisiluun pää kuuluu asettua. Näin ollen olin siirtynyt mallintamaan reisiluuta. Kesken reisiluun työstämisen huomasin, että työstämäni reisiluun pää ja sen vastinkappale lonkkaluun lonkkamalja eivät olleet yhteensopivia. Reisiluun pää ei esimerkiksi mahtunut lonkkamaljaan. Tilanteen tarkempi tarkastelu paljasti, että olin mallintanut lonkkamaljan virheellisesti. Näin ollen tein tarvittavat korjaukset lonkkamaljaan.

Luussa olevia virheitä huomasin usein myös vasta, kun olin mallintamassa luuhun kiinnittyvää lihasta paikalleen. Tällaisissa tapauksissa luun virheellisen muodon vuoksi luussa ei esimerkiksi ollut lainkaan lihaksen kiinnittymiskohtaa, kuten kävi pohjeluun

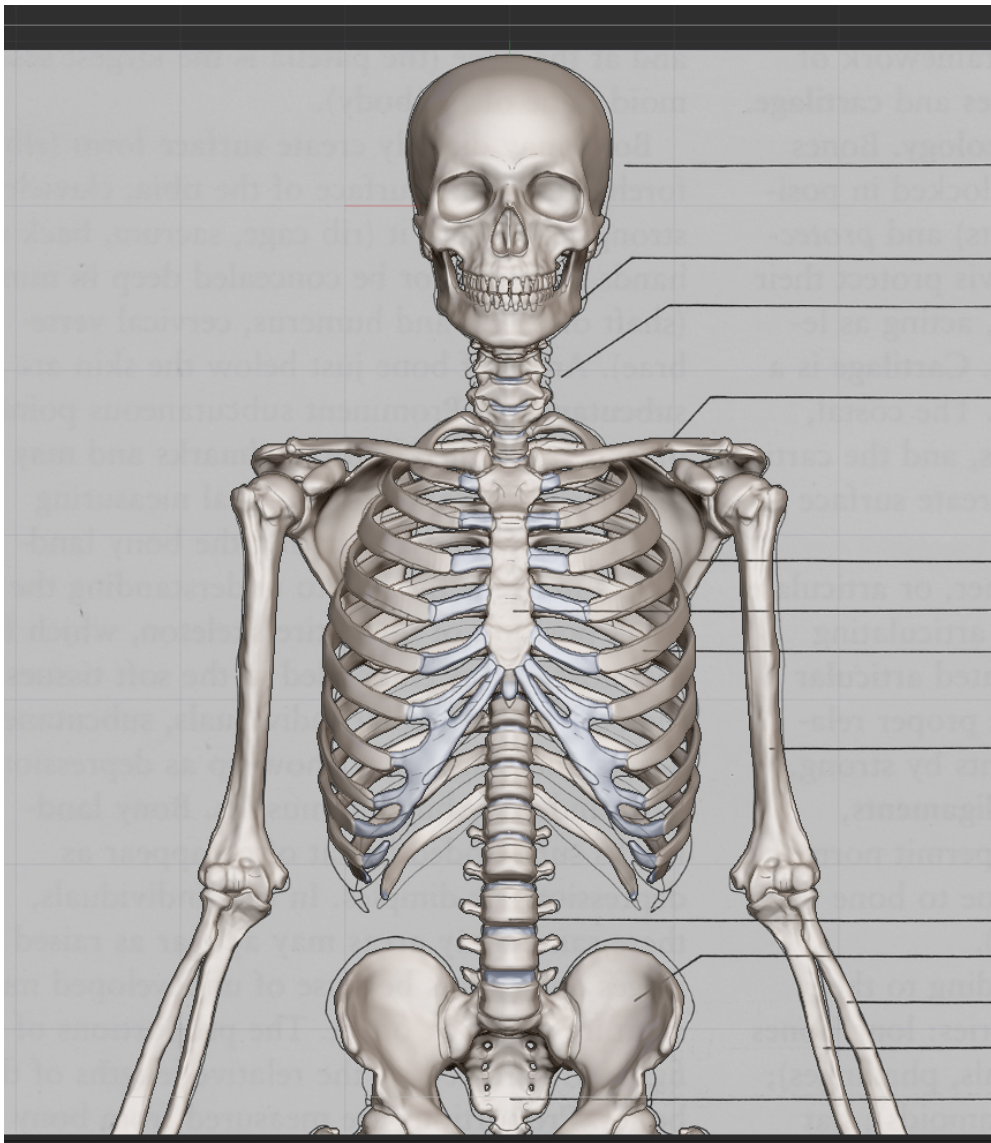
tapauksessa. Referenssiaineistosta olin saanut mielikuvan, että pohjeluussa on suora varsi, jonka pinnalla kulkee pitkittäis-suuntaisia pintamerkintöjä. Todellisuudessa kuitenkin pohjeluun varsi muodostui useasta varren ympäri kiertyvästä erisuuntaisesta tasosta. Reisiluun kohdalla taas olin tehnyt liiallista pelkistämistä luun rakenteen suhteen. Koska tässä työssä ei ollut tarkoitus keskittyä muotojen pintatekstuureihin, olin päätellyt, että reisiluun posteriorisella puolella kulkeva kohonnut viivamainen muoto linea aspera oli työn käsittelyalueen ulkopuolella. Niinpä aluksi olin vain tehnyt veistosiveltimellä jonkinlaisen viivakuvion reisiluun pintaan. Myöhemmin lihaksia malliin asetellessani kuitenkin paljastui, että linea aspera olisi pitänyt mallintaa selkeästi kohoumana, jolla on niin mediaalinen, posteriorinen kuin lateraalinenkin sivu. Nämä ”viivan” eri sivut toimivat nimittäin lukuisten lihasten kiinnittymiskohtina, kuten kuviossa 20 näkyi. Ilman kolmiulotteisesti mallinnettua kohoumaa osalla lihaksista ei siis ollut paikkaa tai tilaa kiinnittyä.



Kuvio 22. Ranteen alueella jänteet kulkevat pitkin luiden moninaisia muotoja. Kuvat ovat valmiista mallistani.

Työssä oli ylipäättään vaikeaa löytää oikea yksityiskohtaisuuden taso kullekin luulle. Työn alussa olin siinä luulossa, että taiteilijan kannalta ainoastaan luisten maamerkkien kaltaiset, hyvin lähellä vartalon pintaa olevan luualueet olisi tarpeen mallintaa tarkasti. Työn edetessä opin kuitenkin aiemman linea aspera -esimerkin tapaisten tilanteiden kautta, että itse asiassa myös muut luualueet ovat tärkeitä. Toinen hyvä esimerkki olivat ranteen aluetta ja kädenselkää muodostavat luut. Referenssien perusteella näissä luissa näytti olevan monenlaisia muotoja, joiden merkitystä en vielä luita mallintaessani

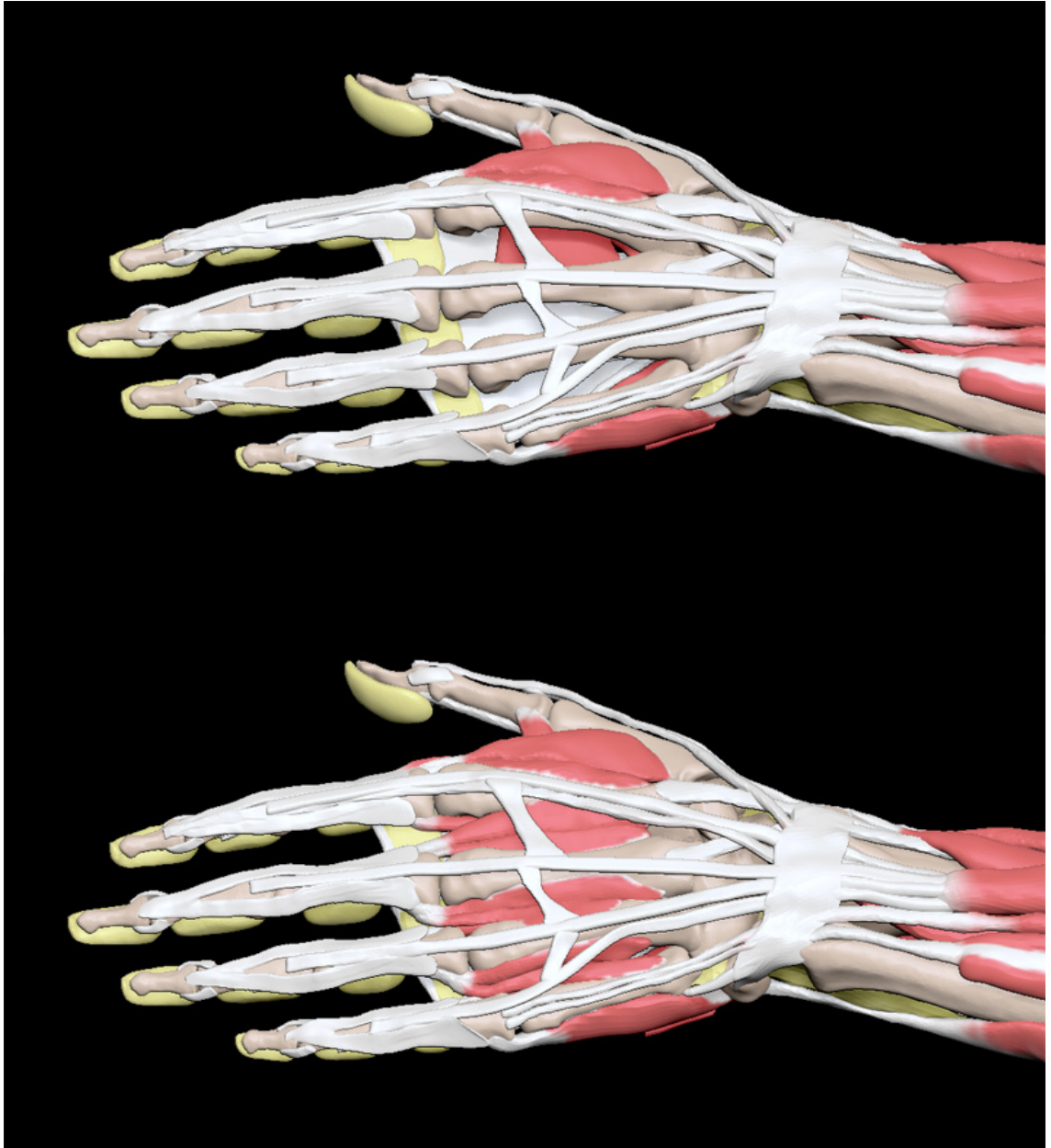
ymmärtänyt. Koska kyseiset luut ovat paljolti lähellä ihon pintaa, päätin varmuuden vuoksi mallintaa luiden muodot mahdollisimman tarkasti. Onneksi näin tein, ja onneksi lisäksi onnistuin tulkitsemaan referenssitiedon oikein malliini, sillä jänteitä alueelle asettellessani selvisi, että jänteet kulkevat nimenomaan näitä muotoja pitkin (kuvio 22). Luurangon osalta nikamat jäivät vähiten yksityiskohtaisiksi ja täten vähiten anatomisesti oikeaoppisiksi. Myös pääkallo, joka oli ensimmäisenä mallintamani luu, jäi vähemmän yksityiskohtaiseksi verrattaessa esimerkiksi myöhemmin mallintamiini raajojen luihin. Kuviossa 23 näkyy valmis luurankomallini taustareferenssin päällä. Kuvioista on havaittavissa, että mallin luut sijaitsivat taustareferenssin mukaisissa paikoissa mutta erosivat tarkemmilta muodoiltaan taustareferenssistä, kuten oli tarkoituskin.



Kuvio 23. Valmis luurankoni Goldfingerin teoksesta (1991, 4) taustareferenssiksi ottamani luurankopiirroksen päällä ZBrush-ohjelman sisällä.

