



УНИВЕРСИТЕТСКА МНОГОПРОФИЛНА БОЛНИЦА ЗА АКТИВНО  
ЛЕЧЕНИЕ И СПЕШНА МЕДИЦИНА „Н.И.ПИРОГОВ“ ЕАД – СОФИЯ  
ОТДЕЛЕНИЕ ПО ЛИЦЕВО-ЧЕЛЮСТНА ХИРУРГИЯ

---

**Доц. д-р Николай Светославов Янев, дм**

**АЛГОРИТЪМ ЗА КЛИНИЧНО ПРИЛОЖЕНИЕ НА ВИРТУАЛНО  
ПЛАНИРАНЕ, МОДЕЛИРАНЕ И ЗД ПРИНТИРАНЕ ПРИ  
ЛОКАЛНИ, РЕГИОНАЛНИ И МИКРОСЪДОВИ РЕКОНСТРУКЦИИ  
НА КОМПЛЕКСНИ ЛИЦЕВО-ЧЕЛЮСТНИ ДЕФЕКТИ**

**ДИСЕРТАЦИОНЕН ТРУД**

за придобиване на научната степен  
„доктор на науките“

**Научна специалност**  
Неврохирургия

---

София, 2022 г.

## СЪДЪРЖАНИЕ

ИЗПОЛЗВАНИ СЪКРАЩЕНИЯ.....	4
ВЪВЕДЕНИЕ .....	5
ЛИТЕРАТУРЕН ОБЗОР .....	6
МИКРОСЪДОВАТА ХИРУРГИЯ – НАЙ-КОМПЛЕКСНОТО СЪПАЛО НА СЪВРЕМЕННАТА РЕКОНСТРУКТИВНА СЪЛБИЦА .....	17
ОПТИЧНА УВЕЛИЧИТЕЛНА АПАРАТУРА ЗА МИКРОСЪДОВА ХИРУРГИЯ .....	18
ОСВЕТЛЕНИЕ В МИКРОСКОПСКИТЕ СИСТЕМИ .....	21
РЕГИОНАЛНА СЪДОВА АНАТОМИЯ НА ЛИЦЕТО И ШИЯТА .....	24
КЛАСИФИКАЦИЯ НА ЛАМБАТА .....	29
Радиално ламбо .....	33
Фибуларно ламбо .....	38
Ламбо, базирано на дълбоката циркумфлексна илиачна артерия (Deer Circumflex Iliac Artery flap – DCIA) .....	41
Ламба, базирани на субскапуларната система.....	46
Изцяло мекотъканни микросъдови ламба за възстановяване на обширни композитни дефекти .....	49
Ламбо от предна коремна стена .....	50
Ламбо от предно-латералната област на бедрото .....	51
Пекторално ламбо .....	54
МИКРОСЪДОВА И ДИГИТАЛНО-АСИСТИРАНА РЕКОНСТРУКТИВНА ЛИЦЕВА ХИРУРГИЯ В БЪЛГАРИЯ.....	56
ВИРТУАЛНО ПЛАНИРАНЕ, МОДЕЛИРАНЕ И 3Д ПРИНТИРАНЕ .....	61
Генериране на Standard Tessellation Language (STL) файл .....	65
Моделирање чрез Computer Aided Design (CAD) дизайн.....	66
Контрол на качеството на дизайна .....	67
ТЕХНОЛОГИИ ЗА 3Д ПРИНТИРАНЕ .....	68
ОСНОВНИ МАТЕРИАЛИ ЗА 3Д ПРИНТИРАНЕ .....	72
ЦЕЛ И ЗАДАЧИ .....	83
СОБСТВЕНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ .....	84
МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ .....	84
1. ПАЦИЕНТИ .....	84
2. МЕТОДИ .....	85
2.1. Клинични.....	85
2.2. Лабораторни изследвания.....	90
2.3. Инструментални .....	90
2.4. Информационни, технологични и медицинско-инженерни .....	94
2.5. Оперативни методи.....	98

2.6. Статистически методи .....	107
РЕЗУЛТАТИ .....	109
I ГРУПА ПАЦИЕНТИ .....	109
II ГРУПА ПАЦИЕНТИ .....	142
ОБСЪЖДАНЕ НА РЕЗУЛТАТИТЕ .....	199
По задача 1. СИСТЕМАТИЗИРАНЕ НА НЕОБХОДИМИТЕ ПОДГОТВИТЕЛНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ И СЪПКИТЕ В ПРОЦЕСА НА ВИРТУАЛНО ПЛАНИРАНЕ, МОДЕЛИРАНЕ И СЪОТВЕТНА КОСТНА ЛИЦЕВО-ЧЕЛЮСТНА ХИРУРГИЧНА ИНТЕРВЕНЦИЯ.....	199
По задача 2. ПРОИЗВОДСТВО НА ИНДИВИДУАЛНИ 3Д ЧЕЛЮСТНИ МОДЕЛИ ПРИ ПАЦИЕНТИ С КОСТНИ РЕЗЕКЦИИ И РЕКОНСТРУКЦИИ И ИНДИВИДУАЛИЗИРАНЕ НА СТАНДАРТНИ РЕКОНСТРУКТИВНИ ИМПЛАНТИ ПО ТЯХ, КАТО ПЪРВОНАЧАЛЕН ЕТАП НА ПРИЛОЖЕНИЕ НА ДИГИТАЛНИТЕ МЕТОДИ В ХИРУРГИЧНАТА ПРАКТИКА .....	202
По задача 3. ЦЯЛОСТЕН ПРОЦЕС НА ДИГИТАЛНО ПЛАНИРАНЕ, МОДЕЛИРАНЕ, ОПЕРАТИВНО СИМУЛИРАНЕ, ПРОИЗВОДСТВО НА ХИРУРГИЧНИ ТРАНСФЕРНИ ВОДАЧИ И 3Д ПАЦИЕНТ-СПЕЦИФИЧНИ ИМПЛАНТИ .....	207
По задача 4. ИНТРАОПЕРАТИВНО ПРИЛОЖЕНИЕ НА ИНДИВИДУАЛИЗИРАНИТЕ СТАНДАРТНИ ИМПЛАНТИ ПО ПРОИЗВЕДЕНИТЕ 3Д ЧЕЛЮСТНИ МОДЕЛИ, КАКТО И НА 3Д ПРИНТИРАНИТЕ ПАЦИЕНТ-СПЕЦИФИЧНИ ИМПЛАНТИ И ХИРУРГИЧНИ ВОДАЧИ.....	213
По задача 5. ОБОБЩАВАНЕ НА АЛГОРИТЪМ ЗА ПРИЛОЖЕНИЕ НА МЕТОДИТЕ НА ВИРТУАЛНО 3Д ПЛАНИРАНЕ, МОДЕЛИРАНЕ И ПРИНТИРАНЕ ПРИ ЛОКАЛНИ, РЕГИОНАЛНИ И МИКРОСЪДОВИ РЕКОНСТРУКЦИИ НА ОБШИРНИ КОСТНИ ДЕФЕКТИ В ЛИЦЕВО-ЧЕЛЮСТНАТА ОБЛАСТ .....	222
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	225
ИЗВОДИ .....	226
БИБЛИОГРАФИЯ .....	229

## ИЗПОЛЗВАНИ СЪКРАЩЕНИЯ

XE	Хънсвилдови единици
ABS	Акрилонитрил бутадиен стирен
ACE	Arteria carotis externa
ACI	Arteria carotis interna
ACIP	Arteria circumflexa iliaca profunda
ACS	Arteria circumflexa scapulae
ALT	Предно-латерално бедрено ламбо
ASA	Американско сдружение на анестезиолозите
ATD	Arteria thoracodorsalis
CAD (Computer Aided Design)	Компютърно подпомогнат дизайн
CAE (Computer Aided Engineering)	Компютърно подпомогнато инженерство
CAM (Computer Aided Manufacturing)	Компютърно подпомогнато производство
CLIP (Continuous Liquid Interface Production)	Производство посредством течен интерфейс
EBM (Electron Beam Manufacturing)	Производство с електронни снопове
FDM (Fused Deposition Modeling)	Слято депозиционно моделиране
LOM (Laminated Object Manufacturing)	Ламиниращо производство
MDCT	Мултидетекторен компютърен томограф
PEEK	Полиетеретеркетон
Polyjet (Photopolymer Inkjet Printing)	Полиджет 3Д принтиране
SCM	Стерноклейдомастоиден мускул
SIAS	Spina iliaca anterior superior
SLA (Stereolithography)	Стереолитография
SLS (Selective Laser Sintering)	Селективно лазерно синтероване
VCIP	Vena circumflexa iliaca profunda
VJE	Vena jugularis externa
VJI	Vena jugularis interna



## **ВЪВЕДЕНИЕ**

Лицето е епицентър на човешката същност. Ако направим паралел със сеизмологичната наука, в която хипоцентърът е мястото на зараждане на едно земетресение, а епицентърът – зоната на неговото проявление на повърхността, то можем да кажем, че лицето е не само образ на нашата същност, но и проявление на вълните на нашия разум и душевност. И докато светът на душата е дълбоко скрит за мнозина, лицето е явно и открито за всички, и по него могат да личат не само белезите на индивидуалните ни характеристики, но и черти на емоционалния ни и житейски опит. Лицето съсредоточава както нашата физическа индивидуалност, така и множество специфични функционални процеси, които разбираемо го превръщат в една от най-деликатните и скъпоценни части на тялото.

Лицево-челюстната хирургия се занимава с целия обем от болестни процеси, които биха могли да атакуват лицето, външната част на главата и шията. От своя страна, реконструкцията на обширните дефекти, причинени от хирургичното лечение, е сериозно предизвикателство за лекарите и същевременно е въпрос от първостепенно житейско значение за пациентите и техните близки.

Микросъдовата реконструктивна хирургия поставя началото на нова епоха във възстановяването на сложните дефекти не само на лицето, но и в областта на главата, шията и тялото като цяло. В последните 5–10 години развитието е подпомогнато изключително много и от новите дигитални технологии в медицината, които предизвикват и нашия задълбочен интерес.

## ЛИТЕРАТУРЕН ОБЗОР

Реконструкцията на обширни дефекти в областта на главата и шията представлява голямо предизвикателство пред хирургичните екипи. Поради директния визуален достъп до тази област всеки един дефект или деформация има натрапчив характер, който много трудно се прикрива и във връзка с това изискванията към хирургичните реконструктивни решения в тази област са по-високи от която и да е друга област в организма [170]. Лицето и шията са зони, които включват едновременно статични и динамични структури и съдържат органи с уникална функция: нос, уши, очи и околоочни структури, клепачи, устни, език, фаринкс, ларинкс и т.н, поради което частичното или пълното отстраняване на която и да е от тях, както и нарушаването на нервната проводимост или кръвоснабдяването в определени анатомични зони, води до изразено понижение в качеството на живот на пациентите [25, 89, 112].

Костният скелет на лицето поддържа структурата и натоварванията, а в частност челюстните кости имат изключително специфична форма, която води до сложни реконструктивни изисквания. Меките тъкани на лицето, от друга страна, са също уникални по своя вид и функция и осигуряват външно и вътрешно покритие (кожа и лигавици), лицева експресия (мимическа мускулатура), специализирани функции като дъвчене (мастикаторна мускулатура), хранене, говор (езична мускулатура) и т.н.

Често всички от изброените по-горе елементи трябва да бъдат съобразени в планирането на една ефикасна лицева реконструкция и тя трябва да спазва следните основни принципи: отстранените тъкани да бъдат заменени с подобни по вид и количество тъкани; тези тъкани да имат възможност да се адаптират към функционалните изисквания на областта, която реконструират и също така да имат възможността да бъдат структурна и контурна опора на хармоничността и естетичността на възстановяването.

В наши дни реконструктивните възможности при лечение на дефектите на главата и шията са несравнимо по-добри, откогато и да било в миналото, поради развитието и усъвършенстването на техниките за микросъдова хирургия. Настоящите възможности за реконструкция на почти

всички видове дефекти с помощта на микросъдови ламба дава на хирурзите свобода в осъществяването на лечебни резекции в пълен обем, отнемайки притеснението относно големината на дефекта или невъзможността да се осигурят подходящи тъкани. Понастоящем стремежът на хирургичното лечение на заболяванията на лицето и шията е не само да се отстрани патологичният процес, а и да се осъществи едновременно функционално и естетическо възстановяване.

За съжаление ситуацията невинаги е била такава, като до средата на XX век са използвани методи на локално прекрояване и преместване на тъкани на случаен принцип или са прилагани пълни или разцепени дермални графтове, които далеч не са могли да възстановят адекватно сложните дефекти. Още повече, че с появата на лъчетерапията са се прилагали неселективни следоперативни лъчения с висока доза, които допълнително са нарушавали кръвоснабдяването на тъканите в зоната на реконструкцията. И въпреки че животът на много от пациентите е бивал удължаван и запазван след онкологични резекции в тези години, често те са били подложени на: дълъг болничен престой; множество оперативни интервенции; инвалидизиране в дългосрочен план; социална изолация поради тежки функционални нарушения в говора, храненето, движението на главата или долната челюст или на цялостно нарушена лицева естетика.

През втората половина на 60-те години на XX век активното търсене на по-надеждни методи за реконструкция на комплексни дефекти е увенчано с разработките и публикациите на Bakamjian [22] за делтопекторалното (торакоакромиалното) ламбо и на McGregor и Reid [156, 160] за темпоралното ламбо, които поставят началото на развитието на регионалните артериализирани ламба. Тази важна насока в развитието на реконструктивната хирургия е първоначално използвана на емпирична база, но впоследствие, в средата на 70-те години се доусъвършенства с дефиницията за аксиалното регионално кръвоснабдяване на тъканите [157, 158].

Въпреки тези значими стъпки минават още години преди да започне да се разглежда и осъзнава голямата важност на успеха, изграден върху хемодинамичната основа на реконструктивната хирургия [60].

С развитието на търсенията за съдовата основа на успешните реконструкции се появяват и съобщения за потенциални донорни зони в отдалечени зони на тялото, подходящи за микросъдови свободни ламба [61, 212].

Безспорните ползи от тази нова възможност са свободата да се избере тъкан не само близо до оперативната зона, но и неограничено далеч от нея, както и да се подберат най-подходящите тъкани за възстановяване на съответния дефект.

С подобряването на техниките за хирургичен шев на съдовете под оптично увеличение, както и на самия шевен материал, става възможно анастомозирането на съдове, дори по-малки от 1,5 мм.

Свободното ламбо от областта на слабините [61, 212], йеюналното ламбо [83, 118, 193] и ламбото от оментум [161] дават началото на разнообразието от свободни микросъдови ламба, които могат да бъдат пренесени в областта на шията и главата.

Скоро след това се появяват най-различни описания на разработките и опита по въпросите на микросъдовата реконструктивна хирургия, като ползите от нея и изключителните ѝ предимства пред останалите методи са повсеместно разпознати и потвърдени.

През 1992 г. Swartz и Vanis в учебника си „Микрохирургия на главата и шията“ изброяват важните предимства на свободните ламба [225]:

- подобро кървоснабдяване
- липса на обемни съдово-тъканни крачета за разлика от регионалните артериализирани ламба
- подобрен избор на донорна зона
- възможност да се минимизира морбидността на оперативната зона
- възможност за възстановяване на тъкани, недостижими от регионалните ламба
- възстановяване на подобните тъкани с подобни
- едноетапна резекция и реконструкция
- едновременна двуекипна работа
- възможности за подбор и оптимизиране на съотношенията между донорни и реципиентни съдове
- възстановяване едновременно на формата и на функцията
- мултидисциплинарна екипна работа.

### *Подобрено кръвоснабдяване*

Подобреното кръвоснабдяване е едно от най-важните характеристики на микросъдовите ламба и то не само по отношение на пренасяните (автотрансплантирани) тъкани, но и по отношение на оперативната (реципиентна) зона като цяло. Това повишено кръвоснабдяване води до подобряване на резултатите на заздравяването на тъканите, дори в случаи, при които е приложена или ще се прилага лъчетерапия.

Докато много от проблемите при използване на локални ламба са свързани с гранична тъканна некроза, то успехът на микросъдовите ламба има връзка със сигурността на кръвоснабдяването на тъканите и повишената им устойчивост спрямо неблагоприятни локални фактори.

### *Липса на обемни регионални тъканни крачета за разлика от регионалните артериализирани ламба*

Основно изискване за постигане на успех при използване на регионалните артериализирани ламба е липсата на травма, тракция или компресия на хранещото съдово краче, което остава свързано с донорната съдова система. За да се минимизират горните рискове, е необходимо да се запази известна част от обема на мускулната тъкан около хранещия съд, както и целият обем на мускула по протежението на съда. Това създава повишен обем на реконструкцията, фактор, който често се избягва при приложението на свободните микросъдови ламба.

### *Подобрен избор на донорна зона*

След въвеждане на свободните ламба в клиничната практика хирурзите вече не са ограничени да използват реконструктивни тъкани само от съседни на дефекта зони, напротив, сега са задължени да използват най-подходящите тъкани за възстановяване на съответния дефект, независимо в коя част на тялото се намират те.

През 70-те и 80-те години на ХХ век са правени опити за използване на регионални мекотъканни ламба с включен костен сегмент по съседство, каквото е пекторалното ламбо с ребрена кост. Те се оказват неуспешни в голяма част от случаите не само поради грацилната структура на реброто в сравнение с костите на лицевия скелет, но най-вече поради маргиналното кръвоснабдяване на реброто, което води до значителна резорбция и дори до загуба след реконструктивното му приложение.

За разлика от това, костните микросъдови ламба от областта на фибулата, илиачният гребен или скапулата например, преодоляват проблемите с недостатъчното кръвоснабдяване и показват значителна надеждност. Още повече, че те могат да бъдат комбинирани и с различни по обем и разположение мекотъканни мускулни или кожно-фасциални компоненти.

*Възможност да се минимизира морбидността на оперативната зона*

С наличието на избор от поне няколко вида микросъдови ламба за реконструкция на всяка една зона в областта на главата и шията ние бихме могли да подберем донорната зона в съответствие с най-различни изисквания не само по отношение на естетиката, но и по отношение на потенциалните проблеми във функцията на съответната донорна зона.

Фибуларното микросъдово ламбо например, е може би най-предпочитаното по отношение на възстановяването на обширни дефекти на долната челюст [37]. При това то е свързано с много ниска морбидност за подбедрицата и долния крайник като цяло поради липсата на естествено функционално натоварване на по-голямата част от фибуларната кост. При случаи на атипизъм или аномалии на артериалното кръвоснабдяване на подбедрицата, или в случаи на извънредни изисквания към натоварването на долните крайници, както например при активни или професионални спортисти, бихме могли да изберем алтернативно костно ламбо от областта на *crista iliaca* или скапулата например.

Същото важи и за всички останали ламба – например радиалното ламбо, едно от най-популярните сред тях, за възстановяване на фините мекотъканни структури на устната кухина – би могло да бъде заменено с алтернативно, от областта на предно-латералната зона на бедрото (ALT flap), слабините (Groin flap) и т.н.

