

3D-teknik inom Västra Götalandsregionen

Utredning av behov och användning av 3D-teknik
inom Hälso- och Sjukvården samt Tandvården

Innovationsplattformen 2018-01-26

Sammanfattning

Det senaste decenniet har sjukvården tagit ett språng i utvecklingen när det kommer till 3D-teknik. I detta sammanhang innefattar termen 3D-teknik områdena 3D-printing, 3D-modellering och 3D-visualisering. Inom medicinsk användning nyttjas 3D-tekniken främst för visualisering, planering av behandling och tillverkning av patientspecifika implantat. Trots att det uppvisats fördelar med 3D-tekniken är tekniken inte fullt implementerad inom vården och används i olika grad inom spridda områden. Därför syftar detta projekt till att undersöka användningen och behovet av 3D-teknik inom hälso- och sjukvården samt tandvården i Västra Götalandsregion (VGR).

En omvärldsanalys samt en fältstudie genomfördes där flertalet verksamheter intervjuades inom hälso- och sjukvården samt tandvården. Därefter analyserades intervjuerna och omvärldsanalysen, varefter en gapanalys gjordes mellan omvärlden och VGR.

Sammanställningen gav att inom VGR används 3D-teknik främst för att planera behandling och visualisera, vilket görs både med 3D-printing och digital 3D-modellering. Behov av 3D-teknik uppdragades inom ett flertal områden, bland annat för att planera behandling, visualisera med 3D, för att tillverka anpassade produkter eller göra anpassade behandlingar, för att kunna öva och simulera samt för att kunna kommunicera bättre med patienter och medarbetare. Bland övriga behov var det mest utmärkande behovet av bättre patientsekretess- och IT-system i samband med hantering och överföring av medicinska bilder. Till exempel uppstår det problem när patientdata ska skickas till externa parter eller när man ska föra över medicinsk information mellan olika programvaror. Ett annat stort övrigt behov som uppkom var möjligheten att samarbeta mer mellan medicin och teknik.

Baserat på gapanalysen och behoven från verksamheterna visar utredningen störst potential för användning av 3D-teknik i VGR inom komplicerade patientfall. Där 3D-teknik kan användas för framtagning av anatomiska modeller, för att planera behandlingen, testa och öka förståelsen. Detta ger fördelar i att kirurgen blir säkrare under operationer och minskar risken för komplikationer vilket i slutändan leder till en bättre vård för patienten (Whitley et al., 2017). Tekniken och regionen har en hög mognadsgrad inom området och tekniken kan implementeras.

Även inom individanpassade produkter finns det stor potential genom att införa 3D-teknik i tillverkningen. Dock finns det fortfarande vissa teknikhinder men för den enskilda patienten är behovet av bättre anpassade produkter och behandlingar stort. Flera kliniska behov skulle uppfyllas genom att samordna kunskaper och resurser. Genom att fokuserat arbeta med att uppfylla ett behov kommer flera behov automatiskt uppfyllas. Samordning leder till ett ökat samarbete mellan medicin och teknik vilket tillför och utvecklar kunskaper som idag är begränsade inom sjukvård och företag. Genom en samlad kunskap överbryggar man denna begränsning och ökar medvetenheten av vad andra gör, vilket leder till att man kan lära sig av varandra och nya innovativa idéer kan skapas.

Innehåll

1. Inledning.....	1
1.1 Syfte och mål.....	2
1.2 Teori	2
1.2.1 3D-visualisering	2
1.2.2 Digital 3D-modellering.....	3
1.2.3 3D-printing.....	4
2 Metod och Genomförande.....	6
2.1 Informationsinsamling.....	6
2.2 Analys av insamlad information	7
2.3 Bestämning av mognadsgrad	7
2.3.1 Mognadsgrad av 3D-tekniska kategorier inom hälso-och sjukvården i VGR.....	8
2.3.2 Mognadsgrad av 3D-tekniska kategorier inom hälso-och sjukvården i Världen	8
2.4 Avgränsningar	8
3 Omvärldsanalys	9
3.1 3D-visualisering i vården	9
3.2 3D-modellering i vården: digital modellering och behandling av bilder	9
3.3 3D-printing i vården.....	10
3.4 Anpassade produkter och behandlingar med 3D-teknik.....	12
3.4.1 Hörapparater.....	12
3.4.2 Odontologi.....	12
3.4.3 Protoser, ortoser och inlägg	12
3.4.4 Implantat.....	13
3.5 Planera operationer med 3D-teknik.....	14
3.5.1 Kirurgiska guider	14
3.6 Öva och simulera med 3D-teknik i vården.....	15
3.7 3D-teknik i vårdrelaterad forskning och utbildning	16
3.8 Övrig medicinsk utrustning tillverkad med 3D-teknik	17
3.9 Övrig användning av 3D-teknik i vården.....	17
3.9.1 Mäta och jämföra med 3D-teknik i vården	17
3.9.2 3D-bioprinting.....	18
3.9.3 3D-printing av läkemedel.....	19
4 Inventering av Användningsområden inom VGR.....	20
5 Planera operation och informera patienter	21
5.1.1 Planera och utföra operation med kirurgiska guider.....	23

5.2	Visualisera i 3D för bättre förståelse och rumsuppfattning	24
5.3	Användning av 3D-print.....	25
5.4	Användning av fräsning.....	27
5.5	Användning av digital modellering och behandling av bilder.....	27
5.6	Användning av anpassade produkter och behandlingar	28
5.6.1	Anpassade produkter som inte är kopplat till 3D-teknik	29
5.7	Öva och Simulera med 3D-teknik.....	30
5.8	Användning av 3D-teknik i vårdrelaterad forskning och utbildning	30
5.9	Övrig användning av 3D-teknik: mäta och jämföra i 3D	32
6	Inventering av Behov inom VGR	34
6.1	Behov av att planera operationer och informera patienten.....	35
6.2	Behov av att kommunicera med hjälp av 3D	35
6.3	Behov av anpassade produkter och behandlingar	35
6.4	Behov av att visualisera.....	36
6.5	Behov av att öva och simulera.....	37
6.6	Behov av 3D-teknik i vårdrelaterad utbildning av studenter	37
6.7	Behov av 3D-teknik i vårdrelaterad forskning och utveckling	37
6.8	Behov av fysiska modeller och implantat.....	38
6.9	Övriga behov av 3D-teknik: mäta och jämföra utfallet av en behandling/sjukdom.....	38
6.10	Övriga behov.....	39
6.10.1	Effektivare processer	39
6.10.2	Tillgänglig utrustning som ger rätt kvalitet	39
6.10.3	IT och Sekretess	39
6.10.4	Samarbete och Teknik	40
6.10.5	Patientfokus.....	40
6.10.6	Samarbete mellan olika discipliner och behov av relevant kunskap	40
7	Resultat – Var ligger VGR i förhållande till omvärlden?.....	41
7.1	Planera operationer och informera patienten.....	41
7.2	Visualisera i 3D	41
7.3	3D-printing	42
7.4	Anpassade produkter och behandlingar.....	42
7.5	Forskning och utbildning	42
7.6	Öva och simulera.....	42
7.7	Digital modellering	43
7.8	Mäta och jämföra.....	43
7.9	Mognadsgrad för verksamheter inom VGR.....	43

8	Fördelar och Nackdelar med 3D-teknik enligt Intervjuade.....	45
8.1	3D-printing.....	45
8.2	3D-modeller	46
8.3	3D-skanning	46
9	3D-center i VGR.....	48
9.1	Fördelar	48
9.2	Nackdelar.....	48
9.3	Placering.....	49
9.4	Kompetens	49
9.5	Resurser.....	50
9.6	Är det lönt att starta ett 3D-center i VGR?	50
10	Slutsats	52
11	Felkällor.....	53
12	Förkortningslista och Förklaringar.....	54
12.1	12.1. Intervjuade verksamheter/kliniker/avdelningar/mottagningar	54
12.2	Övriga förkortningar	58
13	Referenser	59
14	Bilagor.....	A

1. Inledning

Detta arbete var ett delprojekt i projektet *Inventering och pilot av 3D printteknologins möjligheter inom Sahlgrenska Universitetssjukhuset/ Västra Götalandsregionen* som finansierades av Innovationsfonden 2017.

Det senaste decenniet har 3D-tekniken tagit ett stort språng. Idag finns flera tillämpningsområden inom sjukvården där 3D-teknik redan används, främst inom visualisering, planering av behandling och tillverkning av patientspecifika implantat. Några exempel är visualisering för att lättare orientera sig under operationer, planera operationer med hjälp av 3D-modeller eller träna på patientfall i simuleringsprogram. Andra områden där 3D-printing används är för tillverkning av patientspecifika produkter inom tandvård och specialtillverkade hörselinsatser, där marknaden helt förändrats på grund av denna teknik. De senaste framstegen sker idag inom 3D-bioprinting, där målet är att skriva ut patientspecifika organ och vävnader med stamceller.

När man pratar om 3D-teknik i detta sammanhang menas områdena 3D-visualisering, 3D-printing och 3D-modellering. Det vill säga all teknik kring att visualisera och modellera i tre dimensioner, kunna 3D-printa ett objekt och alla metoder för att få fram en 3D-bild. Till exempel med hjälp av 3D-skanner och röntgenutrustning.

I och med att fler använder 3D-teknik inom sjukvården uppstår en del frågor och problem. Dagens användning av 3D-teknik sker ofta i samband med externa leverantörer. Samarbetet med externa parter kan innebära långa planeringstider, långa leveranstider och dessutom är det vanligt med avsaknad av medicinsk kompetens. Detta leder till en utdragen process där kommunikationen mellan teknik och medicin riskerar att bli bristfällig.

I takt med att tekniken för 3D blivit bättre och mer avancerat, har flera områden intresserat sig för möjligheterna med 3D-tekniken. Däremot är inte 3D-tekniken helt implementerat inom hälso- och sjukvården och används inom ett fåtal spridda områden. Till exempel är det få patienter idag där behandling planeras med hjälp av 3D-teknik. Tillgång till 3D-planering och ny teknik som operationsstöd kan i vissa fall vara avgörande för att en operation ska vara möjlig att utföra – därför är tekniken av stor betydelse för den enskilda patienten.

I takt med nya tekniska innovationer som kan vara till stor nytta i vården är det viktigt att vården är uppdaterad, vilket också kräver att tekniken är tillgänglig för utövarna. Detta projekt syftar därför till att skapa en grund för utvecklingen av 3D-teknik inom vården, genom att undersöka användningen och behovet av 3D-teknik inom hälso- och sjukvården samt tandvården i Västra Götalandsregion (VGR).

En del av projektet har gått ut på att utreda ifall det finns tillräckligt mycket intresse för att starta upp ett 3D-center inom VGR. En samling av specialistkompetenser inom medicin, materialvetenskap och teknik på plats i sjukhuset eller inom regionen skulle kunna underlätta användning av 3D-printing och öka tillgängligheten för patient och behandlare.

På några ställen i Europa och andra länder har 3D-centra på sjukhusnivå bildats. Där, liksom i Sverige såg man behovet att kunna planera och framställa produkter direkt på plats. Exempelvis finns ett 3D-center i Danmark, England och Holland vilka hjälper till med praktiskt och teoretisk stöd för att förse patienten med bästa vården. En kontinuerlig ökning av sjukhusdrivna centra och privata aktörer tyder på ett växande behov.

1.1 Syfte och mål

Projektets syfte har varit att utreda behov och potential av 3D-printteknik inom VGR. Tidigt i projektet identifierades det att användning av 3D-print också innebär användning av 3D-modellering och 3D-visualisering. Som resultat av detta utbreddes projektets mål till att innefatta användning och behov av 3D-teknik generellt och inte enbart 3D-print, men med viss fokus kring 3D-printteknik.

Målet för projektet har varit följande:

- Genomföra en omvärldsanalys kring tillämpningar av 3D-teknik inom hälso-och sjukvården samt tandvården.
- Genomföra en inventering för användning och behov av 3D-teknik kopplad till 3D-print i klinisk tillämpning inom VGR.
- Identifiera gap mellan omvärld och VGR.
- Analysera behovet av kompetens och övriga resurser för att överbrygga eventuella gap.

1.2 Teori

I teoridelen behandlas fakta och uttryck som ligger till grund för 3D-teknik, och framförallt det som är kopplat till 3D-print eftersom det är projektets huvudfokus.

1.2.1 3D-visualisering

I denna rapport innefattar termen 3D-visualisering metoder att framställa och se 3D-objekt som är associerat med sjukvård och kroppen. Detta kan till exempel vara att få en 3D-modell av en del inuti kroppen så som organ eller utanpå kroppen (näsa, arm, tand), men det kan även innebära att 3D-visualisera ett hjälpmedel eller ett redskap (implantat/transplantat). Nedan förklaras olika termer för att 3D-visualisera som kommer nämnas i rapporten.

1.2.1.1 Medicinska bildtagningsmetoder

Medicinska bilder används främst till att visualisera inre delar av kroppen så som organ. För att ta bilder av kroppen använder man bland annat slätröntgen, ultraljud, datortomografi (DT/CT), magnetisk resonanstomografi (MRT, MR, MRI, fMRI) och positronemissionstomografi (PET). Från samtliga tekniker ovan får man ut data i 3D, utom med slätröntgen och ultraljud i 2D och i 3D. (Karatas & Toy, 2014) Från 3D-datan kan man sen göra en 3D-modell, men här är det rekommenderat att använda CT eller MRT (IEEE, 2015).

Slätröntgen är en teknik där man bestrålar kroppen från en vinkel med röntgenstrålning, varav olika vävnader i kroppen släpper igenom olika mycket strålning.

Datortomografi, även kallad skiktröntgen, baseras på tekniken för slätröntgen. Röntgenstrålar sänds här från flera vinklar i en solfjäderform för att få data från tre dimensioner. Det finns även CBCT (Cone Beam Computed Tomography) där man strålar i en konform istället, vilket ger lägre stråldos (Karatas & Toy, 2014).

Magnetisk resonanstomografi (MRT), även kallad magnetkamera, är en teknik som använder sig av magnetfält för att avbilda kroppen. Tekniken bygger på att kroppen innehåller vatten som i sin tur innehåller väteatomer, och när de utsätts för ett magnetfält kommer de rikta sig enligt fältet (Magnetkameraundersökning-1177 Vårdguiden, 2018).

Ultraljud sänder ut ljudvågor in i kroppen som reflekteras tillbaka av vävnader. Reflektionen detekteras och rörelser kan ses i realtid. Man kan även göra 3D-ultraljud genom att ta flera ultraljudsbilder i rad eller samtidigt.

Vid positronemissionstomografi (PET) tillförs en substans i kroppen, som binder till strukturer i kroppen. Substansen sänder sen ut strålning som registreras av PET-kameran. På så sätt kan man följa en process som sker i kroppen, exempelvis hjärnan, där man följer hur substansen sprider sig (PET-kameraundersökning – 1177 Vårdguiden, 2018).

En annan vanlig bildtagningsmetod är angiografi som är en röntgenundersökning av blodkärlen. Här sprutas en kontrastvätska in i blodkärlen med hjälp av en kateter, plastslang, som förs in i en artär. När kontrastvätskan sprids i blodkärlen tas en rad röntgenbilder, vilket gör att man kan se detaljer av kärlets förgreningar (Angiografi - 1177 Vårdguiden, 2018).

1.2.1.2 Visualisering av ytor med 3D-skanning

Visualisering av ytor och geometrier av verkliga objekt kan göras med 3D-skanning. Till exempel för att visualisera yttre delar av kroppen eller hjälpmedel. Det finns många olika tekniker för att 3D-skanna, men vanligen baseras tekniken på att ljus skickas ut där man antingen registrerar ljuset genom en kamera eller reflektionen av ljuset. Det finns även skannrar som inte sänder ut ljus utan fångar upp synligt ljus, detta är ofta baserat på vanliga kameror.

1.2.1.3 Virtual reality

Med virtual reality (VR) skapas en datorsimulering av en miljö där användaren kan agera och uppfatta sinnesintryck, samtidigt som resultatet kan visas i realtid.

1.2.1.4 Augmented reality

Augmented reality (AR) förstärker användarens verklighet genom att i realtid lägga till datorgenererade sinnesintryck.

1.2.2 Digital 3D-modellering

En digital 3D-modell skapas från ett verkligt objekt eller designas själv från grunden. Skapas 3D-modellen från grunden används CAD-program (Computer Aided Design), där man kan formge vilket objekt som helst.

En 3D-modell från ett verkligt objekt får data från metoder som mäter objektets geometri visuellt. Exempel på sådana metoder är medicinska bildtagningsmetoder (CT, MRT) eller 3D-skanning. Vid 3D-skanning skapas 3D-modellen oftast direkt i den tillhörande programvaran som kommer med skannern. I denna rapport menas 3D-modellering all digital bearbetning av en 3D-modell, vilket kan göras i olika bildbearbetningsprogram.

1.2.2.1 Medicinska bilder

Medicinska bilder består av 2D-data och ger informationen som skivor av kroppen. Däremot är kroppen i tre dimensioner, och det är därför nödvändigt att göra om 2D-data till en 3D-modell. Denna process kallas 3D-rekonstruktion, vilket görs genom medicinsk bildsegmentering (IEEE, 2015).

1.2.2.2 Segmentering av bilder

Segmentering av bilder innebär att dela upp bilden i områden med samma eller liknande egenskaper, till exempel segmentera ut lårbenet eller levern. Det finns flera olika metoder för att segmentera, där några vanliga är att detektera kanter (edge detection), låta området växa från en punkt

(region growing) och använda sig av tröskelvärden (thresholding). Dessa metoder kan antingen vara automatiska eller göras manuellt.

1.2.2.3 3D-rekonstruktion av segmenterade bilder

Själva 3D-rekonstruktionen görs genom att stapla flera segmenterade bilder på varandra. Avslutningsvis ska 3D-modellen göras på två sätt genom att rekonstruera data för både ytan och volymen av modellen. Volymen fås genom att kombinera de staplade segmenterade bilderna, vilket ger information om modellens inre utifrån 2D-bilderna. Från volymen skapas sen en modell över ytan, där geometrin ska representeras av linjesegment och kallas STL-format (Standard Tessellation Language). Sen kan man även extrahera färg och textur från de medicinska bilderna, vilket ger en mer realistisk 3D-modell (IEEE, 2015).

1.2.3 3D-printing

3D-printing, även kallat additiv tillverkning och friformsframställning menas med att en tredimensionell struktur tillverkas genom att bygga lager-på-lager fram tills strukturen är fullständig (Lee Ventola, 2014). Tillverkningen utförs med en 3D-skrivare. Med 3D-printing menas processen från att ha en 3D-bild eller en design i ett modelleringsprogram (CAD) till utskrivning av den fysiska 3D-strukturen.

Medicinsk tillämpning av 3D-printing startade i början av 2000-talet med tillverkning av proteser och tandimplantat (Gross et al., 2014). Vid den tiden kunde material som plast, metaller och keramer skrivas ut. I takt med att fler 3D-skrivare uppfunnits har fler material blivit tillgängliga, samt möjligheten att skriva ut olika material i en och samma 3D-skrivare. Idag kan hårda material så som betong, legeringar, kompositer och mjuka material t.ex. silikon och hydrogeler skrivas ut.

För tillverkning av en patientspecifik produkt med 3D-printing så som ett implantat kan tillverkaren utgå från en CT-bild eller andra lämpliga bildtagningsmetoder som ger bilderna i DICOM-format (Rengier et al., 2010). Dessa bilder förs sedan in i ett program som segmenterar bilden så att gränser och olika regioner av objekt i bilden kan identifieras (Bücking et al., 2017). Bildsegmenteringen baserad ofta på pixelintensitet och behövs för att finna lämpliga lager att utgå från vid 3D-printing. Exempel på mjukvaruprogram som finns tillgängliga för bildsegmentering är Mimics, Simpleware, Freesurfer, Seg3D, 3D slicer och Slic3r (Bücking et al., 2017). Efter bildsegmenteringen kan annan bildmodellering så som nätförfining (mesh refinement) göras för att utesluta eventuella defekter om detta behövs. Därefter konverteras utvald del av bilden som önskas skrivas ut i 3D till en .STL-fil, vilket är standardformatet för dataöverföring mellan CAD-program och en 3D-skrivare (Gross et al., 2014). Via ett oftast inkluderat CAM-program i skrivaren (Computer Aided Manufacturing) kan .STL-filen tolkas och konverteras till en G-fil. Detta steg delar upp bilden i 2D snitt vilka är de lager som bygger upp 3D-strukturen och som 3D-skrivaren kan utgå ifrån vid utskrift (Gross et al., 2014).

Vid val av material att skriva ut i är det viktigt att veta hur materialet som ska användas beter sig, vilket kan betyda att olika material behöver olika förbehandling för att framställa den fysiska modellen med en 3D-skrivare. Till detta finns en hel del olika 3D-printmetoder och 3D-skrivare. Vanligtvis är 3D-skrivare fokuserad på att skriva ut i material som kan bete sig liknande, t.ex. en metallskrivare som kan skriva ut i olika typer av metaller. Det finns dock skrivare som är bifunktionella och har två olika 3D-printmetoder inkluderade för att kunna skriva ut två olika material med olika egenskaper i en och samma fysiska modell.

1.2.3.1 3D-bioprinting

Ett område inom 3D-printing är 3D-bioprinting. Med 3D-bioprinting menas att använda additiv teknik för att 3D-printa biologiska material till valda strukturer. Syftet med 3D-bioprinting är att tillverka vävnader och orkanliknande strukturer.

1.2.3.2 Biologiskt material eller biomaterial?

Viktigt att påpeka är att med biologiska material menas material som produceras eller kommer från kroppen, till exempel celler, ben eller hud. Biomaterial är istället ett material som interagerar med ett biologiskt system, genom att antingen behandlar, diagnosticera eller ersätta organ. Exempel på biomaterial är proteser, linser eller tandimplantat – material som används i medicinskt syfte.

2 Metod och Genomförande

3D-teknikens användningsområden inom hälso-och sjukvården samt tandvården, som ligger till grund för denna rapport är ett resultat av en omvärldsanalys samt en fältstudie av verksamheter inom hälso-och sjukvården samt tandvården inom Västra Götalandsregionen (VGR). Sammanställning av intervjuer och omvärldsanalys har därefter bearbetats varefter behov av 3D-teknik inom VGR och gap mellan omvärld och regionen i fråga identifierats.

2.1 Informationsinsamling

Omvärldsanalys i form av litteraturstudier genomfördes för att identifiera gap i använd 3D-teknik mellan omvärld och VGR. Litteraturstudierna har fokuserat på 3D-teknik inom hälso-och sjukvården samt tandvården. Omvärldsanalysen är baserad på den 3D-teknik som finns tillgänglig inom dessa områden i nuläget, vilka tagits fram innan intervjuer men kompletterats utifrån uppkommen information under intervjuerna.

Fältstudie i form av kvalitativa ostrukturerade intervjuer genomfördes för att identifiera användning av 3D-teknik och behov av 3D-teknik inom hälso-och sjukvården samt tandvården inom VGR. Med ostrukturerade intervjuer menas intervjuer utefter ett givet protokoll men där frågeföljd och formulering i viss mån bestämdes utefter intervjusituation och informantens svar. Genom ett ostrukturerat intervjuformat gavs fördelen att uppdaga information som annars inte påträffats i omvärldsanalysen. 34 verksamheter inom hälso-och sjukvård samt tandvården intervjuades. Intervjuerna spelades in för att minska risk att förlora viktig information.

Intervjupersoner valdes ut efter förfrågningar till verksamhetschefer inom Sahlgrenska Universitetssjukhuset samt utvalda verksamheter och kliniker inom hälso-och sjukvården i resterande region och Folktandvården. Dessa utvalda verksamheter och kliniker i andra delar av regionen valdes ut efter följande kriterier:

- Verksamhetens potential för 3D-teknik enligt dåvarande projektdeltagares kunskap om 3D-teknik i hälso-och sjukvården
- Verksamheter som ansågs annorlunda och inte fanns en motsvarighet jämfört med dem på Sahlgrenska Universitetssjukhuset.

Sammanlagt skickades mail ut till 78 verksamhetschefer/enhetschefer samt sex kliniker. I mailet skrevs att mottagaren kunde ställa upp på intervju själv eller skicka vidare förfrågan till lämplig person som var intresserad av 3D-teknik eller erfaren inom området. Av utskickade mail svarade 46 verksamhetschefer/enhetschefer, varav 29 verksamheter och 4 kliniker var intresserade för intervju. Tio stycken av verksamhetscheferna/enhetscheferna visade mindre intresse eller tackade nej direkt. Resultatet blev 34 stycken intervjuade personer, vilka kom från 29 olika verksamheter/kliniker inom regionen. De verksamheter som intervjuades presenteras nedan. Förklaringar av de olika verksamheterna kan läsas i avsnitt 9.1.

Sahlgrenska Universitetssjukhuset

- An-Op-IVA¹ Mölndal
- An-Op-IVA SU
- Arbetsterapi & Fysioterapi SU
- Barnortopedi Östra*

- C.A.R.E.² SU
- Gynekologi & Reproduktionsmedicin SU
- Handkirurgi SU*
- Hybrid & Intervention, enhet kärlkirurgi SU*

¹ Anestesi/Operation/Intensivvård

² Center for Advanced Reconstruction of Extremities

- Kardiologi SU
- Klinisk Mikrobiologi SU*
- Logopedmottagningen SU*
- Medicinsk fysik & Teknik SU, enhet MTMRT³ *
- Neonatologi Östra*
- Ortopedteknik SU
- Radiologi SU
- Buk-och kärlradiologi SU*
- Thorax SU
- Titanenheten SU*
- Urologi SU*
- ÖNH SU

Folktandvården

- Mun-H-Center⁴ FTV*
- Käkkirurgi FTV*
- Odontologisk Radiologi SU
- Utbildningskliniken FTV*

NU-sjukvården

- Käkkirurgi och ÖNH NU*
- Ortopedi NU*
- Ortopedteknik NU

Skaraborgs Sjukhus

- Hudkliniken (Sårcentrum)
- Kardiologi, Urologi och Palliativ vård

Södra Älvsborgs Sjukhus

- Ortopedi SÄS*
- Kvinnokliniken SÄS*

Övrigt

- Neuropsykiatri SU/GU/Chalmers
- Tandteknikprogrammet GU
- Hörselverksamhet Audionommottagningen Göteborg, Habilitering och Hälsa

* Intervjuad bestod av kliniker, medan resterande var verksamhetschefer eller enhetschefer

2.2 Analys av insamlad information

Analys av samlad information var en viktig del för att kunna förstå behov av 3D-teknik inom olika verksamheter och vidare få en samlad uppfattning om hur VGR ligger i användning av 3D-teknik jämfört med resten av världen. Intervjuerna sammanfattades från inspelad data parallellt med att intervjuer hölls. När alla intervjuer genomförts och sammanfattats, identifierades betydelsefulla meningar och stycken ur de sammanfattade intervjutexterna. Meningsbärande enheter i dessa meningar och stycken urskildes för vidare gruppering med hjälp av en KJ-analys⁵. KJ-analys är ett effektivt sätt att kunna gruppera och objektifiera utifrån subjektiv data och finna de största och väsentligaste grupperna (Spool, 2004). Grupperna sorterades efter två huvudspår: *Användning* av 3D-teknik inom VGR och *Behov* av 3D-teknik inom VGR. Grupperna i respektive huvudspår graderades och de tre viktigaste lyftes fram utifrån KJ-analysen. Dessa tre grupper var de som främst ansågs svara på frågan: ”Vad används 3D-teknik i VGR till?” respektive ”Vilket behov av 3D-teknik finns inom VGR?”. Graderingen presenteras i början av avsnitt fyra och avsnitt fem.