Lihaksien suhteen olin ajatellut toimia kuten luiden kohdalla, eli asetella ja veistää yksi lihas kerrallaan valmiiksi. Heti alussa tämä osoittautui kuitenkin toimimattomaksi ideaksi, sillä lihasten kohdalla korostui vahvasti se, miten ihmisvartalo on useasta toisiinsa enemmän tai vähemmän yhteensopivasta osasta rakentunut palapelimäinen kokonaisuus. Pienikin tulkintavirhe johti heti lihas-SubTool-objektien keskinäiseen läpimeneen. Lisäksi valmistumassa olevan mallin lihaksikkuutta oli vaikea arvioida, kun lihaksia asetteli yksi kerrallaan paikalle. Siksi asettelinkin ensin kaikki Goldfingerin teoksessa (1991) esiintyvät lihakset (paitsi levator palpebrae superioris -lihaksen, jota en mallintanut) pääpiirteisesti paikalleen ja sitten vasta lähdin pohtimaan yksittäisen lihaksen muotoa. Kuten aiemmin selostin, lihasten kohdalla oikean muodon hakemisessa käytökelpoisimpia olivat lähinnä taiteilijan anatomiaoppaat. Näistä erityisesti Goldfingerin teos, jossa oli lähes kaikista kirjassa esitellyistä lihaksista niin etu-, taka- ja sivusuunnan piirustukset kuin myös erittäin hyödyllisiä läpileikkauskuvia. Välillä, kuten ylemmän lapalihaksen kohdalla, hyödyllisiä kuvakulmia löytyi myös muista teoksista. Kasvolihasten paksuutta pohdiskellessani hyödyllinen oli puolestaan Aclandin DVD-teokset (2004d; 2004e), joissa esiteltiin kasvolihaksia, kerrottiin miten eri kasvolihasten lihasyyt voivat sulautua toisiinsa ja näytettiin, että silmän kehälihas voi olla lähes väritön ohuutensa vuoksi.

Digitaalisen mallini lihasten muoto muistuttaa siis eniten Goldfingerin (1991) piirustuksia. Koska hyödynsin paljon lääketieteellistä referenssiaineistoa lihasten oikean kiinnityspaikan määrittämisessä, poikkeavat jotkut lihasten kiinnittymiskohdista Goldfingerin vastaavista. Goldfingerin teos ei myöskään, toisin kuin luvattiin, sisältänyt kaikkia 3D-malliini loppujen lopuksi tarvitsemiani ja täten toteuttamiani lihaksia. Koska mallini oli kolmiulotteinen, jouduin usein tilanteisiin, missä pelkästään Goldfingerin teosta seuraamalla malliin jäi ”tyhjiä” kohtia. Esimerkiksi Goldfingerin teos sivuutti täysin monta kädessä olevaa lihasta, koska ne eivät olennaisesti vaikuta käden muotoihin sijaitessaan käden luiden välissä. Kuitenkin 3D-mallissani tämä johti siihen, että käden luiden väliin jäi kuoppia. Tutkimalla siis tutkimusaineistoani selvitin, mitä lihaksia alueelle voisi lisätä, ja toteutin sitten nämä (kuvio 24).



Kuvio 24. Valmistamani mallin kädenselkään jäi luiden väliin tyhjiä alueita (kuvassa ylempänä) seurattessani pelkästään Goldfingerin teosta (1991). Tyhjät alueet täyttyivät (kuvassa alempana), kun mallinsin paikoilleen muusta tutkimusaineistostani löytämäni 2.—4. kämmenselän luuvälilihakset, kämmenen luuvälilihakset sekä käämilihakset.

Selkä oli toinen vartalonosa, jossa malliini näytti jäävän ”tyhjiä” kohtia (kuvio 25). Tästäkin löysin lopulta syyn ”tyhjyydelle” ja pystyin mallintamaan puuttuvat lihakset eli Tixan mainitseman nelikulmaisen lannelihaksen (2008, 71) ja alemman takimmaisen sahalihaksen (2008, 61) paikoilleen. Havaittuani Goldfingerin teoksen puutteellisuuden asian suhteen rupesin kiinnittämään asiaan enemmän huomiota. Tämä johti hetkeksi siihen, että tulini mallintaneeksi myös muutamia lihaksia kuten syvällä pakarassa olevat kaksoslihakset, jotka osoittautuivat myöhemmin tarpeettomiksi 3D-mallin vartalon ul-

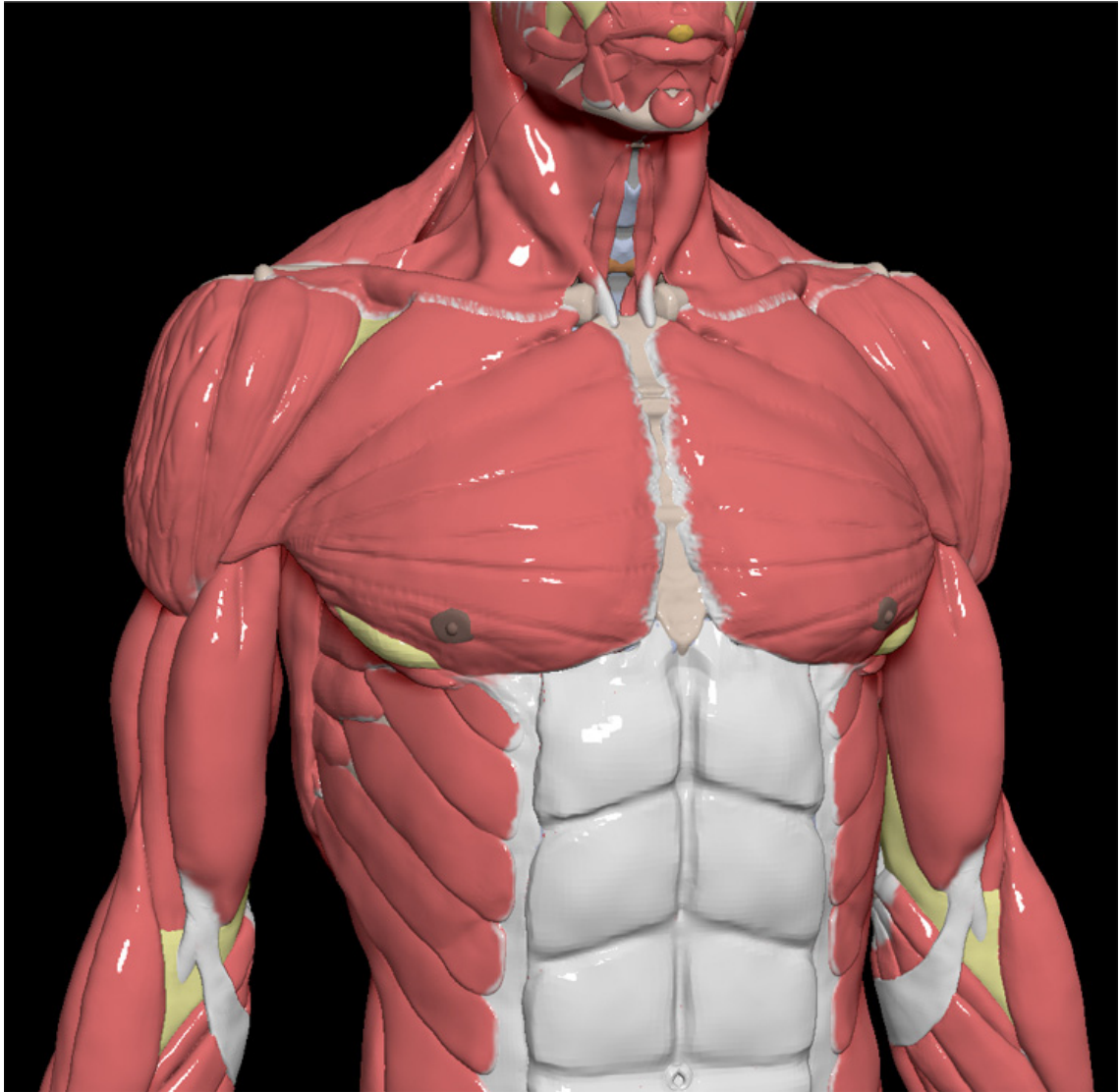
komuodon syntymisen suhteen. Perusteena näiden lihasten mallintamiselleni oli ollut vain se, että ne esiintyvät Richerin teoksessa (1986, 62).



Kuvio 25. Valmistamani mallin selässä oli lonkkaluiden ja kylkiluiden välissä suurehko aukko, kun seurasin pelkästään Goldfingerin teosta (1991) alueelle mallinnettavien lihasten valinnassa (kuvassa vasemmalla). Koska alueelle päällimmäiseksi tulevan leveän selkälihaksen (näkyvillä kuvassa oikealla) tuli myötäillä allaan olevia muita rakenteita, tämä tyhjä kohta oli ongelma. Löysin muusta tutkimusaineistosta kaksi muuta lihasta (nelikulmainen lannelihas ja alempi takimmainen sahalihäs) mallinnettavakseni, jonka myötä alueen tyhjä kohta peittyi paremmin (kuvassa keskellä).

Niiden lihasten, jotka eivät esiinny kaikilla ihmisyksilöillä suhteen tein niin, että sisällytin nämä lihakset aina mukaan malliini. Lihassykimppukuviointin sisällytin niihin lihaksiin, joissa se taiteilijan anatomiaoppaiden mukaan on nähtävissä ideaalivartalosisessa var- talossa ihon lävitsekkin (kuvio 26). Lantionpohjaan tein pelkistetyn muodon, jolla täy- tin alueelle jääneen aukon, koska en ollut aikeissa mallintaa esimerkiksi peräaukkoa. Mie- hen ulkoisen sukupuolielimen pelkistin laatikoksi.

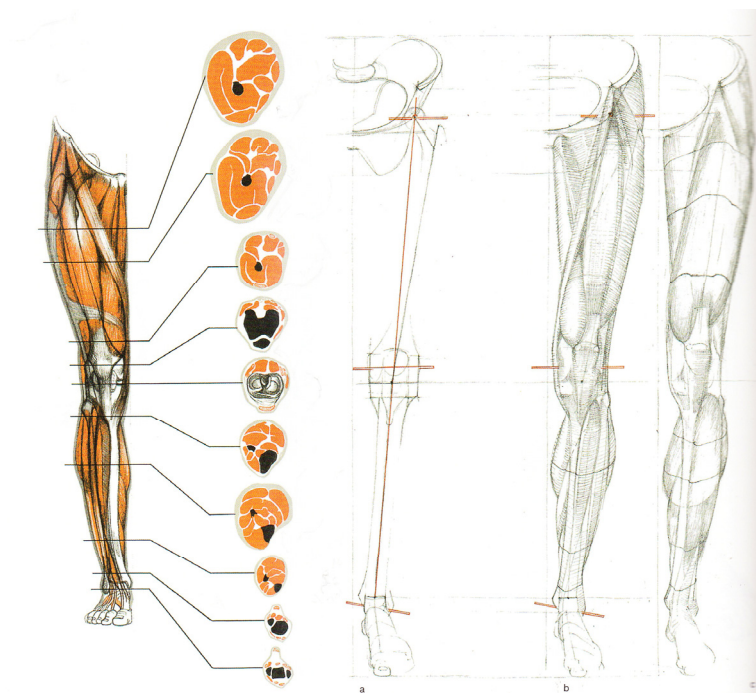
Jänteiden, ligamenttien, peitinkalvojen, rasvaesiintymien, sylkirauhasten ja henkitorven sekä kurkunpään rakenteiden mallintamisessa hyödynsin tasapuolisesti sekä taiteilijan anatomioppaita että lääketieteellistä kuvitusta. Richerin (1986, 102) ja Peckin (1982, 132–133, 137) teoksista löysin esimerkiksi peitinkalvorakenteen, joka rakentaa taka- muksen muotoa yhdessä lihaksen sekä rasvaesiintymän kanssa. THIEME Atlas of Anatomy: General Anatomy and Musculoskeletal System (Schuenke ym. 2010) - teoksesta taas löysin mahdollisen selityksen Peckin (1982, 123) ja Spencerin (2010, 222–223) mainitseville sormivälien palmaarisella puolella pidemmälle jatkuville iho- poimuille, nimittäin pinnallisen poikittaisen kämmenluusiteen (Schuenke ym. 2014, 348), jonka toteutin mukaan malliin, kuten kuviossa 24 näkyi. Käsiin ja jalkateriin tuli loppujen lopuksi useita ligamenteja. Ligamenttien ja peitinkalvojen mallintamista vai- keutti näiden rakenteiden ohuus, sillä DynaMesh-toiminnon käyttämisestä väärillä ase- tuksilla saattoi näihin SubTool-objekteihin syntyä reikiä. Malliin tuli myös sisällyttää silmät, nenän, korvat sekä muutamat ihorakenteet, kuten kerron luvussa 5.4.2.



Kuvio 26. Lihassykimppukuviointia valmiin mallini isoissa rintalihaksissa sekä hartialihaksissa.