*Възможност за възстановяване на тъкани, недостижими от регионалните ламба*

Съществуват анатомични зони в областта на главата и шията, които дълги години са представлявали голямо реконструктивно предизвикателство поради невъзможността да бъдат достигнати от регионалните

несвободни ламба, особено когато се касае за обширни дефекти. Такъв е случаят с горната част на скалпа или краниума като цяло.

Неслучайно поради този факт едно от първите описани свободни ламба е това от оментум, трансфериран в областта на скалпа с микросъдов шев за възстановяване на обширен дефект [161].

#### *Възстановяване на подобните тъкани с подобни*

Възстановяването на загубените тъкани с подобни е водещо желание на всички реконструктивни хирурзи. То е дадено като съвет – „Replace like tissues with alike”, още през 1957 г. от sir Harold Gillies в учебника му „Принципи и изкуство на пластичната хирургия” на базата на опита му на пионер в реконструктивната и пластична хирургия от началото на XX век [81].

Може би няма друга зона в човешкото тяло, където този принцип да е от толкова важно и дори критично значение, както в областта на главата и шията.

Преди навлизането на микросъдовите ламба в клиничната практика, обширните дефекти на челюстните кости е било невъзможно да бъдат възстановени, тъй като свободният пренос на невакуларизирана кост е популярен със своята нестабилност във времето и пространството, особено при по-голям обем на дефектите.

Също така фините тъканни структури в областта на устната кухина, носната кухина и гърлото са намерили своите реконструктивни алтернативи едва тогава, когато същите по обем тъкани от отдалечени части на тялото са могли да бъдат трансферирани и трансплантирани с помощта на микросъдов шев и ревакуларизация.

Друга важна зона, която е могла да бъде адекватно хирургично контролирана само след въвеждане на микросъдовите ламба, е тази на базата на черепа, изискваща пълноценно мускулно покритие и херметизация.

#### *Едноетапна резекция и реконструкция*

При плановата онкологична хирургия на главата и шията най-подходящото време за възстановяване на дефекта е непосредствено след създаването му. Тогава различните тъканни слоеве са прецизно дисерцирани, съдовите структури са видими и лесно достъпни и най-вече – не се допуска реакционно свиване, фиброзиране и загуба на обем на

тъканите, което се наблюдава, когато дефектите не се реконструират веднага и са налични празни тъканни пространства.

Същевременно липсата на ограничение на големината на резекционните дефекти, които могат да бъдат възстановени с помощта на микрохирургичен подход, дава спокойствие на хирурга относно постигането на радикалност по отношение на резекционните граници на туморния процес.

#### *Едновременна двуекипна работа*

Едновременната двуекипна хирургична работа е уникална характеристика на микросъдовите операции. Тя може да се постигне винаги, когато реконструктивните тъкани се вземат от същата или от апроксимално гранична страна на тялото и е единствено невъзможна в случаи, в които реконструктивните тъкани са разположени от страната, на която пациентът лежи върху операционната маса по време на резекцията. Такъв е случаят с резекции на лицето, при които трябва да се осъществи реконструкция с тъкани от областта на гърба, например ламбо от областта на *latissimus dorsi*.

Във всички останали случаи, каквито са повечето от микросъдовите реконструктивни операции в лицево-челюстната област (например радиалното, фибуларното, илиачното, абдоминалното, бедреното и с др.), резекцията и реконструкцията се извършват в едно оперативно време от два различни хирургични екипа, работещи в синхрон.

Същевременно възможността такъв широк хирургичен екип да контролира едновременно вида и обема на реконструктивния дефект и веднага да адаптира оперативния подход в зависимост от конкретните изисквания е значително предимство.

#### *Възможности за подбор и оптимизиране на съотношенията между донорни и реципиентни съдове*

Понастоящем съществува възможност с помощта на контрастната ангиография да се получава подробна предоперативна информация за вида и разположението както на донорните, така и на реципиентните съдове в болшинството от случаите.

Още повече, че поради флексибилността на ориентиране на съдовото краче на свободното ламбо към реципиентните съдове би могло да се подбере по подходящ начин както дължината му, така и съответните съдови диаметри за осъществяване на анастомозите.



Разбира се, все още съществуват предизвикателства при случаи на работа в предходно оперирани области на тялото или след лъчетерапия, когато би могла да се наблюдава липса на подходящи реципиентни съдове. Предизвикателства също така би могло да има и по отношение на дължината на съдовите крачета, които обикновено се преодоляват чрез използване на свободни съдови графтове.

#### *Възстановяване едновременно на формата и на функцията*

Усилията на реконструктивната работа по правило са насочени едновременно към възстановяване както на формата на загубените тъкани, така и на тяхната функция. В устната кухина например, обемът и контурът на ламбото трябва да позволяват поддържането на говора и преглъщането, без да има риск за намаляване на обема или за възпрепятстване на хода на въздухоносните пътища. Същевременно ламбото не би трябвало да бъде в директен контакт с дъвкателните повърхности на зъбите, за да се избегне травматизацията му и да се възстанови дъвкателната функция.

При структурите на фаринкса и на шийния хранопровод преглъщането е най-важната цел, поради което реконструктивните тъкани трябва да бъдат съобразени с поддържането ѝ и най-вече не би трябвало да бъдат свръхобемисти, неподдържащи съответния контур или причиняващи обструкция.

Като цяло лицевите меки тъкани възприемат съответния контур на базата на формата на подлежащите им костни структури. При загуба на тази структуроподдържаща роля след костни резекции целта на адекватната реконструкция е не само да се възстанови конкретната костна функция, но и да се запазят съответните обем, форма и контур на костта, което е от съществена важност за състоянието на покривните мекотъканни структури. Поради сложността на планиране и осъществяване на възможно най-прецизни костни реконструкции и превръщането на кости с права форма от отдалечени части на тялото в такива със сложна триизмерна форма на лицевия скелет, понастоящем се използват техниките на 3Д виртуално планиране, моделиране, принтиране и имплантиране.

### *Мултидисциплинарна екипна работа*

Подготовката, предоперативното стадиране и планиране, осъществяването на многочасова микрохирургична съдова реконструкция, ранните и продължителните следоперативни грижи и дългогодишното проследяване и контрол на пациентите, особено тези с онкологични заболявания в областта на главата и шията, изискват наличието на подготвен мултидисциплинарен професионален екип.

Едно от основните предимства на лицево-челюстната хирургия е, не само че в последните десетилетия тя се базира на двойно образование по медицина и стоматология, а и че традиционно нейният онкологичен раздел е ангажирал със специфичността си поколения хирурзи, които са развили реконструктивната хирургия в областта на главата и шията до много високо ниво в международен мащаб.

Създадените редица водещи школи от европейски и световни лицево-челюстни хирурзи по микросъдова реконструктивна хирургия позволяват да се подготвят кадри от тази специалност, които едновременно да се занимават както с отстраняването на патологичните тъкани процеси и оформянето и вземането на свободни микросъдови ламба от отдалечени части на тялото, така и с трансфера и трансплантацията им в областта на главата и шията.

В широкия екип от лекари и други специалисти, диагностициращи, лекуващи, рехабилитиращи и поддържащи съответния пациент с лицево-челюстна патология, се включват освен хирурзи, така и специалисти по образна диагностика, патохистолози, специалисти по лъчетерапия и химиотерапия, интернисти, ангиолози, педиатри, дентални лекари, зъботехници, диетолози, физиотерапевти и рехабилитатори, специалисти по говора (логопеди), психолози и т.н. Когато се касае за хирургично заболяване в областта на главата и шията, излизащо извън обема на лицево-челюстната хирургия, се формират и интердисциплинарни хирургични екипи, включващи и неврохирурзи, УНГ специалисти, пластични хирурзи, офталмолози, съдови хирурзи, гръдни и коремни хирурзи, ортопедични хирурзи или други специалисти.

### **Реконструктивна стълбица**

Mathes и Nahai предлагат концепцията за стъпаловидно представяне на всички реконструктивни техники в книгата си „Клинично приложение на мускулните и кожно-мускулните ламба“ [152], публикувана през 1982 г. Те наричат това стъпаловидно представяне „Реконструктивна стълбица“ и чрез

нея представят не само еволюцията на хирургичните подходи за възстановяване на тъканни дефекти, но и сложността на тези хирургични техники, във възходяща градация.

Три години преди това – през 1979 г., същият авторски екип издава клиничен атлас на мускулните и кожно-мускулните ламба [153], а издаденият през 1982 г. учебник допълва и представя в разширен вид техния задълбочен и изчерпателен подход в разглеждане на проблемите на реконструктивната хирургия. Днес, 40 години по-късно, реконструктивната стълбица е все още един от най-популярните методи за представяне на различните реконструктивни техники при възстановяване на хирургични дефекти в човешкото тяло. А книгата на Mathes и Nahai е представител на своеобразния период в развитието на реконструктивната хирургия, в който традиционните дотогава техники на първичен или отложен директен шев на кожата, свободните кожни присадки, оформянето на кожни ламба по съседство на случаен принцип или многоетапният пренос на кожата чрез филатови стебла, биват развити или заменени с един нов и задълбочен анатомичен подход на приложението на артериализирани регионални мускулни или кожно-мускулни ламба.

Понастоящем стълбицата е представена от девет възходящи позиции (стъпала), подредени, както следва (фиг. 1):



**Фиг. 1.** Реконструктивна стълбица

1. Заздравяване чрез вторична епителизация
2. Първично затваряне
3. Отложено първично затваряне
4. Разцепена кожна присадка
5. Кожна присадка в пълна дебелина
6. Тъканна експанзия
7. Локални тъканни ламба
8. Артериализирани несвободни ламба
9. Свободен микросъдов тъканен трансфер

Целта на реконструктивната стълбица е подпомагането на хирурга в анализа на възможностите за възстановяване на тъканните дефекти по систематизиран начин.

Основният принцип, заложен в нея, е необходимостта тъканният дефект да бъде възстановен по най-достъпния възможен начин. Изкачвайки се мислено по стълбицата, хирургът е улеснен в преценката си коя е едновременно най-лесно достъпната и най-изчерпателната възможност за възстановяването на конкретния тъканен дефект. Тази теоретична концепция е доказала надеждността си във времето по отношение на намаляването на морбидността чрез идентифициране не само на най-лесния, но и на най-правилния хирургичен подход при съответния тъканен дефект. Още повече, че с всяко следващо стъпало би могло да се възстанови даден реконструктивен проблем, който за предното стъпало е бил или неразрешим, или резултатите са били влошени поради несъвършенство на техниката или на други обективни причини.

В оригиналния си вид стълбицата е имала осем стъпала, а най-горното съвременно стъпало, микросъдовият тъканен трансфер, е добавено по-късно с развитието на тези конкретни хирургични техники в последните няколко десетилетия. Разбира се, с бурното развитие на всички хирургични техники понастоящем са дошли и споровете за съвременната стойност на реконструктивната стълбица и още повече за подредбата на стъпалата в нея. Още преди 30 години някои известни реконструктивни хирурзи [138, 139] са изразявали мнението, че една успешна микросъдова реконструктивна техника е всъщност директният път към цялостната

реконструктивна цел при всички обширни и комплексни тъканни дефекти, заобикаляйки изобщо техниките на локалните тъканни ламба или многоетапните методи на тъканен пренос. По този начин някои автори застъпват мнението, че понастоящем реконструктивната стълбица е обърната точно наобратно и микросъдовите процедури се приемат често като първото и най-важното стъпало в нея.

### **Микросъдовата хирургия – най-комплексното стъпало на съвременната реконструктивна стълбица**

Шведският УНГ хирург Carl-Olof Siggesson Nylen се смята за един от бащите на микрохирургията. Той създава първия операционен микроскоп в Стокхолмския университет през 1921 г. и го използва, за да оперира първоначално опитни животни, а впоследствие пациенти с хроничен отит и лабиринтни фистули [174]. Идеята за бинокулярен микроскоп през 1922 г. е предложена от неговия колега Gunnar Holmgren [108].

Клиничното приложение на операционния микроскоп е било до голяма степен ограничено само до УНГ специалността и впоследствие до неврохирургията до началото на 60-те години на XX век. Първият съвременен прототип на операционен микроскоп е разработен от Zeiss през 50-те години на XX век, а първият диплоскоп (операционен микроскоп с две работни позиции – за оператор и за асистент) е произведен от тях през 1961 г. Jules Jacobson [114, 115] през 1960 г. описва микросъдова (микроваскуларна) анастомоза на кръвоносни съдове с малък диаметър до 1,4 мм. Тези негови разработки са осъществени при работата му в Университета във Вермонт, САЩ, без използването на микроскоп, но стават основа за въвеждане на термина *микросъдова* хирургия.

Скоро след това значим напредък е отбелязан със съобщенията за реплантация на частично отделен палец от Н. Kleinert и М. Kasdan [122, 126, 127, 128, 129].

Исторически важен момент настъпва през 1964 г., когато Harry Buncke, пластичен хирург от САЩ, докладва за първата реплантация на изцяло отделена част от тялото – ухо на заек, използвайки анастомоза на съд с диаметър 1 мм, която е направил в гаража на дома си със собствени инструменти. До този момент анастомозирането на съдове с толкова малък

диаметър, съответстващ на съдовете, хранещи отделен мускул или сегмент от кожата, се е смятало не само за изключително рисково от гледна точка на реваскуларизацията, а дори и за технически невъзможно [45]. През следващите години се забелязва оживление на изследователските усилия в микросъдовата хирургия, довели естествено до клиничното въвеждане на тези методи. През 1973 г. Daniel и Taylor съобщават за използването на свободно кожно ламбо от областта на слабините (Groin flap) за възстановяване на дефект на долния крайник [61]. Редица подобни клинични съобщения се появяват и в следващите години, като в частност за лицево-челюстната зона те са последвали работата на McLean и Buncke от 1972 г. [161]. През 1973 г. Kaplan [120, 121] пренася свободно кожно ламбо от слабините в устната кухина, а през 1976 и 1977 г. Panje et al. [179, 180, 181, 182] публикуват резултатите от приложението на това ламбо в областта на главата и шията при четири пациенти с дефекти след онкологични резекции. Harashina et al. [92, 93, 95] също публикуват подобни резултати в същата година и прогресивно в следващото десетилетие [91, 94].

След известен застой, отчетен през 80-те години, с развитието на технологиите в 90-те години на XX век и по-нататък, настъпва истински бум на приложението на свободни ламба при реконструкцията на комплексни дефекти в тялото.

### **Оптична увеличителна апаратура за микросъдова хирургия**

В съвременната микросъдова хирургия се използват основно две системи за оптично увеличение – на операцияния микроскоп и на бинокулярните увеличителни очила (лупи). Те най-често се използват във взаимно допълване, като увеличителните лупи са много полезни по време на дисекцията на съдовете, а операцияният микроскоп – при осъществяване на микросъдовите анастомози.

При разглеждането на една класическа микроскопска оптична увеличителна система би трябвало да се имат предвид три основни компонента – *прицелните лещи, бинокулярните тръби и окулярните лещи.*

*Прицелните лещи* могат да варират в тяхната фокусна дължина, което се отразява на работното разстояние и на яркостта на образа. Прицелните лещи, използвани в микросъдовата хирургия, имат фокусна дължина в границите между 150 и 400 мм, като най-често стандартно се прилагат разстояния между 200 и 250 мм ( $f = 200\text{--}250$  мм). Работното разстояние е дистанцията между външната повърхност на прицелната леща и повърхността на работния обект. Работното разстояние следователно се увеличава с повишаването на фокусната дължина. От друга страна, когато работният обект се отдалечава от прицелната леща, това води до различно количество светлина, която достига до него – по обратно пропорционален механизъм, т.е. с увеличаването на работното разстояние се намалява яркостта.

*Бинокулярните тръби* имат различна форма и конструкция в зависимост от изискванията или от дизайна. Те могат да бъдат прави, наклонени или извиващи се. По принцип правите тръби са успоредни с оста на микроскопа и осигуряват единствено праволинейно трасе на визуализация. За разлика от тях наклонените тръби са позиционирани под ъгъл спрямо оста на микроскопа, като най-често се предпочита позицията на  $45^\circ$ . В съвременните хирургични микроскопи широко се използват по-сложните извиващи се тръби, които позволяват динамична смяна на позициите на хирурга и асистента и значително по-голям комфорт на работа. Още повече, че те са снабдени с настройваща система, която позволява различна позиция на окулярите и настройка на междузеничното разстояние на всеки хирург.

Бинокулярните тръби обикновено се доставят с различни фокусни разстояния, като в микросъдовата хирургия най-често се използват 125, 160 или 180 мм (отбелязани на самата тръба като  $f = 125, 160$  или  $180$  мм).

Тези различни стойности дават решение в 4 основни направления:

1. Общите разстояния биха могли да бъдат подбрани така, че да отговарят на предпочитанията на конкретния хирург.

2. Увеличенията биха могли да бъдат различни. Основното увеличение ( $V_m$ ) се изчислява като произведение от увеличителната сила

на окуляра ( $V_e$ ), умножена по частното на фокусната дължина на тръбата ( $f_t$ ) и прицелната фокусна дължина ( $f_0$ ).

$$V_m = \frac{f_t}{f_0} \times V_e$$

Ако например фокусната дължина на тръбата е 150 мм ( $f_t = 150$ ), прицелната фокусна дължина е 200 мм ( $f_0 = 200$ ), а увеличителната сила на окуляра е 10 ( $V_e = 10$ ), то основното увеличение е 7.5 ( $V_m = 7,5$ ).

$$V_m = \frac{150}{200} \times 10 = 7,5$$

3. Големината на работното поле (размерът на работната зона, която се вижда през окулярите) варира като диаметър с фокусната дължина на тръбата.

Ако например тръбите имат константен вътрешен диаметър ( $D_1$ ) от 20 мм и фокусната им дължина ( $f_t$ ) е 125 мм, а прицелната дължина ( $f_0$ ) е 200 мм, то диаметърът на работното поле се изчислява като:

$$D_0 = \frac{20 \text{ mm}}{\frac{f_t}{f_0}} = \frac{200}{0,625} = 32 \text{ mm}$$

Следователно, ако увеличим дължината на тръбата, диаметърът (размерът) на работното поле ще намалее.

4. По отношение на яркостта на работния обект – колкото по-дълга е тръбата, толкова по-ниска е степента на яркост на микроскопското изображение. Имайки това предвид, при конструкцията на микроскопа се подбират комбинации от прицелни лещи и фокусни тръби, които да предоставят съответните оптимални операционни условия на хирурга.