2.3 Bestämning av mognadsgrad

För att identifiera gap mellan omvärld och VGR gällande 3D-teknik inom hälso-och sjukvård samt tandvård användes en gradering i mognad för funnen teknik från omvärldsanalysen och i VGR.

³ Medicinsk Teknik Mölndal och Radiologisk Teknik

⁴ Specialisttandvård för patienter med sällsynt diagnos

⁵ Också kallat affinitetsdiagram. En KJ-analys är en analysmetod för att gruppera och sortera kvalitativ

data. Namnet kommer från analysens uppfinnare Jiro Kawakita.

Mognadsskalorna visas nedan. De intervjuade verksamheterna i VGR graderades efter användandet av 3D-teknik samt mognaden att implementera 3D-teknik för användning inom respektive område.

2.3.1 Mognadsgrad av 3D-tekniska kategorier inom hälso-och sjukvården i VGR

- 1 Ej påbörjad
- 2 Forskningsstadiet
- 3 Används på några patienter på några verksamheter
- 4 Används en del på patienter på en del verksamheter men inte standardiserad i VGR
- 5 Fullt använd process inom VGR i behandlingsprocessen – standardiserad inom VGR, dvs. liknade kvalité på vården inom de flesta verksamheter

2.3.2 Mognadsgrad av 3D-tekniska kategorier inom hälso-och sjukvården i Världen

- 1 Preklinisk forskning (spekulationer, teoretisk potential)
- 2 Preklinisk forskning (testad på labb, ev. gamla patientfall)
- 3 Klinisk forskning (testat på djur/patient)
- 4 Klinisk forskning (testat på flera patienter men ej standardiserat)
- 5 Fullt tillämpbar (FDA godkänd metod, testat på flera patienter och påvisad fördel, standardiserat)

2.4 Avgränsningar

Omvärldsanalysen bygger på funna artiklar och rapporter om 3D-teknik inom hälso-och sjukvård samt tandvård. Analysen har kompletterats efter avklarade intervjuer och KJ-analys för att kunna jämföra gap mellan omvärld och VGR.

Mognadsgraden för omvärldsanalysen baseras på hur mogen 3D-tekniken är för respektive kategori. Denna mognadsgrad behöver inte alltid stämma överens med hur mycket tekniken används inom hälso-och sjukvården i världen.

Mognadsgraden för varje verksamhet baseras främst på åsikter från en enskild person inom verksamheten, vilket inte representerar hela verksamheten. Därför bör mognadsgradsskalan tas som en ungefärlig representation. Mognadsgraden är beroende av tid och därför är satt mognadsgrad gällande för hösten 2017.

3 Omvärldsanalys

Nedan följer en sammanställning över områden inom hälsa och sjukvård där 3D-printing används idag.

3.1 3D-visualisering i vården

Områden där 3D-visualisering används idag är inom diagnosticering, behandling och medicinsk forskning. Exempel där 3D-visualisering används för diagnostisering är virtuell koloskopi, där man letar efter cancer i tarmarna med hjälp av CT (Lichan Hong et al., 1995). Dessutom kan man med hjälp av 3D-modeller planera en operation eller guida under en operation. (Botha et al., 2014).

Medicinska bilder används främst till att visualisera delar av kroppen så som organ. Medicinska 3D-bilder ger mer information om kroppen, vilket förbättrar diagnostiseringen, ger bättre planering av behandlingen och möjliggör simulering av procedurer.

För att 3D-visualisera yttre delar av kroppen används ibland 3D-skanning. Även medicinsk utrustning, CT och MRT, kan också användas för att få 3D-modeller av yttre kroppsdelar. Nackdelarna är dock att CT har hög strålningsdos och MRT är dyrt och tidskonsumerande. Medan fördelarna med 3D-skanning är att man kan visualisera oåtkomliga områden och områden som är för små för att se (Chromy, 2016).

En annan del av 3D-visualisering är virtual reality (VR) och augmented Reality (AR). Några områden där AR och VR används är simulering av operationer, bilddiagnostik, rehabilitering och utbildning. Genom att exempelvis kunna träna i VR och AR miljöer skapas större förståelse för anatomin och underlättar komplicerade operationer. Tekniken inom AR och VR har växt genom åren och kommer fortsätta växa i och med många företag satsar på dessa tekniker. Tillväxten drivs av ett ökande behov av bättre hälsovård och effektivare operationer (Research and markets offers report: Augmented reality & virtual reality in healthcare market, 2017).

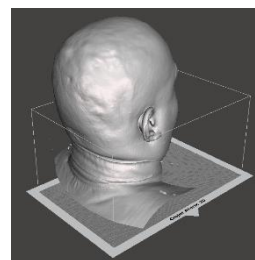
Mognadsgrad: 5

Att visualisera medicinska bilder i 3D är en metod som är etablerad hos kliniker för syften att diagnosticera, planera behandling och simulera resultatet. Andra nyare metoder för 3D-visualisering är inte lika vanligt men växer mer och mer, så som 3D-skanning, VR och AR.

3.2 3D-modellering i vården: digital modellering och behandling av bilder

Med termen 3D-modell kan man antingen syfta till en digital modell eller en fysisk modell, där skillnaden är om man har objektet i datorn eller fysiskt i sin hand. En digital modell kan antingen fås genom att designa den i ett CAD-program eller avbilda modellen från ett verkligt objekt. Att avbilda en 3D-modell från ett verkligt objekt kan till exempel göras med en 3D-skanner eller med röntgenutrustning. Den digitala 3D-modellen kan sen 3D-printas och då får man en fysisk 3D-modell. Fördelen med digitala 3D-modeller är att man kan få bättre visualisering och kunna spara modellen utan att den påverkas av ålder (Chromy, 2016).

Idag kommer många maskiner för CT och MRT med specifika program för att 3D-modellera, det vill säga rekonstruera en 3D-modell från 2D-bilderna av kroppen. Denna 3D-modell används för att identifiera position och formen av ett organ. Nackdelar med 3D-rekonstruktionen är att vissa organ och strukturer inte kan segmenteras automatiskt utan måste göras manuellt. Problem inom 3D-modellering är att det finns risk att ta bort anatomiska detaljer och svårigheter när man för över filer mellan system. Många institut och sjukhus lägger mycket tid på att rekonstruera 3D-modeller men resultatet kan bli olika beroende på vilket institut som gör det (IEEE, 2015). En rekonstruktion av ett huvud kan ses i Figur 1.



Figur 1. Digital 3D rekonstruktion av ett huvud. Bildkälla: Wikimedia commons.

För att få fram volymen av 3D-modellen krävs hög datorkapacitet för att processa informationen. Det har utvecklats lösningar speciellt anpassade för att undgå prestanda problem, men eftersom datorer ständigt ökar i styrka kommer dessa lösningar antagligen inte behövas i framtiden (IEEE, 2015).

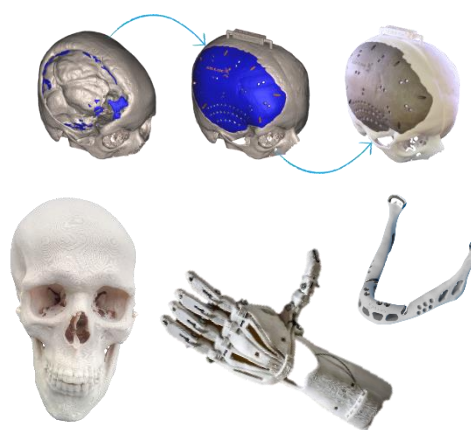
Inom sjukvården kan 3D-modellering i CAD användas för att t.ex. designa yttre och inre implantat, 3D-printa modellen eller planera operationer (Chromy, 2016; Malyala, Ravi Kumar & Alwala, 2017). Här finns idag en del ledande företag inom planering av operationer, som utifrån medicinska bilder designar och 3D-printar guider för att förenkla operationer.

Mognadsgrad: 4.5

Liknande som 3D-visualisering är det vanligt att rekonstruera medicinska bilder till 3D-modeller och används ofta av kliniker. Däremot används 3D-modellering olika mycket i världen, och resultatet av 3D-modellen varierar beroende på vem som gör det och på vilket institut.

3.3 3D-printing i vården

Det stora antalet material tillgängliga för skapande av strukturer med hjälp av 3D-printing har också gjort att tillämpningsområdena ökat, inte minst inom sjukvården. Dessa områden inkluderar områden så som forskning och utbildning men också för individuell patientbehandling så som att planera operationer, utföra patientspecifika tränings-/simuleringsmöjligheter samt tillverkning av anpassade produkter (Rengier, 2010). Ett exempel där 3D-printing har används för att simulera patientfall kan läsas i avsnitt 3.6. *Öva och simulera med 3D-teknik i vården.* 3D-printing gör det möjligt att skapa patientspecifika produkter på ett annat sätt än vad som tidigare varit möjligt. I dag används redan produkter så som implantat, hjälpmedel, proteser, biomaterial samt läkemedel som alla är 3D-printade (Lee Ventola, 2014; Spritam, 2018). Mer ingående exempel presenteras i Figur 2 och i följande lista:



Figur 2. Ett axplock av 3D-printade produkter för användning inom vården. På bilden visas ett 3D-printat metallimplantat för att ersätta en del av skallen, en 3D-printad anatomisk modell av en skalle, en 3D-printad armprotes samt ett 3D-printat käkben. Bildkälla: Pixabay & Wikimedia commons.

- 3D-printade titanimplantat för ersättning av en del av skallbenet, höftkulan eller käken (Lee Ventola, 2014).

- 3D-printade hjälpmedel så som hörselinsatser, bettskenor och tandregleringsskenor (Invisalign, 2018). Det finns också ett exempel på en patientspecifik rullstol som är 3D-printad, men denna idé är fortfarande i konceptfas (Materialise, 2018).
- 3D-printade anatomiska modeller används för undervisning och planering av operationer (Lee Ventola, 2014; Spritam, 2018).

Dodziuk nämner i sin artikel att användningsområdena för 3D-printing i hälso-och sjukvården kan delas in i kategorier enligt hur använda dem är. Dessa kategorier är "mainstream", "early stage development but capable of entering the mainstream" och "hoped to revolutionize medical 3DP applications in future" (Doszuik, 2016). I första gruppen ingår produkter inom hörapparat och tandvård. I andra gruppen ingår proteser, implantat och medicinska hjälpmedel. I tredje gruppen ingår 3D-bioprinting och 4D-printing där den printade strukturen kan svara på stimuli och därefter ändra t.ex. form.

Fördelarna med 3D-printing istället för konventionella metoder är många. Ett utplock av dessa som framgått i litteraturstudier för tillverkning av anpassade produkter var att produktionshastigheten kan bli snabbare, porositet och komplexitet i materialet kan styras, kostnaden kan reduceras och passformen kan bli mer exakt än med t.ex. formavgjutning för tillverkning av ortoser (Lee Ventola, 2014; Dodziuk 2016; Dombroski, Balsdon & Froats, 2014). Att kostnaden minskar förutsätter att utrustningen så som 3D-skrivare och 3D-skanner redan är inköpt. Dombroski et al. nämner också att en annan fördel med 3D-printing jämfört med traditionella metoder för tillverkning av ortoser är minskat materialsvinn och tillverkningsmisstag av tillverkaren. Detta förutsätter att utövaren har kunskap och erfarenhet av förarbetet kring 3D-printing och underhåll ifall 3D-printing sker själv av beställaren. Andra fördelar med 3D-printing är att filer kan sparas digitalt istället för fysiskt och kan skickas över till andra enheter för modifiering och förbättra tillgängligheten (Ford & Despeisse, 2016). Idag finns ett stort antal företag som jobbar med 3D-printing för användning inom hälso-och sjukvården.

Nackdelarna med 3D-printing i medicinsk tillämpning är att inköpskostnaden för en del printtekniker är dyra, speciellt för additiv tillverkning av metall (Ford & Despieesse, 2016). Dessutom kan inlärningstiden som krävs för att använda tekniken vara ett hinder för att det ska användas överhuvudtaget. Vissa strukturer framförallt mjuka material som inte stelnar vid utskrift kräver ibland stödmaterial för att den utskrivna strukturen ska hålla sin form och inte falla ihop. Det finns CAM-program som hjälper till med hur mycket och var stödmaterial behövs för att strukturen ska hålla sig, men processen kan vara något mer komplicerad om stödmaterial består av ett annat material än det som strukturen ska skrivas ut i, vilket kräver viss kunskap och erfarenhet av teknik och material. 3D-skrivare har också en viss begränsning i hur stora strukturer som kan skrivas ut, samt att tillverkningstiden ökar ju större strukturen önskas vara (Ford & Despieesse, 2016).

Mognadsgrad: 4.5

Använts inom olika områden med olika material och olika 3D-skrivare. Kliniker beställer från 3DP företag, men inte standardiserad process överallt.

3.4 Anpassade produkter och behandlingar med 3D-teknik

Anpassade produkter inom hälso- och sjukvård, och kan innebära allt från standardstorlekar till helt individanpassade produkter. En annan del är patientanpassad behandling, exempelvis att anpassa dosen av medicin efter patientens storlek och vikt. I denna rapport läggs mest fokus på anpassade produkter och nedan följer några exempel på de vanligaste anpassade produkterna.

3.4.1 Hörapparater

Hörapparater och förstärkare är viktiga att de är anpassade efter örats inre form. En hörapparat består av en insats, se Figur 3, som placeras i örat och själva apparaten (elektroniken) som placeras antingen i örat eller bakom örat. Att insatsen passar örat perfekt är viktigt för att öka komforten samt förhindra rundgång och därmed ett högt tjutande ljud (Masters, Velde & McBagonluri., 2005).

Hörapparater kan tillverkas antingen manuellt eller digitalt. Manuell tillverkning sker genom att göra ett avtryck av örat och utifrån denna skapas insatsen till hörapparaten. Efter detta adderas elektroniken. Den digitala processen innebär att man skanner örat, och sen skapas hörapparaten med 3D-modellering och 3D-print (Masters, Velde & McBagonluri, 2005). Denna manuella process kan ibland var obehaglig för patienten och är kostsamt. Dessutom tar den manuella processen en vecka medan den digitala processen tar en dag (Dodziuk, 2016; Sandström, 2016).



Figur 3. Insats för en hörapparat anpassat efter örats form.

Enligt Sandström har 3D-printing fått fäste som tillverkningsprocess för hörapparater och förändrat marknaden helt (Sandström, 2016). Fördelarna med 3D-print är att det ger bättre passform, sparar tillverkningstid och man kan lätt skapa kopior. Nackdelen är att det inte blivit billigare att tillverka hörapparater med 3D-print och det kräver extra utbildning av personal (Sandström, 2016).

3.4.2 Odontologi

Inom tandvården (odontologi), är de flesta produkter unikt anpassade efter patienten. Exempel på vanliga produkter är tandkronor, tandbryggor, bettskenor. Liknande som med hörapparater, kan dessa produkter tillverkas antingen manuellt eller digitalt. Den manuella processen innebär avtryck av tänderna med en massa, utifrån avgjutningen skapas produkten för hand genom att göra en vaxmodell som sätts om i metall eller plast. Istället för att göra avtryck kan man producera dessa produkter digital med hjälp av oral skanning, 3D-modellering (CAD) och 3D-printing eller fräsning (Dodziuk, 2016).

Fördelen med en oral skanner är att man kan lagra information om patientens tänder, det ger högre kvalitet på avtrycken och det är snabbare (Dodziuk, 2016). Nackdelen med orala skannrar är att de kräver visuell insyn i munnen, medan manuella avtryck bara kräver tillgång.

3.4.3 Proteser, ortoser och inlägg

Proteser, ortoser och inlägg är olika slags implantat som är placerade utanpå kroppen. När det handlar om proteser gäller det att anpassa efter individens form och behov. Genom att individanpassa designen blir proteserna mer bekväma och patienten kan genomföra mer avancerade aktiviteter. En artikel av Liacouras et al. visade på hur de med hjälp av CT-bilder och 3D-printing skapade enkla designer som kan göra stor skillnad i en patients liv. Exempelvis skapade de en armprotes för en patient som förlorat underarmen, vilket möjliggjorde att han kunde göra både pull-ups och bänkpress (Liacouras et al., 2017).

Fördelen med mer individanpassade proteser är att det gör stor skillnad för patienten (Liacouras et al., 2017), men även att det är billigare tillverkning med 3D-printing, särskilt för barn som växer (Dodziuk, 2016). Däremot är kunskaperna av att använda programvaror och designing begränsade (Liacouras et al., 2017).

När det kommer till ortoser är standarden i kliniken att framställa ortoser genom att göra en avgjutning (Dombroski, Balsdon & Froats, 2014). Däremot är det inte ovanligt att använda 3D-teknik för att framställa ortoser. Enligt Rosicky et al. använder de 3D-skanning dagligen i klinken, där användningsområdena är många (Rosicky et al., 2016). Exempel på områden där 3D-teknik används för ortoser (och proteser) är:

- Hjälmor
- Ansiktsproteser i silikon
- Ortoser/Proteser för övre och undre kroppsdelar
- Innersulor för fötterna

Av dessa områden är det vanligast att använda 3D-teknik, främst 3D-skanning, för att framställa fotortoser, så som innersulor. Det har visat sig att additiv tillverkning för fotortoser är effektivt, samt ger en hög noggrannhet och kvalitet som är jämförbart med handgjorda fotortoser.

Anledningen till att det inte är vanligare med additiv tillverkning av fotortoser är att det är en hög inköpskostnad (Dombroski, Balsdon & Froats, 2014). Dessutom finns det inga lämpliga CAD verktyg tillgängliga för designing och 3D-printing av innersulor (Davila-Aracil et al., 2018). Additiv tillverkning av fotortoser är ett relativt utforkat område men i och med ny teknik, så som 3D-skanner och 3D-printing, finns det stor potential för att skapa fotortoser med effektiv tillverkning och hög kvalitet (Gandhi, Vaishya, & Gupta, 2017; Peixoto, Flores & Souto, 2017).

3.4.4 Implantat

Implantat som placeras inne i kroppen kan exempelvis vara pacemakers, stents, titanskruvar i käkbenet, metallplattor (osteosyntesmaterial) eller ledproteser. Implantaten kan antingen vara i standardstorlekar eller göras patientspecifika. Standardstorlekar kan användas för många patienter och är vanligt för till exempel benimplantat. Patientspecifika implantat är fördelaktiga om patienten är utanför normalstorleken eller har en speciell sjukdom (Rengier et al., 2010).

De patientspecifika implantaten görs utifrån medicinska bilder, och idag finns det tillverkare som producerar 3D-printade implantat från ryggraden, höften, bäckenet och andra kroppsdelar (Dodziuk, 2016). Ett annat område där individanpassning använts är inom ansiktsrekonstruktion, där det finns fall där man gjort ansiktsrekonstruktion med 3D-printing på vävnad, ett exempel är där man gjort ett konsistensliknande öra (Subburaj et al., 2007).

Fördelarna med individanpassade implantat är att om de är anpassade till form och behov så ger det minskade komplikationer (Rengier et al., 2010). Att tillverka implantaten med 3D-printing sparar tid och pengar, samtidigt som att man skulle kunna lägga till andra egenskaper så som tillsats av medicin eller komplexa inre strukturer hos implantaten för att påskynda läkningen (Dodziuk, 2016). I de fall där standardstorlekar inte fungerar skulle 3D-printing vara en fördel. Viktigt att påpeka vid tillverkning av implantat är att produkter och material som ska användas i kroppen styrs hårt av olika regulatoriska lagar. Dessa måste uppfyllas för att införa nya implantat (Douglas, 2014).

3D-print och 3D-modellering är väl utvecklade och väl använda tekniker när det kommer till vissa anpassade produkter, så som hörselapparater, inlägg och tandtekniska produkter. Det finns det däremot regulatoriska hinder för utvecklingen av produkter som är i kontakt med kroppen under en längre tid.

3.5 Planera operationer med 3D-teknik

För planering av operationer görs ofta en CT eller en MRT, och utifrån de medicinska bilderna kan man få anatomiska strukturer och organ (Dodziuk, 2016). Dessa strukturer kan man granska på en dator, antingen i 2D från röntgenbilderna eller virtuellt kolla på 3D-modellen. Det är dock inte alltid tillräckligt att kunna visualisera strukturerna på en platt datorskärm (Rengier et al., 2016). Genom att 3D-printa strukturen med rätt storlek, vikt och konsistens kan man hålla strukturen i sin hand och på så sätt få större förståelse över detaljer. Detta kan underlätta för att planera operationen, där man kan öva och provoperera på den printade strukturen (Dodziuk, 2016; Rengier et al., 2016).

Ett område där 3D-modellering och 3D-print är mest etablerad är inom ortopedkirurgi, där många opererande enheter har implementerat detta som standard. Ännu vanligare är det med 3D-modellering och virtuell planering inför operationer, där dessa metoder är integrerade i rutinerna för preoperativ planering. Virtuell planering innebär att patientens anatomi studeras för att bestämma den bästa metoden inför operationen. Detta innebär ett samarbete mellan kirurgen, ortopediska ingenjören och den biomedicintekniska designern, där man diskuterar vilket implantat man ska använda och hur implantatet ska fixeras (Tetsworth, Block & Glatt, 2017).

3D-printade modeller används en del idag på svårare operationer och exempel på fall där det har använts är: full ansiktstransplantation, borttagning av tumörer (njure, lever), insättning av höftbenskula (Dodziuk, 2016). Enligt en studie av Singhal et. al. rekommenderar de att använda 3D-printing som standardprotokoll för operationsplanering av vissa fall. Studien visar exempel på operationer inom ortopedteknik för hård vävnad i form av bäckenet, samt mjukvävnad i form av en tumör (Singhal et al., 2015). Vid maxillofacial kirurgi har användning av 3D-print för att planera operation visats vara en fördel (Rengier et al, 2010). 3D-print har också använts för att planera operationer inom neurokirurgi, kardiovaskulär kirurgi, ryggradskirurgi och vaskulär kirurgi, där man såg en signifikant förbättring i diagnosticering och behandling (Rengier et al, 2010).

Fördelar med att planera operationer utifrån 3D-printade strukturer är att kunna känna och ta på modellen, vilket hjälper för att skapa förståelse och öva på operationen. Däremot är det tydligt hur mycket 3D-printing förbättrar planering och resultatet av operationen gentemot att planera enbart utifrån dator (Rengier et al., 2016).

Mognadsgrad: 4.5

Att planera en operation med hjälp av en 3D-modell på datorn är idag oftast rutin för svårare operationer. 3D-printing är inte en ovanlig förekomst vid planering av svåra operationer och intresset ökar, däremot finns det idag brist på teoretiska och kliniska bevis för att metoden ska etableras.

3.5.1 Kirurgiska guider

En del av att planera operationer är att använda sig av kirurgiska guider. Vid operationer där syftet är att sätta in ett implantat, exempelvis käkimplantat och handledsplattor, är det viktigt att implantatet hamnar på rätt position. Vid tandimplantat är det viktigt att implantatet är optimalt placerad

gentemot resten av tänderna, utan glipor eller trånga utrymmen (Le & Nielsen, 2015). För att underlätta operationen finns det företag som skapar guider som ger instruktioner för vart man ska borra eller såga.

Ett område där kirurgiska guider varit lyckat är inom ansiktsrekonstruktion, vanligen med käken och tänder. Här kan man med hjälp av 3D-modeller och 3D-printing spegla ansiktets former och skapa bättre kirurgiska guider än om man formar det själva (Subburaj et al., 2007).

Att använda en kirurgisk guide är ett av de mest noggranna tillvägagångssätten för att sätta in implantat med färre komplikationer. Däremot krävs det kunskap om kirurgisk planering och 3D-print, och dessutom är det hög kostnad och en tidskrävande process (Whitley et al., 2017).

Mognadsgrad: 3.5

Kirurgiska guider är vanligast för planering inom ortopedisk kirurgi. Tekniken är idag mogen men hinder finns när det kommer till kunskap, kostnad och tid.

3.6 Öva och simulera med 3D-teknik i världen

Simulering av kirurgiska ingrepp kan göras på fysiska modeller (syntetiska, kadaver eller djur), i ett datorprogram (spel, VR, haptisk återkoppling) eller genom en kombination av fysisk modell och mjukvaruprogram (Kneebone, 2003). Simulering med hjälp av anatomiska modeller används inom kliniken rutinemässigt och är en viktig del av träningen och utbildningen. Simulering möjliggör övning både för studenter och erfarna kliniker. Att använda anatomiska modeller för att öva på medför en bättre patientupplevelse och minskar sjukvårdskostaden (Bücking et al., 2017).

Kneebone menar att de största fördelarna med simulering är att kirurgerna ska kunna träna för att känna sig säkrare på momentet och ha tillåtelse att misslyckas. Dessutom förbättras möjligheten att mäta prestationen, övningsmomentet kan upprepas och utövaren kan bli säkrare vilket även minskar risken för patienten. Att öva och simulera i en verklighetstrogen miljö är inte bara aktuellt för kirurger utan också för annan vårdpersonal så som för att öva på att ta blodprov, sätta in slangar, stänga enkla sår, ta bort hudskador, utföra terapeutiska procedurer eller för att öva på att ta medicinska bilder (Kneebone, 2003).

Simuleringsmetoderna som finns idag har accelererat det senaste decenniet, speciellt inom simulering av kirurgiska ingrepp (Ryu et al., 2017). Genom att simulera med hjälp av 3D-teknik och 3D-

3D-printat hjärta

Ett exempel på simulering värt att nämna är utförda testoperation på 3D-printade hjärtan av två patienter med hypertrofisk kardiomyopati vid Seattle Children's Hospital (Hermesen et al., 2017). Patienterna skulle genomgå den riktiga operationen strax efter att kirurgen fick möjlighet att träna på exakta kopior av deras hjärtan printade efter medicinska bilder från stereolitografi.

De 3D-printade hjärtmodellerna skrevs ut i en hydrogel som gav vävnadslänkande konsistens, se **Fel! Hittar inte referenskälla..** Operationen genomfördes i ett simuleringslaboratorium.