Koska vartalo on osiensa kokonaisuus, oli tärkeää pitää huolta erityisesti lihasten, peitinkalvojen ja rasvaesiintymien tuottamasta kokonaisuudesta. Lihasten osalla hyödynsin Bammesin teoksissa (2009; 2011) olleita muutamia kuvion 27 kaltaisia vartalon läpileikkuu- ja korkeuskäyräpiirustuksia. Luin myös Goldfingerin teoksesta, kuinka tietyt lihakset sulautuvat visuaalisesti yhdeksi muodoksi. Yleisesti ottaen pyrin siihen, että eri rakenteiden välillä ei ollut SubTool-tason läpimenoja. Myöhemmin valmista mallia tarkastellessani huomasin kuitenkin, että lihas-SubTool-objektien kesken sekä myös lihas-SubTool- ja luu-SubTool-objektien välillä oli monenlaisia läpimenoja, joita en ollut huomannut 3D-mallia valmistaessani. Goldfingerin teoksen piirustusten tulkitsemisessä yksi vaikeus oli ollut se, että monesti yksittäinen lihas oli piirretty eri muotoisena silloin kun se esitettiin muiden vartalon lihasten kanssa kuin silloin, kun se esiintyi yksinään

luurangon päällä. Lihaksen muoto siis muuttuu, kun sen ympärille asettuvat lihakset painautuvat sitä vasten. Näin ollen vaikka mallintamani lihas oli ollut yksittäin ollessaan referenssin mukainen, ei se välttämättä ollutkaan enää referenssinmukainen kokovartalotilassa verrattaessa. Joidenkin lihasten osalta anatonominen oikeaoppisuus ei siis välttämättä ole toteutunut hyvin. Jotkut lihakset kuitenkin ovat todellisuudessa sellaisia, että eri lihasten lihassyöt menevät toisten lihasten sisään, kuten esimerkiksi orbicularis oris - ja levator labii superioris alaeque nasi -lihasten kohdalla (Goldfinger 1991, 87). Tällaisten lihasten osalta olen tarkoituksella antanut SubTool-objektien mennä toisensa läpi. Joissakin selkälihaksissa ei läpimenoilta voinut välttyä, koska olin toteuttanut esimerkiksi selän ojentajalihaksen liian pelkistetyksi. Rasvaesiintymien ja ligamenttien kohdalla läpimenot ovat tarkoituksellisia, sillä nämä rakenteet esitin taitelijan oppaiden mukaisesti tarkkarajaisiksi muodoiksi pelkistettynä. Monet luurangon luiset maamerkit, kuten reisiluun ison sarvennoisen, jätin tarkoituksella vaille peitinkalvoa korostaakseni näiden merkitystä ihonalaisina luualueina. Peitinkalvo peittäisi oikeasti myös kaikkia lihaksia, mutta anatomian kirjoissa on tyypillistä esittää vartalo ilman peitinkalvoja. Näin ollen oma esitystapani oli referenssiaineistoni mukainen. Myös nikamien okahaarakkeet jätin paljaaksi sijoittamalla niihin kiinnittyvien lihasten kiinnittymiset hieman keskiakselista sivuun, koska nikamien okahaarakkeet ovat tärkeitä maamerkkejä (Goldfinger 1991, 11–12; Raynes 1997, 60).



Kuvio 27. Kokovartalon läpileikkuu- ja korkeuskäyräkuvista oli hyötyä, kun tavoitteena oli valmiin mallin yhtenäinen kokonaismuoto. (Bammes 2009, 262.)

Työssä tekemäni 3D-mallini rakentui siis useista eri lähteistä ja kuvakulmista olevien referenssien yhteenvetotulkintanani. Työssä yritin pitää kaikki tekemäni ratkaisut referenssiaineistoni mukaisena, jotta voisin väittää saavuttaneeni anatomisesti oikeaoppisen lopputuloksen.

5.4.2 Pään rakenteiden mallintaminen esimerkkitapauksena

Tässä luvussa käytän päätä esimerkkinä siitä, kuinka 3D-mallini rakenteiden veistäminen tapahtui. Pääkallo oli siis ensimmäinen rakenne, jonka työssäni mallinsin. Näin oli, koska halusin saada perusyksikön muun luurangon mittasuhteille. Saadakseni vankan lähtökohdan veistämiseni skannasin Goldfingerin teoksesta (1991, 6) pääkalloa eri suunnista kuvaavat piirustukset. Asettelin ne sitten ZBrush-ohjelmassa etu-, taka-, sivu-, ylä- ja alakuvakulman taustareferensseiksi. Vaikka käytin pääkallolle taustareferenssikuvaa, tarkoitukseni ei ollut tehdä kopiota referenssikuvasta. Pääkallo oli kieliluun ohella ainoa rakenne, jota varten käytin ZBrush-ohjelman sisällä omia spesifejä taustareferenssejä. Kieliluulle tarvitsin taustareferenssit ShadowBox-tekniikkaa varten. Muita luurangon osia mallintaessani käytin ainoastaan kokoluurankotaustareferenssiä.

Koska kallo on pallomainen rakenne, aloitin veistämisen pallon muotoisesta ZBrush-primitiivistä, johon käytin heti DynaMesh-ominaisuutta. Käyttämällä eri veistosiveltimiä aloin hakea pallolle pääkallon muotoa taustareferenssin avulla. Alaleukaluulle käytin omaa primitiiviä lähtökohtana. Tavoitteenani oli aluksi tavoittaa pääkallon yleinen muoto kiinnittämättä vielä huomiota yksityiskohtiin. Keskityin siis esimerkiksi siihen, että saisin pääkallon pituuden ja leveyden suhteet taustareferenssin mukaiseksi tai siihen, että saisin kallo-osiesta kananmunamaisen, kuten referenssiaineisto rakennetta kuvaili (Peck 1982, 10).

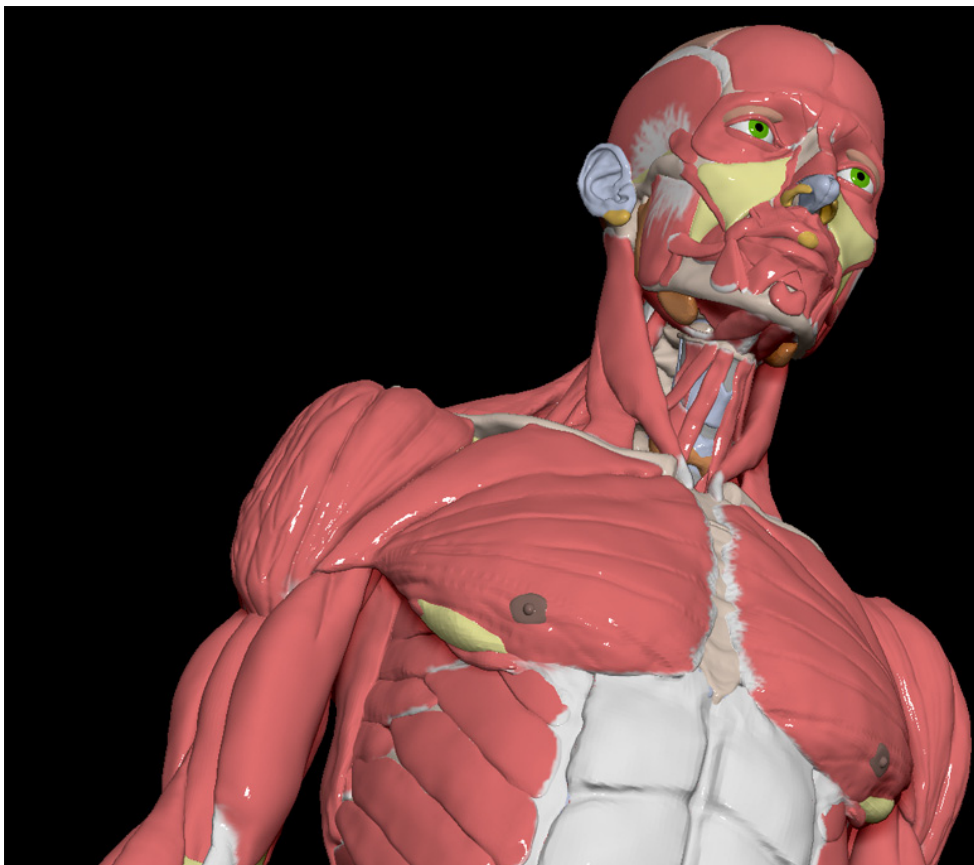
Kun olin pääpiirteittäin saavuttanut taustareferenssin mukaisen ulkonäön, aloin tutkia pääkallon yksittäisiä rakenteita tarkemmin. Otin aina tutkittavakseni yhden yksittäisen havaitsemani rakenteen. Saatoin tutkia esimerkiksi silmäkuoppia yrittäen mahdollisimman tarkasti ymmärtää muun muassa silmäkuopan sijaintia ja yleistä muotoa sekä syvyyttä, kuopan reunojen paksuutta ja terävyyttä sekä kuopan ja sen ympäristön pintojen normaaleja. Tutkin kutakin rakennetta aina kaikesta tutkimusaineistoistani. Veistin yksityiskohtia malliini sitä mukaa, kun löysin tutkimusaineistosta tietoa rakenteesta korjaten aina mahdollisia aiemmissa vaiheessa tekemiäni virhetulkintoja. Yritin veistäessäni jatkuvasti käänellä mallia, jotta se olisi kaikista suunnista oikean muotoinen. Sa-

maten yritin löytää mahdollisimman monesta suunnasta kuvattua referenssiaineistoa. En tehnyt mielivaltaisia päätöksiä minkään muodon suhteen, vaan yritin pitää kaikki veistäessäni luomat muodot johonkin referenssiin perustuvina. Yhdistelemällä näin useista eri referensseistä löytämäni tietoa sain tuotettua pääkallomallin, joka ei ollut minkään yksittäisen referenssin kopio vaan referenssiaineistoon perustuvien tulkintojeni yhteenveto.

Pääkallon tärkeitä luumerkkejä olivat esimerkiksi korvakäytävä (Spencer 2011, 50) sekä ihonalaiseksi jäävät kohdat, kuten poskiluut (Goldfinger 1991, 8; Spencer 2011, 52). Pääkallo oli rakenteeltaan hyvin monimutkainen, joten pelkistin sitä mallintaessani. Pääkallo ja nikamat olivat niitä luurangon rakenteita, joita pelkistin eniten. Pääkallosta jätin mallintamatta monia pieniä yksityiskohtia ja pintatekstuureja, koska työssä tavoiteltiin taiteilijalle riittävää tarkkuuden tasoa. Esimerkiksi silmäkuoppien pohjien yksityiskohtia en mallintanut, koska tiesin etukäteen, että ne peittyisivät silmämunilla eivätkä täten olleet tärkeitä pään ulkopinnan kannalta. En myöskään mallintanut luiden saumojen kaltaisia yksityiskohtia, koska pintatekstuurit eivät kuuluneet työnrajaukseen. Suun sisäosia tai hampaita en tehnyt kovin tarkasti, koska mallilla oli suu kiinni. Samoista syistä en mallintanut kieltä lihaksia mallintaessani. Nenäonteloa en jatkanut kovin syväälle, koska en kokenut syvempiä rakenteita visuaalisesti merkittäviksi. Pääkallon alapinnalle tein myös pelkistyskärsiä. Pääkallon mallintamisessa vaikeinta oli saada kallo ohimoilta siseneväksi mutta yhä kaarevaksi samalla, kun poskiluut pysyivät ulkonevina.