Окулярите се конструират така, че да увеличат непосредствения образ, получен в бинокулярните тръби от обектива (прицелната част) на микроскопа. Окулярните лещи предлагат увеличения в зависимост от фокусното разстояние – т.е., когато се подбират, отново трябва да се имат предвид необходимото общо увеличение и размерът на работното поле. Окулярите се описват спрямо тяхната увеличителна сила ( $V_e$ ) в степени на увеличение (например  $V_e = 10x, 12,5x, 15x, 20x$  и т.н.). Следователно, спрямо предоставения по-горе пример – ако разполагаме с увеличителна



сила на окуляра 10 ( $V_e = 10$ ) и имайки предвид фокусната дължина на тръбата (в случая 150 мм) и прицелна фокусна дължина от 200 мм, то общото увеличение е 7,5.

$$V_m = \frac{150}{200} \times 10 = 7,5$$

Диаметърът на работното поле може да бъде получен, разполагайки с тази информация, като отношение на прицелната фокусна дължина (в случая 200) и общото увеличение (в случая 7,5).

$$D_0 = \frac{200}{7,5} = 26,7 \text{ mm}$$

В сравнение с възможностите за използване на голям диапазон работни разстояния и сравнително обширното работно поле на хирургичните микроскопи, увеличителните очила имат редица ограничения. Тяхното общо работно увеличение (което се прилага клинично), е най-често в диапазона между 1.5x и 4x, като дори и при по-малките стъпки на оптично увеличение, диаметърът на работното поле прогресивно намалява. Тяхното основно предимство са лекостта, мобилността и значително по-ниската цена в сравнение с операционния микроскоп. В нашата практика ги използваме основно при дисекцията и изолирането на съдовете, хранващи микроваскуларните ламба, както и в ранните етапи на подготовката на реципиентните съдове.

### **Осветление в микроскопските системи**

Микроскопската осветителна система е също от водещо значение. Съществуват няколко различни вида източници на светлина, които понастоящем се използват за микроскопско осветление, и почти всички те се намират вградени в съвременните микроскопи. В идеалния случай светлинните източници трябва да произвеждат оптимална по характеристика светлина, да отделят минимално количество топлина, да са резистентни на удар и антисептична обработка, да са лесни за употреба и поддръжка, както и да са енергийно ефективни.

Интензитетът на светлината не трябва да флукутира по време на операцията и трябва да осветява оперативното поле еднородно и с висок интензитет.

Исторически най-дълго време в операционните микроскопски системи са използвани 6 V 30 W волфрамови крушки. Техният среден живот е около 200 часа, но ако излъчваната светлина се използва постоянно на максимален интензитет, животът им драстично намалява. Техният основен недостатък е, че излъчват максимум около 4% от електрическата енергия, необходима за работата им като видима светлина, а останалата част се излъчва в инфрачервения спектър като топлина.

Доста по-късно в практиката навлизат 12 V 100 W халогенни крушки. Те също имат волфрамова нишка, която работи в среда на йодна пара. Техният процент на превръщане на електрическата енергия в светлина е доста по-висок отколкото при класическите волфрамови крушки. И халогенните варианти излъчват висок процент инфрачервена светлина, но с по-високо съдържание на синьоспектрна светлина в нея, поради което общата халогенна светлина изглежда по-ярка. Още повече, в тези условия контрастирането на обектите в различни цветове е по-изразено.

Средният живот на 12 V 100 W халогенни крушки е 50 работни часа. Те са малки по обем, но микроскопското гнездо, в което са разположени, е значително по-голямо, понеже топлината, която отделят, трябва да се елиминира с помощта на вентилатор и да се поддържа охлаждане на цялата система.

Съвременното ниво понастоящем включва Xenon и LED микроскопското осветление.

Xenon (Ксенон) микроскопското осветление е базирано на електрическа светлина (видима светлина от електрически източник), преминаваща през йонизиран ксенонов газ под високо налягане, която би могла да произвежда светлина от инфрачервения, видимия и ултравиолетовия спектър. То се използва често при микроскопите, снабдени с модули за флуоресценция. Ксеноновите източници на светлина включват къса или дълга волтова дъга (short or long arc) и едно от двете: чист ксенонов газ или комбинация от ксенонов газ и малки количества живак.

Постоянно генерираната от тях видима светлина е близка по спектър до слънчевата светлина, но с по-малка ефикасност от нея по отношение на генерираното количество като мерни единици (лумени, Lm).

Ксенонови лампи с малък размер на дъгата (до 10 W) се използват обичайно в оптиката и в частност в микроскопското осветление, като в някои случаи понастоящем се наблюдава замяната им и с диодни лазери.

LED микроскопското осветление се базира на излъчващи светлина диоди (Light Emitting Diodes – LED), които от своя страна са полупроводникови структури, способни да излъчват светлина, когато техните терминални окончания са стимулирани от определен волтаж. Този електрофизичен феномен се нарича електролуминесценция.

За разлика от филаментните крушки, които генерират значителна топлина, диодните осигуряват студен източник на светлина и в зависимост от това какъв полупроводников материал се използва, биха могли да излъчват светлина в различен цвят. Галиевият фосфат например, в комбинация с кислород, произвежда червена светлина, докато комбинацията с азот произвежда зелена светлина. Галиевият арсенид, от своя страна, произвежда светлина в инфрачервения спектър. Бялата LED светлина се получава чрез подаването на специфичен фосфор към синята светлина и т.н.

LED източниците на светлина имат няколко големи предимства: изключително ниска енергийна консумация, много дълъг работен живот, изразена яркост и хомогенност на светлината, без флукутации по време на работа и др. Недостатък на вградените LED микроскопски източници на светлина е, че не могат да се подменят лесно при дефект в работата и налагат специализирана подготовка и помощ.

Осветлението в микроскопа може да бъде вградено като интегрална част на системата или алтернативно да бъде позиционирано като допълнителна фиброоптична система. В първия случай осветителната система стандартно се състои от източник на светлина, който предава светлинния лъч през кондензатор, отклоняваща призма, цветен филтър, топлинен филтър и още една отклоняваща призма преди да достигне до оперативното поле. При фиброоптичните системи светлината се предава по

огъващо се „фибро-оптично“ влакно, обикновено от халогенен източник на светлина. Това има някои предимства, като например, че разположението на лампата би могло да бъде на отделено разстояние от микроскопа, водещо до редуция на топлинното излъчване. Също така влакната биха могли да бъдат свързани с повече от една лампа за подsigуряване по време на операция в случай на изгаряне. Недостатъците на фибровлакната са свързани с тяхната по-висока цена, с възможността да се прекъсват при по-голяма степен на огъване, както и с намаляване на интензитета на светлината в зависимост от ъгъла на навлизане във фиброоптичния кабел. Самите фибровлакна имат кръгло сечение, което създава пространства между тях, в които не преминава светлина, и ако броят на влакната, които предават светлина намалее по някаква причина с над 25%, осветлението става неефективно.

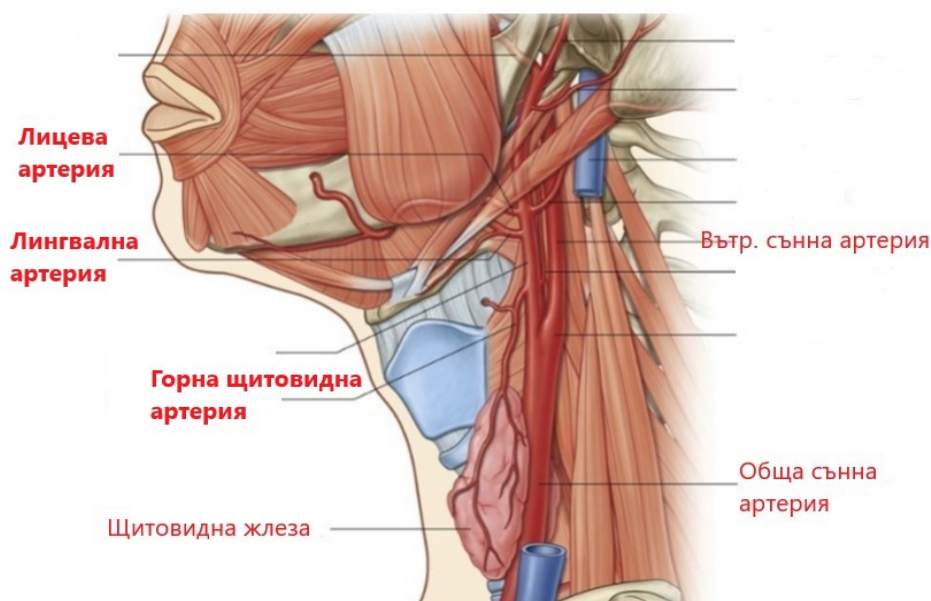
#### **Регионална съдова анатомия на лицето и шията**

Лицето и шията са една от най-обилно васкуларизираните зони в организма. Системата на външната сънна артерия (*a. carotis externa*) осигурява кръвоснабдяването на по-голямата част от повърхностната част на главата, с изключение на централната област, включваща очите, корена на носа и малка част от средната зона на челото, които се кръвоснабдяват от офталмичния клон (*a. ophthalmica*) на вътрешната сънна артерия (*a. carotis interna*).

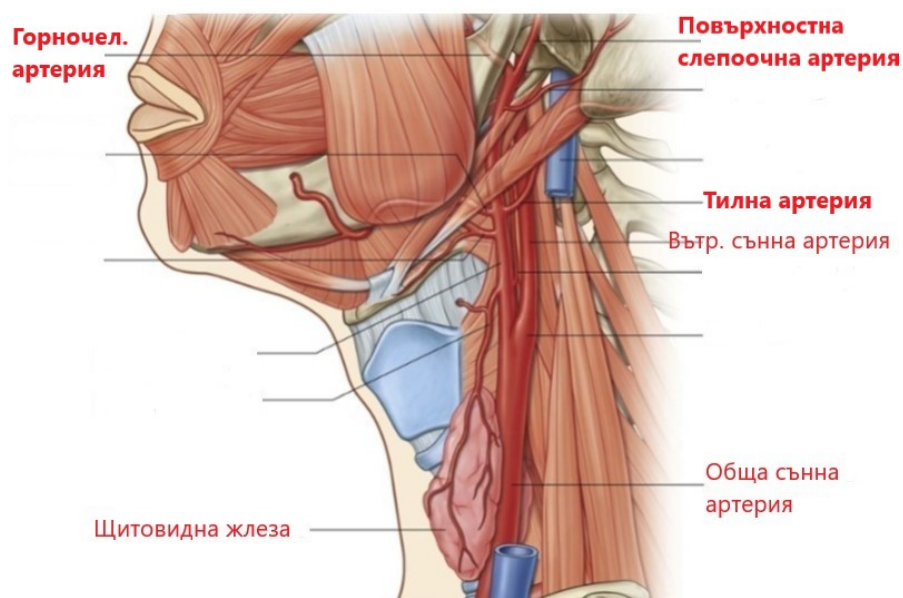
Повечето от клоновете на външната сънна артерия биха могли да се използват за ревакуларизация на микросъдови ламба в областта на главата и шията (фиг. 2 и 3).

Лицевата артерия (*a. facialis*) е най-често използвана за реципиентен микроваскуларен съд от всички каротидни клонове. Тя започва своя ход от ствола на външната сънна артерия, малко над отделянето на езичната артерия (*a. lingualis*), на нивото на С6 и хиоидната кост. След това върви косо напред и нагоре под мускулите: *m. digastricus* и *m. mylohyoideus*, и се издига над повърхността на подчелюстната жлеза. Преминава пред и над задната част на основата на долната челюст, където може да се палпира пред ръба на *m. masseter*. Нейният вълнообразен ход в областта на лицето

осигурява необходимата дължина, която може да компенсира адекватното кръвоснабдяване при естествените движения на шията. Това е и нейна полезна характеристика от гледна точка на микросъдовата хирургия, тъй като чрез дисекция може да се удължи реципиентният съд и да се постигне значително намаляване на напрежението от потенциално теглене в областта на анастомозата.



**Фиг. 2.** Предни клонове на външната каротидна система



**Фиг. 3.** Крайни и задни клонове на външната сънна артерия

Горната щитовидна артерия (a. thyreoidea superior) е друг артериален съд, който често се използва за микросъдови анастомози и за

реваскуларизация на трансферираните тъкани. Тя е и първият клон, който се отделя от външната сънна артерия. След това върви напред и надолу в дълбочина на *m. sternohyoideus* и *m. omohyoideus* и достига до горния полюс на съответната половина на щитовидната жлеза (*gl. thyroidea*).

Друга често използвана артерия от микросъдовите хирурзи на главата и шията е лингвалната артерия (*a. lingualis*), която се формира по предната повърхност на външната сънна артерия, над *a. thyroidea sup.* и малко под нивото на големия рог на хиоидната кост. Придвижва се нагоре и в дълбочина на *m. stylohyoideus* и задното коремче на *m. digastricus*, както и на *nervus hypoglossus*.

Повърхностната слепоочна артерия (*a. temporalis superficialis*) е крайно разклонение на външната сънна артерия. Нейното начало е разположено обикновено в паротидната слюнчена жлеза (*gl. parotis*), в близост до основата на долночелюстния ставен израстък. Ходът ѝ е в посока нагоре, в меките тъкани пред ушната мида. В непосредствена близост зад артерията се разполага аурикулотемпоралният нерв (*n. auriculotemporalis*), който е част от системата на троичния нерв (*nervus trigeminus*). Около 5 см над зигоматичната дъга тя се дели на темпорален и париетален клон, а малко над самата зигоматична дъга артерията придобива значително повърхностен ход и може да бъде лесно палпирана по пътя ѝ над повърхностната темпорална фасция. Диаметърът на тази артерия като цяло е по-малък от другите клонове на външната сънна артерия и поради това често не се предпочита за микросъдова анастомоза, въпреки че повърхностното ѝ разположение дава много лесен достъп за микросъдова дисекция и работа.

Горночелюстната артерия (*a. maxillaris*) е най-големият клон на външната сънна артерия. Отделя се на ниво – медиално на долночелюстния клон и кръвоснабдява птеригопалатиналната ямка (*fossa pterygopalatina*) и горната челюст (*os maxillae*). Дълбоката ѝ локализация и значителен вътрекостен ход я правят непрактичен избор за микрохирургия.

Същевременно друга група съдове се отделят от задната повърхност на външната сънна артерия. Сред тях са:

Тилната артерия (*a. occipitalis*), чието място на отделяне от задната повърхност на външната сънна артерия е огледално на началото на

лицевата артерия. Разполага се в дълбочина на началната зона на задното коремче на *m. digastricus*, както и на и *m. stylohyoideus*, и по пътя си в заднолатералната част на главата пресича *nervus hypoglossus*. Тази артерия е повърхностна на *a. carotis interna*, на *v. jugularis interna*, на *nervus vagus* и на *nervus accessorius*. В голяма част от хода си съдът се придружава от големия окципитален нерв (*n. occipitalis major*). Поради това че *a. occipitalis* се разполага сравнително дълбоко и близо до важни невровакуларни структури, нейната дисекция е доста деликатна и далеч не така лесна, както при други съдове. Въпреки това тя има добър калибър и би могла да бъде особено полезна за реципиентен съд в областта на задни дефекти на шията и скалпа.

Останалите основни клонове на външната сънна артерия, като *arteria pharyngea ascendens*, артерия *auricularis posterior* и т.н., са с малък калибър или с дълбоко разположение и по-рядко се използват за микросъдов трансфер.

При състояния на липса на клонове от системата на външната сънна артерия за микросъдов трансфер в областта на главата и шията биха могли да се използват артериални клонове от дисталната част на *a. subclavia*, които могат да се открият в основата на шията, латерално на каудалната 1/3 на стерноклейдомастоидния мускул (*m. sternocleidomastoideus*). Един от най-използваните клонове в тази област е напречната шийна артерия (*a. cervicalis transversa*), която възниква от тироцервикалния трункус (*tr. thyrocervicalis*), в близост до другите клонове на този трункус – долната тироидна артерия (*a. thyroidea inferior*), възходящата цервикална артерия (*a. cervicalis ascendens*) и субскапуларната артерия (*a. subscapularis*).

По отношение на венозната анатомия на главата и шията, подобно на останалите вени в организма, и тук много от артериите имат своите съпътстващи венозни аналози. Повечето вени на лицето дренират кръвта във вътрешната югуларна вена (*v. jugularis interna*), с изключение на задното разклонение на ретромандибуларната вена (*v. retromandibularis*), задната аурикуларна вена (*v. auricularis posterior*) и предната югуларна вена (*v. jugularis anterior*), които отвеждат кръвта във външната югуларна вена (*v. jugularis externa*).

Вътрешната югуларна вена се формира като продължение на сигмоидния синус (*sinus sigmoideus*) в областта на югуларния отвор (*foramen jugulare*) и се спуска в областта на шията латерално и повърхностно на сънната артерия (*a. carotis*), като достига надолу до нивото на стерноклавикуларната става (*art. sternoclaviculare*). Тя се присъединява към вена субклавия (*v. subclavia*) и заедно с нея образува брахиоцефалната вена (*v. brachiocephalica*).

Външната югуларна вена се разполага от външната страна на платизмарния мускул (*m. platysma*) и на стерноклейдомастоидния мускул (*m. sternocleidomastoideus*). От своя страна тя се оттича във вена субклавия (*v. subclavia*).

Вените на главата и шията често формират трункуси преди да се влеят във вътрешната югуларна вена. Такъв е например тиролингвофациалния трункус (*tr. thyrolinguofacialis*), който се формира от *v. thyroidea*, *v. lingualis* и *v. facialis*.

Предното разклонение на ретромандибуларната вена (*v. retromandibularis*) е сегмент, който дренира системата на *v. jugularis externa* във *v. facialis communis*. Тя се разполага зад клоната на долната челюст, често в структурата на паротидната жлеза и няма артериален еквивалент. Подобна на нея е и предната югуларна вена (*v. jugularis anterior*), която няма кореспондираща артерия. Тя се формира от събирането на повърхностните вени в субменталната област и се спуска надолу и назад, за да се присъедини към външната югуларна вена (*v. jugularis externa*) точно преди връзката с вена субклавия (*v. subclavia*).

Анатомичните изследвания на вените на главата и шията показват, че тези съдове имат клапи на случайни интервали, най-често около областите на разклонение и също така, около основата на долната челюст [172, 214].

Въз основа на това се предлага микроваскуларните анастомози на лицевата вена да бъдат осъществявани на определена дистанция от тези анатомични зони с оглед ограничаване на риска от асоциирана клапна тромбоза. Ако това не може да бъде постигнато и клапата бъде идентифицирана под микроскопа, намаляването на дължината на съда с дължина, равна на два пъти по диаметъра му, би трябвало напълно да отстрани клапата [172].



## Класификация на ламбата

Преди осъществяването на задълбочени анатомични изследвания за устройството на различните видове тъканни ламба исторически се е смятало, че всички възстановителни ламба са всъщност подобни на кожните ламба със случаен тип кръвоснабдяване. Тези „случайни“ кожни ламба се оформят, без да се взема предвид кръвоснабдяването на съответната тъканна област, като най-важният принцип е да се запази съществуването и функцията на подкожния съдов плексус [151, 183].

Класификациите на ламбата от този ранен период на развитие на реконструктивната хирургия са се основавали най-вече на начините, по които те могат да се различават по отношение на посоките на преместването им (ротационни, транспозиционни, приближаващи и т.н.), геометричната им конфигурация, или локализацията им спрямо дефекта. Особено внимание се е отделяло на съотношението на дължината и ширината на тъканното ламбо – по-специално съотношението дължина:ширина = 2:1 или 3:1, и насоката това правило да не бъде променяно поради риск от недостатъчност на кръвоснабдяването и некротизиране на реконструктивните тъкани.