Efter genomförd operation på riktig patient kunde jämförelse göras mellan borttagna delar från patienternas hjärta och borttagna delar från hjärtmodellerna. Resultatet var lovande och användbarheten graderades av kirurgen till 3.5-3.6 på en 5-gradig skala för preoperativ visualisering, planering och övning.

Nackdelarna som uppkom under studien var att modellernas likhet med riktigt hjärta behövde förbättras, samt att operationstid och kostnader var en fråga (Hermesen et al., 2017).



Figur 4. Mänskligt hjärta. Bildkälla: Wikimedia commons.

print minskar kostnader och möjligheten för övning ökar. Vid traditionella metoder är övning begränsade till modeller i form av kadaver och djur. Fördelen med att använda de traditionella modellerna är att dessa fortfarande ger en mer realistisk känsla och konsistens än vad syntetiska material kan åstadkomma. Samtidigt väcker dem potentiella etiska bekymmer och den traditionella processen utsätter utövarna för hälsorisker (Ryu et al., 2017).

Tillgängliga simuleringstekniker inkluderar patientspecifika simuleringstekniker i DICOM format som rekonstrueras till 3D-modell genom mjukvaruprogram (Ryu et al., 2017). Svårhetsgraden på programmen är varierande och kan t.ex. involvera övning att sätta in skruvar och öva på endovaskulära behandlingsprocedurer. Ryu et al. påpekar att simuleringssprogrammen idag är effektiva för studenter och mindre erfarna kliniker men att det finns begränsningar i programmen för de mer erfarna klinikerna. För att överbrygga dessa begränsningar behövs mer variation i anatomi och patologi.

Spelbaserade simuleringssprogram i sjukvården för undervisning har ökat och kan i framtiden komma att ersätta vissa traditionella metoder. En studie av Koivisto et al. visade att sjuksköterskestudenter som fick träna med 3D-simuleringssprogram var användbar då den engagerade studenterna (Koivisto et al., 2015). Nackdelarna som framgick var att om detta ska vara en effektiv träningsmetod så måste programmen hålla en hög standard gällande grafik, ljudeffekter och autenticitet av patientscenario. Feedbacken till den som övar måste vara direkt och inte i slutet av simuleringen. Dessutom kräver 3D-program också mycket datorkraft för att fungera korrekt. Det är även viktigt för utövarna att simuleringssprogrammen speglar interaktionen mellan personal och patient. Studien indikerade att det är viktigt att programmet möter studenternas krav, vilket inte alltid är fallet, men att 3D-simuleringsspel har potential att utveckla studenternas kompetens.

Genom den senaste utvecklingen av 3D-printteknologin har möjligheten att skapa fysiska modeller förbättrats. För enklare modeller krävs ingen expertis inom framtagning och modellerna kan få patientspecifika och kostnadseffektiva (Bücking et al., 2017). Att få en modell som efterliknar verkligheten i olika konsistenser och material är dock komplext och kräver mer kunskap, tid och finesser. Ibland krävs flera 3D-skrivare för att kunna printa olika material.

Mognadsgrad: 4

Simulering används för träning och utbildning rutinmässigt, men inte alltid med 3D-printade modeller och 3D-teknik utan kan vara på kadaver eller djur. Program i 3D finns och flertal studier har gjorts där effekten utvärderats. Användningen har hög potential men vissa hinder finns och en del utveckling krävs för att användningen ska tillämpas till fler än nybörjarna.

3.7 3D-teknik i vårdrelaterad forskning och utbildning

Samtidigt som 3D-printteknik kan användas för att simulera, träna och planera en operation, kan samma metod användas i utbildningssyfte. Med hjälp av datorprogram och spel kan studenter lära sig och lärare kan använda det som verktyg att visa med. I denna del ingår även undervisningsprogram som använder 3D-virtuella miljöer (Boulos, Hetherington & Wheeler, 2007).

Fördelen med 3D-teknik inom utbildning är att i vissa fall är en 3D-modell nödvändig för förståelsen och ibland kan en fysisk modell öka förståelsen ännu mer. Att ha en 3D-printad kopia av ett patientfall gör det lättare att förklara för studenter, vårdpersonal eller andra som utbildar sig. Med 3D-print och modellering kan studenter operera på en kopia av t.ex. ett skannat hjärta av en patient

(se exempel i *Öva och simulera*). En verklig kopia av t.ex. ett organ har fördelen att den går att vända, vrida och känna på. Det finns även 3D-program som används i undervisningssyfte, där dessa har stor potential men har en del brister i den verklighetstroga uppfattningen för att den ska vara ett effektivt verktyg (Koivisto et al., 2015).

McMenamin et al. gav ut en studie år 2014 där fördelar med att använda 3D-printade modeller för undervisning istället för kadaver diskuterades (McMenamin et al., 2014). Med hjälp av 3D-printing kunde multipla modeller snabbt produceras för dissekering av olika skala på modellen. Detta resonerar i studien vara användbar för vilken undervisningslokal i vilket land som helst och på så vis kan både etiska och kulturella problem med kadaver undvikas.

Med 3D-print kan man utforma testmodeller för forskning. Dessa modeller hade varit bra för forskare att använda för att bättre kommunicera med sitt forskarlag eller för att förbättra distribution och formgivningen som önskas. En teknik som blir mer och mer vanlig i forskning kring vävnad och artificiella organ är 3D-bioprinting. Hermann et al. förespråkar i sin artikel att en lågbudget 3D-skrivare för tillverkning av kompatibla komponenter för MRT undersökning borde finnas tillgänglig för alla MRT forskarlag (Hermann et al., 2014).

Mognadsgrad: 3

3D-modeller används för att mäta/jämföra inom forskning och för att öka förståelse inom utbildning. Däremot är det inte lika vanlig att använda 3D-print inom forskning och utbildning, vilket sänker mognadsgraden.

3.8 Övrig medicinsk utrustning tillverkad med 3D-teknik

Utöver implantaten och proteser som presenteras så finns det en stor del medicinsk utrustning (klassade som medical devices) som idag utvecklas och tillverkas med hjälp av 3D-teknik. Genom att använda sig av 3D-printing kan medicinsk utrustning fullt anpassas efter patienten, kostnaden för tillverkningen kan i vissa fall minska drastiskt och införandet av 3D-print ökar kreativitet av nya innovativa idéer.

3D-printing innebär ett nytt, enkelt sätt att tillverka produkter på med olika material, vilket skapar möjlighet att testa en ny idé på ett billigt och snabbt sätt. (Dodzuik, 2016) Exempel på annan medicinsk utrustning som 3D-printats är ortoser, linser för ögonen, billiga stetoskop, glasögonramar och andra medicinska hjälpmedel. (Dodzuik, 2016; GliaX/Stethoscope, 2018; Orcutt, 2018; Mendoza, 2018)

Mognadsgrad: Detta område ansågs för generellt för att sätta en gemensam mognadsgrad.

3.9 Övrig användning av 3D-teknik i vården

3.9.1 Mäta och jämföra med 3D-teknik i vården

Att *Mäta och jämföra* inom vården innebär att utifrån en 3D-modell mäta exakta värden i modellen, jämföra och kunna se trender över tid (Chromy, 2016). Med CT, MRT, Ultraljud etc. kan man få fram väldigt detaljerad information om inre strukturer i kroppen. Detta har hjälpt för att studera fysiologin och anatomin, samt diagnosticera och följa sjukdomar. Att kunna mäta yttre kroppsdelar är användbart för att mäta formen, bestämma hälsostatusen och sätta rätt dos för medicinering, röntgenbehandling och kemoterapi (Treleaven & Wells, 2007).

När det kommer till att mäta volymen av yttre kroppsdelar finns det ingen accepterad metod utan traditionellt har man mätt kroppen manuellt, med så kallad manuell antropometri. Till exempel genom att mäta med måttband. För att mäta volymen av en kroppsdel placerar man idag kroppsdelens i vatten eller luft, och mäter hur mycket vatten eller luft som trycks bort. (Chromy, 2016; Liu et al., 2017; Treleaven & Wells, 2007; Wells et al., 2015). Det finns en del tekniker som utvecklats för att mäta yttre kroppsdelar på andra sätt, men dessa har inte bekräftats teoretiskt eller med erfarenhet (Liu et al., 2017; Edgar, Briffa & Wood, 2016).

Här har 3D-skanning möjlighet att förändra sjukvården genom att kunna visualisera kroppsdelar, diagnostisera, screena stora delar av populationen, planera behandling och följa förändringar hos kroppen. Treleaven och Wells påpekar i *3D Body Scanning and Healthcare Applications* att tiden är mogen för införandet av 3D-skannrar nu när hårdvaran är tillgänglig, men att den begränsade faktorn är mjukvaran. Men eftersom mjukvaran utvecklas i rasande takt så kommer tekniken snart vara mogen (Treleaven & Wells, 2007).

Mognadsgrad: 3

Att mäta och jämföra 3D-modeller av inre organ är en etablerad och noggrann metod. För att mäta yttre delar av kroppen finns det områden där det behövs utvecklas inom, och begränsningarna är att tekniken inte är tillräckligt mogen.

3.9.2 3D-bioprinting

Tillverkning av organ via 3D-printing är ett bevakat område med höga förhoppningar och förväntningar. Att skriva ut strukturer i 3D med celler ingår i begreppet 3D-bioprinting. Som många andra områden inom 3D-printing så har 3D-bioprinting accelererat bara de senaste fem åren. Idag kan man skapa komplexitet i strukturen som förr inte var möjlig. Samtidigt innebär tekniken låg kostnad, tillgänglighet och möjlighet till patientspecifik design utifrån medicinska bilder (Ji & Guvendiren, 2017). Med 3D-bioskrivare så kan celler skrivas ut enskilt eller tillsammans med ett stöttande material, vanligtvis en hydrogel, på vilken cellerna kan växa för att skapa ny vävnad eller ersätta skadad vävnad (Douglas, 2014). Med hjälp av 3D-bioprinting har vävnader, så som hud, ben och brosk, samt vaskulariserade vävnader tillverkats (Murphy & Atala, 2014) för in vitro studier.

En utmaning inom 3D-bioprinting är att det krävs en hög andel celler, vilket begränsar storleken på strukturerna som kan göras. En annan stor utmaning gäller tillverkning av vaskulariserade konstrukt (Hong et al., 2018), som ställer höga krav på att 3D-bioskrivaren kan skapa strukturer med hög upplösning (Ji & Guvendiren, 2017). De tillverkade strukturerna bör också kunna svara på stimuli (4D effekt) för att bättre efterlikna riktiga organ. Förutom att skapa organ och vävnad för transplantation så skulle 3D-bioprinting kunna användas för att testa toxicitet av nya läkemedel istället för att använda djur. Kvar finns en hel del utmaningar och regulatoriska aspekter som behöver diskuteras innan organ för transplantation blir till verklighet.

Mognadsgrad: 3

Använts på djur och men inte i stor skala och främst in vitro.

3.9.3 3D-printing av läkemedel

3D-printing för tillverkning av läkemedel användas som ett sätt att bättre kunna styra porositet och fördelningen av aktiva substanser i tablettformat, Figur 5. Redan år 2015 FDA godkändes den första 3D-printade läkemedelstabletten, vilket var en epilepsitablett. Med 3D-printing tillverkades tabletten med hög porositet, vilket förbättrar upptagningshastigheten (Spritam, 2018). Med hjälp av 3D-printing skulle ett framtida scenario vara att patienter får en skräddarsydd ordination av läkemedelsdoser utifrån sina behov, varav aktiva ingredienser tillsätts i en och samma tablett från en lokal 3D-skrivare (Lee Ventola, 2014).



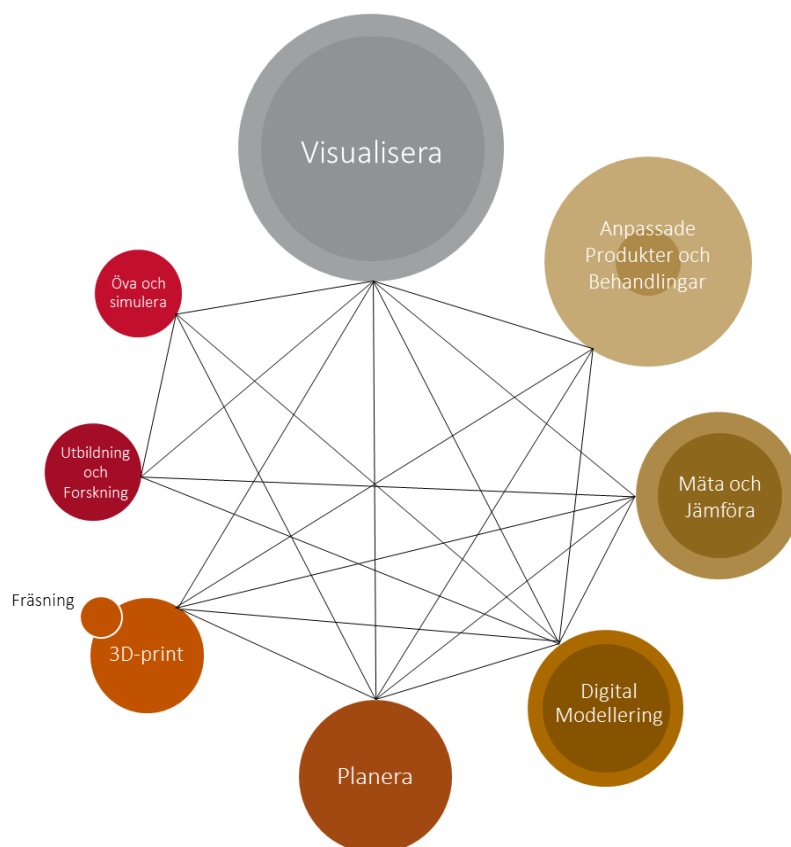
Figur 5. 3D-printing används idag vid tillverkning av vissa läkemedel. Bildkälla: Pixabay

Mognadsgrad: 3

Finns en begränsad produktion på läkemedel som skrivs ut med 3D-teknik och långt ifrån alla läkemedelstillverkare använder denna teknik.

4 Inventering av Användningsområden inom VGR

I Figur 6 visas de olika identifierade kategorierna av användningsområden av 3D-teknik i VGR från KJ-analys av intervjumaterialet. Storleken på användningsområdena representeras av storleken på cirkarna och de inre mörkare cirkarna representerar storleken på användning av 3D inom den kategorin. Observera att storleken inte symboliserar hur många verksamheter som uttryckt användning inom kategorin, utan hur ofta det kommit på tal. Linjerna mellan cirkarna visar på att det finns kopplingar och liknande användning mellan kategorierna.



Figur 6. Figur över användningen av 3D från intervjuerna, där storleken på cirkarna representerar storleken på användningen. Linjerna symboliserar kopplingarna mellan kategorierna och de inre cirkarna symboliserar användningen av 3D inom den kategorin.

Till exempel är det hög användningen av *Visualisera* inom VGR (ljus grå cirkel) och lite mindre användning av *Visualisera* i 3D (mörkgrå cirkel). Dessutom används visualisering inom andra kategorier så som inom *Öva och Simulera*, *Anpassade Produkter och Behandlingar* eller *Planera* (vilken utförligare menas planera operationer och informera patienter).

Gradering enligt KJ-analys som svarade bäst på frågan om vad som används av 3D-teknik i VGR blev följande kategorier: 1. *Planera*, 2. *Visualisera i 3D* samt 3. *3D-printing*. Resultatet av graderingen utifrån analys av intervjumaterial, visar på att 3D-teknik har störst och viktigast användning i regionen för att *Planera operationer och informera patienter*. I denna kategori har 3D-teknik utnyttjas i sin fulla potential, dvs. från 3D-visualisering, digital 3D-modellerings till 3D-print. *Visualisera* är den största gruppen, i vilken flest uttalat att de använder 3D-teknik och där denna tillgång medför en stor hjälp. Kategorin *3D-print* är den tredje viktigaste kategorin, vilket ofta också använder hela kedjan av 3D-teknik, från 3D-visualiseringen. Att denna kategori hamnade bland de viktigaste är ett resultat av att en hel del verksamheter använder tekniken.

Kategorierna som tagits fram förklaras mer ingående i följande avsnitt. Först presenteras en kortare summering, därefter ges ett exempel på användning inom den kategorin, vilket är tänkt för den intresserade läsaren. Citat från intervjuer som hör till kategorin finns också i slutet av varje presenterad kategori nämns vilka verksamheter som utmärker sig inom kategorin samt en mognadsgrad för vad VGR ligger inom kategorin.

5 Planera operation och informera patienter

I denna kategori, *Planera*, ingår de verksamheter som påpekat att de använt 3D-teknik för att planera operation eller informera patienter. Planera operationer eller informera kan delas in i att planera med 3D-bilder, programvara och 3D-print samt planera med hjälp av kirurgiska guider. Kirurgiska guider presenteras i avsnitt 4.1.1. nedan.

Flera verksamheter har använt visualisering i form av bilder, program eller 3D-print för att planera operationer. Till exempel används 3D-bilder inom kardiologi för att planera vilken klaff eller stents som ska beställas. Inom kärlkirurgi, urologi och gynekologi används fusion av CT för bättre kunna orientera under ingrepp. Program används för att planera operationer vid insättning av implantat, simulera hur utseendet kommer påverkas av käkkirurgi. Dessutom 3D-printas anatomiska modeller för planeringsunderlag, till exempel printas skallar av käkkirurgin och skelett i plast printas av C.A.R.E.⁶ och ortopediverksamheter. De printade modellerna används för planering inför operation och för att provoperera på.

En viktig verksamhet är radiologerna, som är en del i framtagningen av bilder i de flesta verksamheter. Radiologerna roll är att se till att bilderna har rätt kvalitet för att kunna framställa modeller och 3D-printa produkter. Odontologisk radiologi förser kirurger på folktandvården med bildmaterial som planeringsunderlag för käkoperationer. När bilder för 3D-print ska göras behöver radiologerna mer detaljerad information om hur bilderna ska tas, så som vilken täthet snitten ska ha.

I intervju med verksamheter som använder 3D-printade modeller påpekades konsekvenserna om ett implantat inte passar under operation och vikten med att veta innan operation vilka komponenter som behövs, se citatet till höger.

” Det hade ju varit tråkigt att upptäcka under en operation. Då hade man fått sy ihop och väcka patienten och operera om när man har fått produkten. ”

Anledningar till varför 3D-modeller används för planering var för att det hjälper till att minimera misstag, informera patient samt hjälper till vid beslutande om en operation är möjlig. En ortopedkirurg menade att det är enklare att förklara för patienten med en fysisk modell då förståelsen blir mer direkt.

(ang. om ett implantat inte passar och varför man använder 3D-printade modeller för preop planering)

En anledning till varför fysiska 3D-modeller inte används mer än det görs är en kostnadsfråga. Här ansåg en ortoped att en fysisk 3D-modell hade ökat förståelsen, så som uppfattning av storlek, se citat nedan. En fotortoped nämnde att de har så få fall per år, men att för frakturer i bakfotsområdet hade det gjort stor skillnad

⁶ Center for Advanced Reconstruction of Extremities

” Det har hänt mig några gånger att man planerar enligt röntgenbilder, men när man var inne i såret då fattade man det här är väldigt litet så att man hade valt en annan sågningsmetod även om den andra sågningen såg bättre ut. ”

Exempel

I **kardiologi** används 3D-bilder för att diskutera åtgärder. En individuell bedömning görs med 3D-visualisering för att fastställa vilken klaff eller kateter som ska beställas och användas. Vid klaffbyten görs speciella röntgenundersökningar för att planera vilken metod som ska användas. I Figur 7 visas exempel på hjärtklaffar. Vid transplantation av hjärtklaffar, används antingen en mekanisk hjärtklaff eller en biologisk hjärtklaff, oftast från ett djur (kalv).

Verksamheten Thorax använder CT för att planera behandlingar och undersöka patienten innan, under och efter operation. I vissa fall används 3D-ultraljud, både inom Thorax och inom Kardiologi. Bilden nedan visar exempel på hjärtklaffar, Figur 7.



Figur 7. Exempel som visar hur klaffarna ser ut. Den blå visar en hjärtklaff som läcker medan den röda visar en frisk hjärtklaff. Den högra klaffen i vitt är en biologisk klaff.

Inom **kärlkirurgi** visualiseras och mäts kärlen för att planera insättning av stents. Utifrån måtten på kärlen beställs stenten som finns i olika storlekar, men för komplicerat fall beställs patientanpassade stents. Dessa stentar beställs från företag och sys förhand.

Inom **kärlkirurgi, urologi och gynekologi** används 3D-visualisering genom fusion av CT med röntgenbilder. Bilderna kopplas samman för att studera blodkärl innan och under operation, vilket underlättar orienteringsförmågan för läkaren. En läkare inom urologi påpekade att 3D-fusion under operation bidrar till bättre planering och mental repetition av ingreppet. Inom gynekologi används 3D-fusion för att planera, exkludera och inkludera för optimalt resultat. Fusion med 3D-bilder är också vanligt förekommande vid angiografiundersökningar, utförda av röntgenläkare.

C.A.R.E. och ortopediverksamheter har använt CT bilder eller liknande för att planera operationer. Vissa av dessa har också använt befintlig 3D-teknik och beställt 3D-printade modeller av patienters kroppsdelar som behöver åtgärdas. Modellerna har varit i plast och har använts för planering inför operation och för att provoperera på. Med provoperera menas t.ex. provborra och provsåga. Modellen används också för att bestämma om en specialkomponent måste beställas så som ett specialanpassat implantat.

Öronkirurgin arbetar med insättningar av implantat för ansiktsproteser och använder 3D-teknik i form av en programvara för att planera operationen. Planeringsprogrammet hjälper till med förståelsen kring var ben finns och inte, hur benet ser ut och var större blodkärl finns som bör undvikas vid implantatsättning. Implantatsättningen kan planeras med 3D-modellering där man kan testa olika längder på implantatet och ändra vinklarna. En programfunktion är att inte bara visa hårdvävnaden så som skallen utan också omkringliggande mjukvävnad. Programmet har möjlighet att visa mjukvävnad men det används inte för att det kräver för mycket datorkraft och att man måste lära sig funktionen. Kirurgen kommenterar att med endast hårdvävnad i programmet blir det ”*ändå är annorlunda på operation för att då är det massor av mjukvävnad som kanske påverkar ens val*”. 3D-printade modeller av skallar har också beställts som planeringsunderlag men i begränsad mängd.

Käkkirurgin använder en programvara för att simulera med bilder i 3D hur hård- och mjukvävnader påverkar utseendet på en patient före operation. Här är behovet av det estetiska från patienten stort, och är något som efterfrågas mer och mer. Skrivs inte egna preoperativa plastmodeller ut med 3D-skrivare beställs dessa, så som modell av skallen eller käken, vilket görs enligt en käkkirurg på svåra operationer (ca 25%) där större ingrepp ska göras. I dessa fall hjälper det till för att kartlägga och planera operation.

5.1.1 Planera och utföra operation med kirurgiska guider

Inom handkirurgin och käkkirurgin används operationsguider som består av 3D-printade instruktionsmallar som vägleder kirurgen om vart man ska såga och borra. Kärlkirurgen nämner också att de använder 3D-guidning i form av fusion av 3D-bilder. Ett exempel på hur 3D-teknik använts för att planera operation med hjälp av kirurgiska guider beskrivs i nästa avsnitt, vilket kommer från käkkirurgin.

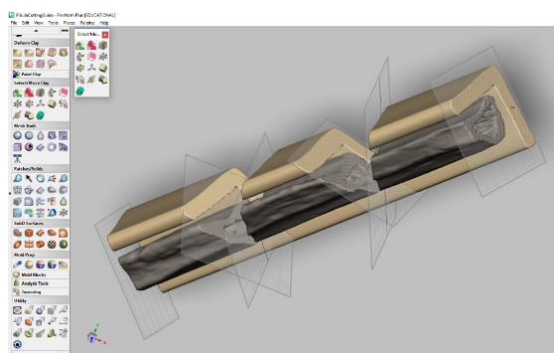
Mognadsgrad: 4

Att använda 3D-teknik för att planera operationer används inom flertalet verksamheter, vilket innefattar 3D-visualisering och i vissa fall 3D-print. Men det finns fler verksamheter som hade kunnat använda tekniken och det hade kunnat användas mer hos de verksamheter som redan använder det.

Exempel Kirurgisk Guide

Följande exempel är ett verkligt fall av en patient inom käkkirurgi där 3D-teknik används i form av kirurgisk guidning. Kirurgen som genomförde planeringen nämner att denna planeringsmetod förbättrar patientflödet genom både minskad operationstid och inläggande tid.

Patienten var en kvinna som fick munbotten-cancer år 2007. Tumören hade redan då spridit sig till lymfkörtlarna. Behandlingen för kvinnan planerades med strålbehandling mot regionen kring tumören och halsen.



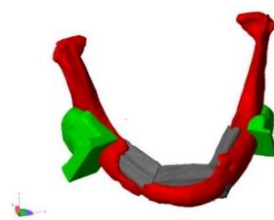
Figur 8. Freeform med guidning för hur fibulabenet sågas.

År 2010 fanns en misstanke om osteoradionekros i underkäken på kvinnan, varav mest på höger sida. År 2016 ådrog sig patienten en patologisk fraktur i underkäken och året därpå, 2017, gjordes en rekonstruktion av hennes underkäke genom användning av ett 3 delat fibula ben.



Figur 9. Digital planering med hjälp av 3D-program och haptisk arm.

Preoperativa bilder togs med CT på patientens ansikte och underbenet, vilka låg till grund för genomförandet. Rekonstruktionen planerades digitalt i ett 3D-program, se Figur 10.



Figur 10. Digital planering av ett 3 delat fibula (röd: "Originaldelen" av patientens underkäke, grön: beskärnings guide, grå: transplanterad fibula efter sågning).

För att planera resektion och rekonstruktionen användes 3D-program med haptisk arm, se Figur 9 och Figur 8. Dessa bilder låg till grund för att planera och kunna skriva ut modeller för att visualisera och förklara operationen för patienten.



Figur 11. Modeller och guider. Postoperativ modell (t.v.) och patientens underkäke i anatomisk fixerad position (t.h.). Såg och resektionsguider tillverkades i Formlabs Dental material.

Efter digital planering i beskärningsguiden 3D-printades resektions- och beskärningsguiden i Formlabs Form2 skrivare och steriliseras inför användning, se Figur 11. Postoperativ modell kan användas för produktion av individuell osteosynthesmaterial. Visualiseringsmodellerna är framtagna utav PLA eller ABS i en FDM skrivare (ZYXX+).

Några utmärkande avdelningar som använder 3D-teknik för att planera operation/informera för patienter: Käkkirurgi FTV, Käkkirurgi & ÖNH NU, ÖNH SU, Ortopediska verksamheter och kliniker, C.A.R.E., Handkirurgi SU, Radiologiska verksamheter, Kärlkirurgi SU, Gynekologi och reproduktionsmedicin SU, Urologi, Kardiologi SU, Thorax SU.