Seuraavat päähän mallintamani rakenteet olivat silmät. Mallintaessani mallinsin kovakalvon, värikalvon ja mustuaisen yhtenä SubTool-objektina. Vaikka mustuainen on todellisuudessa aukko, toteutin sen mallissani pintana, sillä en halunnut jättää aukkoa mallin pintaan. Sarveiskalvosta tein oman SubTool-objektinsa, jotta voisin tarpeen mukaan piilottaa tämän tosimaailmassa läpinäkyvän osan. Mallintaessani kiinnitin jälleen huomiota silmämunan sijaintiin ja pintojen kaarevuuteen, värikalvon ja mustuaisen sijaintiin hieman syvempänä kuin kovakalvo sekä siihen, että sarveiskalvo on muodoltaan kuperahko kohouma. Yritin sijoittaa silmät niin, että ne ovat standardinmukaiset, eli silmien välinen etäisyys on yhden silmän pituinen (Szunyoghy & Fehér 2010, 14). Silmän syvyyssuuntaisessa asettelussa noudatin Spencerin teosta (2011, 62). Mallinsin myös nenän rustot ja korvat. Korvasta tein standardinmukaisesti kulmakarvan ja nenän alareunan välin pituisen (Szunyoghy & Fehér 2010, 14). Seuraavaksi mallinsin lihakset ja otin huomioon, että kasvolihaksissa esiintyy luontaisesti lihasten toisiinsa sekoittumista (Goldfinger 1991, 61) eli 3D-mallin näkökulmasta lihas-SubTool-objektien

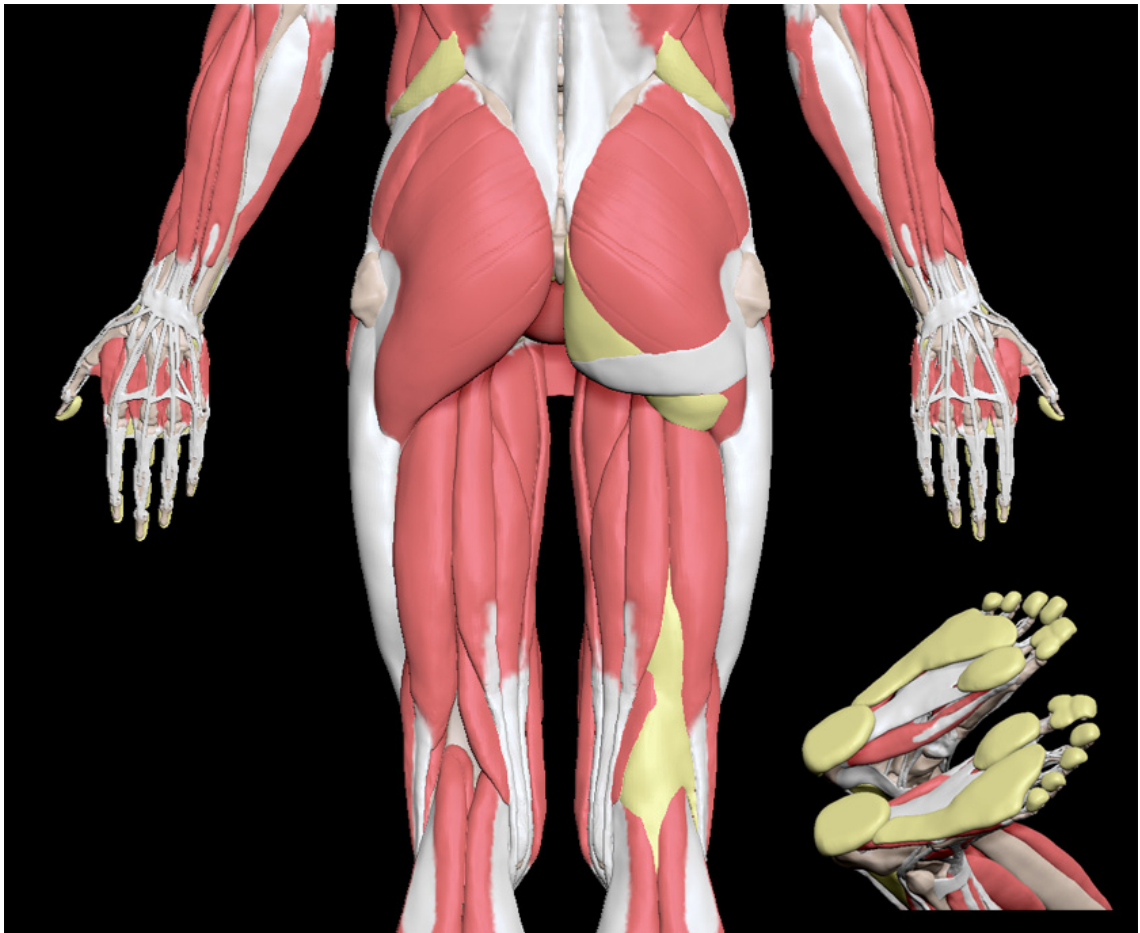
keskinäisiä läpimenoja, ja että ne ovat ohuita (Goldfinger 1991, 67). Kasvolihaksia ei ollut esiteltyä Goldfingerin teoksessa läpileikkauskuvina, joten paksuusinformaation puutteessa keskityin myötäilemään pääkallon muotoja ja pitämään rakenteet ohuina etu- ja sivusuuntaisten referenssikuvituksien avulla. Yläsilmäluomeen en toteuttanut levator palpebrae superioris -lihasta, koska jo pelkkä silmän kehälihas tuotti tarvittavan yläluomimuodon, ja yläluomeen ei sen ohuuden vuoksi saanut kunnolla mahtumaan kahta lihasta. Toteutin myös caruncula-ihorakenteen. Kasvojen rasvaesiintymät esitin pelkistetysti niin, että annoin niiden mennä läpi viereisiin objekteihin, sillä rasvakudos ei ole todellisuudessa tarkkarajainen ja kasvoissa rasvaesiintymät sijaitsevat sekä lihasten päällä että alla. Silmän kehälihaksen alareunan alle sijoittuvan rasvaesiintymän toteutin vain kohottomalla silmän kehälihasta kyseisestä kohdasta ulommaksi. Lopuksi sijoitin silmän yläulkokulmaan ja pääläelle iho-rakenteet. Päälaen rakenteesta yritin tehdä 4,5 mm paksuisen vertaamalla sitä silmämunaan, jonka keskimääräinen koko ihmisellä on 28 mm (Spencer 2011, 62). Mallinsin myös sylkirauhaset. Kuviossa 28 näkyy valmiin mallini ylävartaloa.



Kuvio 28. Valmiin mallini ylävartalon rakenteita. Kaulan ja pään alueella näkyvissä on muun muassa sylkirauhasia, kurkunpään ja henkitorven rakenteita, silmämunat, korvat, nenän rakenteita sekä silmien yläulkokulman ihorakenne lihasten ja luiden ohella.

5.5 Digitaalisen mallin värit

Luonnossa eri elimillä on niille ominainen väritys. Näin ollen määritin kullekin 3D-mallini rakenteelle sille ominaisen värityksen ZBrush-ohjelmassa. Tätä väritystä tein sekä mallia veistäessäni että jälkikäteen. Luista tein kermansävyiset ja rustosta sinertävän. Lihaksiin tein punaisen osan sekä valkoisen jänneosan. Jänteiden väritystä tein aina yksittäisiä lihaksia mallintaessani. Ligamenteista ja peitinkalvoista tein myöskin valkoiset. Rasvaesiintymistä tein keltaiset (kuvio 29) ja sylkirauhasista sekä kilpirauhasesta oranssit. Henkitorven ja kurkunpään ei-rustoisista osista tein harmaat. Nänneistä tein tummanruskeat ja ihosta vaaleanruskean. Silmien värikalvosta tein vihreät, kovakalvosta valkoisen, ja sarveiskalvosta kokeilin tehdä ReflectedMap-materiaalilla heijastavan, koska sitä ei saanut ZBrush-ohjelman työtilänäkymässä läpinäkyvän näköiseksi.



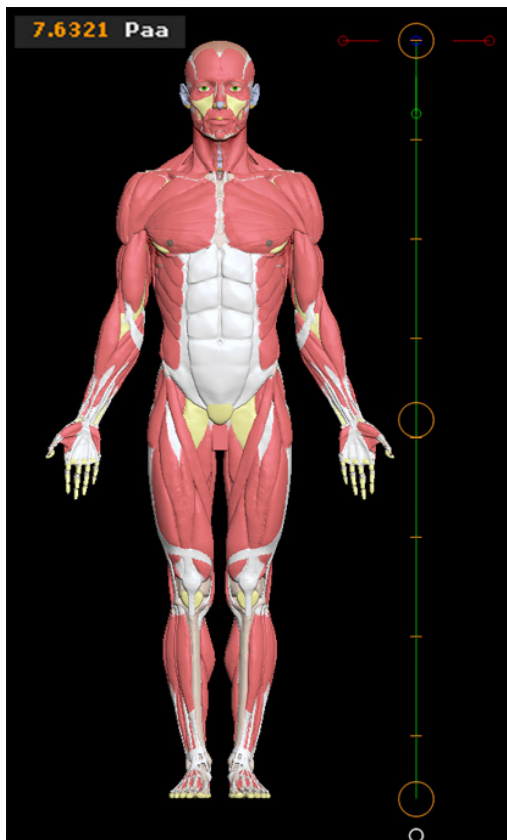
Kuvio 29. Tein rasvaesiintymistä valmiissa mallissani keltaiset. Rasvaesiintymät tuottivat malliin muun muassa jalkapohjien, sormien ja takamuksen muotoja sekä toimivat esimerkiksi polvitaipessa täytteenä.

5.6 Prosessin tulokset: Valmistamani digitaalinen malli

Opinnäytetyöni toiminnallisessa osuudessa tekemäni 3D-malli rakentui siis useista eri lähteistä ja kuvakulmista olevien referenssien yhteenvetotulkintani. Työssä yritin pitää kaikki tekemäni ratkaisut referenssiaineistoni mukaisina, jotta voisin väittää saavuttaneeni anatomisesti oikeaoppisen lopputuloksen. Malli edustaa miespuolista, atleettista, länsimaalaista ja aikuista vartaloa. Valmis 3D-mallini rakentui yhteensä 239 eri SubTool-objektista. Liitteestä 2 löytyvät listattuina kaikki 3D-malliin toteuttamani rakenteet. Jos pääkallo lasketaan pelkistetyksi kahtena luuna ja ristiluu, häntäluu sekä lonkkaluu lasketaan kukin yhtenä luuna, tuli malliini yhteensä 18 SubTool-objektina 109 uniikkia luuta. Rustoja tein kahdeksana SubTool-objektina 19 uniikkia rustoa. Lisäksi väritin rustoja nikamien väleihin sekä lonkkaluiden väliin. Lihaksia toteutin työssä 152 SubTool-objektina 154 uniikkia lihasta, minkä lisäksi tein omana SubTool-objektinaan lantion pohjan muodon, sekä erikseen kasvoihin noodi-lihaskudosmassan. Aponeurooseja tein kuutena erillisenä SubTool-objektina neljä uniikkia kappaletta. Tämän lisäksi tein takaraivo-otsalihakseen SubTool-objektin osana viidennen aponeuroosin, pääkamaran. Myös navan tein omana SubTool-objektinaan. Ligamenteja tein yhdeksänä SubTool-objektina 20 uniikkia kappaletta, kun kunkin sormen distaalisisimman nivelen sivuja pyöristävät ligamentit lasketaan omina ligamenteinaan. Peitinkalvoja tein kymmenen uniikkia kappaletta kukin omana SubTool-objektinaan. Toteutin 22 SubTool-objektina 40 uniikkia rasvaesiintymää. Silmämunat tein kahteen SubTool-objektiin jaettuna niin, että sarveiskalvo oli oma SubTool-objektinsa. Tein omina SubTool-objekteinaan pääläen päälle tulevan ihon, silmän yläulkokulmaan tulevan ihorakenteen, carunculan, nännit, pelkistetyn miehen ulkoisen sukupuolielimen, kilpirauhasen, leuanalussylikirauhasen, korvasylikirauhasen sekä samassa SubTool-objektissa henkitorven ja kurkunpään ei-rustoiset rakenteet. SubTool-objekteja tuli malliin yhteensä 239, jotka edustivat 370 eri rakennetta (noodi ja lantion pohja mukaan luettuna). Liitteessä 4 on esittelykuvia valmiista 3D-mallista. Valtaosin jätin mallin ilman ihoa. Tällaista mallia kutsutaan *écorché*-tyyppiseksi (Spencer 2011, 49).

Saatuani mallin valmiiksi olin siinä luulossa, että olin onnistuneesti toteuttanut seitsemän ja puolen pääncorkeudensa mittaisen hahmon. Tarkempi mittaus todisti tämän kuitenkin vääräksi, sillä kuten kuviosta 30 on todettavissa, valmiista 3D-mallistani tuli noin 7,6 pääncorkeutensa pituinen. Tämä on itse asiassa samansuuntainen arvo kuin mitä pääncorkeoja oli mahtunut taustareferenssiluurankoon, joten teoriani siitä, että pää-

kalloja täytyisi mahtua luurankoon enemmän kuin päitä vartaloon ei näytä pitäneen paikkaansa.