Този тип подреждане на приоритетите в планирането на тъканните ламба е цялостно променен след като Milton [164] оборва значимостта на съотношението *дължина:ширина* и настоява, че виталността на ламбата е директно свързана със съдовата архитектура на конкретната тъканна територия. Тази позиция има отношение и към публикациите на McGregor и Morgan [158], че в някои области на тялото сравнително големи съдове пробиват дълбоките фасциални листове и достигат до подкожието, следвайки предвидим ход. Вследствие на това биха могли да се конструират големи кожни ламба по дължината на тези съдове и следователно те са наречени *аксиални съдови ламба*. По същото историческо време Orticochea [176] описва още един начин да се използват едновременно големи кожни ламба, когато в тях е включен подлежащият мускул със запазена съдова перфузия. McGraw [155] още по-прецизно е разяснил връзката между кожната част на ламбото и свързания подлежащ мускул и е нарекар съдовете, които преминавали от мускула към кожата миокутанни перфоратори. Всъщност Tanzini [228] още в началото на XX век

е публикувал първия доклад за такъв вид кожно мускулно ламбо. Той и други автори правят проучвания по този въпрос и са наясно за съществуването на съдови клонове, преминаващи от мускула към кожата и абсолютно необходими за формирането на такъв вид ламба [110, 178]. Дълги години след това, едва в края на 70-те години на XX век, кожно-мускулните аксиални артериализирани ламба придобиват популярност в клиничната практика и навлизат значимо в практиката на реконструктивните хирурзи.

В началото на 80-те години на миналия век се появяват публикации [186] за възможностите за пренос на по-тънки фасциокутанни ламба, въпреки че още Esser и Gillies [69, 82] в първата половина на XX век предлагат включването на дълбоката фасция към кожните ламба като предимство за тяхната устойчивост. Фасциалният съдов плексус, който е основа на фасциокутанните ламба, представлява своеобразно струпване на субфасциални, интрафасциални и супрафасциални съдови плексуси, които комуникират чрез богата мрежа помежду си, както и с дермалните, субдермалните, повърхностните адипофасциални и дълбоките адипофасциални съдови мрежи. Още по-сигурно е формирането на тънки фасциокутанни ламба, когато съществува директен съд (септален перфоратор), който преминава от основния хранващ съд към кожата през септалната междумускулна фасция, а не през самия мускул към надлежащата кожа (вж. по-долу). За съжаление, този тип перфоратори се срещат по-рядко отколкото миокутанните варианти и показателен пример за това е структурата на едно от основните перфораторни ламба – антеролатералното бедрено ламбо.

Класификацията на тъканните ламба е истинско предизвикателство в съвременното развитие на реконструктивната хирургия не само поради факта, че разбирането за кожните ламба премина през дълбока трансформация в последните десетилетия, но и поради това, че понастоящем всяка тъканна зона на интерес (кожа, подкожие, мускул, кост и т.н.), която притежава подходяща артериовенозна микросъдова система, може да бъде оформена като ламбо и пренесена за реконструкция на съответен дефект.

Фасциокутанните ламба в съвременната литература се описват основно според класификациите на Cormack и Lamberty, Mathes и Nahai и Nakajima [56, 57, 58, 150, 168].

Според първата класификация на Cormack и Lamberty, фасциокутанните ламба се делят на три групи (А, В и С), като при тип А те имат множество фасциални хранещи малки съдове, които не налагат специална идентификация и следователно са базирани на случаен съдов принцип. Тип В се състои от ламба, притежаващи един голям дефиниран септокутанен перфоратор, а тип С включва ламба с множество септокутанни перфоратори, което налага почти винаги присъствието на основния съд, от който излизат перфораторите, за да се запази интегритетът и жизнеността на ламбото.

Фасциокутанната класификация на Mathes и Nahai също подрежда ламбата в зависимост от техния дълбок фасциален перфоратор и има прилики с класификацията на Cormack и Lamberty.

Nakajima, от своя страна, разширява подредбата на ламбата в 6 групи, базирани на различни съдови перфоратори от дълбоката фасция. Тип I от тази класификация притежава директен кожен съд (перфоратор). При тип II перфориращият съд идва от фасцията към кожата аналогично на тип В от класификацията на Cormack и Lamberty. При тип III от класификацията на Nakajima съществува дефиниран мускулен съд, който преминава през фасцията и след това достига до кожата, а при тип IV мускулният съд отделя перфоратор, който не преминава през фасцията, а директно достига до кожата.

Тип V е аналогичен на тип С от класификацията на Cormack и Lamberty и включва множество малки септокутанни перфоратори. Тип VI, от своя страна, включва множество миокутанни перфоратори, директно достигащи до кожата.

По отношение на мускулните ламба понастоящем най-широко разпространена е класификацията на Mathes и Nahai [149], в която различните мускули са категоризирани спрямо източника на тяхното кръвоснабдяване в зависимост от това дали имат доминантен, множествен недоминантен или сегментен тип кръвоснабдяване. Така например тип I от класификацията на Mathes и Nahai включва мускулни или мускулно-кожни

ламба, които имат един доминантен хранещ съд, като например *m. gastrocnemius*. Тип II притежава един доминантен и множество малки хранещи съдове с непостоянна характеристика, като например *m. trapezius*. Тип III има едновременно повече от един доминантен хранещ съд, като например *m. serratus anterior*. Тип IV има сегментен тип кръвоснабдяване, като например *m. tibialis anterior*. Тип V има едновременно доминантен и сегментен тип кръвоснабдяване, като например *m. obliquus internus*.

По отношение на костните ламба широко приета е класификацията на Serafin [211], която ги разделя само на два вида в зависимост от това дали имат директно ендосално хранене или се хранят чрез индиректна периостална циркулация.

В някои случаи ламбата биха могли да се комбинират по своеобразен начин с оглед да се възстановят много големи по обем дефекти или различни по вид структури. Такива са съчетаните ламба и химеричните ламба. Една от първите публикации за съчетаните ламба е на Harii, който описва огромно по обем ламбо, формирано от териториите на *m. latissimus dorsi* и слабинното (groin) ламбо, базирано едновременно на торакодорзалната и повърхностната циркумфлексна илиачна система в двата му срещуположни края [96, 99].

Химеричните ламба, от друга страна, представляват разширяване на възможностите на дизайна на стандартните ламба чрез базиране на тъканни острови на различни хранещи съдови клонове, произхождащи от един основен съдов ствол. Класически пример е субскапуларната съдова система и по-специално торакодорзалният или циркумфлексният скапуларен клон, на които могат да се базират ламба от областта на скапулата, от областта на *m. latissimus dorsi*, на *m. serratus anterior* и т.н. Формираните ламба с множество различни тъканни острови дават значителна флексибилност на тъканната реконструкция. Koshima [130] въвежда и принципа на „префабрикирането“ на химерични ламба, при които съдовите системи на различни и иначе независими тъканни ламба биват свързани с предварителна микроанастомоза в последователен ред, така че съдовата система на първото ламбо да захранва второто ламбо и т.н. Това се осъществява или чрез анастомозиране на терминалния край на съдовата система на първото ламбо към проксималната част на хранещия съд на

второто ламбо („Flow True“ анастомоза) или чрез анастомозиране на страничен съд (клон) от съдовата система на първото ламбо към проксималната част на хранещия съд на второто ламбо („Side Flow“ анастомоза).

Едни от най-често използваните **свободни микросъдови ламба за реконструкция на дефекти в лицево-челюстната област** в практиката ни са:

#### *Радиално ламбо*

Радиалното свободно микросъдово ламбо е едно от най-предпочитаните средства за възстановяване на обширни дефекти на устната кухина и фаринкса. Било е популярно още през 70-те години на XX век в Китай, когато е прилагано често като несвободно регионално ламбо, базирано на радиалната артерия и комитантни вени [49, 101]. Това ламбо е описано от G. Yang през 1981 г. [248] и през 1982 г. от Song [218], като до посочения момент двата екипа осъществяват над 100 подобни успешни преноса на радиални свободни ламба. Много скоро след това множество автори оценяват неговите ползи за реконструкция в областта на главата и шията и особено за интраорални покрития. Soutar [222, 223], Cheng [52], Hatoko [101], Chen [49] и др. описват множество полезни приложения на този тип реконструкция. Освен приложението му за дефекти на главата, шията и устната кухина, радиалното ламбо е активно използвано и в ортопедията и травматологията при реконструкцията на трункуса и крайниците.

#### **Анатомия**

Васкуларното кроче на радиалното свободно ламбо се базира на радиалната артерия и нейните комитантни вени и би могло да включва също и повърхностната венозна система на предмишницата, и в частност вена цефалика (v. cephalica) и нейните разклонения. Радиалната артерия (a. radialis) е една от двете крайни разклонения на брахиалната артерия (a. brachialis). Другото ѝ крайно разклонение е улнарната артерия (a. ulnaris), която оформя анастомози чрез повърхностната и дълбоката палмарна дъга (arcus palmaris) с радиалната артерия в дисталната част на ръката. Радиалната артерия с двете ѝ комитантни вени, от своя страна, се разполага между сухожилията на m. flexor carpi radialis и m. brachioradialis в долната половина на предмишницата и между коремчетата на m. brachioradialis и m. pronator teres в горната половина на предмишницата.

Ходът им е между екстензорния и флексорния компартменти, разполагайки се в горна и предна позиция към началото на *m. flexor digitorum profundus*. Първоначално артерията се разполага дълбоко към брахиорадиалния мускул, но придвижвайки се дистално в предмишницата, постепенно се измества по-повърхностно, докато накрая лежи директно под палмарната фасция в областта на китката. По продължение на хода на радиалната артерия различен брой фини септални или септомускулни съдове пробиват повърхностната фасция, за да навлязат към надлежащата кожа. Техният брой е по-голям, но същевременно диаметърът – по-малък в дисталната част на предмишницата, в сравнение с проксималната. Тези септокутанни съдове в дисталната част на предмишницата се разполагат косо от радиалната артерия към интрамускулния септум, за да формират анастомозираща мрежа над фасцията.

По отношение на венозната дренираща система на радиалното ламбо от предмишницата съществуват различни алтернативи. Двата основни пътя, отвеждащи кръвта от тази зона, се базират на повърхностната и на дълбоката венозни системи на предмишницата. Повърхностната система се състои от подкожната венозна мрежа, която отвежда кръвта в двете основни венозни ствола – вена цефалика (*v. cephalica*) и вена базилика (*v. basilica*). Дълбоката венозна мрежа се формира от двете комитантни вени, които съпътстват и са интимно свързани с радиалната артерия. Повърхностната и дълбоката венозни системи комуникират чрез интерконектни вени [75]. По-малката дълбока венозна система се свързва с по-обширната повърхностна система най-често чрез една до три комуникиращи вени в дисталната предмишница. Shirna и кол. [213] описват изследванията си по отношение на съпоставимия общ размер на дълбоката комитантна система и повърхностната система на вена цефалика в горната част на предмишницата.

В нашия опит и практика, следваща разработките и опита на Клиниката по хирургия на главата и шията в Royal Derby Hospital, Великобритания, техниката за оформяне и успешен трансфер на радиалното микросъдово ламбо се базира на венозния дренаж едновременно от дълбоката и повърхностната венозни системи чрез дисециране и откриване

на поне една от наличните комуникантни свързващи вени в областта на антебрахиума и кубиталната ямка.

Радиалното ламбо от предмишницата притежава сензорна инервация от латералния кожен нерв на предмишницата (C5-6), който е дистално продължение на n. musculocutaneus и се раздвоява в преден и заден негов клон. По-големият преден клон се разполага паралелно с вена цефалика и инервира радиалната половина на предмишницата до възвишението на тенара. По-малкият заден клон инервира кожата в задната част на предмишницата до нивото на китката.

Медиалният кожен нерв на предмишницата (C8-T1), от своя страна, преминава през дълбоката фасция с вена базилика, в средната дистална част на горната половина на ръката. Веднага след това се разделя на преден и заден клон. Задният клон се придвижва надолу до нивото на медиалния епикондил, за да инервира голяма част от дорзалната част на предмишницата. Предният клон се придвижва дистално заедно с вена базилика, за да инервира улнарната половина на вентралната повърхност на предмишницата.

Повърхностният радиален нерв (r. superficialis n. radialis) не инервира това ламбо, но би могъл да бъде включен към него като васкуляризиран нервен графт. Повърхностният радиален нерв се разполага в областта на радиалната граница на предмишницата. Първоначално покрит от мускул брахиорадиалис в проксималната част на предмишницата, той пробива мускула така, че да се разположи в близост и латерално до съдовото краче и под повърхностния слой на дълбоката фасция. В дисталната 1/3 на предмишницата той пробива повърхностния слой на дълбоката фасция и се разделя на медиален и радиален клон.

### **Дизайн на ламбото и приложение**

Базирано на артерия радиалис и описаните по-горе венозни системи на комитантните и цефаличната вени, това ламбо може да се пренесе в класическата си фасциокутанна структура или като композитно ламбо, съдържащо част от радиалната кост [220], васкуляризирано сухожилие [192], брахиорадиален мускул [208] и съответен васкуляризиран нерв [103, 113]. Относно обема на кожния компонент почти цялата кожа на предмишницата от антекубиталната фоса до воларните кожни гънки на

китката би могла да бъде пренесена. Разбира се, колкото по-голямо е кожното радиално ламбо, толкова по-голям е остатъчният донорен дефект и същевременно толкова по-къс е хранещият съдов сноп. Дебелината на кожата, от друга страна, варира сред пациентите, но като цяло е по-тънка и нежна в дисталната част на предмишницата. Също така се забелязва, че кожата на предмишницата е цялостно по-тънка при мъжете, отколкото при жените. Съществени разлики между индивидите съществуват и по отношение на окосмяването на кожата на предмишницата, но като принцип – воларната част е доста по-слабо окосмена спрямо дорзалната.

Всичко това е от значение при планирането на приложението на съответното радиално ламбо, което иначе предлага едни от най-разнообразните възможности за решаване на реконструктивни дефекти в човешкия организъм. Разбира се, няма спор относно водещото значение на радиалното ламбо при възстановяването на орални и орофарингеални мукозни дефекти след онкологични резекции. Неговото приложение е описано във всяка една от зоните на тази област [123, 145, 148, 221, 222, 236, 239].

Дълбоката фасция на предмишницата и подкожието биха могли да се вземат като отделно ламбо и без надлежащата кожа. Описани са фасциосубкутанни ламба [113], като едно от основните предимства, които авторите са посочили, е възстановяването на кожата на донорната зона без допълнителен кожен графт и с добра естетика на линейния кожен шев.

Martin и Brown [145] се смятат за едни от пионерите на приложението на радиалното ламбо за интраорални реконструкции. Те описват бърза реепителизация на фасциално субдермалните тъкани и възстановяване на мукозата.

Освен за възстановяване на езика, пода на устната кухина и стените на орофаринкса, които са водещи показания за приложението на радиалното ламбо в устната кухина, то се прилага и за реконструкция на дефекти на небцето и горната челюст. Hatoko [101] описва техния подход за реконструкция на твърдото небце с прегънато радиално ламбо. Двата слоя се използват съответно за реконструкция на двете стени на небцето – към устната кухина и към носната кухина и синусите.



Друго важно приложение в устната кухина е възстановяването на устните, което традиционно представлява голямо предизвикателство. При тези дефекти радиалното ламбо също може да се използва като прегънато двуслойно ламбо, а също така може да бъде композитно ламбо, пренесено в съчетание с брахиорадиалния мускул или сухожилието на *m. palmaris longus*. По отношение на *m. brachioradialis*, въпреки че доминантният му хранещ мускулен перфоратор може да възниква от самата радиална артерия (*a. radialis*) в 40%, от рекурентната радиална артерия (*a. radialis recurr.*) в 33% и от брахиалната артерия (*a. brachialis*) в 37% [237], се смята, че той може да бъде пренесен винаги в радиалното ламбо поради богатата мрежа от вторични съдови перфоратори. Този мускул е използван за цялостна реконструкция на горната устна чрез свързване на краищата му към останалата част на *m. orbicularis oris*. Реинервацията му в този случай се постига най-често чрез анастомоза с букалния клон на лицевия нерв. Takada [227] докладва отлични функционални резултати и електромиографски изследвания в подкрепа на възстановяването на неврорегулацията на мускула след микросъдовия трансфер.

Сухожилието на *m. palmaris longus* също се пренася често в състава на радиалните микросъдови ламба, при случаи на големи реконструкции на устните, за поддържане на вертикалната структура на новоформираната устна и на контурната ѝ стабилност [203].

Радиалното фасциокутанно ламбо би могло да се пренася и чрез формиране на отделни кожни острови чрез деепителизация или субдермална дисекция на свързващите островите кожни зони [31].

Костен сегмент от радиуса, ограничен проксимално от залавното място на *m. pronator teres* и дистално – от залавното място на *m. brachioradialis*, би могъл да бъде взет с ламбото, като максималната дължина е не повече от 10 см (често и по-малко), а дебелината не би могла да надхвърля 40% от обиколката на радиалната кост. В сравнение с други области на тялото, които биха могли да предоставят васкуларизирана кост, радиалната кост значително отстъпва, особено по отношение на реконструкциите, които са натоварени във функционално отношение [166, 235].

### *Фибуларно ламбо*

Въвеждането на това изключително популярно понастоящем ламбо в клиничната практика дължим на Taylor и кол. [230], които за пръв път докладват за успешен трансфер на васкуларизирана фибуларна кост за реконструкция на открита фрактура на тибията през 1975 г. Те също така описват и един доста трудоемък и технически сложен заден достъп за оформяне на това ламбо. Малко по-късно Gilbert [80] въвежда доста по-простения латерален достъп за оформяне на фибуларните ламба през 1979 г., който се използва широко и понастоящем. Chen и Yan [51], от своя страна, са тези, които са описали друга изключително важна възможност в характеристиката на фибуларните ламба, а именно: оформянето и преноса на композитно остеокутанно ламбо.

В първите години фибуларните реконструкции са използвани изключително за възстановяване на дефекти на крайниците, като чак през 1989 г. Hidalgo [105] го използва за възстановяване на дефект при мандибуларна резекция.

Редица детайлни анатомични изследвания изясняват съдовата мрежа от перонеалната артерия (a. peronea) към кожата на латералната подбедрица [46, 47, 51, 175, 215, 243]. Въпреки това, вариабилността на тази мрежа понякога затруднява приложението на фибуларното ламбо за костно-мекотъканни реконструкции на устната кухина и средния и долния лицеви етажи. Въпреки това, множеството му предимства, както и отдалечеността на подбедрицата от областта на главата и шията (позволяваща комфортна двуекипна работа), го правят предпочитан избор при функционалното възстановяване на костни или комбинирани дефекти в областта на главата и шията.

Фибулата е дълга тръбна кост, която въпреки че не участва във функционалното натоварване на долния крайник, притежава дебела кортикална част, която я прави една от най-здравите костни структури, които биха могли да се пренесат за функционална реконструкция. В областта на челюстните кости фибуларните трансплантации биват успешно натоварвани със зъбни импланти, което предоставя добри възможности за цялостна рехабилитация на устната кухина.

