

01010011 01100001 01101101
01100101 01101110 01110110
01100001 01110100 01110100
01101001 01101110 01100111

Samenvatting, Nederlands

“Je weet pas waar je heen kan gaan als je weet waar je vandaan komt”. Daarom begint dit proefschrift met een kort hoofdstuk over de **Geschiedenis** van de anatomie en visualisatie technieken. In **Prepareren** worden de werken van de oprichters van moderne anatomie zoals “de eerste anatoom”, “de vader van moderne chirurgie” en “de hersteller van anatomie” beschreven. In **Gemiddelden** wordt beschreven hoe wetenschappers zoals Leonardo Da Vinci de vorm van het menselijk lichaam proberen samen te vatten in ideale, gemiddelde proporties. Het hoofdstuk **Warpen** laat zien hoe onderzoekers die buiten de gebaande paden denken exceptionele vooruitgang voortbrengen; een Schotse bioloog liet bijvoorbeeld zien hoe de verschillen in vorm tussen dieren te bevatten zijn in mathematische functies. Sindsdien worden algoritmes gebruikt om de variatie in anatomie tussen verschillende soorten dieren maar ook rassen te beschrijven.

De basis van CASAM wordt uitgelegd in **Deel I, Computer Assisted Surgical Anatomy Mapping**. In het eerste deel van dit hoofdstuk worden de basis principes van **Foto-bewerking**, geometrie en warpen uitgelegd. Vervolgens wordt hun toepassing in CASAM beschreven en worden de drie verschillende fasen van onderzoek toegelicht. Eerst wordt beschreven hoe **Dissectie**, **Fotografie** en het plaatsen van **Landmarks** in zijn werk gaat. Vervolgens worden de algorithmes voor het **Warpen** beschreven en wordt uitgelegd hoe de uiteindelijke **Rendities** worden gemaakt zodat complexe anatomie kan worden samengevat in bijvoorbeeld safe-zones of danger-zones.

De verschillende toepassingen van CASAM op chirurgisch anatomisch onderzoek staan in **Deel II, CASAM in de Chirurgische Anatomie** beschreven. Dit hoofdstuk is onderverdeeld in drie losstaande delen waarbij in elk hoofdstuk andere rendities nodig zijn om een bepaalde klinisch-chirurgische vraagstellingen te beantwoorden. In het hoofdstuk **Punt distributie modellen** zijn de perforerende venen van den onderarm in kaart gebracht omdat de locatie van deze perforanten impact heeft op de vitaliteit en duurzaamheid van arterio-veneuze fistels gemaakt voor bijvoorbeeld haemodialyse. (**hoofdstuk 2.1**).

In het hoofdstuk **Meerdere lijnen modellen** worden de anatomische variaties van zenuwen en arterien in kaart gebracht en gerelateerd aan bijvoorbeeld nierchirurgie (**hoofdstuk 2.2**) en enkel chirurgie (**hoofdstuk 2.3**). **Hoofdstuk 2.4** gaat over knie-chirurgie en hierin wordt niet alleen de lokatie van oppervlakkige zenuwen beschreven, ook de richting waarin deze zenuwen lopen wordt gevisualiseerd zodat chirurgen worden aangespoord de richting van hun incisies

voor knie chirurgie aan te passen. Ook na letsel van de zenuwen in de dorsale pols komt het relatief vaak voor dat patiënten hier neuropatische en invaliderende pijnklachten aan over houden. De nauwe anatomische relatie tussen twee van de oppervlakkige zenuwen wordt in [hoofdstuk 2.5](#) beschreven en kan de hoge incidentie van neuropatische pijn na chirurgie in dit gebied verklaren.

In [hoofdstuk 2.6](#) wordt de anatomie van zowel de nervus suralis als de vena saphena parva (zenuw en vene in het onderbeen) samengevat en weergegeven in een [Meerdere gebieden model](#). Tijdens de ablatie van de vene bij spataderen kan hitte van de laser de nabijgelegen zenuw beschadigen. Hoewel initieel geen duidelijke safe-zone kon worden beschreven vonden we uiteindelijk dat de zenuw gedeeltelijk onder een beschermende fascie laag ligt. Door alle anatomische data te bundelen kon uiteindelijk een 3D [Safe zone](#) voor laser-chirurgie van de vene worden bepaald. Voor drie spieren in de onderarm was juist een “zone of interest” nodig; door data over de locatie van alle spieren in 20 preparaten te bundelen kon een niet invasieve test worden ontwikkeld om de spieren te testen in tetraplegische patiënten voordat deze spieren gebruikt worden voor pees/spier transposities ([hoofdstuk 2.7](#)). Verder wordt in [hoofdstuk 2.8](#) beschreven hoe met CASAM de volledige innervatie van de achterpoot van meerdere ratten in kaart kon worden gebracht.