Kuvio 30. Valmis malli oli noin 7,6 päänkorkeutensa pituinen. Mittasin pituuden ZBrush-ohjelman TransPose-työkalun avulla.

Tein mallistani myös esittelyvideon, joka on tämän opinnäytetyön liitteenä 1. Videolla havainnollistan 3D-mallin rakentumista eri anatomisista rakenteista niin, että tuon mallia vähitellen näkyville useimmiten yksi SubTool-objekti kerrallaan. Silmän sarveiskalvoa en kuitenkaan tuo näkyville videolla. Anatomiset rakenteet paljastuvat samassa järjestyksessä kuin liitteen 2 erittelyssä. Osa SubTool-objekteista ilmestyy näkyville kahteen otteeseen johtuen kuvakulman ja videossa esiteltävänä olevan vartalonosan vaihtumisesta. Näitä rakenteita en ole listannut toistamiseen liitteen 2 erittelyssä. Silloin, kun olin esittänyt yksittäisen rakenteen usean SubTool-objektin avulla, tuon videolla kaikki nämä SubTool-objektit kerralla näkyville, paitsi eriaikaisesti ilmaantuvien kolmipäisen olkalihaksen päiden kohdalla. Käsivarren lihaksiin keskittyvässä videon osassa olen piilottanut rintakehän luita pois näkyvistä, jotta myös käsivarren mediaalinen puoli näkyisi hyvin.

Esittelyvideossa on lisäksi useita pyörähdysanimaatioita 3D-mallistani. Esittelykuvien ja -videon tekemistä varten kokeilin 3D-mallissa eri ZBrush-materiaaleja, ja päädyin käyttämään silmäni eniten miellyttäneitä SkinShade4-, ToyPlastic-, ReflectedPlastic-, sekä MatCap White Cavity -materiaaleja. Esittelykuvat työstä otin ZBrush-ohjelmasta ruutukaappauksina. Säädin joidenkin kuvien värejä Adobe Photoshop CC -ohjelmalla. Esittelyvideon loin yhdistelemällä ZBrush-ohjelman sisällä tehtyjä 3D-mallin kierähdysvideoita ja ZBrush-ohjelmasta ottamiani ruutukaappauksia, joissa 3D-mallin eri SubTool-objektit ovat vaihtelevasti näkyvillä. Esittelyvideon kokosin Adobe After Effects CC -ohjelmalla käyttäen myös Adobe Media Encoder CC -ohjelmaa.

6 Yhteenveto

Tässä opinnäytetyössäni tavoitteenani oli perehtyä ihmisen anatomiaan taiteilijan näkökulmasta. Opinnäytetyöni jakaantui kirjallisuustutkimukseen sekä toiminnalliseen työhön, joita molempia tein rinnakkain opinnäytetyötä työstäessäni. Kirjallisuustutkimuksessa tavoitteenani oli selvittää, millä tavalla anatomisesti modernin miehen vartalo on rakentunut ja mitä asioita on huomioitava, kun taiteellisen ilmaisun tavoitteena on anatomisesti oikeaoppinen miesvartalo, joka on aikuinen, atleettinen, länsimaalainen sekä seitsemän ja puolen pääncorkeuden pituinen. Vartalotyypin rajauksen ohella työn aihe oli rajattu käsittelemään anatomiaa taiteilijalle relevantilla tarkkuudella, jolloin esimerkiksi syvällä vartalon sisuksissa sijaitsevat elimet olivat merkityksettömiä. Anatomisella oikeaoppisuudella tarkoitin työssä sitä, että jokaisen anatomisen rakenteen sijainti, muoto sekä koko olivat referenssiaineiston mukaisia. Referenssi- eli tutkimusaineistonani työssä oli sekä taiteilijoiden anatomiaoppaita että lääketieteellistä aineistoa. Työn toiminnallisessa osuudessa tavoitteenani oli käytännössä toteuttaa tutkimuskohteenä ollut vartalotyyppi digitaalisen veistämissen keinoin ja rajauksen mukaisesti. Veisto-ohjelmana käytössäni oli Pixologic ZBrush 4R5–4R7.

Työssä onnistuin toteuttamaan valitsemani vartalotyypin mukaisen 3D-mallin, joskin mallista tuli hieman pitempi kuin seitsemän ja puoli pääncorkeuttaan. Valitsemani vartalotyyppi osoittautui sopivaksi tämän kaltaisen työn tekemiseen, koska se sattui edustamaan ideaalivartaloa ja täten siihen liittyvää referenssiaineistoa löytyi runsaasti. Sain tavoitteiden mukaisesti 3D-mallini toteutettua myös niin, että eri anatomiset rakenteet oli mallinnettu omina 3D-objekteinaan tai ainakin omina polygoniverkkoinaan. Samalla mielestäni onnistuin saavuttamaan visuaalisesti yhtenäisen kokonaisuuden. Malliini

sain sisällytettyä yhtä yläsilmäluomen lihasta lukuun ottamatta kaikki sellaiset anatomiset rakenteet, joiden pitäisi Human Anatomy for Artists: The Elements of Form (Goldfinger 1991) -teoksen mukaan olla riittäviä taiteilijoille. Tämän lisäksi sisällytin malliin lukuisia muita rakenteita, jotka olivat tarpeen 3D-mallin kokonaisuuden aikaansaamiseksi. Valmis 3D-malli syntyi useista lähteistä tekemänäni yhteenvetotulokintana, eikä sitä olisi ollut mahdollista tehdä ilman referenssiaineistoon perustamista. Työssä valmistuneen mallin ei ole tarkoitus edustaa vapaata taiteellista ilmaisua, vaan se on pikemminkin visuaalinen tapa, jolla esittelen vastauksen opinnäytetyöni tutkimuskysymykseen. Mallissa konkretisoituu se tieto, joka tarvitaan työn rajauksen kaltaisen vartalo-tyypin esittämiseksi hahmotaitteessa anatomisesti oikeaoppisella tavalla.

Tein parhaani, jotta kaikki työssä tekemäni ratkaisut olisivat perusteltavissa referenssiaineiston avulla ja jotta voisin sanoa mallin toteutuneen anatomisesti oikeaoppisella tavalla. Sataprosenttista varmuutta minulla ei kuitenkaan ole 3D-mallin anatomisen oikeaoppisuuden suhteen, koska minulla ei ole ollut mahdollisuutta esimerkiksi tarkistuttaa 3D-malliani jollakin anatomian asiantuntijalla. Kaksiulotteisen tai tekstipohjaisen aineiston pohjalta on mahdotonta varmistua siitä, että kolmiulotteinen malli on varmasti jokaisesta katselukulmasta oikean muotoinen. Käytettävissä olleet kaksi muuta anatomiamallia edustivat erityyppistä vartaloa, eikä niistä ollut hyötyä valmiin mallin anatomisen oikeellisuuden tarkistamisessa. Työn tekemistä olisi siksi mielestäni auttanut, jos käytettävissäni olisi ollut konkreettinen, ei-digitaalinen anatominen malli. Tällaisesta mallista olisin voinut käsin tunnustelemalla tarkistaa, olenko tulkinut esimerkiksi anatomisten muotojen kaarevuuden oikein. Yksi esimerkki tällaisesta konkreettisesta anatomiamallista on AnatomyTools.com-valmistajan Male figure: Art-pro v2A (AnatomyTools.com 2012), jonka kerrotaan olevan nimenomaan taiteilijoiden avuksi tarkoitettu. Lihasten mallintamisessa olisi mielestäni myös ollut parempi, jos käytettävissäni olisi ollut Goldfingerin teoksen (1991) ohella muitakin läpileikkukuuvituksia atleettisen vartalon muodokkaista lihaksista. Bammesin teoksessakin (2009) oli vain yhteensä kolme erilaista kuvion 27 kaltaisia kokovartalon poikkileikkauskuvaa. Nyt lihasten muoto luonnollisesti muistuttaa etu-, sivu- ja takakuvakulmista eniten pääasiallista lähdeäni eli Goldfingerin teosta siitä huolimatta, että käytin muitakin referenssejä lihaksia veistäessäni.

Digitaalisen 3D-mallin valmistumisen jälkeen huomasin, että joissakin sen lihaksia edustavissa SubTool-objekteissa oli läpimenoja viereisten objektien kanssa. Tämä voisi viitata siihen, että ainakin lihaksiston osalta olen mallintanut jotakin virheellisesti.

Koska työtä tehdessäni en kuitenkaan tehnyt mielivaltaisia päätöksiä 3D-mallin muodon suhteen vaan etsin tutkimusaineistostani vastaukset kaikkiin mieleeni tulleisiin anatomia-aiheisiin kysymyksiin veistoprosessin aikana, uskon voivani tältä osin sanoa tavoitteeni anatomisesta oikeaoppisuudesta toteutuneen. Olin tarkoituksella myös tehnyt hahmon lantiorengaasta kapeamman kuin taustareferenssiluurangossa. Unohdin kuitenkin siirtää alaraajoja sisemmäksi lonkkamaljojen mukana. Näin 3D-mallin reisiluulle saattoi tulla liian pitkä kaula, joskin en voi olla varma, sillä en osaa sanoa, missä vaiheessa eri elinten muodoissa luonnollisesti esiintyvä vaihtelu saavuttaa epämuodostuman statuksen.

ZBrush-ohjelman osalta pääsin työssä kokeilemaan muutamia eri 3D-mallin aloittamistapoja. Kovin syvällisesti en kuitenkaan ZBrush-ohjelmaan päässyt työssä perehtymään, koska käytin veistämässä lähinnä veistosiveltimiä symmetrian kera, Mask-toimintoa, DynaMesh-toimintoa, polygonien ja SubTool-objektien näkyvyyssäätelyä, SubTool-objektien peilausta, objektien värittämistä sekä taustareferenssien asettamista näkymään. Tavoitettani perehtyä ZBrush-ohjelmaan voin siis jatkaa tulevaisuudessa tekemällä uusia veistoksia ja käyttämällä ZBrush-ohjelman toiminnallisuuksia monipuolisemmin. ZBrush DynaMesh-toiminnon kera oli työkaluna kuitenkin hyvä valinta tähän työhön, sillä pystyin keskittymään itse anatomiaan vailla huolta topologiasta.

Tämän opinnäytetyön tekemisen myötä opin erittäin paljon uusia asioita ihmisen anatomiaa, joten opinnäytetyölleni valitsemani aihe osoittautui erinomaiseksi itseni kannalta. Aihe säilyi itselleni mielenkiintoisena koko työskentelyn ajan. Opinnäytetyö oli samalla kuitenkin haastava. Työn alussa anatomisen terminologian ollessa itselleni vielä kovin vierasta jo itse anatomisen tekstin ymmärtäminen vei runsaasti aikaa. Suomenkielisten vastineiden löytäminen anatomiselle termistölle oli oma urakkansa opinnäytetyön kirjallista osuutta kirjoittaessani, sillä valtaosa tutkimusaineistostani oli ollut englanninkielistä. Tutkimusaineistoni tulkitseminen oli haasteellista ja monesti useampi kolmiulotteinen ratkaisu tuntui tuottavan samanlaisen kaksiulotteisen siluetin. Digitaalisen mallin valmistamisessa yritin edetä järjestelmällisesti vartalon sisällä olevista rakenteista kohti vartalon ulkopinnassa olevia rakenteita. Mallia työstäessäni löysin kuitenkin jatkuvasti virheitä aiempien työvaiheiden tuotoksistani. Koska vartalo on useista osista muodostunut kokonaisuus, johti yhdessä anatomisessa osassa oleva virheellinen muoto seuraavien osien yhteensopimattomuuteen. Näin ollen jouduin työssä usein palaamaan jo mallintamiini rakenteisiin korjatakseeni niitä. Joihinkin rakenteisiin jouduin

palaamaan jopa useampaan eri otteeseen ennen kuin saavutin rakenteen oikean muodon. Erityisen vaikeita mallinnettavia olivat lonkkaluu ja pohjeluu.