Над 20 см от фибуларната кост биха могли да се вземат от донорната зона за микросъдов пренос, като е необходимо да се съхранят между 6–8 см от костта в дисталния и проксималния край, за да се запази стабилността на глезенните и коленните стави. Локализацията на *p. peroneus communis* в проксималната част на подбедрицата също трябва да се има предвид, когато се планира дължината на фибуларния костен трансплантат, но така или иначе достатъчната дължина на фибулата предоставя възможност за възстановяване дори и на тотални мандибуларни дефекти.

### **Анатомия и дизайн**

Перонеалната артерия и комитантните ѝ вени са тези, които осигуряват жизнеността на фибуларното ламбо. *A. peronea* е клон на *a. tibialis posterior*, която, от своя страна, заедно с *a. tibialis anterior* са двата клона на *a. poplitea*. Перонеалната артерия, придружена от двете си комитантни вени, се разполага между *m. flexor hallucis longus* и *m. tibialis posterior* в подбедрицата. В допълнение към това, че е хранещият съд на фибуларната кост и нейния периост, *a. peronea* също дава начало на фасциокутанни перфоратори, които се разполагат в задния септум на подбедрицата и достигат до кожата.

Редица анатомични изследвания са поставяли задачата да изяснят разположението и големината на перфориращите съдове в областта на фибулата, за да подпомогнат планирането и осъществяването на комплексните остеокутанни реконструкции.

Carriguiry [47] съобщава, че диаметърът на перфораторите варира от 0,4 до 1,3 мм, като най-големите по размер се разполагат в краищата на фибулата. Проксималният от тях преминава в близост до *p. peroneus communis* и е наречен *a. peronea circumflexa*. Трябва да се отбележи обаче, че този съд често се представя като клон на задната тибиялна артерия вместо на перонеалната артерия. Chen и Yan [51], от своя страна, наблюдават от 3 до 5 кожни клончета, които излизат от *m. soleus* и се разполагат сегментно по дължината на подбедрицата. Подобни са и наблюденията на Yoshimura и кол. [250], които измерват диаметъра на тези малки съдове в рамките на 0,3 мм. Verru et al. [29] също изследват разположението на кожните перфоратори в латералната подбедрица и

установяват, че има един перфоратор, който постоянно е разположен в срединната точка между главата на фибулата и латералния малеол. В 21 от 23 дисекции кожен перфоратор е установен в радиус от 2 см на тази точка. Shusterman [215] и екипът му в своите проучвания съобщават, че в 20% от 80 анатомични изследвания те не са открили септокутанен перфоратор, а в 6,25% от тези дисекции не са открили дори и мускулен или септомускулен съд. При това те посочват и, че септалните съдове имат тенденцията да се локализируют по-дистално в крака, за разлика от мускулите или септомускулните клончета. Общият анализ в случая води до извода за надеждност на кожния компонент в композитното фибуларно ламбо в порядъка на 93–94%. Същевременно въпреки теоретичната несигурност за надеждността на приложение на кожния остров при фибуларните ламба Wei et al. [244] докладват 100% успеваемост на техните остеокутанни ламба при 80 случая на реконструкция на крайниците и 27 случая на долночелюстни реконструкции. В тяхната оперативна техника авторите позиционират централната точка на кожния остров на границата между средната и долната 1/3 на фибулата. Те също така отбелязват, че задният септум на подбедрицата трябва да бъде включен в ламбото и че по-значимо теглене по време на хирургичното му добиване би могло да бъде пагубно за кръвоснабдяването на кожния остров.

Hidalgo [104], коментирайки тази публикация, дава своето мнение според опита си, че всъщност 91.5% от остеокутанните фибуларни ламба са успешни от гледна точка на дългосрочната съдова надеждност на кожния остров.

Понастоящем една от най-утвърдените и широко използвани техники при дисекцията на кожния остров на композитните фибуларни ламба е тази, описана от Fleming et al. [71], чрез която се препоръчва преден достъп и субфасциална дисекция на кожата. Инцизията трябва да е с по-голяма дължина, която да предоставя флексибилност при нетипично разположение на септокутанния перфоратор. Ако изобщо не се забележат септокутанни перфоратори, тогава трябва да се идентифицират и инкорпорират мускулно-кутанни перфоратори, за да може да се запази кръвоснабдяването на кожата.

Някои автори препоръчват към композитното ламбо да се включи и част от м. флексор халуцис лонгус или м. солеус, дори и след като се идентифицира септокутанен перфоратор, защото последният би могъл да се отклони от септума и да има част, която минава през мускулите по хода си от перонеалните съдове към кожата.

Анатомични изследвания с помощта на инжекционни оцветявания показват, че системата на перонеалната артерия кръвоснабдява кожна територия с размери до над 20 см дължина и до 10 см широчина.

Сетивната инервация на кожата на латералната подбедрица се осъществява чрез n. suralis cutaneus lateralis. Той възниква от n. peroneus communis в или над поплитеалната ямка. Според някои автори този нерв е с непостоянна характеристика [109], като може дори да липсва в до 22% от случаите. N. peroneus comunicans е вторият повърхностен нерв, който пресича територията на фибуларното ламбо. Той също е клон на n. peroneus communis, като впоследствие се присъединява към n. suralis cutaneus medialis, за да формира основния ствол на n. suralis. Връзката между последните би могла да се осъществи на всяко ниво от fossa poplitea до malleolus lateralis, като анатомичните характеристики на Kosinski [132] и на Huelke [109] описват липсата им съответно 50% и 20%. Hayden и O'Leary [102], от друга страна, описват използването на перонеалните комуникиращи клончета като васкуларизирани нервни графтове.

*Ламбо, базирано на дълбоката циркумфлексна илиачна артерия (Deep Circumflex Iliac Artery flap – DCIA)*

Хълбокът и в частност неговият гребен crista iliaca – е едно от най-популярните места от дълги години за добиване на костна тъкан при необходимост от възстановяване на различни костни дефекти. Естествено в голяма част от развитието на хирургичната наука, тази костна тъкан е добивана и прилагана в други части на тялото като невакуларизирани костни блокове или костни парченца, като успеваемостта на възстановяванията е доста променлива и по правило е обратно пропорционална на големината на дефекта.

Голяма част от проблемите при приложението на невакуларизираните костни графтове от crista iliaca са решени след разработването и приложението на микросъдовите техники за васкуларизирани костни и

композитни (костно-мекотъканни) ламба от областта на хълбока, базирани на дълбоката циркумфлексна илиачна артерия и вена (*a./v. circumflexa iliaca profunda ACIP/VCIP*).

Първите описания на значимостта и анатомичното отношение на тези съдови структури към кръвоснабдяването на *crista iliaca* са отново в края на 70-те години, когато в два отделни доклада Taylor от Австралия [231] и Sanders и Mayo [207] от Англия представят своите изследвания по въпроса. Изследванията с инжекционно оцветяване на Taylor и кол. [231] разкриват едновременно периостално и ендостално кръвоснабдяване на цялата илиачна кост от спина илиака anteriор супериор до сакроилиачната става. Sanders и Mayo [207], от своя страна, допълват и разкриват, че дълбоката циркумфлексна илиачна артерия снабдява и кожата в областта на слабините и над хълбока чрез перфориращи клонове, които преминават през трите мускулни слоя на коремната стена.

През 1984 г. Ramasastry et al. [189] описват кръвоснабдяването на вътрешния кос коремен мускул (*m. obliquus abdominis interna*) от асцендиращо клонче (*r. ascendens*) на ACIP, което дава основание за конструиране на два отделни сегмента в композитното илиачно ламбо – костно-мускулен и кожен сегмент, едновременно базирани на ACIP и VCIP. Това анатомично описание също така спомага за подобряване на оперативната техника по отношение на идентифицирането на основния ACIP/VCIP съдов сноп чрез първоначално откриване на асцендентния клон в областта на кòсия коремен мускул (*m. obliquus abdominis internus*) и проследяването му каудално, до връзката му с дълбоката илиачна циркумфлексна артерия и вена (ACIP/VCIP).

### **Анатомия и дизайн**

Дълбоката циркумфлексна илиачна артерия (*a. circumflexa iliaca profunda, ACIP*) се появява като латерален клон на външната илиачна артерия (*a. iliaca externa*) около 1–2 см краниално от ингвиналния лигамент (*ligamentus inguinalae*). Тя преминава в посока към *spina iliaca anterior superior (SIAS)*, обвита от нежна фасция, формирана от покривката на *m. transversus abdominis* и *m. iliacus*. В по-дисталната си част тя се разполага по вътрешната повърхност на илиачната кост в своеобразна вдлъбнатина, формирана отново от връзката между *m. transversus abdominis* и *m. iliacus*. Някои изследвания [73] показват, че тази вдлъбнатина е локализирана от

0,4 до 2,2 см по-надолу от вътрешния ръб на *crista iliaca*. По пътя си ACIP отделя асцендентно клонче (*r. ascendens*) към *m. obliquus internus* и периостални и ендостални костни клонове към илиума (*os ilium*). Перфориращите клонове към надлежащата кожа преминават през трите слоя на коремната мускулатура и могат да бъдат непостоянни по своето количество и разположение. Самата ACIP завършва като хранещ съд към кожата, около 9–10 см дистално на SIAS.

Някои анатомични изследвания [73] показват, че ACIP има среден диаметър между 2–3 мм, а VCIP притежава диаметър около 3–5 мм преди да се влее в илиачната вена (*v. iliaca*).

Един от недостатъците на васкуларното краче на илиачното ламбо е неговата неголяма дължина, която се оценява на около 5–7 см за артерията ACIP и с 1–3 см повече за VCIP поради медиалното разположение на илиачната вена спрямо едноименната артерия.

Важно отношение към анатомията и оперативния подход на илиачното микросъдово ламбо има вътрешният кос коремен мускул (*m. obliquus internus abdominis*), който представлява сравнително тънък и плосък мускулен лист, разположен между външния кос коремен мускул (*m. obliquus externus abdominis*) и напречния коремен мускул (*m. transversus abdominis*). Неговото начало е от тораколумбарната фасция, вътрешната повърхност на *crista iliaca* и ингвиналния лигамент, а захващането му е между 10-то и 12-то ребро и влагалището на правия коремен мускул (*m. rectus abdominis*).

Както бе споменато по-горе, *m. obliquus internus abdominis* се кръвоснабдява основно от възходящо клонче от ACIP, въпреки че други по-малки клончета от *a. epigastrica profunda inferior*, *a. thoracica interna* и *aa. lumbales* имат отношение към него. Асцендиращият клон на ACIP е сравнително голям съд, приблизително 1–2 мм в диаметър, който достига вътрешната повърхност на *m. obliquus internus* и не продължава към надлежащата кожа.

В някои анатомични изследвания [189, 231] се оформят три различни варианта на възникване на асцендентния клон от ACIP. В около 65% от случаите той се разклонява на около 1 см навътре от SIAS. В около 15% от случаите започва началото си между 2 и 4 см навътре от SIAS, а в останалите 20% съществува не един определен асцендиращ клон, а

множество по-малки клонове, които навлизат в мускула на различна дистанция от SIAS.

Също така вътрешният кос коремен мускул притежава сегментна инервация от долните торакални (T8-T12), илиохипогастричните (L1) и илиоингвиналните нерви (L1), следователно е много трудно да се използва за динамична лицева реконструкция и реинервация.

N.femoralis cutaneus lateralis също има отношение към зоната на илиачното ламбо, разполагайки се медиално на SIAS, повърхностно или в дълбочина на ACIP и VCIP. Той често бива срещан или прекъсван при хирургичната дисекция и ние често предупреждаваме пациентите, че биха могли да имат трайно изтръпване в областта на медиалната част на бедрото след подобни операции. Този нерв също така може да бъде взет като свободен графт при едновременна необходимост от анастомозиране на периферни нервни структури в областта на главата и шията.

Трябва да се отбележи също така и фактът, че n. femoralis също така преминава в близост (дълбоко медиално) на зоната на дисекция на илиачното ламбо и че трябва да се вземат изключителни мерки за неговото предпазване.

Богатата васкуларизация на илиачната кост позволява значителна флексибилност по отношение на големината и формата на сегмента от crista iliaca, който би могъл да бъде взет за микроваскуларна реконструкция. Като цяло, илиачната кост е съставена от дебел слой спонгиоза, разположена между тънък вътрешен и външен слой компакта. Костното ламбо би могло да бъде ориентирано в различни посоки, като естествената извивка на илиачния гребен в доста случаи улеснява приложението му при реконструкции на лицевите и по-специално на челюстните кости. Височината на костния трансплантат би могла да бъде увеличена чрез оформяне на остеотомните линии по-дълбоко в тялото на илиачната кост.

Още от описанието на Manchester [143] през 60-те години на миналия век е демонстрирано, че задната част на тялото, ъгълът и клонът на долната челюст могат приблизително точно да се репликират от предната част на криста илиака и по-специално зоната около SIAS. Илиачната кост може да бъде допълнително контролирана чрез прецизни остеотомии за възпроизвеждане на симфизата на долната челюст или централната част



на алвеоларния гребен на горната челюст. Ако остеотомииите се направят по външната част на възстановяващия костен трансплантат, отварянето на сегментите води до дълбоки и широки клиновидни дефекти по външния контур, които биха могли да отслабят и нарушат целостта на реконструктивната костна структура, и да причинят допълнителна резорбция на костните фрагменти. Поради това се предпочита сегментирането на илиачната кост да се осъществява чрез клиновидни остеотомии и отнемане на костни шпанове от вътрешния контур на костта, така че дъгообразното контуриране да завърши с една непрекъсната и плавно извита костна линия.

Всички тези значими трудности в планирането и оформянето на костния трансплантат понастоящем биват най-успешно разрешавани с помощта на 3Д виртуалното планиране, моделиране и принтиране, за което ще стане дума по-долу в настоящия обзор.

По отношение на реконструкциите на костни структури в областта на лицето с васкуларизирани илиачни ламба едно от най-широките приложения, както е споменато по-горе, е в областта на челюстните кости.

Костни трансплантати с дължина до около 15–16 см биха могли да бъдат оформени в областта на гребена на илиачната кост. И въпреки че тоталните или субтоталните дефекти на долната челюст понастоящем се реконструират предимно с фибуларни ламба, зоната на *crista iliaca* съперничи достойно и е също така много предпочитана донорна област. Още повече, че илиачното микросъдово ламбо би могло да бъде оформено и като композитно – като особено мускулният компонент, формиран от вътрешния кос коремен мускул, дава възможност на хирурга да го позиционира по начин, по който или да покрие неомандибулата, или да възстанови съседни мукозни дефекти в областта на пода на устната кухина, езика, орофаринкса, небцето, бузата и т.н.

Salibian et al. [205, 206] описват интересна концепция за илиачно osteoкутанно ламбо при резекция на предната част на долната челюст, пода на устната кухина и езика, при което костта е поставена хоризонтално в областта на долната челюст и пода на устната кухина, а кожата е оформена така, че да реконструира езика. За да подобри васкуларизацията на трансплантата и да осигури по-голяма възможност за успех на

микроваскуларния трансфер, той анастомозира едновременно дълбоката и повърхностната циркумфлексна илиачна артерия основно със съображението от потенциалната недостатъчност на циркулацията в областта на кожата, в случай че се разчита само на дълбоката циркумфлексна илиачна артерия.

Съществуват също така и различни съобщения за приложението на илиачната кост за функционална реконструкция на челюстите и натоварването със зъбни импланти или за реконструкция на дефекти по базата на черепа чрез композитно ламбо от илиачната кост и вътрешния кос коремен мускул [189, 194], както и много други полезни приложения на това изключително реконструктивно решение.

#### *Ламба, базирани на субскапуларната система*

Системата на *a. subscapularis* е една от най-удивителните в областта на микросъдовата реконструктивна хирургия по отношение на разнообразието на тъканни ламба, които тя би могла да предложи. Базирани на нейните разклонения, са описани следните ламба: скапуларно фасциокутанно ламбо; параскапуларно фасциокутанно ламбо; скапуларно и/или параскапуларно остеофасциокутанно ламбо; мускулно (миогенно), миокутанно или остеомиокутанно ламбо от областта на *musculus latissimus dorsi* и мускулно, миокутанно или остеомиокутанно ламбо от областта на *musculus serratus anterior*. Harii et al. [97, 98] в допълнение описват комбинация едновременно между миокутанни ламба от *latissimus dorsi* и *serratus anterior* за възстановяване на комплексни дефекти на устната кухина и бузата. Batchelor et al. [24] докладват и за възстановяване на цялостен дефект на скалпа с кожно ламбо от територията на скапуларната, параскапуларната и латералната торакална области.

При докладването на обширна серия пациенти Swartz et al. [226] съобщават за използването на миокутанно ламбо, базирано на *latissimus dorsi* за реконструирането на сложни дефекти на устната кухина. В неговия подход те възстановяват симфизата на долната челюст с латералната част на скапулата, а подът на устната кухина с кожния скапуларен остров. Същевременно той използва кожния остров от областта на *latissimus dorsi* за възстановяване на външните лицеви кожни дефекти.

По подобен начин Granick и кол. [84] описват приложението на композитно ламбо от скапулата и *latissimus dorsi* за възстановяване на

комплексни дефекти на устната кухина и лицето, но предпочитат да не включват кожата в областта на ламбото поради нейната изразена дебелина, а да приложат свободен кожен графт върху трансферирания мускул. Тези автори също така съобщават за използването на реинервиран *m. latissimus dorsi* за функционална реконструкция на долната устна. Те свързват краищата на *m. latissimus dorsi* към *m. orbicularis oris*, а торакодорзалния нерв анастомозират към долния ствол на лицевия нерв.

Освен долночелюстни дефекти, скапуларните ламба предоставят възможност и за реконструкция на горната челюст и средния лицев етаж. Долната част на скапулата и по-специално нейният връх биват разпознати от много автори като особено подходящи за възстановяване на небцето и максиларния алвеоларен гребен [21, 116].

### **Анатомия**

Анатомичната основа на тази богата кохорта от тъканни ламба е субскапуларната артерия и кореспондентната ѝ вена (*a./v. subscapularis*), от която произхождат всички съдови разклонения, захранващи описаните по-горе тъкани. Субскапуларната артерия от своя страна е разклонение на третата част на аксиларната артерия (*a. axillaris*), а нейно продължение са *a. circumflexa scapulae* (ACS) и *a. thoracodorsalis* (ATD), които, от своя страна, се разклоняват, за да захранят голяма част от тъканите на медиалната и латералната част на гърба. ACS преминава след отделянето си през триъгълно пространство, в което отдава клончета за *m. teres major* и *minor* и периостални клончета за латералния ръб на скапулата. ACS завършва като отделен трансверзален (*r. transversus*) и десцендиращ (*r. descendens*) клонове, които достигат до кожата на скапуларната и параскапуларната области. По нейния път ACS е придружена от две комитантни вени с диаметър между 2,5 и 4 мм. В повечето случаи тези две вени се вливат във *v. thoracodorsalis*. В по-малък процент от случаите те се вливат директно във *v. axillaris*. Според Rowsell средният диаметър на ACS е около 4 мм, а максимумът би могъл да достигне до около 6 мм в проксималната ѝ част [201]. Други автори, като Dos Santos [64] обаче, описват по-малък диаметър на ACS в границите до около 2,8 мм. Въпреки този добър микросъдов диаметър на ACS, един от сериозните недостатъци на скапуларното ламбо е сравнително късата дължина на съдовия сноп (ACS), който при използване само на кутанно ламбо е в областта на 4–6 см, а ако артерията се вземе при отделянето ѝ от *a. subscapularis* и се оформи по-дебело

компонентно ламбо, би могъл да се удължи в рамките на до 7–10 см. В някои случаи би могло да се достигне до максималната дължина на съдовото краче, в рамките и на до 11–14 см [169], когато микроваскуларната дисекция се продължи до връзката на субскапуларната артерия с а. axillaris, но, разбира се, този подход крие и значими рискове.