5.2 Visualisera i 3D för bättre förståelse och rumsuppfattning

Den största kategorin som identifierades gällande användning av 3D-teknik var *Visualisera*. I denna kategori ingick både visualisering i form av 3D-bilder men också 2D-bilder.

Övergripande kan nämnas att många verksamheter använder sig av CT/MRT etc., där tvärsnitt skapas av kroppen eller en kroppsdel som sedan kan sammanfogas till en 3D-bild. Exempel på uppkomna tekniker som används för att visualisera i 3D och 2D är CT, CBCT, MRT, slätröntgen, endoskopiskt ultraljud, 3D-ultraljud, ultraljud, 3D-fusion, PET, CT angiografi, skannrar (kroppsskanner och oral skanner), konventionell angiografi, video-otoskop, och digitala foton. De olika teknikerna används av olika anledningar och syften beroende på verksamhet. De flesta tekniker har sina fördelar och nackdelar. Det är också nödvändigt att påpeka att alla verksamheter och kliniker inte har lika stort behov av att använda 3D för visualisering.

Allmänt verkar verksamheterna tycka att 3D-visualisering ger en ökad förståelse, möjligheten att vända och vrida för att studera är något som värdesätts. Med hjälp av 3D blir rumsuppfattningen bättre och är extra efterfrågade av kirurger och andra kliniker som inte arbetar med bildtagning (CT, MR, Ultraljud etc.) för jämnare. Till exempel är det inte lika nödvändigt för radiologer då de är vana att tolka 2D-bilder och ser att det i vissa fall ger annan erforderlig information än var 3D-bilder i dagsläget kan ge.

Exempel

Kärlkirurgier, neurokirurger och gynekologi samt svårare fall inom förlossningssjukvården är några av de som använder de nya hybridsalarna på Sahlgrenska. Dessa salar har tillgång till CT/MRT och annan bildtagning (även i 3D) i samma rum som operationen genomförs. Till exempel nämns att CT används för att kartlägga tidigare insatta grafter samt studera blodströmningen i kärl.

Inom neonatologi och An-Op-IVA används CT/MRT för intubering av slangar samt MRT för att studera hjärnan men även stora blodkärl. Odontologisk radiologi har ingen egen MRT utrustning utan gör om behövt MRT undersökningar på Aleriskliniken. Denna verksamhet nämner att de har CBCT som används för att ge 3D-bilder.

Neuropsykiatri använder MRT och PET som ger 3D-rekonstruktioner som kan bearbetas för att både visualisera bättre samt analysera mätdata. Även kardiologi använder PET ibland och transosofagealt ultraljud för att se hjärtat bakifrån från matstrupen.

Thorax använder 3D-ultraljud vid klaffoperationer, vid läckage och för att bättre se mekanismerna. 3D-ultraljud används också på vissa fall inom förlossningssjukvården.

ÖNH använder CT/MRT och CBCT. An-Op-IVA använder vanligt ultraljud som hjälp för att sticka i blodkärl. En An-Op-IVA – verksamhet nämner att de jobbar i 3D men ser i 2D. De påpekar att metoderna är bättre idag än det var förr men att det fortfarande finns nackdelar med dagens teknik, så som att luft kan förstöra bilden och försvåra att se, samt att nålen man sticker med kan ta med sig luft. Samma problematik påpekades av Neonatologiverksamheten.

Hudkliniken inom verksamheten Särcentrum gör MRT undersökningar på patienter som misstänks ha djupare infektion i skelettet, annars används ingen 3D-teknik.

En kirurg inom Gynekologi nämner att de använder ”all visuell teknik som erbjuds” och att ju mer information som kan fås, desto bättre. Radiologerna på SU gör en hel del 3D-rekonstruktioner till kliniker, t.ex. till plastikkirurgerna för att de lättare ska se skallen och formen på barn som behöver opereras för båtskalle.

Utbildningskliniken FTV och Tandteknik använder olika skannrar för att avbilda patientens mun eller för att föra in gipsmodeller i CAD-program. Utbildningskliniken nämner att de gör röntgen och 3D-röntgen hela dagarna.

Titthålskirurgi med robot används inom vissa verksamheter, framförallt inom Gynekologi. Titthålskirurgi i 3D (laparoskopi) har fått blandad respons inom vissa verksamheter i SkaS. Mun-H-Center använder 3D-videoinspelningar av patienters munrörelser för att följa patientens utvecklingsförlopp. Mer om vad Mun-H-Center gör behandlas i kategorin 4.9. *Mäta och jämföra.*

Fler metoder används som i större grad är kopplade till 2D teknik, men nämns inte här. Dessa är följande: Hörselverksamheten använder ibland videootoskop för stillbild av trumhinnan innan avtryck ska göras för hörselinsatsen. Det påpekas att det ändå ibland är svårt att se in i örat. Hudkliniken använder digitala 2D foton på såret för att visualisera. Med foton kan sårets förlopp studeras och foton kan användas under diskussion av olika patientfall.

Några utmärkande verksamheter som använder 3D-visualisering: Alla verksamheter och kliniker har någon form av visualisering. Däremot visualiserar inte alla verksamheter i 3D.

Mognadsgrad: 5

Används inom de flesta verksamheter och är en väl implementerad del av arbetsprocessen för att behandla patienter.

5.3 Användning av 3D-print

I kategorin Användning av 3D-print ingår de verksamheter som uttalade sig om att de använder 3D-printing i någon mån. Här ingår verksamheter som antingen producerar fysiska modeller och har en 3D-skrivare tillgänglig internt eller de som beställer 3D-printade modeller externt från företag. Utav de 34 verksamheter som intervjuades erhöll endast två verksamheter en 3D-skrivare internt i sin verksamhet och 10 verksamheter beställde modellerna/produkterna externt. Med externt menades med hjälp av externa företag eller genom att en i verksamheten använde sig av egen 3D-skrivare i hemmet. Vissa verksamheter som beställde anpassade produkter hade mindre koll på om inköpta produkter var 3D-printade eller om de var tillverkade på annat sätt.

Av de två verksamheter som hade en 3D-skrivare internt, var enbart en verksamhet i bruk med att använda 3D-print. Den andra verksamheten hade köpt in en 3D-skrivare men inte kommit igång med tekniken. Anledningen till att skrivaren inte var i bruk berodde på avsaknad av kunskap att använda den och avsaknad av tid för att lära sig, men drivet att lära sig var stort. Idéerna var att används 3D-skrivaren till att effektivisera arbetsflödet främst, som hjälp med småfinesser, och inte alltid det direkt synbara.

Utifrån KJ-analysen identifierades två områden där additiv tillverkning användes; för att tillverka en fysisk modell för preoperativ planering och för att tillverka individanpassade produkter eller hjälpmedel. Exempel inom de olika områdena kan läsas i avsnittets exempel.

Generellt visar det sig att en hel del verksamheter inom VGR använder 3D-print på ett eller annat sätt. De flesta har inte tillgång till en 3D-skrivare, men beställer externt trots högre kostnader. Detta för att de anser att det medför stor nytta gällande planering av operation, guidning under operation eller att bättre förstå eller få anpassade produkter. I vissa fall beställs 3D-printade produkter från företag utan att verksamheten är medveten om att den är tillverkad med 3D-print.

Exempel

Fysisk modell för preoperativ planering

C.A.R.E. skickar CT med täta snitt till ett externt företag för att få printat plastskelett av patient att provborra på innan implantatsättning.

En ortoped håller på att utreda 3D-print som hjälpmedel för planering av operation samt informationshantering till patienten. Ortopedens syfte med tekniken var enbart att studera potentialen av 3D-print i sitt kliniska arbete. Ortopedens generella kommentar var att 3D-print var *”utan tvekan en grym teknik som hjälper jättemycket i sättet att tänka och planera”*.

Detta är en del i ett pågående ortopedfokuserat projekt finansierat delvis av VINNOVA som heter **PRE-CIIS**⁷. Projektet består av ett konsortium på 14 parter och målet är att uppnå en ny nivå av precision inom ortopedi. I projektet ingår det att ta fram ny teknik och nya arbetssätt för planering och uppföljning av operationer. En viktig del i projektet är att förena digital bildhantering med fysiska material och det görs bland annat med hjälp av bildanalys, bildvisualisering och 3D-print (Sectra, 2017). Ortopeden har valt ut intressanta patientfall och skickat patientens bilder till externt företag som ingår i projektet och fått antingen en plastmodell av patientens ben för att undersöka och säga i innan operation. Kommentaren från ortopederna var att externt företag kunde printa detaljrikt och ger hållfasta implantat. Nästa del i projektet är att ha en 3D-skrivare på plats internt och där kommer nyttan av användningen av 3D-print som verktyg analyseras.

En annan ortoped har använt 3D-print för att skriva ut fysiska modeller av bäcken för att få en bättre förståelse att kunna planera en operation. Befintliga tekniker för visualisering fram till utskrivningen användes och det påpekades att utrustning och kompetens för att ta fram denna data finns redan på sjukhusen. Det som behövs är drivna personer och tekniker som kan serva och använda en 3D-skrivare. Ortopeden har beställt bäckenmodeller från externt företag som hjälpt till att göra *”små extrafinesser som varit värdefulla”*. I framtagandet har en radiologisk ingenjör varit inblandad.

En käkkirurg får ibland gipsmodeller för att säga på innan operation. Kirurgen i fråga påpekade att plast smälter vid sågning.

Individanpassade produkter och hjälpmedel

Inom tandvården tillverkas en hel del produkter och hjälpmedel genom 3D-printing i VGR. Dessa produk-

ter inkluderar studiemodeller, implantatkonstruktioner, plattor för tandreglering och proteser så som kronor och bryggor. Materialen som används inom tandvården kan vara allt från plast till keramer och metall. Det är enbart inom käkkirurgin FTV som produkter printas internt, resterande intervjuade beställer produkterna externt. Inom käkkirurgin används 3D-printing en hel del för planering av operation samt för kirurgiska guider under operation.

Inom handkirurgin används 3D-print för tillverkning av kirurgiska guider vid operation. De kirurgiska guiderna består av 3D-printade instruktionsmallar i plast som kan sättas rakt på benet som ska sågas under operation som vägledning för vinkel och placering. Tillverkning av kirurgiska guider görs genom att skicka bilder på patienten till externt företag, därefter har ett telefonmöte med tillverkningsföretaget som sedan levererar instruktionsmallen. Hela processen kan ta upp emot två månader. Förutom att tiden för leverans blivit längre, så har kostanden ökat från ca 10 000 kr till 20 000-30 000 kr. Det nämndes även att det går att beställa 3D-printade specialanpassade implantat, i form av metallplattor för handleden.

Kommentarer om att företaget som används har många kunder och för få ingenjörer för att hinna med och därför höjs priset. Uppe i en summa som 30 000 kr börjar kostnaden blir för mycket, priset mot effekten måste värderas. Kirurgen påpekar att om patienten är ung så värderas effekten ofta högre än priset *”30 000 är heller inte mycket, om man tänker en ung patient om det blir bra. En halvdålig operation kan man inte göra om igen”*.

Inom hörselverksamheten tillverkas olika modeller av insatser, se Figur 12 och formavgjutet skal till hör-



Figur 12. Hörselinsats till en hörapparat, anpassat till formen på örat.

apparat till örat. Dessa beställs av flera externa företag, vilka troligtvis en eller flera använder 3D-print som tillverkningsmetod. Den intervjuade var inte säker på hur företagen tillverkade insatserna dock.

⁷ PRECIIS-projektets hemsida: www.preciis.se

Några utmärkande verksamheter som använder 3D-print: Käkkirurgi FTV, Barnortopedi SU, Handkirurgi SU, Käkkirurgi NU, Ortopedi NU, C.A.R.E., Titanenhet SU, Utbildningskliniker FTV, Hörselverksamhet Habilitering och Hälsa, Klinisk Mikrobiologi SU, Ortopedteknik SU, Mun-H-Center FTV. Käkkirurgi FTV och Titanenheten SU har egna 3D-skrivare.

Mognadsgrad: 4

Används en del på patienter men inte standardiserat. De flesta beställs av externa företag vilka i stora drag har kontrollen över processen. VGR saknar framförallt den tekniska kunskapen för additiv tillverkning.

5.4 Användning av fräsning

En enskild kategori gällande användning av *Fräsning* identifierades eftersom dessa åsikter inte ansågs passa i någon annan kategori. Fräsning används inom Tandteknik där de har en fräsmaskin tillgänglig som kan fräsa i flera olika material, så som keramik, metall (titan) och plast. Metoden används också i koppling till Utbildningskliniken på Folktandvården för tillverkning av patientanpassade tandproteser. Intresse för fräsning finns också i andra verksamheter och den generella åsikten är att anledning till att fräsning används istället för 3D-print är för att det är en väletablerad metod som bevisats fungera. En nackdel med tekniken som framkom var att fräsning ger mycket spillmaterial.

Några utmärkande verksamheter som använder fräsning eller ska börja använda fräsning: Tandteknikprogrammet GU, Utbildningskliniken FTV, Ortopedteknik.

Mognadsgrad: 5

Finns fräsmaskin i verksamheten och tekniken är en implementerad del av tandvårdens verksamhet både för tillverkning internt eller beställning och tillverkning från externa företag. Fräsning används på de områden där det är relevant att fräsa.

5.5 Användning av digital modellering och behandling av bilder

I kategorin *Digital modellering* ingår de användningsområden uppkomna under intervjuer som påpekat att de bearbetar data och bilder i program för att kunna visualisera eller ta fram modeller i 3D. En hel del kommentarer förekom som inte nödvändigtvis har något med 3D-teknik att göra. I avsnittets exempel placeras dessa i underkategorin Övrig Modellering.

Generellt görs en del digital modellering, men det görs främst genom användning av det integrerade systemet som är kopplat till bildtagningsmaskinerna. Några få verksamheter har tillgång och använder sig av andra program för att modellera i program så som MATLAB eller CAD/CAM-program, t.ex. Mimics.

Exempel

Modellering i 3D

Olika program användes för att titta på bilder tagna från bildtagningar så som röntgen och CT. De flesta maskiner som tar bilder har ett integrerat bildbehandlingsprogram, vilket ofta är det som används. Till dessa som används tillhör GE, Sectra, Philips, Siemens.

Mycket av vad som kan göras styrs därmed av de program som finns tillgängligt i bildtagningsystemet.

Tandteknik använder CAD/CAM program i kombination med skannrar och fräsning. Därutöver finns ett fåtal verksamheter som har tillgång till program så som

Mimics från Materialise m.fl. Eftersom enbart ett fåtal verksamheter har en 3D-print eller fräsmaskin är det heller ingen stor användning av CAD/CAM.

Forskning inom neuropsykiatri använder mest bearbetning av data av de intervjuade personerna. I detta fall görs en hel del programmering för att få fram önskad data.

I ett annat projekt med en barnortoped har en radiologisk ingenjör inom MTMRT bearbetat data från CT-bilder. Där har befintliga program inom de som finns för bildtagningsutrustningen använts för att justera trösklar, ta bort oönskat skräp, konverterat och exporterat filer så att en modell kan skrivas ut i 3D.

Inom både radiologi och odontologisk radiologi görs fusion av CBCT och visuellt foto. Där vävs bilderna samman. Det finns program som används för att kunna se kirurgiska förflyttningar, vilket nämns vara tillgängliga i 2D men som kommer bli tillgängliga i 3D.

Inom ortopedi nämns att 3D-rekonstruktioner görs där ben och gips kan skäras bort i programmet.

Övrig Modellering

Flera verksamheter nämner på frågan om modelleringsprogram att de använder Picsara. Även program för att beskära bilder nämns.

Utöver det finns det en del verksamheter som använder annan modellering, exempelvis:

- Inom klinisk mikrobiologi nämns det att GraphPad används inom forskning, statistik och för att räkna och göra bilder. Även analyser av t.ex. DNA kan göras.
- An-Op-IVA nämner att det finns en ny funktion i mobilen för ultraljudsprob.
- Ortopedteknikerna använder visuella foton men enbart för dokumentation.

Några utmärkande verksamheter som 3D-modellerar på ett eller annat sätt: Neuropsykiatri, Radiologi SU, Odontologisk Radiologi FTV, ÖNH SU, Tandteknikprogrammet GU, Handkirurgi SU, MTMRT

Mognadsgrad: 3

Använts på fåtal patienter men inte standard och många saknar kunskap i digital bearbetning.

5.6 Användning av anpassade produkter och behandlingar

Av de användningsområden som hamnade i kategorin *Anpassade produkter och behandlingar* tillhör generella åsikter om anpassade produkter och behandlingar som används idag. I denna kategori identifierades tre områden; individanpassade produkter, produkter av standardstorlekar samt andra specialanpassade produkter.

Användning av anpassade produkter görs en hel del och tillverkas både internt och externt, men intern tillverkningen är fortfarande mycket av ett hantverk idag. I många fall användes inte 3D-teknik för tillverkning, vare sig 3D-bildtagning eller 3D-printing. Ibland beställs implantat, vilket skulle kunna vara 3D-printade. I många fall är det inte prioriterat av verksamheterna att veta hur tillverkningsprocessen av anpassade produkter går till från externa företag så länge produkterna uppfyller kraven och ger önskat resultat.

Bland de produkter som tillverkas med 3D-printing tillhör produkter inom tandvården så som tandregleringar, tandkronor och tandbryggor. Även 3D-printade implantat så som käkimplantat beställs från externt företag. Andra som kan nämnas är hjälpmedel och redskap till patienter med mun-och talsvårigheter samt hörselinsatser. Hörselinsatserna tillverkas troligtvis, enligt källa, med 3D-printing.

Gällande användning av 3D-teknik generellt för anpassade produkter använder Tandteknik 3D-skanning för att avbilda patienten. Titanenheten och Ortopedteknik har också tillgång till en 3D-skanner, men är i utvecklingsstadiet för att använda tekniken på patient. Även 3D-modellering så

som CAD och CAM används för att kunna tillverka anpassade produkter, som sen tillverkas genom fräsning eller 3D-printing.

Information om vilka produkter som används som inte är direkt kopplat till 3D-teknik beskrivs nedan och i avsnittets exempel.

5.6.1 Anpassade produkter som inte är kopplat till 3D-teknik

Utifrån de intervjuer som gjordes visar det sig att gipsmodeller och avgjutning fortfarande är en stor del i den interna tillverkningsprocessen av anpassade produkter så som ortoser, proteser, korsetter, inlägg, ansiktsproteser och tandimplantat. Vid tillverkning av ansiktsproteser så som ögonproteser, öronproteser, näsproteser etc. så är allt handgjort och anpassat efter den enskilde patienten.

En hel del individanpassade produkter beställs från externa företag så som implantat och stentar till kärl. Andra specialanpassade produkter kan vara medicintekniska produkter, speciella operationsverktyg och diverse andra hjälpmedel så som skenor för barn. Produkter som finns i olika standardstorlekar beställs oftast från externa företag och är nödvändiga i akuta skeden, när man inte har tid att tillverka något utefter patienten, så som för Neonatalavdelningen och An-Op-IVA. I dessa fall är det svårt att hinna planera och tillverka individanpassade produkter, till exempel vissa implantat så som skruvar och andningstuber eller viktanpassade stödbälten för gravida. Även om individanpassade produkter hade varit det bästa möjliga scenariot, så är det i praktiken inte det smidigaste alternativet om det inte går lika fort som att ta en förfabricerad produkt. Det påpekades också att standardstorlekarna ibland anses tillräckligt bra för att individanpassade produkter och behandlingar inte ska vara nödvändigt att prioritera.

Exempel

Anpassade produkter

Anpassade produkter som används i regionen ingick skenor för barn med felställningar, hjälpmedel och medicintekniska produkter, hjälpmedel för hörseln, speciella operationsverktyg under kejsarsnitt, material för att göra avtrycken till hörselinsatser, hörapparater, stentar till kärl, implantat som ersätter tänder, hjälpmedel för att stödja variationshinder eller rätta till rörelseproblematik, bettskenor och hjälpmedel för att justera bettet samt en del reservdelar, som inte är kopplad till patient utan utrustning. En anpassad behandling som kom upp var från klinisk mikrobiologi som arbetar med resistensbestämning av patientens patogener.

Individanpassat

Individanpassade produkter som används och/eller görs inom regionen var avtryck för patienter med hinder kring att prata, ansiktsproteser, armproteser, osseointegrerade proteser, implantat och ortoser, stöd till olika kroppsdelar, korsetter, förband som klipps till för undertrycksbehandling av sår samt öppna hörselinsatser för BCI patienter.

Vidare angående hörselhjälpmedel, nämndes det att hörselinsatsernas täthet i örat är viktigt för att undvika rundgång på de patienter med grav hörselnedsättning. Individanpassade produkter inom käkkirurgi och tandvården inkluderade mellanlägg, kronor, broar, bettskenor, pelare och tandavtryck.

Standardstorlekar

Produkter i standardstorlekar som används beställs oftast in från externa företag och inkluderar stödbälten för gravida, skruvar och implantat, handortoser, plugg i hjärtörat istället för att behöva använda blodförtunnande medicin, tillfällig hjärt pump i väntan på transplantation som är anpassat efter patientens blodflöde, hjärtsklaffar, rullstolar, gå-hjälpmedel, färdiga ortoser, andningstuber så som CPAP och produkter anpassade efter vikt. Standardiserade näringslösningar i dropp användes också, vilket hade önskats vara individanpassat men det medför också risk för alldeles för mycket valmöjligheter.

Några utmärkande verksamheter som använder 3D-teknik för anpassade produkter/behandlingar: Käkkirurgi FTV, Käkkirurgi ÖNH NU, Hörselverksamheten Habilitering och Hälsa, C.A.R.E., Utbildningskliniken FTV.

Mognadsgrad: 3

En del produkter beställs externt som kan vara 3D-printade vilka baseras på 3D-bilder från t.ex. CT. Mycket av den interna tillverkningen görs fortfarande med avtryck och anses som ett hantverk. Få verksamheter har en 3D-skrivare eller 3D-skanner, men det finns.

5.7 Öva och Simulera med 3D-teknik

Inom kategorin *Öva och simulera* ingår de kommentarer som uppkommit gällande användning av 3D-teknik som hjälp för att öva, träna och simulera. Generellt finns det möjligheter att simulera för att öva och träna inom flera verksamheter, och används för att träna i undervisningssyfte, för kliniker att öva på ingrepp, simulera i forsknings-syfte eller för patienter att öva i sin behandling.

Goda möjligheter finns t.ex. på Utbildningskliniken FTV där de har stora ytor för studenterna att träna på fiktiva patienter, se Figur 13. Det nämns också från flera verksamheter att det finns ett nyinlagt simuleringscenter i Mölndal där operationer kan simuleras.

Tandteknikerna använder också fantommodeller i sin utbildning för att träna på. Dessa kan vara fiktiva/gamla gipsmodeller då produktion till riktiga patienter skulle kräva uppföljning av material. Kardiologi nämner att de har bra simuleringsdockor där de kan göra punktioner och percadtappning. De nämner också att klinikerna använder 3D-bilder för att imitera hur det ser ut när man öppnar patienten. Neonatologi nämner att de övar mycket på simulator. Mun-H-Center nämner att de har arbetat med ett företag som levererar ett träningsredskap för att träna tuggningen vilket görs genom ett spel. Odontologisk radiologi använder fantommodeller i undervisning som studenterna kan öva ta bilder på.



Figur 13. Simuleringsrum på Utbildningskliniken FTV i Göteborg.

Några utmärkande verksamheter som använder 3D-teknik för simulering: Tandteknikprogrammet GU, Utbildningskliniken FTV, Kardiologi SU, Odontologisk radiologi FTV.

Mognadsgrad: 4

Det finns möjligheter att öva och simulera för en hel del verksamheter men det inte tydligt hur mycket 3D-teknik som finns.

5.8 Användning av 3D-teknik i vårdrelaterad forskning och utbildning

I kategorin *Forskning och utbildning* sammanfogades de kommentarer som uttryckt att de använt 3D-teknik för just dessa syften.

Relativt få verksamheter nämnde att 3D-teknik användes för utbildningssyfte, och än färre nämnde att de använde denna teknik för forskning. Användningen av 3D-teknik inom forskning är för att kunna visualisera och mäta. Inom utbildning används 3D-teknik för att öka förståelsen eller så krävs det inom utbildningen för att hålla sig uppdaterad på nya metoder.

Områden där forskning eller utbildning användes är bland annat verksamheten inom Neuropsykiatri som använder PET och MRT i sin forskning, vilket var avgörande för att forskningen skulle kunna göras.

Inom tandvården är digitalisering ett allt vanligare inslag så som användning av intraorala skannrar och CAD/CAM-modellering. Hos ortopedteknikerna finns en ortopedingenjör som utbildar sig till 3D-printspecialist. Personen i fråga har 3D-printat modeller av fotortoser för att studera potential för implementering av 3D-tekniken i verksamheten. Än så länge är dock inte additiv tillverkning en del i utbildning av varken ortopedtekniker eller tandtekniker. Framtiden inom båda dessa områden spås dock gå mot mer digitaliserad tillverkning. Det påpekades att forskning skulle kunna realiseras bättre med 3D-teknik (se citat).

”Jag tror att i forsknings-synpunkt skulle det finnas många tankar och funderingar som skulle kunna realiseras på ett annat sätt om man hade den möjligheten.”

Exempel

Inom Neuropsykiatri är 3D-teknik i form av 3D-visualisering en nödvändig del för att forskning skulle kunna genomföras. I denna forskning undersöks individer för att kartlägga om de kommer utveckla en demenssjukdom i framtiden. Tekniken som behövs är PET och MRT, vilket inte förrän i år (2018) varit tillgänglig inom regionen. Utrustning har därför använts i Lund. Inom forskning är det kanske inte ovanligt att de nyaste och mest avancerade teknikerna används. En kommentar kring detta var ”forskar man inte så är det mindre troligt att använda andra verktyg än de färdiga”. År 2019 kommer det finnas kombinerad PET och MRT vilket hade dragit stor nytta av 3D-bildanalyser som forskningsverktyg.

Inom Tandteknik används fräsmaskin inom undervisning och forskning men de kommer beställa 3D-printade implantatmodeller i utbildningssyfte. Jämfört med att använda en fräsmaskin så ser de fördelar med 3D-print, så som mindre materialsvinn och mindre slita på borrar när det handlar om att enbart göra modeller. Att fräsa tar också ganska lång tid och då anses det bättre att beställa modeller.

Utbildningskliniken FTV har satt upp som krav för undervisning att ha och använda orala skannrar, dvs. att det ingår i utbildningen att studenterna ska kunna skanna och skicka fil till tandtekniker. Tanken är att tandteknikerna sedan ska CAD-modellera och producera den önskade produkten. Enligt tandteknikprogrammet så använder de redan digitala tekniker så som skannrar och CAD-program i 3D för att få fram fysiska produkter. Avgjutningar och traditionella gipsmodeller är en vanlig metod för att tillverka produkter fortfarande, men digitalisering i utbildningen har blivit ett allt vanligare inslag. Kommentarer ”Om alla landsting har upphandling och köper in digitala avtrycksskannrar så kommer det här med silikonavtryck mer och mer försvinna. Då är det ingen idé att vi håller på och släpar med det här beller”. En annan verksamhet inom tandvården påpekade att de använde sig av 3D-teknik mest i forskningssyfte.