Voorbeelden van de toepassing van CASAM in een tweede pilaar van chirurgie, namelijk onderwijs, wordt besproken in [Deel III, Chirurgische training](#). In [hoofdstukken 3.1 en 3.2](#) wordt besproken hoe CASAM gemakkelijk kan worden geïntegreerd in anatomisch/chirurgisch onderwijs. Met de huidige web-based versie van CASAM kunnen incisie lijnen van verschillende cursisten op verschillende preparaten snel verwerkt worden. Deze incisies kunnen dan bijvoorbeeld vergeleken worden met de gouden standaard voor die operatie of de berekende locatie van verschillende zenuwen, arterien of venen. Op deze manier kunnen chirurgen in opleiding persoonlijke en directe feedback krijgen op hun input en dit vergelijken met de anatomie van niet één, maar meerdere preparaten.

Incisies getekend door chirurgen in opleiding, of door ervaren chirurgen kunnen met CASAM worden vergeleken en de inter- en intra-chirurgische variatie kan worden berekend. In [hoofdstuk 3.3](#) worden incisies voor de benadering van de proximale tibia (knie) in kaart gebracht en in [hoofdstuk 3.4](#) wordt de inter- en intra-chirurgische variatie van incisies voor de laterale benadering van

de calcaneus (hiel) berekend. Veel genoemde variabelen voor correcte incisie plaatsing, zoals ervaringsjaren, chirurgische differentiatie of het aantal ingrepen per jaar, bleken geen invloed te hebben op hoe consistent of hoe “goed” chirurgen een incisie konden plaatsen en laat zien dat ervaring alleen niet genoeg is voor consistente en competente incisie plaatsing.

In **Discussie en toekomstige onderzoeksdoelen** worden allereerst de algemene terughoudendheid en beperkingen besproken van het gebruik van algoritmes en wiskundige formules in basaal anatomisch onderzoek. Ook zullen de resultaten berekend met CASAM worden vergeleken met conventionele manieren van anatomie mapping. Daarnaast wordt besproken dat CASAM vooralsnog een erg bewerkelijke methode van mapping is; de onderzoeker moet niet alleen op een heel specifieke manier prepareren maar ook basale foto-manipulatie begrijpen, alsook basaal kunnen coderen. Verder wordt behandeld dat foto manipulatie vooralsnog niet altijd geaccepteerd is in basaal wetenschappelijk onderzoek, maar wel steeds vaker voorkomt. Daarom beschrijven we een nieuw classificatie systeem dat zowel door onderzoekers als uitgevers kan worden gebruikt zodat de lezers van wetenschappelijke bladen precies weten wat er met een afbeelding is gebeurd.

Momenteel zijn de CASAM algoritmes klaar voor verwerking van 3D beelden. Huidige 3D atlassen zijn vaak niet toerijkend en CASAM kan een aanvulling zijn op huidige 3D atlassen welke vooralsnog allen gebaseerd zijn op één enkel preparaat. Daarnaast zijn samenvattende rendities juist in nog complexere 3D anatomie extra belangrijk. Zeker nu 3D hardware meer bereikbaar is voor de consument kan 3D anatomie nog makkelijker en duidelijker bij de gebruiker of chirurg worden gebracht. Het volledig geautomatiseerd plaatsen van Landmarks is vooralsnog niet haalbaar maar partiele automatisatie met minimale manuele input is zeker bereikbaar. De webbased versie van CASAM loopt vanaf een centrale server en kan daarom een platform zijn voor toekomstige samenwerking tussen internationale anatomie laboratoria en zo de basis vormen voor gestandaardiseerd anatomie onderzoek. Ook legt dit de basis voor geïndividualiseerde chirurgische planning omdat chirurgen de beschikking kunnen hebben over grotere data sets van meerdere prepraten met verschillende etnische achtergronden. Zeker als de web-based versie van CASAM makkelijk toegankelijk is in de reguliere operatiekamer kan zo de afstand tussen basaal anatomisch onderzoek en klinische chirurgie worden overbrugd. In de toekomst kan het zelfs mogelijk zijn om rendities van anatomische data realtime te projecteren op individuele patienten. De gemakkelijke beschikbaarheid van anatomie in de operatiekamer zal niet

alleen directe complicaties verminderen maar door bij elke nieuwe patient de complexe anatomie aan de chirurg te tonen blijft deze continu leren en nauw betrokken bij de basis van zijn/haar vakgebied: de menselijke anatomie.