Същевременно другият клон на субскапуларната артерия – а. thoracodorsalis, захранва м. latissimus dorsi и надлежащата кожна територия чрез перфориращи съдове, като отдава и костно клонче за върха на скапулата, което според някои автори е представено в 100% от анатомичните дисекции [54]. Този т.нар. ангуларен клон на а. thoracodorsalis се отделя от нея в 58% от случаите проксимално на клона за м. serratus anterior, а в останалите 42% е разклонение на самия клон за м. serratus anterior. Интраоперативно ангуларният клон се открива при дисекция на тъканния план между мускулите teres major и latissimus dorsi. Самият m.teres major след това бива дисециран, за да се проследи напълно клонът и малка част от него остава захваната за скапулата.

Кожните сетивни нерви, които инервират скапуларната област, произлизат от задните клонове на спиналните нерви. Те обикновено не се използват за анастомозиране и осъществяване на възстановявания със сетивно инервирани кожни ламба.

### **Дизайн**

Скапуларното ламбо, базирано на трансверзалния клон на ACS, се свързва първоначално с изследванията на Dos Santos [63, 64], а на параскапуларното ламбо, базирано на десцендентния клон на ACS – с публикациите на Nassif et al. [169]. Анатомичните изследвания на Kim et al. [124] потвърждават характеристиката на скапуларните и параскапуларните ламба като фасциокутанни. Тези автори също така демонстрират, че ACS преминава през слоевете на дорзалната торакална фасция, която следствие на това сама по себе си би могла да бъде трансферирана като тънка васкуларизирана тъкан. Анатомичните характеристики на дорзалната торакална фасция и на трансверзалния и десцендентния клон на ACS дават основание да се оформят различни тъканни острови в едно ламбо, които едновременно да бъдат пренесени, единствено аностомозирайки ACS.

От друга страна, възможностите на трансфер на васкуларизирана кост от латералната част на скапулата драстично увеличават флексибилността на скапуларните реконструкции, особено в областта на главата и

шията. Дължината на скапуларната кост, която може да бъде включена в ламбото, варира значително между пациентите, но би могла да се определи в общите граници между 10 и 14 см. Тя е ограничена краниално от гленохумералната става, която трябва да бъде предпазена чрез запазване на достатъчно количество околна кост. Едно от основните приложения на скапуларната кост намира място при оромандибуларните реконструкции, въпреки че недостатъчната ѝ дебелина много често затруднява или прави невъзможна рехабилитацията с дентални импланти. Тънката средна част на латералната скапуларна граница би могла да се използва за реконструкции на орбиталните стени или небцето.

Като цяло периосталният тип кръвоснабдяване на скапулата позволява остеотомиране на костния сегмент за оформяне на съответния реконструктивен контур, но за да се запази кръвоснабдяването особено на дисталните сегменти, трябва задължително да се предпази не само периостът, но и определен обем от надлежача мускулна тъкан.

Swartz et al. [226] описват удължаване на костния сегмент към медиалния край на скапулата, за да осигурят допълнителни 3–4 см костна тъкан, въпреки че впоследствие наблюдават доказателства за липса на васкуларизиране на дисталните сегменти, незарастване на костта в областта на остеостомиите и в крайна сметка оформяне на секвестри.

В началото на 90-те години се появяват съобщения [54] за съществуването на отделно кръвоснабдяване на долната част на скапулата и в частност нейния връх, базирано на ангуларния клон на торакодорзалната артерия (r. angularis, a. thoracodorsalis). Основната заслуга за това откритие се приписва на Deraemaecher [62] и понастоящем тази съдова характеристика се използва широко, за да се запази васкуларизацията на дисталните сегменти на скапуларната кост и да се оформят най-разнообразни композитни ламба.

*Изцяло мекотъканни микросъдови ламба за възстановяване на обширни композитни дефекти*

В случаи на комплексни костно-мекотъканни дефекти на главата и шията и особено след резекции на обширни първични или рецидивни малигнени процеси, както и в случаи на т.нар. спасителна хирургия (salvage surgery) при рецидивни процеси след химио/лъчетерапия, особено тези, засягащи среден и горен лицев етаж, база на черепа, орбита и т.н., често се предпочитат миокутанни ламба, притежаващи голям обем и най-вече

значителен мускулоадипозен компонент, на който се разчита за успешната облитерация на кухинните дефекти и предпазване от интракраниални усложнения в случаите на граничните дефекти.

Основни представители на тази група реконструктивни инструменти са ламбото от предната коремна стена (на англ. rectus abdominis flap) и ламбото от предно-латералната част на бедрото (на англ. anterolateral thigh flap, ALT).

#### *Ламбо от предна коремна стена*

Ламбото от предната коремна стена е много популярно за възстановяване на обширни дефекти не само в областта на главата и шията, но и на останалата част на тялото поради достъпната му позиция, сравнително лесната техника за оформяне, добрата съдова дължина и диаметър, както и цялостната му надеждност.

То би могло да се базира както на долните дълбоки епигастрични артерия и вена (a./v. epigastrica prof. inf.), така и на горните дълбоки епигастрични съдове (a./v. epigastrica prof. sup.), но в последния случай съдовото краче е по-късо и фино, поради което долният съдов достъп е предпочитан в повечето случаи. Изключения правят техниките за регионален трансфер на ламбото, базирано на горните дълбоки епигастрични съдове, в случаи на общи предни торакални дефекти или дефекти на гърдите.

Самите прави коремни мускули заемат срединната част на коремната стена по цялото и протежение от os pubis до долната част на гръдната клетка, като са разделени един от друг с фасциалното удебеляване – linea alba. Съответният от тях може да бъде взет за микросъдов трансфер както самостоятелно, така и в комбинация с надлежащата мастна тъкан и кожа. Обемът на мастната тъкан, от своя страна, е в пряка връзка с хабитуса на пациента, но като цяло е в по-голямо количество в долната и средната част на коремната стена и в по-малко количество в близост до ребрата.

#### **Анатомия**

От анатомична гледна точка правият коремен мускул е III тип според класификацията на Mathes and Nahai [149], с две доминантни съдови крачета – a. epigastrica prof. sup., която е продължение на a. mammaria int. и a. epigastrica prof. inf., която е клон на a. iliaca ext., отделящ се точно

срещуположно на друга важна от микросъдова гледна точка артерия – а. circumflexa ilium prof., свързана с по-рано описаното васкуларизирано ламбо от crista iliaca. Двете доминантни артерии на правия коремен мускул се съпровождат от едноименни вени и се разполагат вертикално и срещуположно една на друга. В областта на пъпа се разклоняват в множество малки капилярни съдове, образуващи обща интерконекторна мрежа. Средният диаметър на а. epigastrica prof. inf. е 2–4 мм, който е около два пъти по-голям от срещуположния ѝ аналог – а. epigastrica prof. sup.

Инервацията на правия коремен мускул е сегментна, от долните 6 интеркостални нерва, които са смесени по своя характер – сетивно-моторни, и за да достигнат до мускула, преминават между m. obliquus abdominis и m. transversus abdominis и достигат до срединната зона на задната повърхност на rectus abdominis, откъдето се разклоняват в него [66].

За описанието на това ценно ламбо заслуга имат Brown [40] и Drever [65], които използват основно регионалните му качества, както и Pegnnington и Pelly [184], които описват микроваскуларните му характеристики.

### **Дизайн**

Дизайнът на ламбото в донорната зона би могло да се осъществи както във вертикален план, така и по напречна линия. В първия случай ламбото е известно като VRAM ламбо (от англ. Vertical Rectus Abdominis Muscle flap), а във втория като TRAM ламбо (от англ. Transverse Rectus Abdominis Muscle flap). TRAM ламбото, от своя страна, е популярно при реконструкции на млечните жлези и е често предпочитано от колегите ни пластични и реконструктивни хирурзи в тези и други случаи. В нашата практика прилагаме основно VRAM ламба поради добрия и хомогенен обем на тъканите и изявената мускулна компонента. От така ориентирания ламба бихме могли да оформим и надеждни сегменти за повече от една външна стена на триизмерни дефекти (вж. фиг. 34–37), като например комбинирания екстра/интраорални дефекти, екстра/интраназални дефекти и др., които нерядко се срещат в лицево-челюстната патология.

### *Ламбо от предно-латералната област на бедрото*

Това микросъдово ламбо е също популярно сред повечето хирурзи, които изтъкват предимствата му по отношение на големия мекотъканен обем, двуекипната работа, достъпността на дисекционния васкуларен план,

както и моделирането на обема в зависимост от хода на перфорантните съдове. Би трябвало да се отбележи също така, че то е изключително широко използвано сред пациентите в Азия, като много често замества радиалното ламбо за интраорални, фарингеални и други реконструкции. Още през 2002 г. Wei и сътр. [245] и Gedebou и сътр. [77] описват серии съответно с 672 и 1284 пациенти, изразяващи предпочитание към това ламбо, като основна реконструктивна опция, особено при пациенти с дефекти в областта на главата и шията.

### **Анатомия**

Самото антеролатерално бедрено ламбо е свързано с *m. vastus lateralis* и е понастоящем най-използваното от 4 съседни ламба, които Song et al. [219] описват през 1984 г. от областта на задната, предно-медиалната и предно-латералната части на бедрото. *M. vastus lat.* от своя страна е най-големият мускул, изграждащ комплекса на четириглавия бедрен мускул (*m. quadriceps femoris*) и се разполага между *m. vastus intermedius*, *m. biceps femoris* и *m. rectus femoris*. Според класификацията на Mathes и Nahai [149] той е I тип мускул, захранван от един доминантен съдов педикул – *r. descendens* на *a. circumflexa femoris lat.*, който се съпровожда от две комитантни вени. Съдовото краче има проксимална средна дължина след отделянето си от около 6–8 см, преди да достигне вътрешната страна на мускула и да започне да отдава перфоратори към кожата. То би могло да се открие лесно в триъгълника, образуван от *m. vastus lat.*, *m. rectus femoris* и *m. tensor fasciae latae*.

Основният проблем, свързан с това ламбо, е вариабилността на съдовата му анатомия и особено локализацията и ходът на перфорантните съдове между съдовото краче и кожата. Приема се, че в около 80% от случаите перфориращите съдове към кожата са с интрамускулен ход и само в около 20% се разполагат между мускулите или по-точно – в интрамускулния септум [125], което от своя страна улеснява дисекцията и позволява оформянето на тънки септокутанни ламба (подобни на радиалните ламба). Тази характеристика пък е особено важна при оралните и орофарингеалните реконструкции. В същата серия [125] се описват и около 5% случаи на невъзможност за откриване изобщо на кожни перфоратори. Иначе във всички случаи на интрамускулен ход на



перфораторите, описани по-горе, при оформяне на ламбото би трябвало да се вземе значителна дебелина на мускула и надлежащата подкожната мастна тъкан, което определя и повишената му дебелина при някои пациенти.

### **Дизайн**

С посочените по-горе основни анатомични детайли е свързан и самият дизайн на ламбото. Имайки предвид вариабилната съдова анатомия, която трудно се верифицира предоперативно поради малкия диаметър на перфориращите съдове, клинично съществува ориентир в планирането на това ламбо, който насочва, че най-сигурно е откриването на кожни перфоратори (1 до 2 броя) в 3 см радиус около срединната точка по линията между *spina iliaca anterior superior* (SIAS) и латералната част на *patella* (вж. фиг. 41). Разбира се, тази закономерност се верифицира предоперативно с помощта и на доплерово ултразвуково изследване, но въпреки това, поради малкия диаметър и криволичешия ход на съдовете към кожата локализацията би могла да бъде предизвикателство. Поради това се препоръчва при оформяне на ламбото да се започне с медиалната инцизия с ход поне на 2–3 см медиално от интрамускулния септум (т.е. върху *m. rectus femoris*) и след откриването на интрамускулния септум, визуализацията на основното съдово краче, както и на съответните перфоратори към кожата, да се оформи окончателният дизайн на кожния остров [240]. Иначе описаните размери на антеро-латералното бедрено ламбо биха могли да бъдат значими, дори до 25–30/18–20 см [131], което съвместно и с възможността за оформяне на допълнителни кожни острови, при наличието на повече от един перфоратор, значително помага при реконструкцията на обширни дефекти. В тази насока съществуват съобщения и за химерни ламба, базирани на латералната циркумфлексна феморална система [130].

\* \* \*

Към цялата тази група от свободни микросъдови реконструктивни ламба, които прилагаме в нашата практика, е редно да се добави описанието и на може би най-важното регионално аксиално ламбо за областта на лицето и шията – пекторалното ламбо, което също е изпитано и

надеждно средство в реконструктивната практика. То има изключително широко поле на приложение за възстановяване на дефекти на външната част на лицето, устната кухина, фаринкса, базата на черепа, шията и т.н. И въпреки че би могло да се приложи като свободно микросъдово ламбо поради близкото топографско разположение на съдовия сноп към областта на шията, това възстановяване се прилага в нашата област изключително като регионално аксиално ламбо, което още от самото начало на своето съществуване е определено като „движима сила“ в реконструкциите на главата и шията [142].

### *Пекторално ламбо*

Големият пекторалис (*m. pectoralis major*) е ветрилообразен мускул, заемащ голяма територия от предната повърхност на гръдния кош и покриващ в различна степен малкия пекторален мускул (*m. pectoralis minor*), предния зъбчат мускул (*m. serratus anterior*) и междуребрениите мускули (*mm. intercostales*).

В средата на миналия век реконструктивни възможности, базирани на пекторалния мускул, са описани за възстановяване на дефекти по съседство в областта на гръдния кош и в частност – за медиастинална реконструкция и протекция на големите съдове [217], за медиални торакални дефекти [41], за дефекти на стернума [110] и останалите части на гръдната стена [185].

Към края на 70-те години на XX в. първи Ariyan и Suono [19, 20] разкриват огромните възможности на пекторалното ламбо за възстановяване на комплексни дефекти в областта на главата и шията. Това тяхно постижение полага основите на фундаментален прогрес по отношение на възможността едноетапно след резекцията хирургичният екип да разполага с голям обем добре васкуларизирани тъкани и да осъществи както максимално радикална аблация, така и едномоментна надеждна реконструкция.

От гледна точка на основните недостатъци на пекторалното ламбо се отбелязват – подчертаната му дебелина, особено при пациенти с повишени подкожни мастни натрупвания в областта на гръдния кош, наличието на млечните жлези в пекторалната област при жените, както и изразеното

окосмяване на гръдната стена при мъжете. Проблем съществува и с ненадеждната от реконструктивна гледна точка костна структура, свързана с това ламбо – зоната на ребрата. По отношение на последното още Суоно и Ариуан съобщават за успешен трансфер на V-то ребро в състава на остеомиокутанното пекторално ламбо за оромандибуларна реконструкция [59], но скоро след това се разкрива значимият процент на отпаднали ребрени графтове [27, 135] най-вече поради липсата на ендосално костно кръвоснабдяване на костния компонент и грацилността на ребрената кост, особено когато се използва за функционално натоварени зони, като челюстните кости.

### **Анатомия**

Доминантният съд на пекторалното ламбо е торакоакромиалната артерия (*a. thoracoacromialis*), която е клон от втората част на *a. axillaris*. Скоро след отделянето си, *a. thoracoacromialis* се разделя на четири клона – *r. deltoideus*, *r. acromialis*, *r. clavicularis* и *r. pectoralis*, като първите три имат възвратен ход, докато последният се спуска косо медико-каудално по вътрешната повърхност на *m. pectoralis major* и освен че захранва самия мускул, отделя перфориращи съдове към надлежащата кожа. Артериалният съд се съпровожда от една до две комитантни вени.

Пекторалният мускул има частично кръвоснабдяване и от *a. thoracica lateralis* в латералната си част, както и от *a. mammaria interna* в медиалната си част, които с оглед на подобряване на обема и дъгата на ротация при пренос на ламбото се дисецират, лигират и прекъсват.

Инервацията на *m. pectoralis major* е от C5-C7 клонове латерално и C8-T1 клонове медиално, като по правило ламбото се денервира при трансфер, с оглед неприятните постоперативни усложнения, свързани с пекторални мускулни спазми и контрактури в реконструктивната зона и шията, ако двигателният нерв се запази. Моторната невротомия помага и по отношение на постоперативната денервационна атрофия на мускула, което води до изтъняване на ламбото – особено важно при интраорални реконструкции.

Дизайнът на пекторалното ламбо може да бъде изключително разнороден, като от голямата територия на пекторалната кожа биха могли да се оформят един или няколко кожни острова с елипсовидна, правоъгълна, овална или неправилна (индивидуализирана) форма. Важно е обаче да се има предвид, че надеждността на кожния остров е пряко

свързана с количеството на перфориращите съдове, достигащи до него във връзка и със зависимостта, че колкото по-периферно от хранещия съд е разположен един кожен остров и колкото по-малък е той на площ, толкова по-малко миокутанни перфоратори се очаква да има в него.

### **Микросъдова и дигитално-асистирана реконструктивна лицева хирургия в България**

Началото на развитието на микросъдовата реконструктивна хирургия в България е поставено от секцията по хирургия на ръката към Ортопедичната катедра на болница „Царица Йоанна – ИСУЛ“, още от средата на XX век. Там под ръководството на проф. Янаки Холевич, проф. Елена Панева-Холевич, проф. Иван Матев и др. се създават условия за разработване и усъвършенстване на много съвременни хирургични методи в тази област [12]. Създават се също така и условия за развитие на реплантационна хирургия на ръката, която, от своя страна, е базирана изключително на микросъдови хирургични техники. Сериозна експериментална подготовка в тази насока откриваме в публикацията на д-р Дончо Попов и д-р Павка Тричкова в *Journal of Plastic and Reconstructive Surgery* през 1977 г., озаглавена „Нова техника за край-в-стена анастомоза в микросъдовата хирургия“ [187].