Klinisk mikrobiologi kommenterar att de använder bilder inom forskning och undervisning. Det finns en del program som har 3D-effekter för att enklare studera t.ex. proteinstrukturer.

Några utmärkande verksamheter som använder 3D-teknik för forskning och utbildning: Neuropsykiatri SU, Utbildningskliniken FTV, Tandteknikprogrammet GU, klinisk mikrobiologi SU.

Mognadsgrad: 3

3D-teknik så som 3D-visualisering används lite för undervisning och forskning, men var sällan ett uttalat användningsområde från intervjuade verksamheter. 3D-teknik så som 3D-visualisering, 3D-modellering och 3D-printing hade kunnat användas mer för att öka förståelse hos studenterna och bli uppdaterade på nya arbetssätt.

5.9 Övrig användning av 3D-teknik: mäta och jämföra i 3D

I denna kategori som vi kallar *Mäta och jämföra* identifierades tre områden där 3D-teknik används; för att mäta något, för att diagnosticera patienter eller för att utvärdera och jämföra.

Generellt användes 3D-bildtagning så som CT, PET, MRT och 3D-ultraljud för att kunna mäta flöden och rörelser. Dessa tekniker användes också som hjälp vid diagnosticering samt för att kunna studera patienters utveckling genom att jämföra bilder eller videos av patienten före och efter. Även skanning har använts för att utvärdera utveckling av patienter med ryggradsproblem.

I avsnittets exempel nämns både 3D-och 2D-tekniker som används för att mäta, diagnosticera, utvärdera och jämföra.

Exempel

Mäta

Mun-H-Center har införskaffat två kameror som samtidigt filmar en patients munrörelser från olika vinklar vilket skapar en 3D-effekt. Genom bearbetning kan sedan denna metod användas för att mäta behandlingseffekter och hjälpa vid diagnosticering. Kardiologerna mäter flöden i hjärtat med hjälp av 3D-ultraljud. Angiografi används också inom flera verksamheter för att t.ex. studera cirkulation i benen. I denna undersökning används ibland fusion med 3D-bilder och röntgenbilder, vilket underlättar röntgenläkarnas förståelse och rumsorientering vid undersökningen.

Neuropsykiatri använder PET och MRT för att göra spårämnesmätning och studera proteiners former inom forskning av demenssjukdomar.

Diagnosticera

Radiologi nämner att de hjälper till vid diagnosticering som intervention, kärl, spruta läkemedel på plats och att ta prover. De ger också utlåtande av MRT bilder till förlossningsjukvården. Genom intravasala ultraljud kan plack och förträngningar identifieras i hjärtat.

Hudläkare på Sårcentrum nämner att de detekterar cancer med hjälp av handmikroskop och hudprov där det även finns en digital variant. Dessutom tas digitala foton på sår som verktyg för att bedöma om patient som är hemma ska tas in till sjukhuset eller inte.

Utvärdera och jämföra i 3D

I käkkirurgin finns ett projekt där effekten av en käkförflyttning kan studeras i 3D. I forskningen som

Mun-H-Center gör så kan patientens utveckling jämföras på grund av att mätbar data kan erhållas t.ex. hur patientens förmåga att le förändrats över tid. En annan verksamhet nämner att de tar bilder i form av röntgen och CT både före och efter för att kunna jämföra.

En ortoped och en radiologisk ingenjör arbetar med att 3D-printa modeller av bäcken och i deras projekt har det senaste steget varit att skanna den färdigprintade modellen i CT igen för att utvärdera och jämföra den printade modellen med anatomin hos de riktiga CT bilderna från patienten.

En ortopedingenjör har gjort en del utvärdering av skanningssystem sedan tidigare på ryggmärg och använt den datan för att följa upp patienter och jämföra. Där har bilder fått från röntgen och då har dem kunnat användas för att se var kuddar ska läggas för att trycka och redigera ryggpatienter.

En forskare inom Neuropsykiatri nämner att 3D-teknik används för att kunna jämföra voxvis upptag av spårämnen.

Utvärdera/jämföra i 2D

C.A.R.E. använder ett rörelselabb för att analysera rörelsemönstret, och kunna mäta rörelsen före och efter. Denna verksamhet använder också digitala foton i 2D och röntgen för att utvärdera före och efter operation av proteser.

Inom logopedi används filmer för att utvärdera talet före och efter träning. I verksamheten sårcentrum tas digitala mikroskopiska bilder för att analysera tumörer, vilka tas vid olika tillfällen på patienten.

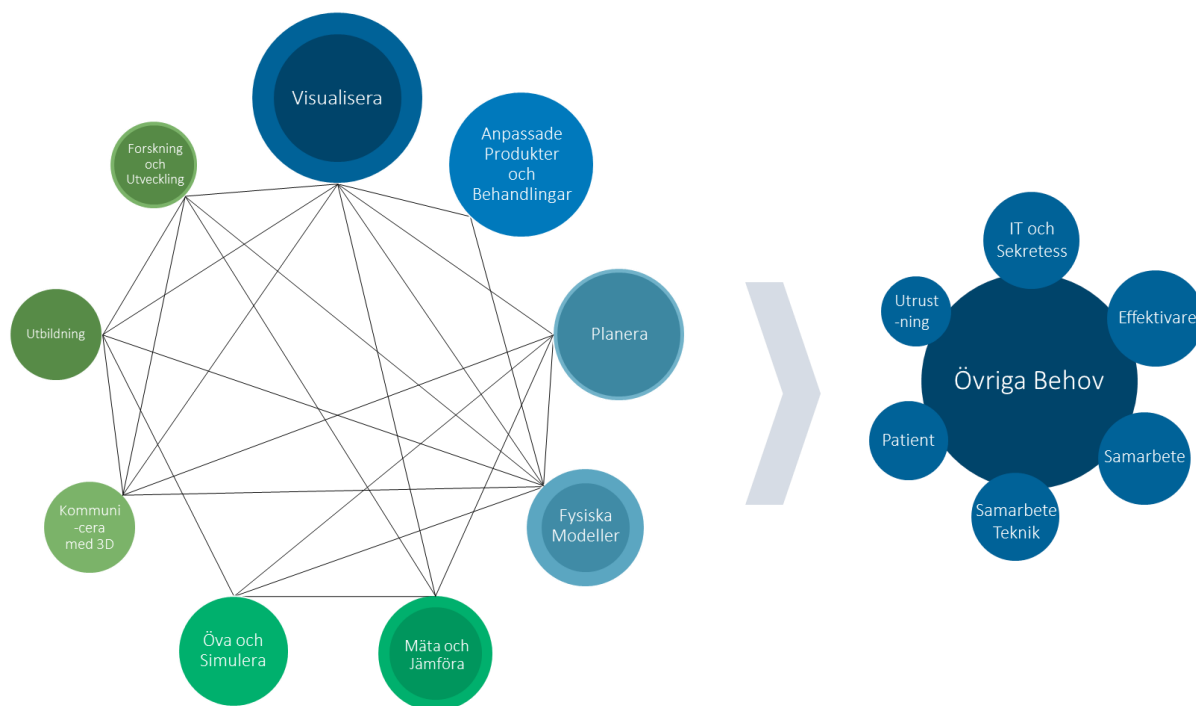
Några utmärkande verksamheter som arbetar med 3D-teknik för att undersöka t.ex. mäta, jämföra: Käkkirurgi, Mun-H-Center FTV, MTMRT, Ortopedi, Neuropsykiatri

Mognadsgrad: 3

Använts på en del patienter men mer i forskningssyfte. 3D-videoanalyser hade kunnat tillföra bättre analysmöjligheter för analys av rörelser än med 2D-videoanalyser. Detsamma gäller med 3D bilder för att utvärdera före/ efter operation.

6 Inventering av Behov inom VGR

I Figur 14 visas de olika kategorierna av behov från KJ-analysen. Storleken på behoven representeras av storleken på cirkelarna, och de inre mörkare cirkelarna representerar storleken på behov av 3D inom den kategorin. Linjerna mellan cirkelarna visar på att det finns kopplingar och liknande behov mellan kategorierna. Observera att storleken inte symboliserar hur många verksamheter som uttryckt behov inom kategorin, utan hur ofta det kommit på tal.



Figur 14. Figur över behoven från intervjuerna, där storleken på cirkelarna representerar storleken på behovet. Linjerna symboliserar kopplingarna mellan behoven och de inre cirkelarna symboliserar storleken av behov av 3D.

I behovsinventeringen graderades *Planera operationer* som viktigast för att besvara frågan om vilket behov VGR har av 3D-teknik. Därefter graderades *Anpassade produkter och behandlingar* som näst viktigast och *Visualisera* som tredje prioritet. Graderingen baseras på vilken kategori som bäst svarar frågan om vilken kategori där 3D-teknik i VGR används mest. Således är den inte helt beroende av storleken på kategorierna enligt Figur 14.

Att VGR har ett stort behov av anpassade produkter är tydligt då det görs och skapas stora mängder av detta inom regionen, men få använder ny teknik idag som hade kunnat förbättra flödet i tillverkningen och förbättrat vården. Om 3D-teknik används för tillverkning görs det oftast på externt håll. Att använda 3D-teknik för att planera operationer är också en viktig kategori där tekniken är mogen men hade kunnat användas mycket mer och inom flera verksamheter. Visualisera är en stor och viktig kategori där tekniken inte är helt mogen i alla fall men många idéer finns som hade förbättrat behandlingarna.

Notera att det inte finns en identifierad behovskategori för *Digital modellering* vilket är en kategori inom användning. Däremot har det nämnts behov som är relaterade till digital modellering. Exempelvis odontologisk radiologi hade ett behov av att i 3D-program ha färdiga skruvar som stämmer med måtten i bilden. Dessutom har vissa avdelningar nämnt behov av att lättare kunna visualisera och 3D-printa mjukvävnad, vilket är beroende av digital modellering. Även om föregående exempel är behov av digital modellering är grundbehovet snarare behov som tillhör andra kategorier så som *Visualisera* eller *Mäta och jämföra*.

6.1 Behov av att planera operationer och informera patienten

Behovet av att *Planera operationer* kan delas in i planera med 3D-teknik, planera operationer med guider och övriga behov av att planera där lösningen inte nödvändigtvis behöver vara med 3D-teknik. Planeringen med 3D-teknik var främst behov av att planera inför komplicerade operationer. Detta innebar både att planera med fysiska protyper och med virtuell planering. Exempel på komplicerade operationer där bättre planering i 3D var önskvärt är svårläkta frakturer vid fotkirurgi, handtransplantationer, traumakirurgi och minimalinvasiv kirurgi. Det nämndes även ett behov av att kunna planera hur ansiktets utseende ändras efter operationen.

Verksamheten för handkirurgi var de enda inom VGR som intervjuades där det nämndes behov inom guider för planering. De använde redan guider för planering där de beställde guiderna externt, men önskade kunna göra det oftare och göra mer av planeringen själva. De ville också kunna göra planeringsguider för att veta vart man ska knäcka benet på bästa stället.

Det uppkom vissa övriga behov inom planering, där neonatologiavdelningen önskade kunna kartlägga avvikelser hos fostret för att bättre kunna förbereda inför förlossningen. Dessutom uttrycktes det att mer information och mer planering gör operationen snabbare och ger bättre precision.

6.2 Behov av att kommunicera med hjälp av 3D

Tillsammans med uppdagade behov av att kunna planera operationer och behandlingar med 3D-teknik återkom behov av att bättre kunna *Kommunicera med hjälp av 3D*. Detta behov handlade om att kunna kommunicera bättre mellan medarbetare, kunna förklara för patienten och själv kunna förstå bättre. Att kommunicera mellan medarbetare kunde exempelvis vara att bättre kunna diskutera fall inom gruppen, ha en modell för att förklara på konferenser och om en patient ska opereras på ett annat sjukhus vill man kunna skicka 3D-modeller mellan sjukhusen. En viktig aspekt som uppstod var att kunna förklara bättre för patienten och anhöriga. Det nämndes som ett exempel att det fanns behov av att bättre kunna förklara för en förälder till ett sjukt barn som är i chock. Det uppkom även åsikter om att det var lättare att förstå med hjälp av en fysisk modell. Det påpekades att man bättre ville kunna uppfatta storleken av anatomin och få en fingertoppskänsla av hur organet känns i konsistens.

6.3 Behov av anpassade produkter och behandlingar

Kategorin *Anpassade produkter och behandlingar* visade på mest behov av mer och bättre anpassade produkter för patienter. Produkter där det behövs bättre anpassning är förband för djupa sår, plattor som är anpassade för olika ben, stentar anpassade efter kärlen och individanpassade hjälpmedel inom tandvården, särskilt för handikappade patienter. Ortopedteknikerna uttryckte stort behov av bättre metoder för att tillverka sina individanpassade hjälpmedel, där de främst vill kunna göra inlägg men även proteser och ortoser med hjälp av 3D-skanning.

Idag är tillverkningen av ansiktsproteser ett hantverk och är en metod som innebär långa sittningstider för patienten och produktionstider för personal. Här påpekades 3D-tekniken kunna hjälpa till för att göra delar av tillverkningsprocessen effektivare. Ett exempel på detta kan läsas i avsnitt 6.8 *Behov av fysiska modeller och implantat*.

Andra hjälpmedel som önskades var behov av anpassade eller individuella redskap för röntgenundersökningar, mer barnanpassade produkter och behov av övriga hjälpmedel för att underlätta arbetet. Exempel på detta är individuellt anpassade kuddar för långa PET-undersökningar.

Det uppkom även behov av bättre anpassade behandlingar, exempelvis att kunna göra avtryck med 3D-teknik då vissa patienter inte kan göra avtryck idag. Kommentarer som nämndes var att en mer anpassad behandling gör läkningstiden kortare och patienterna blir mer motiverade att rehabiliteras. En logoped påpekade att efterfrågan är väldigt liten vilket gör att det inte finns ekonomiskt intresse, men för individen är behovet jättestort.

”Efterfrågan är väldigt liten så det finns inget ekonomiskt intresse från någon, men individuellt så är behovet jättestort.”

6.4 Behov av att visualisera

Under intervjuerna uppkom ett stort behov av att *Visualisera*, samt en subkategori med ett specifikt behov av att visualisera i 3D. Generellt innebar detta att kunna förbättra behandlingen genom att visualisera för att planera behandlingen bättre, kunna orientera sig bättre under ingreppen och efteråt kunna se hur ingreppet gick. Exempelvis gör verksamheten An-Op-IVA ultraljud för att sätta in slangar och lägga bedövning. Här önskade de kunna välja att bara se nerver och blodkärl, och plocka bort allt överflödigt för bättre visualisering under ingreppet.

Behoven för att visualisera i 3D innefattade att virtuellt se anatomin i 3D, kunna 3D-skanna och 3D-printa en fysisk modell för visualisering. Att visualisera i 3D är främst fördelaktigt för kirurger och läkare som inte är utbildade i att granska röntgenbilder i 2D, som radiologier och kliniska fysiker. Visualisering i 3D ansågs ge bättre orientering och större förståelse.

Det uppstod även önskemål av att 3D-skanna. Hörselverksamheten påpekade att avtrycksmassan som tas för örongången inte håller så länge, och genom att skanna örat kan en modell skapas som kan sparas. Liknande behov fanns hos Mun-H-Center⁸, där man vill kunna skanna av tänderna istället för att göra avtryck. Andra behov av 3D-skanning uppstod för att effektivisera tillverkning av tandproteser (löstagbara tänder) och ansiktsproteser, (ögon och öron). Dessutom fanns det stora behov av tillgång till 3D-skanner för ortopedteknik, främst för fotinlägg där minst 50 % av patienterna ansågs kunna skannas.

Exempel

Inom hudkliniken är ett stort problem visualisering av svårläkta sår. Idag tar man digitala foton på svårläkta sår och om såret är djupt sonderar man med till exempel en öronpinne för att få djupet och utbredningen. När det kommer till fotsårspatienter behöver de ofta avlasta kring såret med ortopediska inlägg. Problemet är att man inte ser såret efter att såret lagts om och vet inte vart man ska avlasta. Då används en enkel teknik där man målar med läppstift efter en beskrivning av såret och stoppar ner foten i en sko, vilket ger ett märke där man behöver gröpa ur för inlägget. Detta är en ganska grov teknik, där det finns behov av att visualisera noggrannare och lättare.

Inom förlossningsvården uppkom ett tydligt behov av bättre visualisering. Ett vanligt problem vid vaginala förlossning idag är bristningar i underlivet, vilket är ett ganska svårtillgängligt område och speciellt om det uppstår djupare bristningar. Bristningar graderas på en fyrgradig skala. Grad två är bristningar där man har normalt fungerande tarm men inte normalt fungerande underliv och risken för framfall ökar. Framfall betyder att något buktar ned mot, eller ut genom slidmynningen (Framfall - 1177 Vårdguiden, 2018). För grad två och uppåt måste underlivet sys eller opereras och målet är att få tillbaka den ursprungliga anatomin. Vid dessa ingrepp utgår kirurgen från anatomin hen lärt sig, det man ser och det man kan känna med fingrarna. Det

⁸ Specialisttandvård för patienter med sällsynt diagnos

finns stort behov av att kunna visualisera överhuvudtaget och bättre än i dagsläget för att kunna hitta dolda skador men även ha en bild av hur underlivet såg ut innan för ha möjlighet för kirurgen att återställa det helt.

En ortopedkirurg nämnde att med befintlig teknik kan det var svårt att förstå 3D-bilder på datorn. Genom att 3D-printa en fysisk modell av anatomin finns det fördelar av att kunna känna på, vrida, plocka isär och även testa metoder på.

6.5 Behov av att öva och simulera

Att kunna *Öva och simulera* uppkom som ett behov bland flera verksamheter, där behov främst var för att kunna vara bättre förberedd inför ingrepp. Detta kan innebära att träna inför en specifikt svår operation, öva i utbildningssyfte eller öva generellt så att man blir bättre på en svår eller ny teknik. Det nämndes att fördelen var att man vill minska patienterna och medarbetarens risker genom att träna i en ofarlig miljö. Miljön där man övar och simulerar kan antingen vara fysisk eller virtuell, som exempel en fysisk fantommodell eller en värld simulerad med VR eller i en dator.

Verksamheten inom kardiologi får in många nya tekniker och produkter och hade behov av att kunna öva innan de används på patient. Dessutom fanns behov av att i förväg testa vilken metod man ska använda under en operation, exempelvis att kunna öva och känna hur man ska lägga instrument. En käkkirurg ansåg det fördelaktigt att kunna provborra på en modell innan operation, och i samband med ansiktsrekonstruktioner fanns det behov av att kunna printa ut skruvar att träna med. Odontologisk radiologi nämnde att de önskade kunna tillgodose studenter med övningsmöjligheter genom övningsprogram eller kunna ge fler valmöjligheter kring fiktiva patienter.

6.6 Behov av 3D-teknik i vårdrelaterad utbildning av studenter

Inom *Utbildning* finns det två delar av behov, att kunna hjälpa och underlätta utbildningen idag och att kunna utveckla tekniken inom utbildningen. Behov för att underlätta utbildning innebar att ha anatomiska 3D-modeller (hjärta, kärl) för att kunna förklara bättre, visa olika patientfall och speciellt kunna visa ovanliga patientfall.

Dessutom fanns behov av att ha mer 3D-teknik tillgänglig på utbildningen. Detta kan innebära att ge studenterna möjlighet att kunna öva och simulera på olika procedurer. Inom utbildning för tandtekniker, tandläkare och tandhygienister fanns det behov av att hålla utbildningen uppdaterad genom att ha den bästa tekniken tillgänglig för studenterna. Motiveringen var att det är viktigt att visa studenterna vilka möjligheter som finns och vad de kanske kommer behöva kunna om några år.

6.7 Behov av 3D-teknik i vårdrelaterad forskning och utveckling

Flertalet verksamheter ansåg att 3D-teknik kunde vara behjälpligt för *Forskning och utveckling*, särskilt 3D-printing. Ett behov som påpekades var att minska antalet djurförsök och att använda 3D-strukturer som påminner om den fysiska miljön, till exempel organ, blodkärl och hud. En kärlkirurg nämnde fördelar inom forskning med 3D-teknik för att se anatomiska beteenden i kärl, mäta flöden och analysera påverkandet av flöden på stentar. En åsikt som uppkom var att med 3D-tekniken tillgänglig kan tankar inom forskning realiseras som tidigare bortsetts, eller att vissa saker är för svåra att tillverka och utveckla utan 3D-teknik.

” Strävan till att inte använda djur är ju stor också... Vi har ju en djuravdelning här också så att man vill ju minska användningen av djur så mycket det går. ”

Det uppstod även behov inom forskning som inte var direkt kopplade till 3D-teknik. Exempel fanns det behov av att studera lillhjärnan bättre med ultraljud och MRT. Det finns också många barn som har problem med tarmarna, där man vill kunna studera motoriken i tarmarna.

6.8 Behov av fysiska modeller och implantat

Behovet av *Fysiska modeller* uppkom främst som ett behov av specifika material eller uttalande om produkter som man skulle kunna printa idag. Till exempel skulle man kunna 3D-printa en hel del inom tandvården, så som bettskenor, plastskenor, plastproteser eller det rosa tandköttet på tandproteser. Man skulle även kunna printa redskap för att träna motoriken i munnen eller pluggar till hjärtat som man sätter in vid förmaksflimmer (för patienter som inte kan ta blodförtunnande).

Ett tydligt behov var att man inom tandvården vill kunna göra helkeramiska konstruktioner. Förr gjorde man en metallstomme med porslin utanpå, där porslinet (keramer) måste läggas på manuellt. Nu går tekniken framåt vilket tillåter mer och mer helkeramiska material. Målet är att göra konstruktionerna direkt i maskin med samma material både i de bärande delarna och de yttre delarna.

Ett stort behov var att man önskade kunna printa i olika biomaterial. Käkkirurger använder idag mycket syntetiskt ben för att bygga upp käkar, där man istället önskade 3D-printa eller fräsa det syntetiska benet. Ett annat material som önskades förbättras var hjärtsklaffar där man önskar en biologisk klaff där bladen inte förkalkas i hjärtat, dvs. ett biologiskt material som inte påverkas immunologiskt. Handkirurgi nämnde att de önskade bioprinta hårt brosk. Thorax nämnde att de önskade kunna göra konstgjorda vener istället för att ta vener från ben eller bröstkorg vid kranskärlsoperationer. Det finns idag konstgjorda vener men de är styva och små i diameter vilket gör att de täpps igen.



Figur 15. Att kunna skriva ut metallinsatsen som sitter på patient med öronprotes med hjälp av 3D-printing hade effektiviserat patientflödet avsevärt, enligt Titanenheten.

Vid ansiktsrekonstruktion av ögon och öron gör man ofta former som man gjuter i. Här önskades det material för formen som tåls att användas om och om igen, se Figur 15. Dessutom önskades det instrument som inte är i metall och som går att sterilisera för att användas i hybridsalarna på Bild- och interventionscentrum (BoIC). Instrument i metall är ett problem när man använder MRT utrustning som är starkt magnetiska.

Idag används 3D-printing för tillverkning av fysiska modeller och implantat, där dessa beställs mest från externa företag. Att beställa extern betyder höga kostnader och långa leveranstider, vilket leder till att enbart vissa patientfall prioriteras. Anledningen till att det beställs externt är på grund av inköpskostnaden av en egen skrivare. Andra aspekter till att inte göra det internt är att det kräver tid att lära sig tekniken bakom 3D-printing. Här finns åsikter om att denna del egentligen inte bör göras av kirurgerna själva utan borde göras av tekniker/ingenjörer/radiologer eller andra som har erfarenhet och kunskap av tekniken.

6.9 Övriga behov av 3D-teknik: mäta och jämföra utfallet av en behandling/sjukdom

I den övriga kategorin kring behov av 3D-teknik, som vi kallar *Mäta och jämföra* innehåller behov att undersöka med 3D och utan 3D. Att undersöka i 3D innebar behov att jämföra resultatet av ett ingrepp, jämföra före och efter ett ingrepp, kunna följa progressionen av en sjukdom eller behov att mäta mer exakt.

Det uppkom behov inom 3D-printing där man ville kunna verifiera att den printade modellen stämmer överens med anatomin i verkligheten. Dessutom fanns det behov av standardiserade värden vid 3D-printing som ger en bra modell. Det fanns flera verksamheter som yttrade behov om programvaror där man vill kunna mäta och jämföra modeller.

Övriga behov för att undersöka vara att bättre kunna optimera metoder och diagnosticera med graderade gränsvärden för vad som är friskt och vad som inte är det.

Exempel

Inom odontologi fanns behov att inte bara använda intra orala skannrar för avtryck utan för att kunna kvantifiera läkningen och mäta progression. Det fanns även behov av att mäta progression inom fysioterapi, där man genom att mäta rörelsemöjligheten ville kunna jämföra.

Inom hud- och sårvård fanns det behov av att bland annat kunna mäta utbredningen av psoriasis som är en

sjukdom som ger röda fläckar på huden (Psoriasis - 1177 Vårdguiden, 2018). Idag finns ett subjektivt mått, Pasi, där man manuellt mäter rodnaden, fjälligheten och tjockleken. De finns idag program där man kan följa utbredningen av psoriasis utifrån foton (Fotofinder, 2018), men programmet mäter inte tjockleken. Här uttrycktes ett behov av bättre automatiserat och standardiserad mätning av psoriasis.

6.10 Övriga behov

Övriga behov som uppkom innefattar behov som vi ansåg inte var direkt kopplade till 3D-teknik. I denna kategori ingick behov för effektivisering i processen, krav på utrustning, bättre IT/sekretess, mer samarbete mellan medicin och teknik, behov av bättre patientvård genom att ha ett patientfokus samt mer samarbete och utdelning av kunskap.

6.10.1 Effektivare processer

Här uppkom behov av en *Effektivare* process där man vill kunna spara tid och pengar. Till exempel behov av kortare leveranstid på specialanpassade stentar och kunna veta i förväg hur lång tid det tar när man beställer produkten. Behovet är att ha processer som är effektiva, förutsägbara, hållbara och reproducerbara.

6.10.2 Tillgänglig utrustning som ger rätt kvalité

Inom denna kategori uppkom behov av olika typer av *Utrustning* och behov kring utrustning. Till exempel fanns det behov av mobil utrustning som kan tas med hem till patienten eller ha utrustning tillgänglig vid akut vård.