Luurangon luut olivat paljon monimutkaisempia rakenteeltaan kuin olin odottanut. Työssä toteutin 109 uniikkia luuta, jos pääkallon luut lasketaan pelkistetysti kahtena luuna ja ristiluu, häntäluu sekä lonkkaluu kukin yhtenä luuna. Rustoja toteutin 19 uniikkina kappaleena rintakehään, nenään ja korvaan sekä henkitorven ja kurkunpään rakenteisiin. Lisäksi tein rustoja nikamien väleihin sekä lantioarenkaaseen. Luista opin, että niiden yksityiskohtaiset muodotkin ovat tärkeitä maamerkkialueiden ohella. Luihin täytyi saada lihasten kiinnittymiskohdat oikein mallinnettua, jotta lihakset oli mahdollista saada malliin oikeille kohdilleen. Luiden osalta opinnäytetyötäni on mahdollista jatkaa tekemällä parannuksia esimerkiksi nikamiin ja pääkalloon, sillä nämä rakenteet jäivät vähiten tarkoiksi mallissani. Lihaksien osalta voisin puolestaan jatkaa työtä toteuttamalla kaikkiin lihaksiin niiden lihassykimppukuviointin sekä korjaamalla läpimenoja lihaksista. Lihaksia toteutin työssä yhteensä 154 uniikkia kappaletta. Toteutin malliin myös ligamentteja, peitinkalvoja, navan, rasvaesiintymiä, neurovaskulaarisen kimpun, päälaen päällä olevan ihon, silmän yläulkokulmaan tulevan ihorakenteen, silmämunat, nännit, pelkistetyn miehen ulkoisen sukupuolielimen, kilpirauhasen, leuanalussylikirauhasen, korvasylikirauhasen sekä henkitorven ja kurkunpään ei-rustoiset rakenteet. Nämä kaikki olivat rakenteita, jotka osallistuvat miesvartalon ulkomuodon rakentumiseen taiteilijalle merkityksellisellä tavalla. Kaikkiaan löysin tutkimusaineistosta toteutettavakseni 370 uniikkia anatomista rakennetta.

Ihmisen anatomia on hyvin laaja aihe, joten tätä opinnäytetyötä on mahdollista jatkaa monilla tavoin. Nyt valmistunutta malliani voisin tehdä useilla tavoilla tarkemmaksi. Voisin toteuttaa siihen esimerkiksi rakenteita, jotka jäivät tämän työn käsittelyn ulkopuolelle, kuten pinnallisia verisuonia, kynnet ja karvoituksen tai ihon kokonaisuutena. Voisin sisällyttää 3D-malliin myös epäsymmetriaa eri vartalonpuoliskojen välille tai tehdä malliin pintatekstuurien kaltaisia yksityiskohtia. Toisaalta voisin perehtyä seuraavaksi erityyppiseen ihmisvartaloon tekemällä 3D-mallin esimerkiksi naishahmosta. Mahdollista olisi myös kokeilla tehdä digitaalisia veistoksia eri asennoissa olevista vartaloista. Alun perin työssäni oli ollut tarkoitus perehtyä myös siihen, miten lihasten ulkomuoto muuttuu vartalon eri asennoissa, mutta tämä aspekti rajautui työn käsittelyalueen ulkopuolelle, kun työtä uudelleen rajattiin sen työstön aikana.

Lähteet

Acland, Robert D. 2004a. Acland's DVD Atlas of Human Anatomy. DVD 1: The Upper Extremity. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

Acland, Robert D. 2004b. Acland's DVD Atlas of Human Anatomy. DVD 2: The Lower Extremity. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

Acland, Robert D. 2004c. Acland's DVD Atlas of Human Anatomy. DVD 3: The Trunk. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

Acland, Robert D. 2004d. Acland's DVD Atlas of Human Anatomy. DVD 4: The Head and Neck, Part 1. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

Acland, Robert D. 2004e. Acland's DVD Atlas of Human Anatomy. DVD 5: The Head and Neck, Part 2. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

Acland, Robert D. 2004f. Acland's DVD Atlas of Human Anatomy. DVD 6: The Internal Organs. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

AnatomyTools.com 2012. Male figure: Art-pro v2A. [verkkodokumentti] <http://www.anatomytools.com/anmfv2-1-3scale-p14.php> (luettu 14.04.2016).

Autodesk Inc. 2016. Overview. Mudbox. [verkkodokumentti] <http://www.autodesk.com/products/mudbox/overview> (luettu 17.04.2016).

Bailey, Lisa 2013. Tissue Depth Tables for Facial Approximation. Ask a Forensic Artist. [verkkodokumentti] <http://www.askaforensicartist.com/2012-soft-tissue-depth-tables-from-drs-stephan-and-simpson/> (luettu 22.02.2013).

Bammes, Gottfried 2009. Die Gestalt des Menschen. Lehr- und Handbuch der Künstleranatomie. Freiburg: Christophorus Verlag GmbH & Co. KG.

Bammes, Gottfried 2011. Complete Guide to Life Drawing. Tunbridge Wells: Search Press Limited.

Budowick, Michael & Bjälje, Jan G. & Rolstad, Bent & Toverud, Kari C. 1995. Anatomian Atlas. Suomentanut Kirsti Sillman. Helsinki: WSOY.

Campbell, Neil A. & Reece, Jane B. 2002. Biology. 6. painos. San Francisco: Benjamin Cummings.

Clippinger, Karen 2007. Dance Anatomy and Kinesiology. Champaign: Human Kinetics.

Constance, Diana 2004. Life Drawing Class. Royston: Eagle Editions Ltd.

Delavier, Frédéric 2010. Strength Training Anatomy. 3. painos. Champaign: Human Kinetics.

Digital-Tutors Team 2014. Key 3D Modeling Terminology Beginners Need to Understand. [verkkodokumentti] <http://blog.digitaltutors.com/basic-3d-modeling-terminology/> (luettu 17.04.2016).

Eaton, Scott 2013. Anatomy Books – Review and Recommendations. [verkkodokumentti] <http://www.scott-eaton.com/anatomy-book-reviews-and-recommendations> (luettu 18.04.2016).

Faigin, Gary 1992. The Artist's Complete Guide to Facial Expression. New York: Watson-Guption Publications.

Gierloff, M. & Stöhring, C. & Buder, T. & Wiltfang, J. 2012. The subcutaneous fat compartments in relation to aesthetically important facial folds and rhytides. Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery 2012:65, 1292-1297.

Goldfinger, Eliot 1991. Human Anatomy for Artists. The Elements of Form. New York: Oxford University Press.

Gray, Henry 2012. Gray's Anatomy. Toimittanut Pick, T. Pickering & Howden, Robert. 15. painos. London: Bounty Books.

Harris, Philip & Ranson, Craig 2008. Atlas of Living and Surface Anatomy for Sports Medicine. London: Churchill Livingstone Elsevier.

Janson, Klaus 2002. The DC Comics Guide to Pencilling Comics. New York: Watson-Guption Publications.

Keller, Eric 2011. Introducing ZBrush 4. Indianapolis: Wiley Publishing, Inc.

Kingslien, Ryan 2011. ZBrush Studio Projects. Realistic Game Characters. Indianapolis: Wiley Publishing, Inc.

Lockhart, R. D. 1974. Living Anatomy. A Photographic Atlas of Muscles in Action and Surface Contours. 7. painos. London: Faber and Faber.

Mitsuhashi, N. & Fujieda, K. & Tamura, T. & Kawamoto, S. & Takagi, T. & Okubo, K. 2009. BodyParts3D: 3D structure database for anatomical concepts. Nucleic Acids Research 2009:37, D782-D785.

Moore, Keith L. & Dalley, Arthur F. & Agur, Anne M.R. 2014. MOORE Clinically Oriented Anatomy. 7. painos. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

National Institute of Information and Communications Technology 2006. Japanese adult male and female whole-body voxel human models. Biomedical EMC. [verkkodokumentti] http://emc.nict.go.jp/bio/model/model01_1_e.html (luettu 26.4.2016).

Opas anatomiaan 2014. Elsevier GmbH, München. Potsdam: h.f.ullmann publishing GmbH.

Peck, Stephen Rogers 1982. Atlas of Human Anatomy for the Artist. New York: Oxford University Press.

Pixologic, Inc. 2016a. ZBrush Overview. About ZBrush. [verkkodokumentti] <http://pixologic.com/zbrush/features/overview/> (luettu 17.04.2016).

Pixologic, Inc. 2016b. DynaMesh. ZBrush 4R7 Online Documentation. [verkkodokumentti] <http://docs.pixologic.com/user-guide/3d-modeling/modeling-basics/creating-meshes/dynamesh/> (luettu 15.05.2016).

Pixologic, Inc. 2016c. DynaMesh. About ZBrush. [verkkodokumentti] <http://pixologic.com/zbrush/features/zbrush4r2/dynamesh/> (luettu 17.04.2016).

Pixologic, Inc. 2016d. Creating Meshes. ZBrush 4R7 Online Documentation. [verkkodokumentti] <http://docs.pixologic.com/user-guide/3d-modeling/modeling-basics/creating-meshes/> (luettu 20.4.2016).

Pixologic, Inc. 2016e. Slice brushes. ZBrush 4R7 Online Documentation. [verkkodokumentti] <http://docs.pixologic.com/user-guide/3d-modeling/modeling-basics/polygroups/slice-curve/> (luettu 14.05.2016).

Pixologic, Inc. 2016f. User Guide. ZBrush 4R7 Online Documentation. [verkkodokumentti] <http://docs.pixologic.com/user-guide/> (luettu 14.05.2016).

Raynes, John 1997. A Step-by-Step Guide to Drawing the Figure. Cincinnati: North Light Books.

Richer, Paul 1986. Artistic Anatomy. Toimittanut Robert Beverly Hale. New York, Watson-Guption Publications.

Rohen, W. Johannes & Yokochi, Chihiro & Lutjen-Drecoll, Elke 2000. Anatomian kuva-atlas. Ihmisen kehon rakenteet värivalokuvina. Suomentanut Jari Ylinen, Silja Silvennoinen & Risto Haarala. Muurame: Medirehab kustannus.

Schuenke, Michael & Schulte, Erik & Schumacher, Udo 2010. THIEME Atlas of Anatomy. General Anatomy and Musculoskeletal System. Korjattu painos. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG.

Schuenke, Michael & Schulte, Erik & Schumacher, Udo 2014. THIEME Atlas of Anatomy. General Anatomy and Musculoskeletal System. Toimittanut Ross, Lawrence M. 2. painos. New York: Thieme Medical Publishers, Inc.

Simblet, Sarah 2001. Anatomy for the Artist. London: Dorling Kindersley Limited.

Spencer, Scott 2010. ZBrush Digital Sculpting Human Anatomy. Indianapolis: Wiley Publishing, Inc.

Spencer, Scott 2011. ZBrush Character Creation: Advanced Digital Sculpting. 2. painos. Indianapolis: Wiley Publishing, Inc.

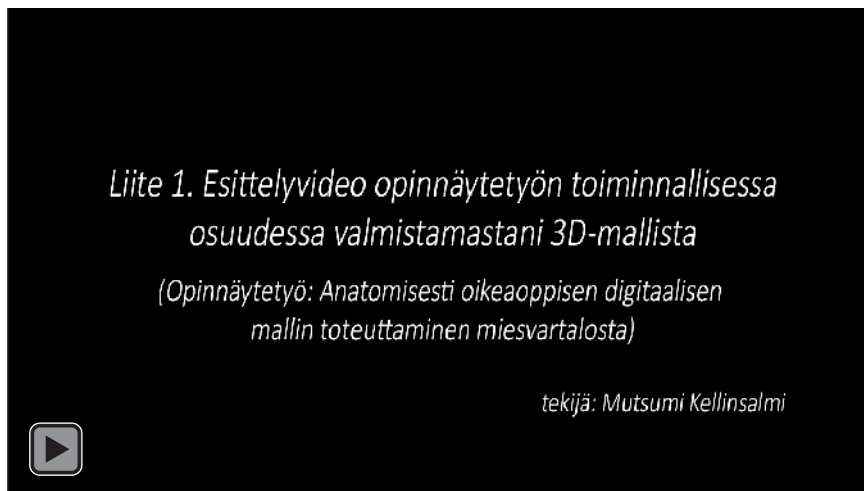
Szunyoghy, András & Fehér, György 2010. Anatomian piirustusopas. Ihminen. Potsdam: Tandem Verlag GmbH.

Tirri, Rauno & Lehtonen, Juhani & Lemmetyinen, Risto & Pihakaski, Seppo & Portin, Petter 2001. Biologian sanakirja. Uudistetun laitoksen 1. painos. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Otava.

Tixa, Serge 2008. Atlas of Surface Palpation. Anatomy of the Neck, Trunk, Upper and Lower Limbs. 2. painos. London: Churchill Livingstone.