По-нататък успехите на реплантационната микрохирургия в ИСУЛ се свързват тясно с името на проф. Бинка Попова, която също така от 70-те години на XX век е част от състава на клиниката, и след задълбочена подготовка и микрохирургични курсове в Украйна и в САЩ, в средата на 80-те години осъществява първата успешна клинична микрохирургична реплантация на травматично ампутирана част от горен крайник в България. В следващите десетилетия тя и екипът ѝ осъществяват стотици успешни микросъдови реплантации, като постигнатият въз основа на това още по-голям успех е създаването на микрохирургична школа, чиито активни представители и понастоящем са: проф. д-р Маргарита Кътева, доц. д-р Роман Романски, д-р Елена Матева и др.

След последователно придобиване на специалности по ортопедия и травматология и пластична и реконструктивна хирургия, доц. д-р Роман Романски развива множество техники на микросъдовата реконструктивна хирургия на цялото тяло в Клиниката по пластично-възстановителна и естетична хирургия на Александровска болница [198, 199]. Тази му дейност последва и осъществената от него профилна специализация по

микросъдова реконструктивна хирургия при проф. Миломир Нинкович в Мюнхен.

В края на 90-те години на XX век, след микросъдова специализация на доц. д-р Васил Свещаров в Япония, Агенцията за международно сътрудничество на Япония (JICA) подпомага значимо развитието на микросъдовата хирургия в България чрез безвъзмездно дарение на един операционен микроскоп за реконструктивна микрохирургия Olympus OME 5000 с пълно окомплектоване и един микроскоп за лабораторна подготовка на микросъдовите екипи.

С помощта на тази техника и високите умения на доц. д-р Романски, както и практическото сътрудничество, ръководената по-късно от него Клиника по пластично-възстановителна и естетична хирургия с Катедрата по орална и лицево-челюстна хирургия на Стоматологичния факултет в София и Специализираната болница за активно лечение по лицево-челюстна хирургия (СБАЛ по ЛЧХ), се достига до началото и на регулярна колаборация с десетки успешни микросъдови реконструкции при комплексни дефекти на главата и шията още от началото на XXI век [7, 14, 197].

Сред пластично-възстановителните хирурзи в България, притежаващи международен опит в областта на микросъдовата реконструктивна хирургия, е и доц. д-р Йордан Йорданов, дм, осъществил специализации по реконструктивна микрохирургия в Испания и САЩ и публикувал у нас по въпросите на експерименталната микрохирургия [13]. Същевременно в университетските клиники по пластична хирургия и изгаряния, както и в някои клиники по ортопедия, травматология и хирургия на ръката в УМБАЛСМ „Н.И.Пирогов“ – София, УМБАЛ „Св.Георги“ – Пловдив, ВМА МБАЛ – Варна, УМБАЛ, УМБАЛ „Софиямед“, УМБАЛ „Болница Токуда“, УМБАЛ „Медика“ – Русе и др., както в годините назад, така и понастоящем се осъществяват на регулярна база сложни пластично-възстановителни и реконструктивни операции в областта на цялото тяло, вкл.и с техниките на микросъдовата хирургия.

От страна на лицево-челюстната хирургия, значим принос в развитието на реконструктивните подходи при комплексни скелетни лицеви дефекти и деформации, включително и с методите на микросъдовата хирургия, има проф. д-р Антон Джоров, дмн. Той специализира по проблемите на микроваскуларната хирургия във Военната болница в Прага,

и в Националния хирургичен център „Братя Амехейрас“ в Хавана. Разработва и защитава докторска дисертация на тема „Актуални хирургични методи за реконструкции и автогенно възстановяване на долната челюст“ [5], в която съобщава за първата лицево-челюстна операция с микросъдов трансфер на ламбо от илиачната област за реконструкция на мандибуларен дефект, осъществена от него през 1995 г. съвместно с проф. д-р Станко Киров и д-р Росен Коларов. През 2006 г. той докладва за първите в България успешни микросъдови илиачни автотрансплантати, трансферирани в лицево-челюстната област и използвани за възстановяване на сложни мандибуларни дефекти при пациенти на 8 и на 32-годишна възраст [6]. И трите гореспоменати операции са осъществени в интердисциплинарна колаборация, по отношение на съдовата дисекция, със знаменития български хирург, проф. д-р Станко Киров, учител и вдъхновител на няколко поколения хирурзи. През 2015 г. проф. Джоров описва друга серия от 8 успешни микроваскуларни реконструкции на долната челюст, сред които 3 илиачни и 5 фибуларни ламба [7]. През 2017 г. в своя дисертационен труд на тема „Скелетни репозиции, реконструкции и фиксации в лицево-челюстната област“ [8] той съобщава за 100% успеваемост в серия от илиачни и фибуларни свободни микроваскуларни трансплантати за реконструкции на долна челюст, и подчертава надеждността на метода, вкл.и по отношение на натоварването с интраосални дентални импланти. Също така формулира различни теоретични постановки за заздравителните процеси при костните пластички, базирани на собствени хистологични и рентгенови изследвания, клинични наблюдения и анализ на литературата.

Проф. Джоров е и първият лицево-челюстен хирург в България публикувал задълбочено по въпросите на дигиталните 3Д технологии в хирургията на лицето, а също така и по въпросите на съпоставянето на микросъдовия метод с другия основен съвременен метод за комплексни костни възстановявания – този на дистракционна остеогенеза [9, 10]. През 2002 г. той описва серия от 4 клинични случаи от областта на травматологичната, ортогнатичната и онкологичната лицево-челюстна хирургия, при които е приложен 3D SSD метод на обследване, за прецизиране на диагностиката и локализацията на патологичния процес [2]. През 2003 г. публикува обзор върху приложението на триизмерните компютърно-томографски образи и модели в стоматологичната, лицево-

челюстната, ортогнатичната и кранио-фациалната хирургия в сп. Quintessenz [3], а през 2004 г. предлага и прилага метод за определяне размера и анатомичната форма на автогенни костни трансплантати по триизмерна компютърна томография на черепа, в интердисциплинарна колаборация с д-р Иво Николов от Катедрата по образна диагностика към ВВМИ – София [4]. През 2018 г. проф. Джоров представя своя богат и многостранен опит върху реконструкциите на комплексни дефекти в лицево-челюстната област в монографията си „Скелетни реконструкции в лицево-челюстната област“ [11].

Друг водещ специалист по лицево-челюстна хирургия, имащ принос към въвеждането на дигиталните методи и технологии в областта на хирургията на лицето, е проф. д-р Павел Станимиров. Той също така в интердисциплинарна колаборация с доц. д-р Димитър Йовчев и проф. д-р Христина Михайлова от Катедрата по образна и орална диагностика на ФДМ, МУ – София, съобщава още през 2014 г. за сегментиране на конично-лъчев компютър томографски (СВСТ) образ и 3Д принтиране на мандибуларен модел, за предоперативно планиране и моделиране на реконструктивен имплант при 18-год. пациент с тумор на долната челюст [251]. Същевременно той развива активно в годините и съвременните методи на онкологична и деформативна хирургия на главата и шията и осъществява редица микросъдови реконструкции на комплексни лицево-челюстни дефекти в колаборация с доц. д-р Роман Романски и проф. д-р Маргарита Кътева.

В интердисциплинарна колаборация през 2014 г. е представен и клиничен случай с използване на 3D технология за реконструкция на пострезекционен краниофациален дефект [1] от представители на Отделението по лицево-челюстна хирургия (д-р Калин Георгиев, д-р Константин Димов) и Клиниката по неврохирургия (д-р Николай Велинов, доц. д-р Георги Поптодоров, проф. д-р Николай Габровски) на УМБАЛСМ „Н.И.Пирогов“ и Катедрата по образна и орална диагностика на ФДМ – София (д-р Росен Борисов). При него, посредством триизмерен модел е визуализиран тъканен дефект, очакван да се получи след отстраняване на туморно образувание и е произведен стереолитографски двучастов модел с предварително определени резекционни граници. По модела е оразмерена и оформена предоперативно титанова пластина за възстановяване на

лицевия контур, както и са определени местата за фиксиране на титановите винтове.

Принос към дигитално-асистираната лицева хирургия и 3Д принтираните импланти в България има и доц. д-р Ходор Факих, който съобщава за своя операция с 3Д принтиран имплант за реконструкция на обширен дефект на долната челюст при 16-год. пациент през 2017 г., с която възстановява функцията и естетиката на долната лицева трета [15].

Значими са успехите на неврохирургичната школа в България в областта на дигиталните хирургични методи както по отношение на предоперативното планиране и интраоперативната навигация, така и по отношение на CAD/CAM технологиите. През 2019 г съвместен екип от Клиниката по неврохирургия на УМБАЛСМ „Н.И. Пирогов“, с ръководител проф. д-р Николай Габровски, и Научно-изследователската лаборатория по CAD/CAM/CAE технологии на Техническия университет, София, с ръководител проф. д-р инж. Георги Тодоров, публикуват по въпросите на компютър-подпомогнатия дизайн (CAD) на персонализирани импланти, базиран на компютър-томографски данни и виртуални прототипи [233], както и на компютър-подпомогнатото производство (CAM) на персонализирани импланти, базирани на виртуални прототипи [234]. През 2021 г. този интердисциплинарният медико-инженерен екип патентова и своя метод за дизайн на пациент-специфични импланти за хирургично лечение на заболявания на гръбначния стълб (Method of designing patient-specific implants for surgical treatment of diseases in the cervical spine, July 2021, **Patent:** BG67358 B1. Georgi Todorov, Nikolay Gabrovsky, Konstantin Kamberov, Nikolay Nikolov. (1 – Technical University of Sofia; 2 – Multiprofile Hospital for Active Treatment and Emergency Medicine (MHATEM) „N. I. Pirogov“).

Всички тези успехи на българската наука и клинична практика полагат твърда основа на развитието на съвременните микроваскуларни методи и дигитални медико-инженерни технологии в страната ни и дават основание за още по-усилена работа както по отношение на оперативното им приложение, така и за информираността на държавните ни институции относно важността за реалното им практическо въвеждане в значително по-широк мащаб в България в най-близко бъдеще.



## **Виртуално планиране, моделиране и 3Д принтиране**

През последните няколко години триизмерното виртуално планиране придобива популярност както при плануването на резекционния обем, така и в реконструктивните аспекти на хирургията на лицето и шията. То позволява детайлна визуализация на оперативната зона в реален триизмерен обем преди и след отстраняване на патологичните тъкани. Спомага и за прецизното възпроизвеждане на виртуалния план по време на реалната операция чрез производството на оперативни водачи. Тези водачи значително скъсяват оперативното време по отношение на сегментирането и фиксирането на костния трансплантат в областта на челюстните и лицевите кости, което от своя страна, намалява исхемичното време на ламбото, спомага за получаване на прецизен контакт на донорната към реципиентната кост и максимално възстановява костната анатомия и функция.

Първите доклади за виртуално хирургично планиране в областта на лицето датират от началото на 90-те години на XX век.

Rose et al. [200] описват серия от шест пациенти, при които за избор на донорно място са използвани компютърно-генерирани модели, базирани на информацията от компютърната им томография (КТ).

През 2005 г. Eckardt и Swennen [68] са първите, които правят виртуален план на желаната форма на мандибулата. Те създават метални шаблони, базирани на виртуални геометрични данни, за да се осигури оптимален контур на фибуларния костен графт. Thankappan et al. [232] описват виртуално хирургично планиране през 2008 г., при което здравата страна като огледален образ се използва за реконструкция на болната и нарушена като структура страна.

През следващата година Hirsh et al. [106] представят концепция за виртуално хирургично планиране, която комбинира планиране и пациент – специфични стереолитографски резекционни водачи за мандибуларна резекция и за сегментиране на фибулата.

Всички тези усилия са насочени към улесняване и прецизиране на превърналите се в стандарт на лечение [45, 67, 144, 188] едноетапни микросъдови реконструкции на обширните резекционни онкологични дефекти при лечение на туморите на главата и шията чрез приложение на по-горе описаните свободни ламба.

И докато ползите по отношение на контрола на резекционните граници, едноетапното функционално възстановяване и много високите естетични резултати, които свободните микросъдови ламба предлагат, са отдавна извън всяко съмнение, то стремежът да се облекчат техническите трудности и да се скъси времето за осъществяването на тези трудоемки оперативни интервенции се развива активно [67, 144].

Известно е, че едноетапните оперативни интервенции за отстраняване на комплексни тумори на главата и шията с едномоментна микросъдова реконструкция на дефектите имат продължителност в широките граници между 8–16 часа. Няколко фактора от хирургична гледна точка имат основно отношение към продължителността на операцията. Сред тях са анатомичната локализация и разпространението на патологичния процес, анатомията на донорната зона и в частност – микросъдовата ѝ характеристика, конституционалните особености на съответния пациент и т.н. Съществено значение има и структурата на дефекта и най-вече, дали той притежава костна компонента и какъв е нейния обем, форма, локализация и т.н.

Горната и долната челюсти, както и останалите кости на лицевия скелет, притежават уникална триизмерна форма, която няма аналог в човешкото тяло. При липса на прецизно предоперативно планиране, моделиране и принтиране, всеки един от анатомичните аспекти на формата и големината трябва да се изчислява и преценява интраоперативно, което води до значително забавяне. И докато дължината на отделните костни сегменти би могла приблизително точно да се измери с линия по време на операцията например, то триизмерното възстановяване на формата и симетрията (в частност трансверзалната, сагиталната и ротационната позиция на сегментите), позицията на артикулация мандибуларен израстък, както и постигането на максимален контакт между отделните костни сегменти, са често невъзможни за самостоятелно интраоперативно преценяване и осъществяване. Друга много важна положителна характеристика на виртуалното планиране, в съчетание с приложението на сегментиращи костни водачи, е намаляването на исхемичното време за обработка и трансфер на костното ламбо, което, от своя страна, е от жизнена важност за успеха на тъканната реваскуларизация.

\* \* \*

Първата адитивна триизмерна (3Д) производствена технология – стереолитографията, е създадена през 1980, патентована през 1983 и

приложена през 1987 г. от Американската корпорация 3D Systems. Оттогава производството на 3Д продукти се е развило дотолкова, че понастоящем позволява принтирането на реални физически модели в областта на хирургията, които могат да бъдат прилагани по време на реалните операции, след съответен процес на стерилизация.

3Д принтирането в медицината е процес, който започва с обработка на генерираните от съответен сканиращ апарат образи в DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) формат. Тези образи обаче не могат директно да се предадат за 3Д принтерно изпълнение, а е необходимо да се премине през етапи на: пренос на DICOM образите в планиращата компютърна платформа, сегментиране, анализ и корекция на образите за целите на 3Д моделирането, генериране на STL (Standard Tessellation Language) файл, моделиране чрез CAD (Computer Aided Design) компютърен дизайн, контрол на качеството на дизайна и трансфериране на файловете за изпълнение от 3Д принтера. Повреме на CAD дизайна би могло да се осъществи и виртуална хирургична интервенция по отстраняване на съответните патологични тъкани и реконструкцията им с други тъкани от тялото.

#### *Сегментиране на образите*

Първоначалното получаване на DICOM образите, подлежащи на последващо сегментиране в компютърната платформа, се осъществява чрез високорезолюционна крос-срезна най-често компютърно томографска [86, 165, 209] или магнитнорезонансна [86, 249] томография. Колкото по-тънки са срезове на томографските образи (най-често средно около 0,5 мм и с диапазон 0,3–1 мм), толкова по-точно е изобразяването на детайлите на анатомичните структури.

Трябва да се отбележи също така, че много от тънките срезове (<0,3 мм) от своя страна могат да доведат до затрудняване и тромавост на следсегментирания процес, поради което точният протокол на сканиране трябва да бъде изяснен предварително между лабораторията по 3Д принтиране и клиниката по образна диагностика.

Процесът на сегментиране представлява изобразяването на зоната на интерес по възможно най-акуратен и детайлен начин и демаркирането ѝ от околните структури и образи, така че лекарят и лабораторният 3Д специалист (най-често медицински инженер) да работят с абсолютно реален компютърен образ на зоната, която подлежи на хирургично лечение,

и която в края на процеса трябва да се изобрази чрез съответния 3Д принтиран модел.

Различни софтуерни програми и алгоритми са налични за осъществяване на сегментирането на образите, които от своя страна могат да бъдат приспособени към съответните сканиращи протоколи или анатомичната зона на интерес. Сегментирането на зоните на интерес може да бъде автоматизирано или по-често полуавтоматизирано, в който случай след първоначален процес на общо автоматизирано сегментиране се пристъпва към ръчни корекции от страна на техническия специалист.

Автоматизираните алгоритми за сегментиране включват обработване и анализ на нюансите на наситеност на изображенията в образите, разпознаване на границите на структурно преминаване и допълване на зоните на пропуск във възпроизводство на цялостното изображение на дадения орган или анатомична структура.

При обработката и анализа на нюансите на наситеност се използва широко приетата понастоящем техника за вокселиране на тъканите на интерес, което е всъщност анализ на контраста в образите на съответната зона [165]. Вокселирането на костните структури е по-лесно да бъде осъществено на базата на компютърно томографско изследване, понеже хънсвилдовите единици (ХЕ) на костта при него са по-високи, отколкото на околните структури. И въпреки това са необходими допълнителни още по-сложни алгоритми като динамична настройка на нюансите, за да бъде успешно осъществен целият процес. Това е особено валидно при сегментиране на образи, генерирани от ядрено-магнитен резонанс, тъй като при него нюансите на сивия цвят във всеки един пиксел всъщност не отговарят на реалната плътност на тъканите. Също така редица артефакти в скенеровите образи налагат анализ и ръчна корекция. Много типични представители за това са например лъчевите артефакти на зъбните амалгамени obtурации или метални корони. Същевременно други зони биха могли да се представят с негативни артефакти на неизобразяване и празнини в структурата на конкретния орган. В този случай съществуват техники за динамично изграждане на съответната зона (dynamic region growing), за да бъде коригиран дефектът и изобразена съответната тъкан в пълна цялост както по време на виртуалното моделиране, така и при 3Д принтирането.

Съществуват и техники за т.нар. опаковане (wrapping) на сегментираната област, за да могат да се попълнят кухини в костните структури и да

се произведе модел, например на спонгиозна костна структура, без липсващи зони [86, 119].

Следва да се отбележи, че виртуалният и принтираният 3Д модел не могат да изобразяват структури, които или не са изобразени на първоначалния скенер, или не притежават значителен и разпознаваем контраст спрямо околните тъкани. Периферните нервни структури например или не се изобразяват, или се изобразяват неясно на стандартното компютърно томографско изследване. Следователно би било много трудно да се анализира и изработи модел, генериран от компютърно томографско изследване, който да изобразява например долната челюст и отношението на маргиналният клон на лицевия нерв към нея. По тази причина понастоящем се развиват методите за виртуален анализ, моделиране и принтиране на слети (fused) образи от различни изследвания (например компютърна томография и ядрено-магнитен резонанс), за да се подобри и разшири спектъра на технологията на 3Д моделиране и принтиране.