6.10.3 IT och Sekretess

Här fanns det ett stort behov av *Sekretess* vid skickande av bilder och behov när det kommer till *IT* överlag. En grund i vården är sekretess, där man behöver avidentifiera bildmaterial så att det inte kan kopplas till patienten. Här visade det sig att det fanns behov av säkra digitala linor mellan radiologen och andra avdelning samt externa leverantörer.

Bild och funktionsregistret (BFR) är en databas där medicinska bilder lagras i arkiv. Här uttryckte en radiolog att det var långsam kommunikation för att plocka hem bilder. När man vill göra 3D-modeller från medicinska röntgenbilder krävs det att man även sparar täta snitt för att få en fin modell. Här uppstår ett problem då röntgenbilder med täta snitt bara sparas i BFR om särskilda skäl finns på grund av kostnaden att lagra bilderna. **Annars sparas bilderna med täta snitt bara under en kortare tid (3 månader). Detta förhindrar utvecklingen av att kunna använda 3D-modeller.**

Många arbetsstationer använder idag olika program och alla program är inte uppdaterade. Där det även behövs bättre överföringssystem till andra mjukvaruprogram. Det ansågs revolutionerande ifall samma kommunikationssystem skulle användas.

6.10.4 *Samarbete och Teknik*

Vid intervjuerna nämndes en del önskemål om bättre *Samarbete* mellan sjukvården, ingenjörer och andra *tekniska* kunniga. Ett behov att få hjälp och tid att lära sig ny teknik och nya program, exempelvis genom utbildning via nätet. Många ville även ha fler tekniker och ingenjörer i vården, där motiveringen var att läkarna vet vad som är viktigt med anatomin och teknikerna vet vad som är tekniskt möjligt. Med mer samarbete med tekniker kan vårdpersonalen fokusera mer på patienten och teknikerna fokusera på utrustningen.

6.10.5 *Patientfokus*

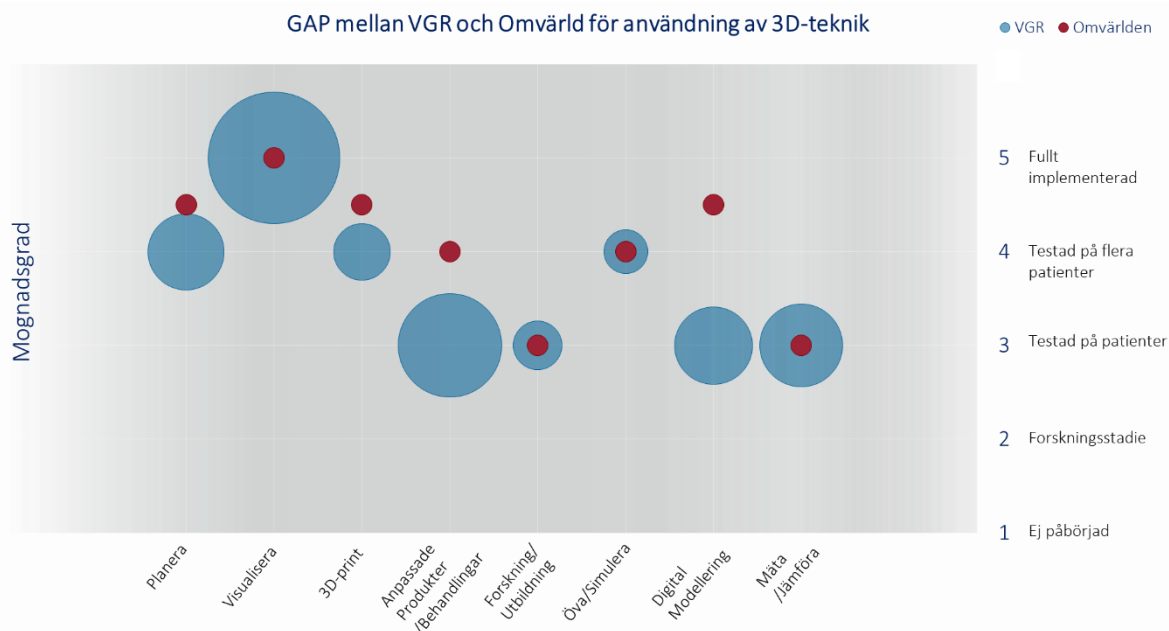
I denna kategori nämndes behov som är fördelaktiga för patienten, dvs. att ha ett *Patientfokus*. Till exempel har man behov av mindre återfall inom kvinnokliniken, mindre smärta för patienten vid tandavtryck, kunna minska antalet patientbesök och undvika att patienten inte ska behöva besöka två ställen.

6.10.6 *Samarbete mellan olika discipliner och behov av relevant kunskap*

Intervjuerna visade att det fanns behov av vissa kompetenser och att samarbeta mer mellan verksamheter. Till exempel saknas det mer samarbete mellan utbildningar, specifikt mellan tandtekniker och tandläkare för att öva på att förbättra design och flöden i produktion och kommunikation.

7 Resultat – Var ligger VGR i förhållande till omvärlden?

Utifrån mognadsgrad har ett gap identifierats genom utförd GAP-analys mellan använd 3D-teknik i VGR gentemot omvärlden inom fyra kategorier: *Planera*, *3D-print*, *Anpassade produkter och behandlingar* och *Digital modellering*. Gapet kan ses i Figur 16 som visar de olika kategorierna av användning



Figur 16. GAP-analys, skillnaden mellan mognad VGR mot mognad i omvärlden i de identifierade kategorierna från inventeringen. Y-axeln visar mognadsskalan och x-axeln visar de framtagna kategorierna utifrån KJ-analys.

i VGR (blå) i förhållande till vart omvärlden (röd) ligger enligt mognadsskalan. Notera att de olika kategorierna symboliseras med bubblor i olika storlekar, vilket representerar hur mycket den kategorin används i VGR. Denna storlek är framtagen från KJ-analys och baseras på hur mycket 3D-teknik som omtalas i intervjuerna som passar till respektive kategori. Utifrån figuren noteras det även överlapp mellan VGR och omvärlden för vissa kategorier, vilket innebär inget eller ett litet gap. Följande kategorier har inget eller litet gap jämfört med omvärlden: *Visualisera*, *Forskning och utbildning*, *Öva och simulera* samt *Mäta och jämföra*. I följande avsnitt förklara resultatet av GAP-analysen genom att gå igenom varje kategori separat.

7.1 Planera operationer och informera patienten

Inom VGR används 3D-teknik för att planera men inte i den utsträckning som man skulle kunna göra. Detta beror främst på brist på tillgänglighet, kunskap om tekniken och kostnad. Det finns många tillgängliga tekniker för att underlätta och förbättra planeringen och vara bättre förberedd inför operationer. Exempel på detta är guider, anatomiska modeller, planeringsprogram och det finns även många företag som erbjuder detta som en tjänst. Planering inom 3D används inom de flertalet verksamheter inom VGR, men inom dessa är det bara ett fåtal läkare som planerar med hjälp av den 3D-teknik som finns tillgänglig med dagens teknik.

7.2 Visualisera i 3D

Tekniken som används inom visualisering i 3D anses vara uppdaterad inom VGR och det finns stort intresse att fortsätta testa nya tekniker och utvecklas. Dessutom är 3D-visualisering den kategori inom VGR som används i högst grad. Anledning till den höga användningen beror på att

medicinska bildtagningsmetoder är en essentiell del av sjukvården, är starkt etablerad och det implementeras ständigt nya tekniker.

7.3 3D-printing

Undersökning visade att av de intervjuade är det många som använder 3D-printing inom VGR. Av dessa var det väldigt få 3D-skrivare som fanns tillgängliga internt och många 3D-printar med hjälp av externa företag. Med tanke på tillgängliga material och utrustning i omvärlden hade VGR kunnat använda 3D-printing betydligt mer. Till exempel för tillverkning av anpassade produkter inom Ortopedteknik, Tandteknik och Hörselverksamheten där denna teknik hade kunnat effektivisera arbetet på flera sätt, inte minst för att gynna patienten. Andra områden inom VGR hade haft fördel av att 3D-printa flera fysiska modeller, specifikt för preoperativ planering, i utbildning, forskning och för att öva och simulera patientfall. Anledningen till att 3D-print inte används mer beror på att det finns en del osäkerhet kring om implementeringen av 3D-print är lönsamt idag.

7.4 Anpassade produkter och behandlingar

Anpassade produkter används väldigt mycket inom VGR, och är en viktig del av den patientfokuserade vården. Gapet mellan VGR och omvärlden beror på att det finns 3D-teknik som skulle kunna användas för att tillverka anpassade material, individspecifika produkter och anpassade behandlingar.

Trots att det finns teknik tillgänglig används idag mer traditionella metoder för tillverkning av individspecifika produkter, så som för ortoser och proteser. Anledning till detta är att traditionella metoder, ofta är ett hantverk och metoderna är idag väletablerade och beprövade med klinisk evidens. En annan aspekt är att 3D-teknik inte kan ersätta produktionen av produkter för alla patientfall utan den traditionella metoden kommer fortfarande behövas för specifika fall. Om man istället utgår från patienten kan den nya tekniken ge stor nytta för patienter med specifika behov. En bättre anpassad produkt kan göra stor skillnad i patientens liv.

Det är inte för att förutse att det finns områden inom sjukvården där behovet av anpassade produkter är stort men tekniken inte är tillräckligt mogen. Det gäller till exempel behov av anpassade produkter i akuta skeden så som bättre anpassade gips och 3D-printade biologiska material. Om den nya tekniken ger bättre anpassade produkter, kan det ge så pass stor nytta för den enskilda patienten att det väger upp konsekvenserna det leder till, så som implementeringskostnader och hög inlärningskurva.

7.5 Forskning och utbildning

Inget gap identifierades mellan VGR och omvärlden gällande forskning och utbildning. Området är väldigt spretigt och därför är det vara svårt att få en rättvis bedömning av mognaden. Eftersom nästan alla typer av 3D-teknik kan appliceras inom forskning och utbildning finns det däremot stor potential inom området. Detta är dock ett område där 3D-teknik används väldigt lite inom VGR och det finns fördelar av att använda 3D-teknik oftare och inom flera områden. Att ha 3D-teknik tillgänglig ger ett nytt sätt att tänka, vilket ökar möjligheterna för främst forskningen men även utbildning.

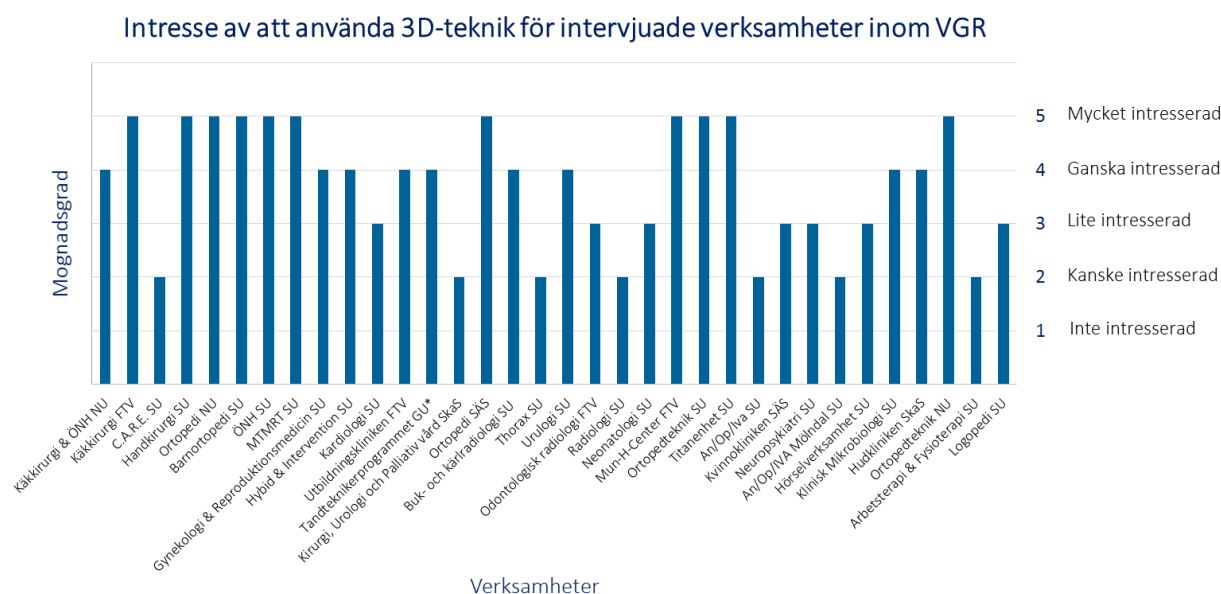
7.6 Öva och simulera

Öva och Simulera har en hög mognadsgrad med inget identifierat gap. Mognaden inom detta område är svårt att bedöma utifrån information som samlades under intervjuerna då denna fråga inte ställdes direkt. Att använda 3D-teknik för att öva och simulera omtalades i intervjuerna relativt få gånger. Det som uppkom var att det finns behov av att använda det mer och erbjuda det till fler

NU samt Barnortopedi SU, vilket beror på att de också använder 3D-print inom planering. Däremot finns det potential att använda det oftare, göra det mer standardiserat och finna nya tillämpningsområden.

De verksamheterna med lägst mognad är Logopedi SU samt Arbetsterapi och Fysioterapi SU. Logopedi SU har låg mognadsgrad på grund av låg användning av 3D-teknik. Däremot är det inte självklart om det finns potential att använda 3D-teknik inom detta område. Anledningen till att Arbetsterapi och Fysioterapi har låg mognad är för att tillverkningen som används är ett hantverk, där produktionen delvis skulle kunna ersättas med 3D-teknik. Liknande situation med manuell produktion förekommer hos Ortopedteknik NU och Ortopedteknik SU, men dessa har högre mognadsgrad på grund av påbörjad undersökning med införandet av 3D-skanners och ett högt visat intresse.

I Figur 18 har vi graderat de intervjuades intresse av att använda 3D-teknik i sin verksamheter. Gradering var en skala från ett till fem, där ett står för "Inte intresserad" och fem står för "Mycket intresserad" av att använda 3D-teknik. Med mycket intresserad menas att de ser en potential i att oftare och mer använda 3D-teknik, förutsatt att tekniken var lättillgänglig. Intresset av att använda 3D-teknik hör delvis ihop med behovet av att använda 3D-teknik, främst för de områden som inte använde 3D-teknik. De verksamheter i grafen som har högst intresse är också intressantast att samla ihop för att utbyta erfarenheter och konsultera för en fortsatt utveckling av 3D-teknik inom



Figur 18. Graf över intresse att använda 3D-teknik för de intervjuade verksamheterna inom VGR. *OBS att Tandteknikerprogrammet inte tillhör VGR, utan tillhör Sahlgrenska Akademien, Göteborgs Universitet (GU).

VGR. Exempel på verksamheter med högt intresse är **Ortopedi, Käkkirurgi, Handkirurgi** och **Ortopedteknik**.

8 Fördelar och Nackdelar med 3D-teknik enligt Intervjuade

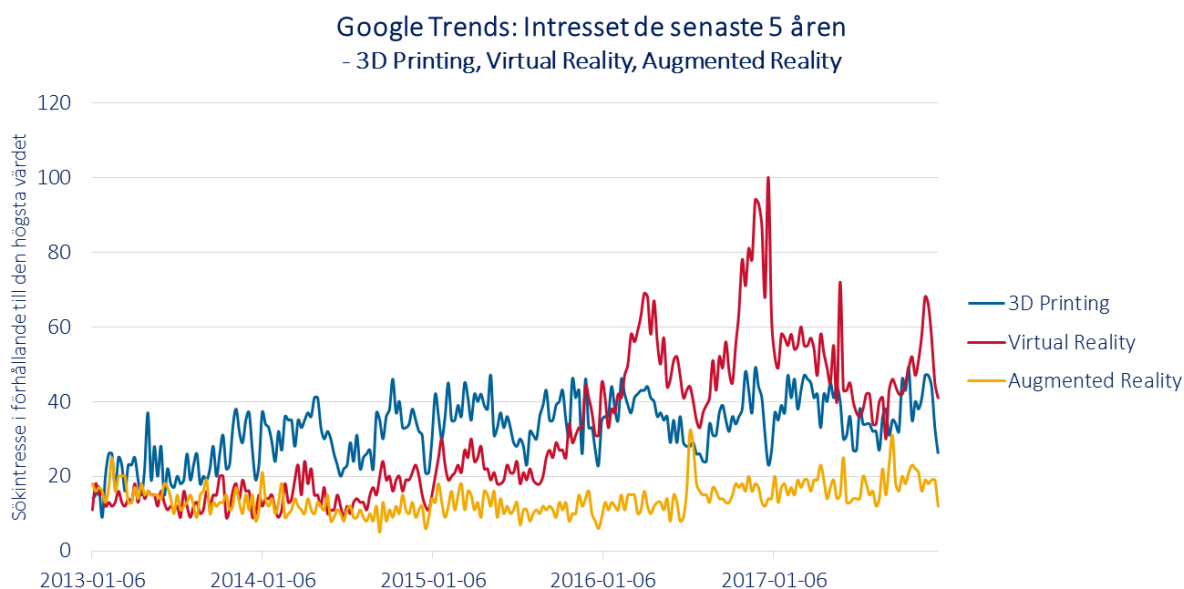
Under intervjuerna nämndes en hel del fördelar och nackdelar med 3D-teknik. I detta stycke har vi sammanfattat dessa åsikter angående 3D-teknik med fokus på att inte omformulera och lägga in egna kommentarer. Underrubrikerna i avsnittet uppkom efter sortering av intervjuade verksamheters åsikter om för- och nackdelar. Åsikterna kunde delas upp i tre delar; fördelar och nackdelar med *3D-printing*, fördelar och nackdelar med *3D-modeller* samt fördelar och nackdelar med *3D-skanning*.

8.1 3D-printing

Ett av områdena där det finns mest fördelar med 3D-printing är vid planering av ingrepp. Genom att lägga mer tid på att planera en operation kan man spara tid under operationen. Operationstiden är tillräckligt kostsam för att utgifterna av den extra planeringen ska vara försumbar. Om bättre planering dessutom leder till minskad komplikationsrisk medför detta mindre kostnader och bättre vård för patienten. Idag ger 3D-skrivare extrem högupplösta fysiska modeller i hållfasta material som kan tas med på operationen. Genom att ta med en printad modell av organet på operationen kan man få en bättre uppfattning av anatomin och hjälper beslutsfattandet vid svåra operationer.

Nackdelar när det kommer till 3D-printing som framkom från intervjuade var att det är viktigt att printa på rätt sätt för att kvalitén på modellen ska bli tillräckligt bra. Dessutom påpekas det att 3D-printing tar väldigt lång tid för större objekt, och särskilt om utskrivningen misslyckas. Detta kan vara acceptabelt i vissa fall men krångligt vid akuta skeden där man behöver modellen eller produkten direkt. Därför lämpar sig 3D-printing bättre för planering av komplicerade fall.

Ytterligare fördelar med 3D-printing som framkom var att det ger en bättre känsla för verkligheten eftersom det är något speciellt med den taktila delen att kunna känna på ett fysiskt objekt. Där är vi inte idag när det kommer till virtuella verkligheter som VR. Däremot är fördelen med VR att det är bättre ur miljösynpunkt, då det påstods att det inte finns ett alternativ att kunna återvinna 3D-printad plast. Tekniken med VR är även mer attraktivt både hos företag men också hos vårdpersonal, till exempel när det kommer till robotteknik och hybridsalar. Enligt grafen i Figur 19 kan man se hur intresset, enligt Google Trends, för 3D-printing, VR och AR inom hälsosektorn har varierat under de senaste 5 åren.



Figur 19. Sökintrasset av 3D-printing, VR och AR i hälsosektorn de senaste fem åren enligt Google Trends.

Vidare nämndes det att tillgång till 3D-skrivare ger möjlighet att testa nya idéer och utveckla innovativa produkter. För 3D-printing av fysiska produkter är det främst intressant när det kommer till individuellt anpassade produkter, exempelvis ortoser, hörapparater, tandproteser och ansiktsproteser. Många individuellt anpassade produkter tillverkas traditionellt sett för hand. Från intervjuerna framkom det att känslan med händerna är unik och kan inte ersättas helt av maskiner. Vinster med 3D-teknik är att man får en process med jämnare kvalitet, bättre noggrannhet och det är reproducerbart. Det är viktigt med förutsägbarhet eftersom omgörning och justering blir dyrt i längden. Att kunna effektivisera processen hade sparat både pengar men även tid för patienten och personalen. Ortopedteknik SU har anställt en 3D-printspecialist som ser stor potential med tekniken inom ortopedteknik gällande tid, lagerutrymme, kostnad och smidighet.

Anledning till att 3D-printing inte är mer etablerat inom sjukvården idag är att 3D-tekniken inte kommit tillräckligt långt för att det ska vara lönsamt. För fall där man vill printa modeller för planering har 3D-tekniken kommit tillräckligt långt, men brister finns när det kommer till produktion. Nackdelen är att många material inte har gått att printa och många väljer att fräsa istället. Fräsning är en mer erkänd teknik och därmed ett säkrare kort. Dessutom har 3D-printing idag ofta en begränsad yta att printa på, vilket gör att större föremål är svårt att tillverka och tar lång tid.

8.2 3D-modeller

Från intervjuade verksamheter påpekades det att användning av 3D-modeller ger fördelen att det är lättare att förstå, då man kan vrida och vända på modellen, både fysiska och digitala modeller. Genom att exempelvis ha 3D-visualisering vid titthålskirurgi, laparoskopi eller ultraljud fås bättre rumsuppfattning vilket gör det lättare att visualisera eller operera. Däremot anser inte alla att 3D-modeller ger en bättre uppfattning och ofta anses 2D-bilder vara tillräckligt bra.

När det kommer till radiologi bekräftar 2D-röntgenbilderna ofta 3D-bilderna. Exempelvis är det mer fördelaktigt att se röntgenbilder i 2D då man får mer information och kan se detaljer, medan 3D är mer för att få en övergripande bild. En fördel med 3D-bilder är att det är mycket lättare att följa något som rör på sig. Till exempel används 3D-ultraljud för att fånga klaffbladen i ett pumpande hjärta, vilket är nästan omöjligt att göra med ett 2D-ultraljud.

8.3 3D-skanning

Att kunna 3D-skanna i vården idag skulle, enligt intervjuade, innebära effektivisering inom många områden. Inom tandvården och tillverkning av proteser är stora felkällor manuell avtryckstagning och modellframställningen. Intraorala skannrar är idag lätthanterliga och noggrannare än avtrycken. Genom att skanna tänderna får man upp ett digitalt avtryck direkt på datorn vilket gör att fel kan justeras på plats.

Skanning kan även användas för att avbilda delar av kroppen för tillverkning av inlägg, ortoser och proteser. Fördelen med att skanna är att man kan spara modellen av kroppsdelen digitalt istället för att ha ett fysiskt avtryck som inte håller så länge eller kan gå sönder. Områden där det är gynnsamt att 3D-skanna är inom Tandteknik, Ortopedteknik, Hörselverksamheten och inom ansiktsprotetik. Nackdelen är att det oftast inte är gynnsamt att 3D-skanna alla objekt och patientfall. Bland annat kan man bara skanna ca 50 % av alla fotinlägg, resten har så specifika problem att man ändå måste göra en avgjutning. Därför är det inte självklart att byta till en teknik som ändå inte täcker alla patienter. Å andra sidan kan 3D-skanning vara behagligare för patienten än att göra avtryck. Särskilt vid avtryck av tänder och öron. Genom att 3D-skanna kan processen effektiviseras, det blir färre patientbesök och fler patienter kan behandlas.

9 3D-center i VGR

Som en del i inventeringen av VGR ställdes frågor om ett center för 3D-teknik (framförallt kopplad till 3D-print) skulle anses aktuellt att starta inom regionen. Tanken med frågorna var dels att ta reda på vad verksamheter tyckte om idén överhuvudtaget, och dels att ta reda på vilka resurser och kompetenser som ansågs behövas i en sådan centralisering.

9.1 Fördelar

Vad som allmänt uppkom var att de flesta ansåg att det var en bra idé av att starta upp ett center. Många intervjuade verksamheter påpekade att ett center leder till att utvecklingen och tekniken drivs framåt och att kunskap samlas. Ett urplock av de fördelar som togs upp med ett 3D-center i VGR presenteras nedan. De punkter som är fetstilta symboliserar att denna fördelen togs upp av fler verksamheter.

Fördelarna med ett 3D-center enligt intervjuade verksamheter är att

- **Utvecklingen och tekniken drivs framåt**
- **Medicinsk kunskap samlas**, samarbeten ökar och man kan dela erfarenheter
- Teknisk kunskap samlas, som finns på ett ställe där man vet hur man 3D-printar och modellerar
- Vi äger oss själva och blir inte beroende av externa företag
- Vi slipper upphandling, vilket kräver tid, pengar och personal. Ibland är man inte jättenöjd med leverantörerna
- Det blir kostnadseffektivt, materialeffektivt och enklare att testa nya idéer och modeller
- Det blir kortare mötesvägar eftersom det ligger inom regionen, närmre att ta sig till
- Det ger både medicinsk och pedagogisk nytta

”Om man känner till möjligheterna så tror jag också att man kan hitta på ett behov.”

”En extern aktör kommer per definition vara proffsigare, redan kompetent, redan ha koll MEN en extern aktör kommer alltid jobba med vinstintresse.”

En ortopedisk verksamhet i regionen påpekade att ett center med utrustning och kompetens är en förutsättning för att utvecklingen av 3D-printprojekt ska komma vidare. Utan detta blir man tvingad att investera i en kommersiell aktör eller söka stipendium för att köpa in en 3D-skrivare själv. Utvecklingen blir därmed beroende av enskilda individer och entusiaster. Radiologiavdelningen menar att ett 3D-center framförallt är en fördel för klinikerna, och att radiologerna främst är ett steg i processen.

9.2 Nackdelar

Den största nackdelen med en centralisering av 3D-teknik enligt intervjuade var att det kostar pengar och att resurserna tas från annat. Nedan följer de större omtalade nackdelarna med en centralisering. De fetstilta punkterna är sådant som fler verksamheter påpekat.

Nackdelarna med ett 3D-center enligt intervjuade verksamheter är att

- **Det kostar mycket pengar och tar energi och resurser från annat**
 - Om det inte blir utnyttjat kostar det massor av pengar
- **Om det inte är tillgängligt för alla** och passar för alla kan det bli en nackdel
 - Viktigt att man når ut till alla
 - Oro för att vissa områden blir prioriterade och får större inflytande än andra
- Det blir sårbart om man förlitar sig på en resurs och beroende av individerna i centret. Inriktningen kan riskera att dra åt ett specifikt håll som inte gynnar alla
- Det krävs en hel del av regionen för att matcha externa företag
- Patienten ska inte behöva besöka två ställen, tekniken måste vara på plats på verksamheten
- Om processen inte är snabb så kanske det inte ger så mycket nytta
- Om inte kompetensen som behövs finns tillgängligt kan det vara en nackdel
- Ny teknik kan leda till att klinikerna tappar den ursprungliga kunskapen
- Verksamheter har olika budget och alla kanske inte har råd att använda centret
- Centret måste uppdateras på ny teknik för att användas på bästa sätt
- IT problematik måste lösas: hur ska man hantera och skicka patientinformation?
- Om produkter beställs från externt företag kan ofta företaget ta ansvar för garantin. Vem tar ansvar för det om det produceras internt?