Esittelyvideo opinnäytetyön toiminnallisessa osuudessa valmistamastani 3D-mallista.

Videon resoluutio on 1280x720 pikseliä ja se aukeaa klikattaessa omaan ikkunaan.



Erittely kaikista digitaaliseen malliin toteuttamistani anatomisista rakenteista.

	SubTool-objektin edustama anatominen rakenne (suomenkielinen nimi)	SubTool-objektissa edustettujen erillisten anatomisten rakenteiden erittely (suomenkielinen nimi)	Anatomisen rakenteen vieraskielinen nimi tutkimusaineistossa/Nimi, jota hyödynsin nimetessäni SubTool-objektin 3D-mallissa	Anatomisen rakenteen tyyppi
1	Pääkallo	yhteen sulautuneet pääkallon luut	cranium & facial bones of the skull	luu
		alaleukaluu	mandible	luu
2	Kieliluu		hyoid	luu
3	Selkäranka	7 kaulanikamaa	cervical vertebrae of the spine	luu
		12 rintanikamaa	thoracic vertebrae of the spine	luu
		5 lannenikamaa	lumbar vertebrae of the spine	luu
4	Ristiluu ja häntäluu	ristiluu	sacrum	luu
		häntäluu	coccyx	luu
5	Lonkkaluu		hip bone	luu
6	Rintalasta		sternum	luu
7	Kylkiluut	12 kylkiluuta	ribs	luu
8	Kylkirusto	12 kylkirustoa	costal cartilages	rusto
9	Solisluu		clavicle	luu
10	Lapaluu		scapula	luu
11	Olkaluu		humerus	luu
12	Kyynärluu		ulna	luu
13	Värttinäluu		radius	luu
14	Käden luut	veneluu (ranteen)	scaphoid	luu
		puolikuuluu	lunate	luu
		kolmioluu	triquetral	luu
		herneluu	pisiform	luu
		iso monikulmaluu	trapezium	luu
		pieni monikulmaluu	trapezoid	luu
		iso ranneluu	capitate	luu
		hakaluu	hamate	luu
		kämmenluut, 1.-5.	metacarpal bones	luu
		sormen tyviluut, 1.-5.	proximal phalanges	luu
		sormen keskiluut, 2.-5.	middle phalanges	luu
		sormen kärkiluut, 1.-5.	distal phalanges	luu
		2 peukalon sesamuluuta	sesamoid bones	luu
15	Reisiluu		femur	luu
16	Polvilumpio (sesamuluu)		patella	luu
17	Säärikuu		tibia	luu
18	Pohjeluu		fibula	luu
19	Jalkaterän luut	telaluu	talus	luu
		kantaluu	calcaneus	luu
		veneluu (nilkan)	navicular	luu
		kuutioluu	cuboid	luu
		uloin vaajaluu	lateral cuneiform	luu
		keskimmäinen vaajaluu	intermediate cuneiform	luu
		sisin vaajaluu	medial cuneiform	luu
		jalkapöydänluut, 1.-5.	metatarsal bones	luu
		varpaiden tyviluut, 1.-5.	proximal phalanges	luu
		varpaiden keskiluut, 2.-5.	middle phalanges	luu
		varpaiden kärkiluut, 1.-5.	distal phalanges	luu
		2 isovarpaan sesamuluuta	sesamoid bones	luu
20	Nenän väliseinä		nasal septum	rusto
21	Nenän sivurusto		lateral cartilage	rusto
22	Iso nenänpielirusto		greater alar cartilage	rusto
23	Pienet nenänpielirustot		lesser alar cartilages	rusto
24	Nenän siveke		wing of the nose	rasva
25	Silmämuna: kovakalvo, värikalvo, mustainen		eyeball: sclera, iris, pupil	silmämuna
26	Silmämuna: sarveiskalvo		eyeball: cornea	
27	Takaraivo-otsalihaksen otsanpuoleinen runko		frontalis	lihas & aponeuroosi
28	Takaraivo-otsalihaksen takaraivonpuoleinen runko ja pääkamara		occipitalis & galea aponeurotica	

(jatkuu)

29	Ohimolihas		temporalis	lihas
30	<i>Ohimokalvonalainen rasvakertymä</i>		fat beneath the temporal fascia	rasva
31	Nirsolihas		procerus	lihas
32	Kulmakarvojen rypistäjälihas		corrugator supercilii	lihas
33	<i>Silmän sisäkulman ihorakenne</i>		caruncula lacrimalis	ihorakenne
34	Silmän kehälihas: luomiosa		palpebral part of orbicularis oculi	lihas
35	Silmän kehälihas: silmäkuoppaosa		orbital part of orbicularis oculi	
36	Kulmakarvojen alasetäjälihas		depressor supercilii	
37	Silmän kehälihas: malaris-osa		(lateral) malaris	
38	Nenälihas: poikittainen osa		nasalis, transverse part	lihas
39	Nenälihas: siivekeosa		nasalis, alar part	
40	(ei tietoa nimestä)		dilator naris	lihas
41	Suupielen kohottajalihas		levator anguli oris	lihas
42	Poskilihas		buccinator	lihas
43	Ulompi puremalihhas		masseter	lihas
44	Posken rasvatyyny		buccal fat pad	rasva
45	(ei tietoa nimestä)		incisivus labii inferioris	lihas
46	(ei tietoa nimestä)		incisivus labii superioris	lihas
47	Suun kehälihas (osa)		orbicularis oris, outer portion	lihas
48	Ylähuuli		orbicularis oris, red lip portion (upper)	
49	Alahuuli		orbicularis oris, red lip portion (lower)	
50	<i>Huulen rasvaesiintymä</i>		tubercule	rasva
51	<i>Noodi</i>		node	noodi
52	Ylähuulen ja nenänpielen kohottajalihas		levator labii superioris alaeque nasi	lihas
53	Suupielen kohottajalihas		levator labii superioris	lihas
54	Pieni poskipäälihas		zygomaticus minor	lihas
55	Iso poskipäälihas		zygomaticus major	lihas
56	Hymylihas		risorius	lihas
57	Suupielen alasetäjälihas		depressor anguli oris	lihas
58	Alahuulen alasetäjälihas		depressor labii inferioris	lihas
59	Leukalihas		mentalis	lihas
60	<i>Rasvaesiintymä poskessa</i>		malar fat pad	rasva
61	Ulkokorva		external ear	rusto
62	Korvasylkirauhanen		parotid gland	sylkirauhanen
63	<i>Silmän yläkulmakulman ihorakenne</i>		eye cover fold	ihorakenne
64	<i>Päälaen ihorakenne</i>		(ei nimeä)	ihorakenne
65	Kurkunpää ja henkitorvi	kurkunpää	larynx	kurkunpää
		henkitorvi	trachea	henkitorvi
66	Kilpirusto		thyroid cartilage	rusto
67	Rengasrusto		cricoid cartilage	rusto
68	Kilpirauhanen		thyroid gland	kilpirauhanen
69	Leveä suunpohjalihas		mylohyoid	lihas
70	Kaksirunkoinen alaleukalihas		digastric	lihas
71	Leuanalussylikirauhanen		submandibular gland	sylkirauhanen
72	Rintalasta-kieliluulihas		sternohyoid	lihas
73	Kilpirusto-kieliluulihas		thyrohyoid	lihas
74	Rintalasta-kilpirustolihas		sternothyroid	lihas
75	Lapa-kieliluulihas		omohyoid	lihas
76	Päänkiertäjälihas		sternocleidomastoid	lihas
77	Kaulan iholihas		platysma	lihas
78	Ylempi lapalihas		supraspinatus	lihas
79	Lavanaslihas		subscapularis	lihas
80	Pieni liereälihas		teres minor	lihas
81	Alempi lapalihas		infraspinatus	lihas

(jatkuu)

82	Iso liereälihas		teres major	lihas
83	Sisempi lihasvälikalvo		medial intermuscular septa	faskia
84	Ulompi lihasvälikalvo		lateral intermuscular septa	faskia
85	Kolmipäisen olkalihaksen sisempi pää		triceps brachii, medial head	lihas
86	Kolmipäisen olkalihaksen ulompi pää		triceps brachii, lateral head	
87	Kolmipäisen olkalihaksen pitkä pää		triceps brachii, long head	
88	Kolmipäisen olkalihaksen jänne		triceps tendon	
89	Hartialihas		deltoid	lihas
90	Olkavarsilihas		brachialis	lihas
91	Korppilisäke-olkaluulihas		coracobrachialis	lihas
92	Hauislihas		biceps brachii	lihas
93	Neurovaskulaarinen kimppu		neurovascular bundle	rasva
94	Uloskiertäjälihas		supinator	lihas
95	Kyynärpälihas		anconeus	lihas
96	Ranteen lyhyt peukalonpuoleinen ojentajalihas		extensor carpi radialis brevis	lihas
97	Ranteen pitkä peukalonpuoleinen ojentajalihas		extensor carpi radialis longus	lihas
98	Olka-värttinäluulihas		brachioradialis	lihas
99	Peukalon lyhyt ojentajalihas		extensor pollicis brevis	lihas
100	Etusormen ojentajalihas		extensor indicis	lihas
101	Peukalon pitkä ojentajalihas		extensor pollicis longus	lihas
102	Peukalon pitkä loitontajalihas		abductor pollicis longus	lihas
103	Ranteen pikkusormenpuoleinen ojentajalihas		extensor carpi ulnaris	lihas
104	Pikkusormen ojentajalihas		extensor digiti minimi	lihas
105	Sormien ojentajalihas		extensor digitorum	lihas
106	Ojentajien pidäkeside		extensor retinaculum	faskia
107	Nelikulmainen sisäänkiertäjälihas		pronator quadratus	lihas
108	Peukalon pitkä koukistajalihas		flexor pollicis longus	lihas
109	Sormien syvä koukistajalihas		flexor digitorum profundus	lihas
110	Ranteen pikkusormenpuoleinen koukistajalihas		flexor carpi ulnaris	lihas
111	Sormien pinnallinen koukistajalihas		flexor digitorum superficialis	lihas
112	Liereä sisäänkiertäjälihas		pronator teres	lihas
113	Ranteen peukalonpuoleinen koukistajalihas		flexor carpi radialis	lihas
114	Koukistajien pidäkeside		flexor retinaculum	faskia
115	Pitkä kämmenlihas		palmaris longus	lihas
116	Kyynärtaipeen täyterasva		cubital fossa, fat	rasva
117	Kämmenselän luuvälilihakset	4 kappaletta	dorsal interossei	lihas
118	Kämmenen luuvälilihakset	3 kappaletta	palmar interossei	lihas
119	Peukalon lähentäjälihaksen poikittainen pää		adductor pollicis, transverse head	lihas
120	Peukalon lähentäjälihaksen vino pää		adductor pollicis, oblique head	
121	Peukalon vastaanasettajalihas		opponens pollicis	lihas

(jatkuu)