”
Nackdelen om det inte blir utnyttjat och kostar massa pengar. Lagom stort och utveckla det om det är lönsamt.
”

”
Nackdelen med nya saker, man ska göra det på rätt indikation, kanske inte på bred front, utan välja ut en målgrupp först att där börjar vi med den så att vi kan se det som en fördel, och så får vi se. Kanske vill säga det blir bara den eller nej det blev inte den än. Så att man liksom får en erfarenhet av metoden och sen så kan man implementera det i andra.
”

9.3 Placering

Vid placering av centret ansåg de flesta att det var fördelaktigt om det var så nära sin egen verksamhet som möjligt, men att det fungerar bra så länge det var inom regionen. Det påpekades att det är viktigt med personlig kontakt och närhet för att ett center ska utnyttjas till sin fulla kapacitet.

9.4 Kompetens

Från intervjuade verksamheter påpekades det att centret önskas vara någon form av *teamverksamhet* där en expertgrupp finns som är medicinsk kunniga inom olika verksamheter, gärna med så bred medicinsk kompetens som möjligt. Denna expertgrupp ska fungera som ett nätverk mellan olika specialiteter och kvalitéer för att *öka samarbetet*. Dessa personer ska vara uppdaterade och utvecklingsdrivande inom sina områden. En *kontaktperson* önskas också där regelbunden kontakt är möjlig, som man kan bolla idéer med och kunna ge bra support.

I centret måste personer som kan hantera bilddata ingå, vilka bland annat är *radiologer* och *radiologiska ingenjörer*. Utöver det måste personer som är *tekniskt kunniga* och kan hantera utrustningen finnas till hands. Dessa ska veta hur man gör felsökningar om det krånglar, vara uppdaterade på material

och tekniken samt kunna komma på lösningar så resultatet blir så bra som möjligt. I centret önskas också personer som har kunskap i mjukvaruprogram så att man kan få modelleringshjälp samt komma och lära sig t.ex. CAD/CAM-program eller 3D-skanning. Utöver detta påpekas det att det bör finnas *representanter från regionens IT sida* som kan jobba med säkerhetsfrågor, informationsöverföringsfrågor och datalagringsfrågor.

9.5 Resurser

När det gäller resurser önskas tillgång till vanliga material som redan idag går att 3D-printa, men att materialen är hållbara och patientsäkra. Olika 3D-skrivare önskas till olika syften och att dessa kan vara bokningsbara. Man önskar också ha tillgång till annan 3D-teknik utöver 3D-skrivare så som olika skannrar som är bra för olika syften, t.ex. en bra handskanner. Även utrustning för efterarbetning så som ytbehandling önskas.

9.6 Är det lönt att starta ett 3D-center i VGR?

En centralisering för 3D-teknik, framförallt kopplat till 3D-printteknik skulle vara en tillgång för sjukvården inom hälso- och sjukvården samt tandvården i VGR. Men för att det ska implementeras på bästa sätt ska man starta smått och expandera.

Om ett 3D-center startas på liten nivå, skulle en hel del av de behoven som uppkommit i rapporten kunna uppfyllas. Genom att använda 3D-print för att planera operationer, kan tekniken användas i utbildningssyfte, för att öva/simulera och i forskningssyfte. **Flera av behovsområdena kan på så sätt täckas genom att enbart lösa ett utav behoven.**

Kompetensen fram till 3D-printingen finns redan på sjukhuset, detta påpekas från flera av de intervjuade. Det som främst saknas är *"Någon som kan serva en printer och vet hur strukturen kan läggas så den blir bra och hur man kan göra lite felsökning ifall något krånglar. Det är det som saknas nu annars så har vi den mesta kunskapen fram till printingen på sjukhuset."* Det påpekas också att det är av stor vikt att IT-avdelningen är involverade så att användningen av ett centrum kan bli smidig. Det är också angeläget att andra representanter från rätt områden och med rätt kunskap är involverade för att det inte ska bli en krånglig process som *"blir för tungrodd"*. Uppfylls en bredd i kompetensen, där man arbetar uppdaterat och har en bra kommunikation mellan inblandade kan tekniken kring 3D och 3D-print leda till många förbättringar inom vården. Dessutom kan det sätta fart på många nya innovativa idéer.

Att ha det centraliserat och inte på respektive avdelning gör att kompetensen samlas och utrustningen kan mer effektivt användas. En centralisering innebär också att rätt arbetsuppgifter tilldelas till rätt personer, och kliniker kan fokusera på sina arbetsuppgifter. Dessutom kan leveranstider,

”*välja ut en målgrupp först att där börjar vi med den så att vi kan se det som en fördel, och så får vi se... Så att man får en erfarenhet av metoden och sen så kan man im-*”

”*Börja med 3 olika projekt och börja så.*”

”*... att man funderar kring vad tänker jag mig använda det till och varför vill man ha ett regionalt 3D-centra? Är det forskningscentra eller produktionsstrukturer eller frågebänk för att ta fram metoder. Jag hade nog velat ha det till forskning.*”

”*... det är jättesvårt att räkna kostnaden på nya saker för man vet inte vilken annan nytta man kommer att få. Om man bara räknar nu som en överblickbild så är nästan aldrig några nya innovationer meningsfulla men om man på något vis öppnar sinnet och tänker okej det kanske kostar mer i början men det kan ju vara så att andra saker... det vill säga att vi opererar rätt patienter... överlevnad... alltså hur räknar du överlevnad bättre på en patient [...] det gå ju inte, det är jättesvårt att mäta kostnader.*”

kostnader och kontrollen förbättras istället för att köpa från externa företag.

Placeringen av ett center är heller inget större problem för de flesta verksamheter, så länge det inte innebär att patienten måste åka till flera ställen. I många fall där 3D-printing används inom regionen, är ändå de externa företagen placerade långt ifrån verksamheterna. Såklart finns det en hel del detaljer som måste klargöras, men att göra en centralisering i VGR ligger definitivt i linje med att förbättra vården, vilket i slutändan påverkar patienten. Vilken teknik som kommer ingå i en sådan centralisering, så som VR och AR, får framtiden förutspå.

10 Slutsats

Fokus utbreddes från 3D-print till 3D-teknik

Från start av projektet identifierades det att användning av 3D-print även innebär användning av annan 3D-teknik. Därav breddades projekt målet till att omfatta 3D-teknik generellt men med viss fokus på 3D-printing. Med detta som utgångspunkt i inventeringen av VGR visar det sig att 3D-teknik inom regionen främst används för att planera behandling och för att visualisera, vilket görs både med 3D-printing och digital 3D-modellering. Det finns en hel del verksamheter i VGR som är intresserade av tekniken kring 3D-print och som önskar kunna ta del av det som idag finns tillgängligt på marknaden för att i slutändan förbättra vården för patienten.

Identifierade behov

Behov som identifierades gällande 3D-teknik i VGR fanns inom ett flertal områden, bland annat för att planera behandling, visualisera med 3D, för att tillverka anpassade produkter eller göra anpassade behandlingar, för att kunna öva och simulera samt för att kunna kommunicera bättre med patienter och medarbetare. Bland övriga behov var det mest utmärkande behovet av bättre patientsekretess- och IT-system i samband med hantering och överföring av medicinska bilder. Ett annat stort övrigt behov som uppkom var möjligheten att samarbeta mer mellan medicin och teknik.

3D-printing främst för komplicerade fall

Baserat på gapanalysen och behoven från verksamheterna visar utredningen störst potential för användning av 3D-teknik i VGR inom komplicerade patientfall. Där kan 3D-teknik användas för framtagning av anatomiska modeller, för att planera behandlingen, öva och öka förståelsen. Detta ger fördelar i att kirurgen blir säkrare under operationer och minskar risken för komplikationer vilket i slutändan leder till en bättre vård för patienten (Whitley et al., 2017). Tekniken och regionen har redan en hög mognadsgrad inom området vilket gör att tekniken kan implementeras. Även inom individanpassade produkter finns det stor potential genom att införa 3D-teknik i tillverkningen. Dock finns det fortfarande vissa teknikhinder men för den enskilda patienten är behovet av bättre anpassade produkter och behandlingar stort. Genom att fokuserat arbeta med att uppfylla ett behov kommer flera behov automatiskt uppfyllas.

3D-center för att förbättra användning och samla kunskap

Steget att införa 3D-teknik i form av 3D-printing är inte så stort på sjukhus idag, de flesta kompetenserna finns redan - från att ta medicinska bilder till att man exporterar 3D-modeller. Det som saknas är en 3D-skrivare och någon som sköter den. Med tanke på hur många verksamheter det är som kan dra nytta av att ha tekniken tillgänglig, hade ett regionalt center inom VGR kunnat vara en lösning som kunnat ge bättre kontroll över processen och på sikt också lett till ökat samarbete, minskade kostnader och tid. Genom att ha en samlad kunskap överbryggas tekniska begränsningar och ökar medvetenheten av vad andra gör, vilket leder till att man kan lära sig av varandra och nya innovativa idéer kan skapas. Samordning leder även till ett ökat samarbete mellan medicin och teknik vilket tillför och utvecklar kunskaper som idag är begränsade mellan sjukvård och företag.

11 Felkällor

Viktigast att ta i beaktande är att endast en del av VGR har deltagit i denna behovsstudie. Det betyder att alla användningsområden och behov inte har täckts gällande 3D-teknik. Till exempel pågår det forskning inom 3D-bioprinting mellan Chalmers och Sahlgrenska. Dessutom finns det en 3D-scannings kamera, kallad 3dMD, tillgänglig på Sahlgrenska Universitetssjukhus som används för att mäta kroppsdelar. Det finns även en hel del annan användning och behov av 3D-teknik inom VGR som inte intervjuats i denna studie.

De personer som ställde upp på intervju är ett utplock av alla verksamheter inom hälso-och sjukvård samt tandvård i VGR. Det finns säkerligen fler verksamheter som använder 3D-teknik vars åsikter hade varit av intresse, vilka inte är med i inventeringen.

Åsikten från en verksamhet/klinik baserades i många fall på intervju med en enskild person från verksamheten/kliniken. Detta innebär inte att det överensstämmer med alla andras åsikter inom verksamheten/kliniken.

Då det oftast varit en person per verksamhet som intervjuats kan det i många fall vara så att det enbart är den personen eller ett fåtal som använder 3D-tekniken som omnämns i den verksamheten i sig. Att den personen skulle byta arbetsplats kan därför påverka möjligheten att implementera tekniken i verksamheten avsevärt.

Vid analys av intervjumaterialet finns möjliga felkällor så som haloeffekten, att luckor fylls i så att mönster skapas samt konfirmeringsbias. Haloeffekten menas att vissa detaljer kan få större betydelse än andra. Konfirmeringsbias menas att intervjumaterial omedvetet selekteras på information som bekräftar intervjuarens uppfattning.

Bedömning av mognadsgraderna för VGR är en ungefärlig uppskattning, och vissa kategorier som uppkommit är svårbedömda på grund av bredden av kategorin och att frågor inom kategorin inte alltid ställts, t.ex. om 3D-teknik används för att öva/simulera. Uppskattning av mognad är också en subjektiv bedömning.

Det är viktigt att vara medveten om att presenterad data i avsnitt fyra (Användning) och fem (Behov) inte har viktats enligt antalet åsikter i intervjun från en viss verksamhet. Presenterad data är således enbart utplockat från vad vi ansett passa in i de respektive områdena för användning. Till exempel kan en verksamhet ha uttryckt väldigt många åsikter medan en annan uttryckt färre trots att de använder 3D-teknik lika mycket/ofta. På så sätt kan den verksamheten som uttryckt många åsikter, nämnas mer i vissa stycken och avsnitt. Detta påverkar även storleken av cirklarna i Figur 6 och Figur 14, där en kategori kanske nämns oftare i intervjuerna.

12 Förkortningslista och Förklaringar

12.1 Intervjuade verksamheter/kliniker/avdelningar/mottagningar

Förklaringarna presenteras i bokstavsordning.

An-Op-IVA SU/Mölndal: Anestesi/Operation/Intensivvård. På SUs hemsida står följande om verksamheten: ”Olika avdelningar ingår varav deras gemensamma nämnare är kunskaper som är till för patienter som skall opereras eller behöver akut hjälp. Vårt uppdrag på operationsavdelningarna är att förbereda patienten, ge narkos eller annan form av bedövning, assistera kirurgen med operationen samt ta hand om uppvakning och smärtlindring. På intensivvårdsavdelningen ansvarar vi i samråd med andra specialister för livsuppehållande behandling och omvårdnad av svårt sjuka patienter. Vi hjälper också patienter inom hela sjukhuset i akuta situationer och vid avancerad smärtlindring.”

Arbeterapi & Fysioterapi SU: På SUs hemsida står följande förklaring: ”Inom arbetsterapi och fysioterapiverksamheten har vi en helhetssyn på patientens vardagsliv och arbetar problembaserat för att lösa eller mildra de problem som sjukdomen eller skadan skapar. Vi tränar patienten för framtiden, till boende, aktiv fritid, lek, skola och arbete.”

Barnortopedi SU: Kallar vi mottagningen som tar hand om komplicerade ortopediska fall på barn vilka är barnteamet inom Ortopedi SU placerad på Östra Sjukhuset. Se förklaringen för Ortopedi SU.

C.A.R.E: Centre for Advanced Reconstruction of Extremities. På verksamhetens hemsida står följande förklaring: ”Our customers come from all over the world. Some are facing a health condition that cannot be treated locally. Or their doctor has tried all other means available and has now decided to refer a patient abroad to ensure the best care for a specific diagnosis. Another may be a doctor or a dentist interested in training to pursue a career as a specialist. Somewhere in the world a new clinic is being set up using organizational and medical know-how from Sweden. In another country a local authority can continue to provide inhabitants with basic healthcare partly thanks to equipment donated from hospitals around Region Västra Götaland.”

Gynekologi & Reproduktionsmedicin SU: På SUs hemsida står följande förklaring: ”Vi är en gynekologisk avdelning med inriktning mot tumörkirurgi. Vi vårdar dig med olika gynekologiska cancerdiagnoser som till exempel äggstockscancer, livmodercancer, livmoderhalscancer och vulvacancer. Vi vårdar kvinnor i alla åldrar.”

Handkirurgi SU: På SUs hemsida står följande förklaring om mottagningen: ”Vi vänder oss till dig med handskada. Vi behandlar patienter i alla åldrar för både nybesök och återbesök.”

Hybrid & Intervention SU: På verksamhetens hemsida står följande förklaring: ”Hybrid- och interventionsverksamheten är en helt ny verksamhet i Bild- och interventionscentrum. De översta två våningarna i Bild- och interventionscentrum kommer att rymma avancerad utrustning för interventioner samt flera stora hybrid- och operationssalar, där olika former av kirurgi och bilddiagnostik kan utföras i samma rum. Innan hybridsalen fanns måste man ibland flytta patienter som man behandlade med interventionella tekniker från röntgen till en operationssal för att man av något skäl behövde gå vidare med öppen kirurgi. I hybridsalen kan man göra detta direkt utan att behöva flytta patienten, vilket ger en säkrare och mer effektiv vård. Hybridsalen ger också möjlighet

att utveckla interventioner och minimalinvasiv kirurgi, så att en del ingrepp som idag görs med öppen kirurgi kan utvecklas för patienten mindre belastande ingrepp.” Den person som intervjuades för denna verksamhets var en kärlkirurg.

Hörselverksamheten: Även kallad Hörselverksamheten Audionommottagningen Göteborg och går under Habilitering och Hälsa. På hemsidan står följande förklaring: ”Vi erbjuder diagnos, habilitering och/eller rehabilitering för personer med hörselskada/dövhet/dövblindhet i alla åldrar.”

Kardiologi SU: Fokuserar på sjukdomar kring hjärtat. För Kardiologverksamheten inom SU står följande på hemsidan: ” Vi utreder och behandlar olika hjärtsjukdomar som kranskärlssjukdom, hjärtrytmrubbningar och hjärtsvikt. Vårt mål är att ge god medicinsk vård och god omvårdnad så att du som patient ska känna dig väl omhändertagen. Kardiologen på Sahlgrenska sjukhuset har ett stort läns och regionuppdrag och har det yttersta ansvaret för regionens behov av akutsjukvård vid akut pågående hjärtinfarkt, vilket ofta innebär en kranskärlsröntgen och en så kallad ballongvidgning av hjärtats kranskärl.”

Kirurgi, Urologi och Palliativ vård SkaS: Tar hand om kirurgiskt sjuka, allt från fetmakirurgi till bröstcancer, trauma, olyckor. (All kirurgisk vård som ej tillhör thorax- och neurokirurgi som görs på Sahlgrenska). Inom urologi tar verksamhetsområdet hand om njurar, urinvägar, prostata, penis och pung och genomför operationer. Den palliativa vården tar hand om patienter i livets slutskede. Detta är ett omfattande verksamhetsområde med både mottagningar och öppen vård. T.ex. på onkologimottagning, ges olika form av cellgiftsbehandlingar.

Klinisk Mikrobiologi SU: På SUs hemsida står följande förklaring: ”Bakterier, parasiter, svampar och virus kan orsaka infektioner. Vi inom Klinisk mikrobiologi påvisar dessa genom diagnostik av bland annat blod, urin, faeces, vävnadsprover och andra kroppsvätskor. Metoderna är odling, antikropps-/antigenbestämning och molekylärbiologisk diagnostik. Provtagning sker på vårdgivande enhet, till exempel sjukhus eller vårdcentral, och provet skickas sedan till laboratoriet för analys.”

Kvinnokliniken SÄS: På VGRs hemsida står följande om kliniken: ”Kvinnokliniken arbetar med kvinnohälsa i livets alla skeenden. Vår verksamhet är bred och vi tar hand om patienter i alla åldrar med gynekologiska problem och vid graviditet och förlossning. Vi ansvarar också för vård i livets slutskede.”

Käkkirurgi FTV: På folktandvårdens hemsida står följande förklaring: ”Vi erbjuder alla typer av käkkirurgiska ingrepp, det kan exempelvis handla om: att ta bort tänder, sätta in implantat eller operera käkställningsfel, behandlingar med implantat, från enkla till komplicerade implantatfall med benuppbyggnad, avancerad kirurgi inom käkledsområdet, behandling av avancerade käkställningsfel som bland annat underbett och öppna bett, behandling av akuta tand- och käkskador, möjlighet till behandling i narkos eller med lugnande premedicinering, planering av kirurgiska ingrepp med digital teknik och utredning och behandling av munslemhinneproblem.”

Käkkirurgi ÖNH NU: Öron- Näsa- Hals- och Käkkirurgisk klinik. Tar hand om patienter med problem kopplat till öron, näsa, hals och käke. Intervjuad var en käkkirurg.

Lodopedi SU: På SUs hemsida står följande förklaring: ”Vi vänder oss till dig med röststörning, stamning, "snabbt tal", läpp-käk-gomspalt, öppet nasalt tal eller sväljningsstörningar.”

MTMRT: Medicinsk Teknik Mölndal och Radiologisk Teknik. På SUs hemsida står följande förklaring: ”Medicinsk Teknik är Sahlgrenska Universitetssjukhusets interna resurs. Medicinsk Teknik samverkar med vårdgivande verksamheter så att medicinteknisk utrustning ska vara säker för patienter och personal. Dessutom strävar vi efter att utrustningen ska vara driftsäker och samtidigt att användningen är kostnadseffektiv. Vi deltar därför som medicinteknisk kompetens vid upphandling, ny- och ombyggnad. Vi kontrollerar nyanskaffad utrustning och utför avhjälpande- och förebyggande underhåll. Spårbarheten upprätthålls genom att utrustningar är registrerade i MeTIS (Medicintekniskt Informationssystem). Medicinsk Teknik gör också tekniska utredningar av rapporterade avvikelser där medicinteknisk utrustning är inblandad. Vi bevakar aktivt vad myndigheter, tillverkare och standarder föreskriver eller rekommenderar om användning och underhåll av patientnära utrustningar.”

Mun-H-Center FTV: Specialisttandvård för patienter med sällsynt diagnos. På klinikens hemsida står följande förklaring: ”På vår specialistklinik i Göteborg tar vi emot dig med sällsynt diagnos på remiss. I våra expertteam ingår bland annat specialisttandläkare och logopeder.”

Neonatologi SU: På SUs hemsida står följande förklaring: ”Neonatalverksamheten ger sjukvård för sjuka, nyfödda barn. De flesta barn som vårdas här har sin sjukdomsdebut inom första levnadsveckan, men den utvidgade nyföddhetsperioden sträcker sig upp till fyra veckor efter förlossningen.”

Neuropsykiatri SU/GU/Chalmers: På SUs hemsida står följande förklaring: ”Neuropsykiatri inom Sahlgrenska Universitetssjukhuset erbjuder utredning och behandling inom tre huvudsakliga områden - minnesrelaterade sjukdomar, äldrepsykiatri och omsorgspsykiatri. Anhöriga/närstående kan även erhålla rådgivning och stöd. Vi ansvarar för vården av personer som är bosatta i Göteborg och Mölndals stad samt Partille, Härryda eller Öckerö kommun. Neuropsykiatri har heldygnsvård vid fyra avdelningar på Mölndals sjukhus och tre öppenvårdsmottagningar som är belägna på Wallinsgatan i Mölndal.” Den intervjuade var en forskare inom verksamheten och behandlade inga patienter.

Odontologisk Radiologi FTV: På folktandvårdens hemsida står följande förklaring: ”Vi erbjuder modern tandvård baserad på vetenskap och beprövad erfarenhet. Vi hjälper dig med alla typer av specialiserade röntgenundersökningar av tänder, käkar, munhåla och spottkörtlar. Vissa typer av undersökningar utför vi i samarbete med sjukvården. På kliniken bedrivs grundutbildning i röntgen av tandläkare, tandhygienister och tandsköterskor.”

Ortopedi SU/NU/SÄS: Ortopedi tar hand om patienter med ortopediska skador och sjukdomar så som i händer och fötter.

- Ortopedi SU: På SUs hemsida står följande: ”Inom verksamhetsområdet Ortopedi arbetar vi med att behandla, vårda och rehabilitera patienter med skador och sjukdomar i rörelseapparaten. Vi utför akuta och planerade operationer och behandlingar som exempelvis: Ledproteser i höft, knä, axel, fotled och armbåge, ryggkirurgi, fotkirurgi och frakturer. Vi tar emot och behandlar patienter från hela Sverige inom specialområden som fot-, rygg-, protes- och artroskopisk kirurgi.”
- Ortopedmottagning NU: På NU hemsida står följande: ”Vi vänder oss till dig med ortopediska skador och sjukdomar. Till oss kommer du antingen via remiss eller på återkommande

besök. På mottagningen bedriver vi dessutom operationsverksamhet med inriktning händer och fötter.”

- Ortopedklinik och mottagning SÄS: På SÄSs hemsida står följande: ” Ortopedkliniken tar emot patienter vid akuta olycksfall och vid sjukdomar och besvär i rörelseapparaten som kommit med tiden. Exempel på vårdutbud är att behandla idrottsskador i menisk och korsband, utslitna höftleder som behöver bytas ut och smärtproblem i axlar.”

Ortopedteknik SU/NU: Ortopedteknik hjälper till vid tillverkning av specialanpassade hjälpmedel.

- Ortopedteknik SU: På SUs hemsida står följande förklaring: ”Vid behov av ortopedteknisk hjälp. Vi kan hjälpa dig som är i behov av proteser, bröstproteser, ortoser, behandlingsskor och inlägg.”
- Ortopedteknik NU: På NU-sjukvårdens hemsida står följande förklaring: ” Vi på ortopedteknik arbetar med ortopedtekniska hjälpmedel för dig med olika former av funktionsnedsättningar. Vi provar ut och anpassar proteser, ortoser, korsetter, samt skor och inlägg till dig som bor i Fyrbodalen.”

Radiologi SU: Utför olika typer av bildtagning och bildbearbetning så som slätröntgen, ultraljud, CT och MRT. Enligt hemsidan för Radiologi SU ingår det i verksamheten: icke-invasiv diagnostik med röntgen, CT, Ultraljud och MRT, invasiv diagnostik med röntgen och MRT, behandling av vissa sjukdomar (så som stentning och ultraljudsledd behandling av tumörer), samt mammografiundersökningar och hälsokontroller.

Sårcentrum SkaS: På enhetens hemsida står följande: ”På sårcentrum tar vi emot dig som har svårläkta ben- eller fotsår. Vi tar även hand om dig som har en hudsjukdom som gör att du behöver vara inlagd på sjukhus, och dig som behöver kärlkirurgisk operation, utan att ha fotsår. Sårcentrum är en multidisciplinär enhet, vilket innebär att du som patient bedöms av flera specialister gemensamt.”

Tandteknikprogrammet GU: Utbildningsprogram i Tandteknik på Göteborgs Universitet. På hemsidan för Tandteknikerprogrammet GU beskrivs tandteknikeryrket som följande: ” Tandteknikerns uppgift är att efter beställning från tandläkare framställa konstruktioner gjorda i olika material som skall ersätta eller korrigera patienters tänder. Tandtekniker arbetar med materialhantering och avancerad teknik som är under snabb utveckling och därför kräver specialkompetens för att garantera patientsäkerheten.”

Thorax SU: På SUs hemsida står följande förklaring: ”Vi är den enda instans i regionen som bedriver hjärt- och lungkirurgi och omfattar all thoraxkirurgisk behandling inklusive riksspecialiteten hjärt-lungtransplantation samt avancerad kärlkirurgi som är centrum för kärlkirurgin i Västra Götalandsregionen. Vi behandlar/opererar patienter med sjukdom i sitt hjärta, sina lungor eller i sina kärl. De vanligaste diagnoserna är hjärtklaffsjukdomar, kärlkramp i hjärtat eller i benens kärl, förträngningar i halsens kärl, pulsåderbräck, lungtumörer och andra lungsjukdomar.”

Titanenhet SU: På SUs hemsida står följande förklaring: ”På Titanenheten arbetar vi med ansiktsprotetik och här tillverkas olika typer av ansiktsproteser och ögonproteser.”

Urologi SU: På SUs hemsida står följande förklaring: ”Inom vår verksamhet handlägger vi sjukdomstillstånd inom urinvägarna hos både män och kvinnor. Varje år tar vi emot drygt 22 000 patienter, utför cirka 1 300 operationer på patienter som är ineliggande och opererar cirka 5 000 patienter polikliniskt. Urologin är den största enskilda cancerspecialiteten och omfattar cirka en fjärdedel av all cancer och en tredjedel av all cancer hos mannen, där prostatacancer är den vanligaste cancerformen. Vi behandlar även godartade sjukdomar såsom njursten, godartad prostataförstoring, funktionella blåsrubbningar. Förutom klinisk verksamhet bedriver vi även ett omfattande arbete inom forskning, utveckling och undervisning.”