122	Peukalon lyhyen koukistajaliuksen syvä pää		flexor pollicis brevis, deep head	lihas
123	Peukalon lyhyen koukistajaliuksen pinnallinen pää		flexor pollicis brevis, superficial head	
124	Peukalon lyhyt loitontajalihas		abductor pollicis brevis	lihas
125	Pikkusormen vastaanasettajalihas		opponens digiti minimi	lihas
126	Pikkusormen lyhyt koukistajalihas		flexor digiti minimi brevis	lihas
127	Pikkusormen loitontajalihas		abductor digiti minimi	lihas
128	Käämilihakset (käden)	4 kappaletta	lumbricals	lihas
129	Kämmenen kalvojänteen pitkittäisjuosteet		palmar aponeurosis, longitudinal fascicles	aponeuroosi
130	Kämmenen kalvojänteen poikittäisjuosteet		palmar aponeurosis, transverse fascicles	
131	Pinnallinen poikittainen kämmenluuside		superficial transverse metacarpal ligament	ligamentti
132	<i>Ligamentit sormissa</i>	10 kappaletta	collateral ligaments	ligamentti
133	Lyhyt kämmenlihas		palmaris brevis	lihas
134	<i>Kämmenen rasvaesiintymä</i>		<i>palm, fat pad</i>	rasva
135	<i>Sormien rasvaesiintymät</i>	13 kappaletta	finger fat pads	rasva
136	<i>Ranteen täyterasva</i>		<i>wrist, filler fat</i>	rasva
137	Niskaside		nuchal ligament	ligamentti
138	Monihalkoinen lihas		multifidus	lihas
139	Keskimmäinen kylkiluunkannattajalihas		scalenus medius	lihas
140	Vinon okahaarakeliuksen kallo-osa		semispinalis capitis	lihas
141	Nelikulmainen lannelihas		quadratus lumborum	lihas
142	Selän ojentajalihas		erector spinae	lihas
143	Kaulan ohjaslihas		splenius cervicis	lihas
144	Lapaluun kohottajalihas		levator scapulae	lihas
145	Pään ohjaslihas		splenius capitis	lihas
146	Iso suunnikaslihas		rhomboids	lihas
147	Alempi takimmainen sahalihäs		serratus posterior inferior	lihas
148	Etumainen sahalihäs		serratus anterior	lihas
149	Leveä selkälihas		latissimus dorsi	lihas
150	Epäkäslihas		trapezius	lihas
151	<i>Ligamentit lantiossa</i>	ristiluu-istuinkyhmyside	sacrospinous ligament	ligamentti
		takimmaisesti ristiluu-suoliluusiteet	posterior sacroiliac ligaments	ligamentti
		ristiluu-istuinkärkaside	sacrospinous ligament	ligamentti
152	<i>Lantionpohjan peikistys</i>		(ei nimeä)	lantionpohja
153	Ulompi peittäjälihas		obturator externus	lihas
154	Nelikulmainen reisilihas		quadratus femoris	lihas
155	Alempi ja ylempi kaksoslihas	ylempi kaksoslihas	superior gemellus	lihas
		alempi kaksoslihas	inferior gemellus	lihas
156	Päärynänmuotoinen lihas		piriformis	lihas
157	Sisempi peittäjälihas		obturator internus	lihas
158	Pieni pakaralihas		gluteus minimus	lihas
159	Keskimmäinen pakaralihas		gluteus medius	lihas
160	<i>Kyljen rasvaesiintymä</i>		flank fat pad	rasva
161	Nivusside		inguinal ligament	ligamentti
162	Lanne-suoliluulihas		iliopsoas	lihas
163	Pieni rintalihas		pectoralis minor	lihas
164	Sisempi vino vatsalihas		internal oblique	lihas
165	Ulompi vino vatsalihas		external oblique	lihas
166	Suora vatsalihas		rectus abdominis	lihas
167	Pyramidilihas		pyramidalis	lihas
168	(ei tietoa nimestä)		abdominal aponeurosis, semilunar line	aponeuroosi
169	<i>Vatsalihasten aponeuroosi</i>		abdominal aponeurosis	
170	Napa		umbilicus	napa
171	Iso rintalihas		pectoralis major	lihas

(jatkuu)

172	Rinnan rasvaesiintymä		pectoral fat pad	rasva
173	Nänni		nipple	ihorakenne
174	Täyterasva solisluun alla		infraclavicular fossa, fat	rasva
175	Hoikkalihas		gracilis	lihas
176	Reiden iso lähentäjälihas		adductor magnus	lihas
177	Puolikalvoinen lihas		semimembranosus	lihas
178	Puolijänteinen lihas		semitendinosus	lihas
179	Kaksipäisen reisilihaksen lyhyt pää		biceps femoris, short head	lihas
180	Kaksipäisen reisilihaksen pitkä pää		biceps femoris, long head	
181	Iso pakaralihas		gluteus maximus	lihas
182	Takamuksen rasvaesiintymä		posterior gluteal fat pad	rasva
183	Takamuksen täyterasva		(ei nimeä)	rasva
184	Faskia takamuksessa		gluteal band	faskia
185	Harjannelihas		pectineus	lihas
186	Reiden lyhyt lähentäjälihas		adductor brevis	lihas
187	Reiden pitkä lähentäjälihas		adductor longus	lihas
188	Keskimmäinen reisilihas		vastus intermedius	lihas
189	Sisempi reisilihas		vastus medialis	lihas
190	Ulompi reisilihas		vastus lateralis	lihas
191	Suora reisilihas		rectus femoris	lihas
192	Lumpiojänne		patellar ligament	ligamentti
193	Räätälinlihas		sartorius	lihas
194	Reiden yläosan rasvaesiintymä		femoral triangle fat	rasva
195	Leveän peitinkalvon jännittäjälihas		tensor fascia lata	lihas
196	Suoliluu-sääriseide ja ulompi lihasvälikalvo		iliotibial tract & lateral intermuscular septa	faskia
197	(ei tietoa nimestä)		band of Richer	faskia
198	Keskimmäisen pakaralihaksen aponeuroosi		gluteus medius, aponeurosis	aponeuroosi
199	Polven rasvaesiintymä		infrapatellar fat pad	rasva
200	Häpy, rasvaesiintymä		pubic fat pad	rasva
201	Sukupuolielin		genitals	sukupuolielin
202	Takimmainen sääri-lihas		tibialis posterior	lihas
203	Varpaiden pitkä koukistajalihas		flexor digitorum longus	lihas
204	Isovarpaan pitkä koukistajalihas		flexor hallucis longus	lihas
205	Leveä kantalihas		soleus	lihas
206	Polvitaivelihhas		popliteus	lihas
207	Hoikka kantalihas		plantaris	lihas
208	Kaksoiskantalihaksen jänne/akillesjänne		gastrocnemius tendon	lihas
209	Kaksoiskantalihaksen sisempi pää		gastrocnemius, medial head	
210	Kaksoiskantalihaksen ulompi pää		gastrocnemius, lateral head	
211	Polvitaipeen rasvaesiintymä		popliteal fat pad	rasva
212	Nilkan täyterasva		ankle, filler fat	rasva
213	Isovarpaan pitkä ojentajalihas		extensor hallucis longus	lihas
214	Pieni pohjeluulihas		peroneus tertius	lihas
215	Varpaiden pitkä ojentajalihas		extensor digitorum longus	lihas
216	Etummainen sääri-lihas		tibialis anterior	lihas
217	Lyhyt pohjeluulihas		peroneus brevis	lihas
218	Pitkä pohjeluulihas		peroneus longus	lihas
219	Ojentajien alempi pidäkeside		inferior extensor retinaculum	faskia








(jatkuu)

220	Ojentajien ylempi pidäkeside		superior extensor retinaculum	faskia
221	Varpaiden lyhyt ojentajalihas		extensor digitorum brevis	lihas
222	Jalanselän luuvälilihakset	4 kappaletta	dorsal interossei	lihas
223	Koukistajien pidäkeside (jalan)		flexor retinaculum	faskia
224	Lyhyt jalkapohjaside		short plantar ligament	ligamentti
225	Pitkä jalkapohjaside		long plantar ligament	ligamentti
226	Jalkapohjan luuvälilihakset	3 kappaletta	plantar interossei	lihas
227	Pikkuvarpaan vastaanasettajalihas		opponens digiti minimi	lihas
228	Pikkuvarpaan loitontajalihas		abductor digiti minimi	lihas
229	Pikkuvarpaan lyhyt koukistajalihas		flexor digiti minimi brevis	lihas
230	Isovarpaan lähentäjalihas		adductor hallucis	lihas
231	Isovarpaan lyhyt koukistajalihas		flexor hallucis brevis	lihas
232	Käämilihakset (jalan)	4 kappaletta	lumbricals	lihas
233	Nelikulmainen jalkapohjalihas		quadratus plantae	lihas
234	Isovarpaan loitontajalihas		abductor hallucis	lihas
235	Varpaiden lyhyt koukistajalihas		flexor digitorum brevis	lihas
236	Jalkapohjan kalvojänne		plantar aponeurosis	aponeuroosi
237	Pinnallinen poikittainen jalkapöydänluuside		superficial transverse metatarsal ligament	ligamentti
238	Jalkapohjan rasvaesiintymät		sole fat pads	rasva
239	Varpaiden rasvaesiintymät		toe fat pads	rasva

Erittelyssä on värillisinä merkitty ne yksittäiset rakenteet, jotka olin sisällyttänyt malliin useaan SubTool-objektiin jaettuna. Keskenään samanväriset osat kuuluvat todellisuudessa samaan anatomiseen rakenteeseen. Kursivoituina erittelyssä ovat ne rakenteiden nimet, jotka ovat itse antamani. Suomenkieliset nimet löysin teoksesta Anatomian kuva-atlas (Rohen ym. 2000).

Lista kaikista digitaalista mallia tehdessäni käyttämäni referensseistä.

*Sisältö värikoodattu seuraavasti:

	runsaasti valokuvia/videokuvaa preparoiduista ruumiista
	hieman valokuvia/videokuvaa preparoiduista ruumiista
	runsaasti piirustuksia
	hieman piirustuksia
	runsaasti valokuvia elävistä ihmisistä
	hieman valokuvia elävistä ihmisistä
	pääasiassa kuvia digitaalisista malleista

Ainoastaan vertailukohteena olleet kaksi valmista digitaalista mallia eivät ole listassa mukana.

	Referenssin nimi	Lähteite	Käyttökohde, johon referenssi pääasiassa suunnattu	Sisältö*
1	Acland's DVD Atlas of Human Anatomy. DVD 1: The Upper Extremity	(Acland 2004a)	lääketieteelliseen käyttöön	
2	Acland's DVD Atlas of Human Anatomy. DVD 2: The Lower Extremity	(Acland 2004b)	lääketieteelliseen käyttöön	
3	Acland's DVD Atlas of Human Anatomy. DVD 3: The Trunk	(Acland 2004c)	lääketieteelliseen käyttöön	
4	Acland's DVD Atlas of Human Anatomy. DVD 4: The Head and Neck, Part 1	(Acland 2004d)	lääketieteelliseen käyttöön	
5	Acland's DVD Atlas of Human Anatomy. DVD 5: The Head and Neck, Part 2	(Acland 2004e)	lääketieteelliseen käyttöön	
6	Acland's DVD Atlas of Human Anatomy. DVD 6: The Internal Organs	(Acland 2004f)	lääketieteelliseen käyttöön	
7	Anatomian kuva-atlas. Ihmisen kehon rakenteet väriavokuvina	(Rohen ym. 2000)	lääketieteelliseen käyttöön	
8	Anatomian piirustusopas. Ihminen	(Szunyoghy & Fehér 2010)	taitelijan käyttöön	
9	Anatomy for the Artist	(Simblet 2001)	taitelijan käyttöön	
10	Artistic Anatomy	(Richer 1986)	taitelijan käyttöön	
11	The Artist's Complete Guide to Facial Expression	(Faigin 1992)	taitelijan käyttöön	
12	Atlas of Human Anatomy for the Artist	(Peck 1982)	taitelijan käyttöön	
13	Atlas of Living and Surface Anatomy for Sports Medicine	(Harris & Ranson 2008)	lääketieteelliseen käyttöön	
14	Atlas of Surface Palpation. Anatomy of the Neck, Trunk, Upper and Lower Limbs	(Tixa 2008)	lääketieteelliseen käyttöön	
15	Complete Guide to Life Drawing	(Bammes 2011)	taitelijan käyttöön	
16	Die Gestalt des Menschen. Lehr- und Handbuch der Künstleranatomie	(Bammes 2009)	taitelijan käyttöön	
17	Gray's Anatomy	(Gray 2012)	lääketieteelliseen käyttöön	
18	Human Anatomy for Artists: The Elements of Form	(Goldfinger 1991)	taitelijan käyttöön	
19	Strength Training Anatomy	(Delavier 2010)	voimaharjoittelijan käyttöön	
20	The subcutaneous fat compartments in relation to aesthetically important facial folds and rhytides	(Gierloff ym. 2012)	lääketieteelliseen käyttöön (plastikkirurgiseen)	
21	THIEME Atlas of Anatomy. General Anatomy and Musculoskeletal System	(Schuenke, Schulte & Schumacher 2010)	lääketieteelliseen käyttöön	
22	Tissue Depth Tables for Facial Approximation	(Bailey 2013)	kasvojen rekonstruktioitaiteilijoille	
23	ZBrush Character Creation: Advanced Digital Sculpting	(Spencer 2011)	taitelijan käyttöön	
24	ZBrush Digital Sculpting Human Anatomy	(Spencer 2010)	taitelijan käyttöön	
25	ZBrush Studio Projects. Realistic Game Characters	(Kingslien 2011)	taitelijan käyttöön	

Esittelykuvia opinnäytetyön toiminnallisessa osuudessa valmistamastani digitaalisesta mallista.