Utbildningskliniken FTV: Klinik inom folktandvården för vuxna där tandläkarstudenter arbetar. Patienterna får sin behandling billigare för att det är studenter som behandlar. På folktandvårdens hemsida står följande förklaring: ”Om du har ett behandlingsbehov som tandläkarstudenterna behöver träna på kan du bli patient hos oss. Då får du din tandvård lite billigare.”

ÖNH SU: På SUs hemsida står följande förklaring: ”Öron-, näs- och halssjukvård inklusive mottagning för audiologi- och talvård bedrivs inom Sahlgrenska Universitetssjukhuset. Vi har verksamheter på Sahlgrenska, Mölndal och Östra. Profilområden är bland annat titanimplantat, avancerad kirurgi vid cancer, kärltumörer på hals, hypofys- och skallbastumörer, luftstrups- o struphuvudsförträngningar samt cochleaimplantat.” Intervjuad person var en öronläkare.

12.2 Övriga förkortningar

AR: Augmented Reality.

CAD: Computer Aided Design, program för att digitalt modellera.

CAM: Computer Aided Manufacturing, program som analyserar en CAD-modell så att den kan bearbetas av en maskin så som 3D-skrivare eller fräsmaskin.

CT: Computer Tomography. Andra förkortningar DT (datortomografi).

KJ-analys: också kallat affinitetsdiagram, kallas analysmetoden för att gruppera och sortera kvalitativ data. Namnet kommer från analysens uppfinnare Jiro Kawakita.

MRT: Magnetisk resonanstomografi. Andra förkortningar MRI, MR (magnetic resonance imaging).

NU: Infattar två sjukhus, där N står för Norra Älvsborgs Sjukhus (NÄL) och U står för Uddevalla Sjukhus.

SkaS: Skaraborgs Sjukhus. Innefattar Falköping, Lidköping, Skövde och Mariestad.

SU: Sahlgrenska Universitetssjukhuset.

SÄS: Södra Älvsborgs Sjukhus.

VR: Virtual Reality.

Synonymer till 3D-printing: Additiv tillverkning, friformsframställning.

13 Referenser

Angiografi - 1177 Vårdguiden - sjukdomar, undersökningar, hitta vård, e-tjänster. (2018). 1177.se. [online]. Tillgänglig <https://www.1177.se/Vastra-Gotaland/Fakta-och-rad/Undersokningar/Angiografi/>. [Hämtad: 5 Jan 2018].

Barros, K., Zwolinski, P., & Mansur, A. (2018). *Where do the environmental impacts of Additive Manufacturing come from? Case study of the use of 3d-printing to print orthotic insoles.* *Hal.archives-ouvertes.fr*. Tillgänglig: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01525004>. [Hämtad: 26 Jan 2018]

Botha, C.P., Preim, B., Kaufman, A.E., Takahashi, S., & Ynnerman, A. (2014). From Individual to Population: Challenges in Medical Visualization. *Mathematics and Visualization* pp. 265-282. Doi: 10.1007/978-1-4471-6497-5_23.

Botha, C., Preim, B., Kaufman, A., Takahashi, S., & Ynnerman, A. (2014). From Individual to Population: Challenges in Medical Visualization. *Mathematics And Visualization*, 265-282. http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4471-6497-5_23.

Boulos, M. N. K., Hetherington, L., & Wheeler, S. (2007). Second Life: an overview of the potential of 3-D virtual worlds in medical and health education. *Health Information & Libraries Journal*, 24, pp. 233–245. Doi: 10.1111/j.1471-1842.2007.00733.x.

Bücking, T., Hill, E., Robertson, J., Maneas, E., Plumb, A., & Nikitichev, D. (2017). From medical imaging data to 3D printed anatomical models. *PLOS ONE*, 12(5), e0178540. Doi: 10.1371/journal.pone.0178540.

Chromy, A. (2016). Application of High-Resolution 3D Scanning in Medical Volumetry. *International Journal Of Electronics And Telecommunications*, 62(1), pp. 23-31. Doi: 10.1515/eletel-2016-0003.

Davia-Aracil, M., Hinojo-Pérez, J., Jimeno-Morenilla, A., & Mora-Mora, H. (2018). 3D printing of functional anatomical insoles. *Computers In Industry*, 95, pp. 38-53. Doi: 10.1016/j.com-pind.2017.12.001.

Dodziuk, H. (2016). Applications of 3D printing in healthcare. *Kardiochir Torakochirurgia Pol*, 13(3), pp. 283-293. Doi: 10.5114/kitp.2016.62625.

Dombroski, C., Balsdon, M., & Froats, A. (2014). The use of a low cost 3D scanning and printing tool in the manufacture of custom-made foot orthoses: a preliminary study. *BMC Research Notes*, 7(1), pp. 443. Doi: 10.1186/1756-0500-7-443

Douglas, T. (2014). Additive manufacturing: From implants to organs. *South African Medical Journal*, 104(6), pp. 408. Doi: 10.7196/samj.7915.

Edgar, D., Briffa, N., & Wood, F. (2016). Whole Arm Water Displacement Volumetry Is a Reliable and Sensitive Measure. *Journal Of Burn Care & Research*, 37(6), pp. e508-e514. Doi: 10.1097/bcr.0000000000000230.

Ford, S. & Despeisse, M. (2016). Additive manufacturing and sustainability: an exploratory study of the advantages and challenges. *Journal of Cleaner Production*. 137. Pp. 1573-1587. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.04.150>.

Framfall - 1177 Vårdguiden - sjukdomar, undersökningar, hitta vård, e-tjänster. (2018). 1177.se. [online]. Tillgänglig: <https://www.1177.se/Vastra-Gotaland/Fakta-och-rad/Sjukdomar/Framfall/>. [Hämtad: 4 Jan 2018].

- Gandhi, A., Vaishya, R., & Gupta, A. (2017). Usage of Additive Manufacturing Techniques in Producing Orthotic Insole. *International Journal for Scientific Research & Development*, 5(4), pp. 18-22.
- GliaX/Stethoscope. (2018). *GitHub*. [online]. Tillgänglig: <https://github.com/GliaX/Stethoscope>. [Hämtad: 3 Jan 2018].
- Gross, B., Erkal, J., Lockwood, S., Chen, C., & Spence, D. (2014). Evaluation of 3D Printing and Its Potential Impact on Biotechnology and the Chemical Sciences. *Analytical Chemistry*, 86(7), pp. 3240-3253. Doi: 10.1021/ac403397r.
- Hermann, K-H., Gärtner, C., Güllmar, D., Krämer, M., & Reichenbach, J. R. (2014). 3D printing of MRI compatible components: Why every MRI research group should have a low-budget 3D printer. *Medical Engineering & Physics*, 36(10), pp. 1373-1380. Doi: 10.1016/j.medengphy.2014.06.008.
- Hermesen, J., Burke, T., Seslar, S., Owens, D., Ripley, B., Mokadam, N., & Verrier, E. (2017). Scan, plan, print, practice, perform: Development and use of a patient-specific 3-dimensional printed model in adult cardiac surgery. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 153(1), pp. 132-140. Doi: 10.1016/j.jtcvs.2016.08.007.
- Hong, N., Yang, G., Lee, J., & Kim, G. (2017). 3D bioprinting and its in vivo applications. *Journal Of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*, 106(1), pp. 444-459. Doi: 10.1002/jbm.b.33826
- IEEE. (2015). Recommended Practice for Three-Dimensional (3D) Medical Modeling. Doi: 10.1109/IEEESTD.2015.7063875.
- Invisalign.se. (2018). *Align Technology, Inc.* [online]. Tillgänglig: <https://www.invisalign.se/what-is-invisalign/technology>. [Hämtad: 3 Jan 2018].
- Ji, S., & Guvendiren, M. (2017). Recent Advances in Bioink Design for 3D Bioprinting of Tissues and Organs. *Front Bioeng Biotechnol*. 5(23), pp. 1-8. Doi: 10.3389/fbioe.2017.00023.
- Karatas, O., & Toy, E. (2014). Three-dimensional imaging techniques: A literature review. *European Journal Of Dentistry*, 8(1), pp. 132. Doi: 10.4103/1305-7456.126269.
- Kneebone, R. (2003). Simulation in surgical training: educational issues and practical implications. *Med Educ*. 37(3), pp. 267-277. Doi: 10.1046/j.1365-2923.2003.01440.x.
- Koivisto, J., Niemi, H., Multisilta, J., & Eriksson, E. (2015). Nursing students' experiential learning processes using an online 3D simulation game. *Education And Information Technologies*, 22(1), pp. 383. Doi: 10.1007/s10639-015-9453-x.
- Le, B., & Nielsen, B. (2015). Esthetic Implant Site Development. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America*, 27(2), pp. 283-311. Doi: 10.1016/j.coms.2015.01.009.
- Ventola, C. L. (2014). Medical Applications for 3D Printing: Current and Projected Uses. *Pharmacy and Therapeutics*, 39(10), pp. 704-711.
- Liacouras, P., Sahajwalla, D., Beachler, M., Sleeman, T., Ho, V., & Lichtenberger, J. (2017). Using computed tomography and 3D printing to construct custom prosthetics attachments and devices. *3D Printing in Medicine*, 3(1). Doi: 10.1186/s41205-017-0016-1.

Lichan Hong, Kaufman, A., Yi-Chih Wei, Viswambharan, A., Wax, M., & Zhengrong Liang. (1995). 3D virtual colonoscopy. *Proceedings 1995 Biomedical Visualization*. Doi: 10.1109/biovis.1995.528702.

Liu, X., Niu, J., Ran, L., & Liu, T. (2017). Estimation of Human Body Volume (BV) from Anthropometric Measurements Based on Three-Dimensional (3D) Scan Technique. *Aesthetic Plastic Surgery*, 41(4), pp. 971-978. Doi: 10.1007/s00266-017-0872-5.

Magnetkameraundersökning – 1177 Vårdguiden - sjukdomar, undersökningar, hitta vård, e-tjänster. (2018). 1177.se. [online]. Tillgänglig: <https://www.1177.se/Vastra-Gotaland/Fakta-och-rad/Under-sokningar/Magnetkameraundersokning/>. [Hämtad: 24 Jan 2018].

Malyala, S., Ravi Kumar, Y., & Alwala, A. (2017). A 3D-printed osseointegrated combined jaw and dental implant prosthesis – a case study. *Rapid Prototyping Journal*, 23(6), pp. 1164-1169. Doi: 10.1108/rpj-10-2016-0166.

Masters, M., Velde, T., & McBagonluri, F. (2005) Rapid Manufacturing in the Hearing Industry, in *Rapid Manufacturing: An Industrial Revolution for the Digital Age* (eds N. Hopkinson, R.J.M. Hague and P.M. Dickens), *John Wiley & Sons, Ltd*, Chichester, UK, pp. 195-209. Doi: 10.1002/0470033991.ch12.

Materialise.com. (2018). GO Wheelchair. *Materialise*. [online]. Tillgänglig: <http://www.materialise.com/en/blog/go-wheelchair-a-bespoke-solution-for-wheelchair-users>. [Hämtad: 3 Jan 2018].

McMenamin, P. G., Quayle, M. R., McHenry, C. R., & Adams, J. W. (2014). The production of anatomical teaching resources using three-dimensional (3D) printing technology. *American Association of Anatomists*. 7, pp. 479–486. Doi: 10.1002/ase.1475.

Mendoza, H. (2018). 3D Printed Device Eases Operation on Varicose Veins. *3DPrint.com. The Voice of 3D Printing, Additive Manufacturing*. [online]. Tillgänglig: <https://3dprint.com/94511/winch-device-varicose-veins>. [Hämtad: 3 Jan 2018].

Murphy, S.V., & Atala, A. (2014). 3D bioprinting of tissues and organs. *Nature Biotechnology*. 32, pp.773-785. Doi: 10.1038/nbt.2958.

Orcutt, M. (2018). *It's Now Possible to 3-D Print Transparent Glass*. *MIT Technology Review*. [online]. Tillgänglig: <https://www.technologyreview.com/s/540926/3-d-printing-breaks-the-glass-barrier/> Retrieved [Hämtad: 3 Jan 2018].

PET-kameraundersökning - 1177 Vårdguiden - sjukdomar, undersökningar, hitta vård, e-tjänster. (2018). 1177.se. [online]. Tillgänglig: <https://www.1177.se/Vastra-Gotaland/Fakta-och-rad/Under-sokningar/PET-kameraundersokning/>. [Hämtad: 5 Jan 2018].

Peixoto, J., Flores, P., & Souto, A. (2017). A new approach to implement a customized anatomic insole in orthopaedic footwear of lower limb orthosis. *IOP Conference Series: Materials Science And Engineering*, 254, 232006. Doi: 10.1088/1757-899x/254/23/232006.

Rengier, F., Mehndiratta, A., von Tengg-Kobligh, H., Zechmann, C., Unterhinninghofen, R., Kauczor, H., & Giesel, F. (2010). 3D printing based on imaging data: review of medical applications. *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, 5(4), pp. 335-341. Doi: 10.1007/s11548-010-0476-x.

Research and markets offers report: Augmented reality & virtual reality in healthcare market. (2017). *Professional Services Close – Up*. [online]. Tillgänglig: <http://proxy.lib.chalmers.se/login?url=https://search-proquest-com.proxy.lib.chalmers.se/docview/1914114331?accountid=10041> [Hämtad: 3 Jan 2018].

Rosicky, J., Grygar, A., Chapcak, P., Bouma, T., & Rosicky, J. (2016). Application of 3D Scanning in Prosthetic and Orthotic Clinical Practice. *Proceedings Of The 7Th International Conference On 3D Body Scanning Technologies, Lugano, Switzerland, 30 Nov.-1 Dec. 2016*. Doi: 10.15221/16.088.

Ryu, W.H.A., Dharampal, N., Mostafa, A.E., Sharlin, E., Kopp, G., Jacobs, W.B., et al. (2017). Systematic Review of Patient-Specific Surgical Simulation: Toward Advancing Medical Education. *Journal of Surgical Education*. 74(6), pp. 1028-1038. Doi: 10.1016/j.jsurg.2017.05.018.

Sandström, C. (2016). The non-disruptive emergence of an ecosystem for 3D Printing — Insights from the hearing aid industry's transition 1989–2008. *Technological Forecasting and Social Change*, 102, pp. 160-168. Doi: 10.1016/j.techfore.2015.09.006.

Sectra.com. (2017-02-08). Svensk mångmiljonsatsning på precis ortopedi. News and press releases. [online]. Tillgänglig: [https://www.sectra.com/investor/press_releases/all/sv/20170101-20171231/item/\(2449655\)](https://www.sectra.com/investor/press_releases/all/sv/20170101-20171231/item/(2449655)). [Hämtad: 2 Jan 2018].

Singhal, A., Shetty, V., Bhagavan, K., Ragothaman, A., Shetty, V., Koneru, G., & Agarwala, M. (2015). Improved Surgery Planning Using 3-D Printing: a Case Study. *Indian Journal of Surgery*, 78(2), pp. 100-104. Doi: 10.1007/s12262-015-1326-4.

Spool, J.M. (2014). The KJ-Technique: A Group Process for Establishing Priorities. *User Interface Engineering*. [online]. Tillgänglig: https://articles.uie.com/kj_technique/. [Hämtad: 10 Dec 2017].

Spritam.com. (2018). Manufactured Using 3D Printing. *Aprecia Pharmaceuticals LLC*. [online]. Tillgänglig: <https://www.spritam.com/#/hcp/zipdose-technology/manufactured-using-3d-printing>. [Hämtad: 2 Jan 2018].

Subburaj, K., Nair, C., Rajesh, S., Meshram, S., & Ravi, B. (2007). Rapid development of auricular prosthesis using CAD and rapid prototyping technologies. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 36(10), pp. 938-943. Doi: 10.1016/j.ijom.2007.07.013.

Tetsworth, K., Block, S., & Glatt, V. (2017). Putting 3D modelling and 3D printing into practice: virtual surgery and preoperative planning to reconstruct complex post-traumatic skeletal deformities and defects. *SICOT-J*, 3, p. 16. Doi: <http://dx.doi.org/10.1051/sicotj/2016043>.

Treleaven, P., & Wells, J. (2007). 3D Body Scanning and Healthcare Applications. *Computer*, 40(7), pp. 28-34. Doi: 10.1109/mc.2007.225.

Wells, J., Stocks, J., Bonner, R., Raywood, E., Legg, S., & Lee, S. et al. (2015). Acceptability, Precision and Accuracy of 3D Photonic Scanning for Measurement of Body Shape in a Multi-Ethnic Sample of Children Aged 5-11 Years: The SLIC Study. *PLOS ONE*, 10(4), pp. e0124193. Doi: 10.1371/journal.pone.0124193.

Whitley, D., Eidson, R., Rudek, I., & Bencharit, S. (2017). In-office fabrication of dental implant surgical guides using desktop stereolithographic printing and implant treatment planning software: A clinical report. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 118(3), pp. 256-263. Doi: 10.1016/j.prosdent.2016.10.017.

14 Bilagor

14.1 Bilaga I. Mailutskick till verksamheter inom VGR

Hej XX,

Vi kommer från Innovationsplattformen VGR och sitter i anslutning till Sahlgrenska. Innovationsplattformen jobbar med att få in nya innovativa idéer i hälso- och sjukvård. För tillfället pågår ett projekt som utreder behovet och möjligheten av **3D-printteknologin** inom hälso- och sjukvården samt tandvården inom VGR.

Målet är att kunna undersöka behovet av ett **3D-print centrum** där man samlar utrustning och kompetens, med förhoppningar att det kommer **spara tid, kostnader och ge bättre vård** för patienten. 3D-printteknologin innefattar allt från bildtagning av patient (3D-scanning, radiologi etc.) till 3D-modellering i lämpligt mjukvaruprogram och utskrift med 3D-printer.

För att kunna kartlägga 3D-printteknik inom VGR behöver vi ta reda på vad som i nuläget används inom 3D-teknik på er avdelning. Kartläggningen kommer ske primärt under **november** genom intervjuer på avdelningen eller på telefon. För att få ut så mycket information som möjligt skulle vi vilja intervjua personer som antingen arbetar med någon form av 3D-teknik, är intresserade eller har övergripande koll på avdelningen.

På så vis undrar vi om vi kan **boka in en tid för intervju** i november med dig som verksamhetschef, alternativt att du har **förslag på personer** inom din verksamhet som vore lämpliga för oss att intervjua?

Tack på förhand,

Med vänliga hälsningar

14.2 Bilaga II. Intervjumall

Intervjufrågor till verksamheter som användes under intervjuerna.

Nuläget på avdelningen

1. Beskriv allmänt om vad ni gör på verksamheten.
2. Använder ni någon behandlingsmetod eller produkt som är patientspecifik idag på avdelningen?
 - a. JA:
 - i. Varför använder ni det?
 - ii. Hur skapas produkten?
 - iii. Vad är fördelarna?
 - iv. Nackdelarna (tid, kostnad)?
 1. Konsekvenserna?
 2. Orsak?
 3. Åtgärd?
 - b. NEJ:
 - i. Varför använder ni inte det?
 - ii. Hade det varit önskvärt att kunna leverera en behandling/produkt som var anpassad efter enskild patient?
 1. Vad för produkt i så fall?
 2. Hur hade ni kunnat åstadkomma detta?
 3. Varför gör ni inte det?
 4. Vad hade det tillfört (tid, kostnad)?
3. Tar ni några slags bilder (foton, scannar, MRI, röntgen (t.ex. CT mm.)) på patienten eller produkter på er avdelning?
 - a. JA:
 - i. Vad använder ni för bildtagning och varför?
 - ii. Hur ser den här processen ut? (Vad gör ni med bilderna (program)?)
 - iii. Vad är fördelarna?
 - iv. Nackdelarna (tid, kostnad)?
 1. Konsekvenser?
 2. Orsak?
 3. Åtgärd?
 - v. Finns det andra bildtagningsmetoder ni skulle använda er av? (foton, scannar, MRI, ultraljud, röntgen (CT) mm.)
 - b. NEJ:
 - i. Finns det något behov av att använda er av bildtagning? T.ex. planera operation, diagnostisera, implantat, annan utrustning/hjälpmiddel.
4. Använder ni några datorprogram för att visuellt se bilder (t.ex. VR)? T.ex. ta emot/ behandlar bilder för bearbetning, visuell analys etc. eller 3D-modelleringsprogram (så som CAD) på avdelningen? (T.ex. Hur behandlar ni bilderna ni tar? röntgenbilder, ultraljudsbilder etc.)
 - a. JA:
 - i. Till vad? Vad för program?
 - ii. Fördelar?
 - iii. Nackdelar?

1. Konsekvens?
 2. Orsak?
 3. Åtgärd?
- iv. Vad för kompetens, vem gör det här?
 1. Hur lång tid tar det att lära sig processen?
 2. Hur lång tid tar processen att behandla bilder?
- b. NEJ:
 - i. Varför använder ni inte det?
 - ii. Skulle ni kunna använda det?
5. Använder ni 3D-print på avdelning?
 - a. JA:
 - i. Vad för 3D printer använder ni? Har ni den på plats eller externt?
 - ii. Vad printar ni och varför?
 - iii. Hur ser processen ut?
 - iv. Vem gör det, kompetens? Inlärningsstid?
 - v. Hur lång tid tar processen? Kostnad? Material?
 - vi. Fördelar?
 - vii. Nackdelar?
 1. Konsekvens?
 2. Orsak?
 3. Åtgärd?
 - viii. Önskar ni kunna printa annat än ni gör idag?
 - b. NEJ:
 - i. Skulle ni kunna använda en 3D-print? Till vad i så fall? (Emma och Carro: kom med ev. förslag)

Potentialer med 3D printteknologi

6. Vad tror ni 3D-printteknologin kan användas till inom er avdelning i framtiden?
7. Ser ni fördelar med ett 3D printteknologiskt kompetenscentrum inom VGR? (gentemot externa leverantörer, inte använda teknologin alls, inte ha på den egna avdelningen)
8. Ser ni nackdelar med ett 3D printteknologiskt kompetenscentrum inom VGR? (se ovan)
9. Vad hade ni velat använda centrumet primärt till? I framtiden?
10. Hur mogna är er avdelning inom 3D-print (bilder, modellering och print)?

(ej påbörjad) 1 2 3 4 5 (fullt implementerad)

Krav för implementering

11. Vad hade behövt förändras i er arbetsprocess för att ni skulle använda er av centralt (och t.ex. inte gå till externa leverantörer)?
12. Vad hade varit era önskemål för centralt?
 - a. Resurser?
 - b. Kompetens?
 - c. Hur mycket kontroll önskar ni ha över processen? Vilka delar av processen är viktiga att ni kan kontrollera?
 - d. Övriga krav?

Övriga kommentarer

14.3 Bilaga III. Intressanta Verksamheter som rekommenderas involveras under konceptfasen

- **Handkirurgi:** Beställer kirurgiska guider från företaget Materialise för att planera och underlätta operation på handleder.
- **Ortopedi NU:** Delaktiga i ett Vinnova-finansierat projekt som heter PRECIIS för att förbättra precision inom ortopedi med planering, 3D-teknik inklusive 3D-print. Flera områden utöver ortopedi NU är delaktiga i PRECIIS, men det är framförallt Ortopedi NU som undersöker nyttan av 3D-print för preoperativ planering.
- **Barnortopedi:** Håller på med ett projekt där operation av barnbäcken planeras utifrån 3D-printad anatomisk modell. Har fått finansiering av Innovationsfonden för att utvärdera precisionen av 3D-printade modellerna, men har fortfarande begränsade resurser och personal för att driva projektet i större skala. Projektgruppen har en bred och unik kompetensblandning som hade varit värdefulla att involvera i nästa fas.
- **Käkkirurgi FTV:** Arbetar med forskning och använder sig av program och 3D-printing för att göra kirurgiska guider och anatomiska modeller för preoperativ planering. Beställer också patientspecifika 3D-printade implantat från externa företag.
- **Ortopedteknik SU:** Tillverkningen av ortopedtekniska produkter sker idag fortfarande på traditionellt vis, och är ett hantverk. SU har pågående planer som involverar 3D-teknik och fräsning.
- **ÖNH Öron:** Använder 3D-program från företaget Materialise för att planera implantatinsättning inför ansiktsrekonstruktioner. Beställningar av 3D-printade anatomiska modeller har även gjorts för att öka förståelsen av anatomin hos patienten för kirurgen.
- **Titnenhet:** Tillverkar ansiktsproteser, vilket är ett hantverk idag där större delen av processen görs för hand. Införskaffat en 3D-skanner och en 3D-printer för tillverkning av plastmodeller som önskas användas för att effektivisera tillverkningsprocessen.
- **Radiologi:** Tolkar radiologiska bilder och kan behandla dem i tillgängliga program till 3D-modell. Viktig del i kedjan och bör involveras i konceptfasen.

Övriga Verksamheter som är intressanta

- **C.A.R.E.** Beställer 3D-printade skelett från externt företag för preoperativ planering vid insättning av osseointegrerade implantat. Har inte pratat med person med kunskap av 3D-printing inom denna avdelning då hela tillverkningen sköts av externt företag. Verksamheten har dock en hög mognad på grund av att 3D-print garanterat beställs.
- **Käkkirurgi & ÖNH NU:** Använder sig av externa företag för att beställa 3D-printade modeller i plast eller gips för att planera käkoperationer. Hög mognad.
- **Tandteknikerprogrammet:** Har mycket erfarenhet av processen att tillverka och 3D-printa. De är experter på att använda CAD för fräsning och efterjustera frästa produkter. Har all kunskap och utrustning för hela processen, förutom att få själva modellen/bildtagningen (har bara skannrar anpassade för små tänder). Tandteknikerprogrammet tillhör inte VGR men kan vara fördelaktigt att involvera då dessa trots allt utbildar framtidens tandtekniker. Medel i mognadsgrad.
- **Hörselverksamheten Audionommottagningen Göteborg, Habilitering och Hälsa:** Verksamheten har potential att 3D-printa hörselinsatser. Idag tillverkas dessa av externa företag som därmed har kontrollen över tillverkningen. De har en egen tillverkning också, vilket inte involverar 3D-teknik och denna process kommer försvinna i samband med att

tillverkaren ska gå i pension. Tror att ett av företagen 3D-printar men inte alla. Låg mognad framförallt för att det inte är säkerställt att 3D-print används.

- **Ortopedteknik NU:** Använder endast traditionella tillverkningsmetoder men är i uppstart för att införskaffa skanner. Väldigt angelägna om att införa 3D-teknik, anser sig ligga efter. Låg mognad.