#### *Генериране на Standard Tessellation Language (STL) файл*

След селектиране на зоната на интерес и сегментирането на образите, за да се демаркира тъканният обект, с който желаем да работим, следва превръщането на последователния двуизмерен DICOM образ, който е създаден в отделен аксиален, трансверзален и сагитален план по време на скенеровото изследване на пациента, в 3Д обемен образ. За да се осъществи това превръщане, трябва да се генерира STL файл, който разчита информацията като пространствена мрежа, в която са разположени малки триъгълници. Т.е. – това, което представлява DICOM форматът за работните софтуери, представящи изследванията от компютърните томографии и ядрено-магнитния резонанс, за клиничните лекари представлява STL форматът на софтуерните програми, които работят с 3Д моделиране и принтиране [78, 79].

След като завърши процесът на сегментиране на DICOM образите, стойностите на вокселирането трябва да се конвертират в 3Д повърхностен файл, който да бъде разпознаваем от CAD софтуера и 3Д принтера. Повечето от съвременните софтуери, с които се осъществява сегментирането на образите, имат възможността след това да ги конвертират в STL файл, най-често използвайки алгоритъма на подредените в редица кубове (Marching Cubes Algorithm). Т.е. – след като операторът избере зоната на интерес и вокселите, които я обхващат, се преминава в процес на запълването на тази зона с пространствени

триъгълници, така че двуизмерният образ да се превърне в триизмерен. D. Mitsouras през 2015 г. посочва оптималния брой триъгълници за 3Д принтирането на различни анатомични модели, като за областта на целия череп те са изчислени на 600 000, на лицето – 450 000, а на долната челюст – 200 000, и отбелязва, че ако те са доста по-малко от този брой, това ще компрометира анатомичните характеристики на принтирания 3Д модел, а ако са много повече, това ще доведе до ненужна грубост и изпъкнали зони, ако сегментираният образ не е абсолютно гладък [165].

### *Моделуране чрез Computer Aided Design (CAD) дизайн*

Специфичният 3Д CAD компютърен дизайн е изключително интересен за работа и, разбира се, особено в областта на медицината трябва да се справя с редица предизвикателства, за да може да се постигне оптималният резултат.

Специфичен CAD софтуер, създаден да работи с мрежово базирана геометрия, е необходим за работа с анатомични модели поради това, че традиционният параметричен CAD софтуер не би могъл да се справи с това. Непрекъснато развиващите се характеристики на медицинския CAD софтуер трябва да създават възможности за работа със зоната на интерес в триизмерна среда на реална симулация на хирургичния или интервенционалния достъп до конкретните тъкани, при което на компютърния екран трябва виртуално да се създаде хирургичен достъп, да се отстранят дадени структури и след това те да се възстановят (реконструират), за да може да се осъществи цялостното виртуално планиране стъпка по стъпка при съответната интервенция. Още повече, че определени области биха могли да бъдат не само изрязвани и отстранявани по време на виртуалното планиране и моделиране, но и заглаждани, ориентирани в различни посоки и свързвани с имплантируеми изделия, които от своя страна сами по себе си също биха могли да бъдат точно възпроизведени чрез 3Д принтиране от биологично поносими материали (например титан или полиетеретеркетон – PEEK) и да бъдат използвани в реалната операция.

Като цяло виртуалното планиране на редица костни хирургични процедури се превръща в златен стандарт на практика в кранио-максилно-фациалната хирургия. В целия процес на създаване на виртуален реален модел, на осъществяване на планиращата оперативна интервенция чрез акуратно позициониране на срезните линии, на отстраняване на патологичната костна структура, на определяне на реконструктивната

донорна зона, на планиране на срезните линии в донорната кост с абсолютна точност и съпоставимост към резекционните линии на патологичния процес, на пренос на донорната кост към реципиентната област, на стабилизирането ѝ със съответен имплант, както и принтирането му от материалите, които споменахме по-горе, се постига максималната прецизност на лечение в съвременния етап на развитието на медицината в световен мащаб.

#### *Контрол на качеството на дизайна*

Когато се планира приложението на 3Д моделирането и виртуалната оперативна интервенция в реална клинична среда, трябва да се осъществи многостъпков процес на контрол на прецизността на планирането и елиминиране на възможността за допускане на грешки, които да застрашат в каквато и да било степен лечението на конкретния пациент.

От гледна точка на техническите лица и производствената лаборатория, ангажирани с 3Д планирането, трябва да се избегнат неточности в повърхностната анатомия на модела (изпъквания или вдлъбнатини), както и обемни и пространствени неточности в преноса на информация между DICOM файла, STL файла и 3Д принтера.

От клинична гледна точка ангажираният лекар специалист е необходимо многократно да верифицира точността на изобразяване на зоната на интерес и цялостното планиране на всички етапи на оперативната интервенция.

Тези изисквания водят до подробен процес на контрол на клиничното задание и практическото му изпълнение – от момента на сканиране, до крайното производство на всички 3Д принтирани компоненти, т.е. – между лабораторните и клиничните екипи.

#### *Трансфериране на файловете за изпълнение от 3Д принтера*

За да може да бъде изведен възможно най-точен 3Д модел, информацията, която се предава от планиращия софтуер към 3Д принтера, трябва да бъде максимално изчистена от грешки и да се смята образно казано за „информационно запечатана“, т.е. да няма празни зони на информация в триизмерната мрежова структура, която се подава за изпълнение към принтера. Това налага още една верификационна фаза, при която да се премахнат всички възможни артефакти, шумове, наслагващи се елементи и да се запълнят всички кухини в структурата така

че моделът да няма празни зони. В зависимост от използваната технология на 3Д принтиране би могло да се приложи и верификация на дебелината на стените на 3Д модела. Ако структурите на модела са по-малки от резолюцията на 3Д принтера, естествено това би довело до пропуски в изграждането им и до по-лошо качество на отпечатването. Също така много от материалите за 3Д принтиране стават чупливи и неустойчиви, когато са произведени в много малки размери или слоеве.

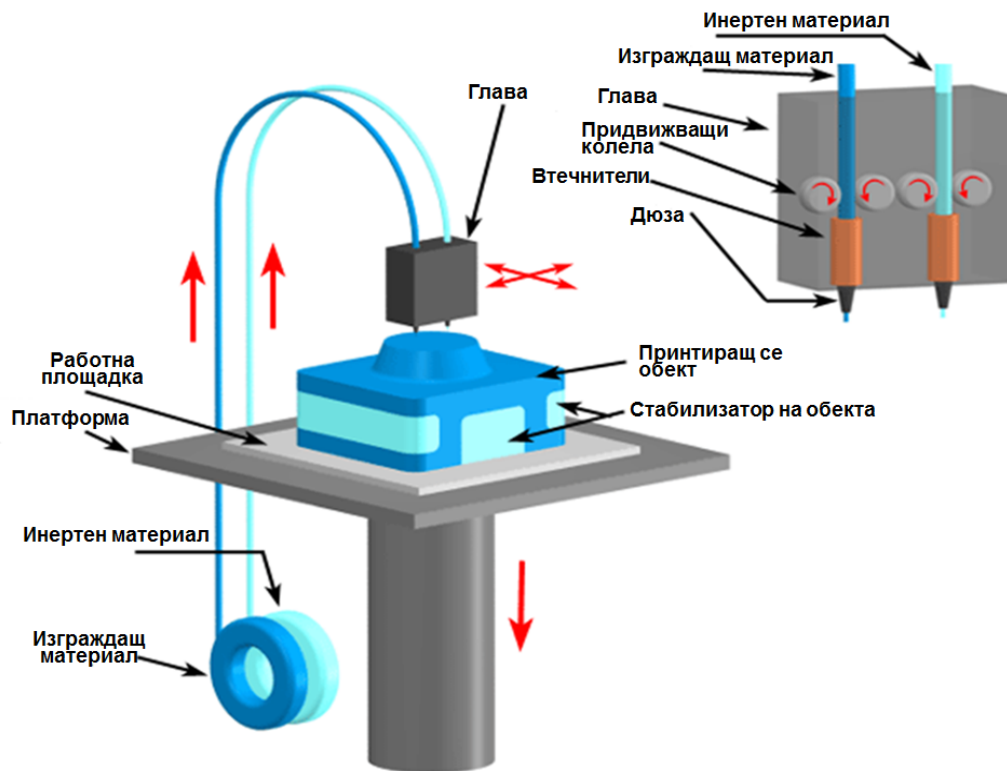
В заключителния етап на процеса по подготовка на 3Д принтирането се осъществява ориентиране на посоката на изграждане на модела и проверка на принтерните настройки, които са специфични за всеки отделен принтер.

### **Технологии за 3Д принтиране**

В основата на процеса за 3Д принтиране е полагането и послойното свързване на съответния материал от 3Д принтера, осъществявайки т.нар. послойно или адитивно принтиране. И въпреки че 3Д принтирането и адитивното производство се използват като синоними, има няколко различни производствени процеси, които изграждат цялостната технология. В зависимост от специфичния 3Д принтиращ механизъм адитивното производство може да се раздели на четири основни групи – екструзионно принтиране, синтероване, сливане на материала и ламинация на обекта [32].

*Екструзионното принтиране* може да се представи като слято депозиционно моделиране [26] или биопринтиране [111]. При *слятото депозиционно моделиране* (фиг. 4), термопластичен материал като например акрилонитрил-бутадиен-стирен (ABS), полилактатна киселина (PLA) или найлон, се разтопяват и полагат слой по слой на изграждащата платформа на 3Д принтера. По този начин биха могли да се изграждат физически модели за хирургичен анализ и планиране. Биопринтирането, от друга страна, има за цел проучване и приложение на модели, които да заместват различни тъкани и органи. В основата на това производство е изграждането на специфичен скелет, върху който да се развият съответните клетъчни или тъканни култури. Различните материали за биопринтиране, като например алгинат, хитозан, желатин, колаген и др., се полагат също послойно от съответния биопринтер за мрежово изграждане на скелета.

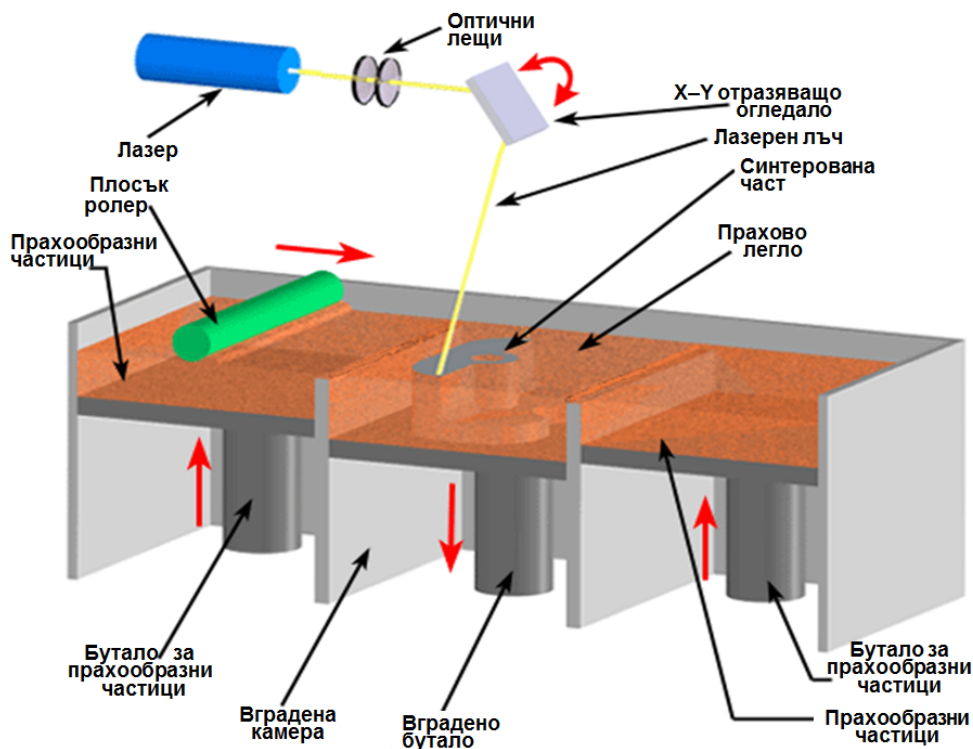




Фиг. 4. Слято депозиционно моделиране (Fused Deposition Modeling – FDM)

*Синтероването* е друга специфична техника за 3Д принтиране, в която се включват селективното лазерно синтероване [154], производството с електронен лъчист сноп (Electron Beam Production), стереолитографията (SLA) [162] и производството в продължаващо течно свързване (CLIP).

При селективното лазерно синтероване (фиг. 5) мощен лазерен сноп разтопява и свързва прахообразния материал, изграждайки модела слой по слой. В тази технология могат да се използват основно титан или хром-кобалтови сплави. Производството с електронен лъчист сноп (EBM) е подобно на селективното лазерно синтероване, като разликата е, че в този случай лазерният лъч се замества от мощен сноп електронни лъчи. При този тип производство се използват основно найлон и полиамид. При тези две основни групи производства обикновено лазерният или електронният сноп работят в определена плоскост, а работната маса, на която се изгражда 3Д моделът, прогресивно се понижава като височина, за да се оформят по-горните слоеве.

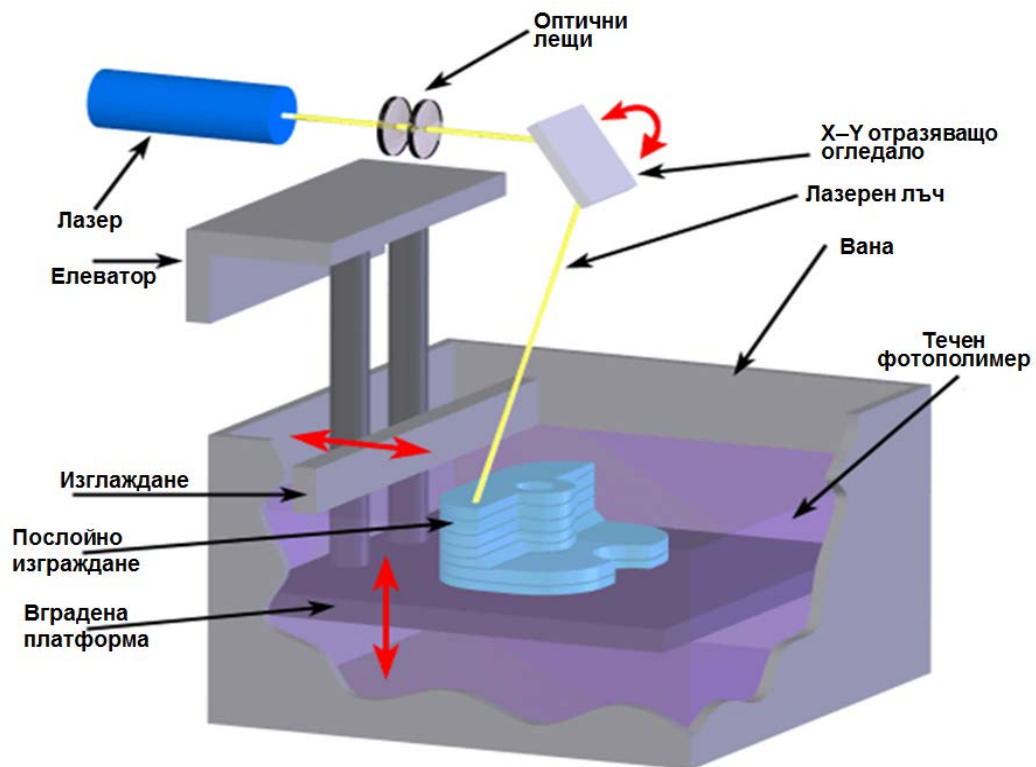


**Фиг. 5.** Селективно лазерно синтероване (Selective Laser Sintering – SLS)

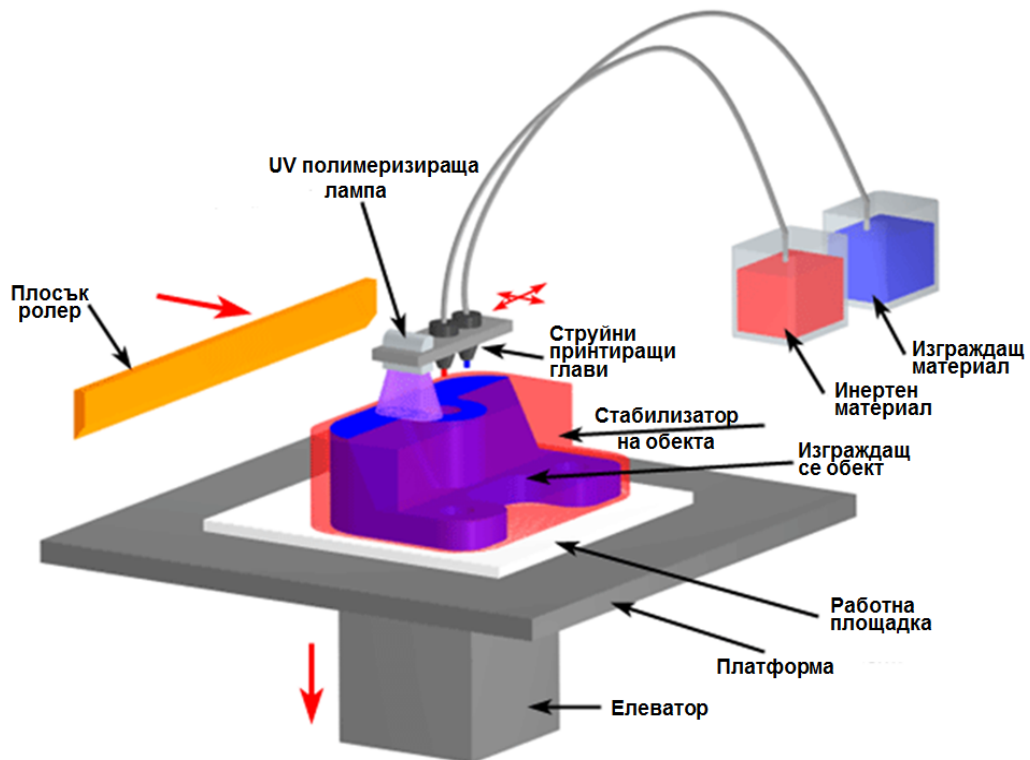
Стереолитографията, от друга страна, е процес, при който ултравиолетов лазерен лъч селективно втвърдява фотополимерна смола слой по слой след втвърдяването на предходния слой, а CLIP-технологията е нейна модификация, при която ултравиолетовият лъч преминава през прозрачна среда в основата на разтопяващата се смола, като изграждащата платформа прогресивно се покачва, държейки 3Д принтиращия се обект. И при двете последно описани технологии се използват фотополимерни смоли (фиг. 6) [162].

При производството чрез сливане – материал в течна форма селективно се накупва върху прахообразна матрица за свързване на течната и прахообразната материи слой по слой. Този процес е подобен на мастиленоструйното принтиране и се извършва с помощта на прахообразни материали, като гипс или нишесте, а течната фаза е най-често вода.

Полиджет (съкр. от англ. Photopolymer Inkjet Printer – Polyjet) принтирането (фиг. 7) е усъвършенстван метод на инкджет (мастиленоструйния тип) принтиране, при който течната компонента е фотополимеризираща и се впръсква на работната маса, като едновременно с това се фотополимеризира с ултравиолетова светлина. По този начин се изграждат модели от полипропилен, полистирен, поликарбонат и др.



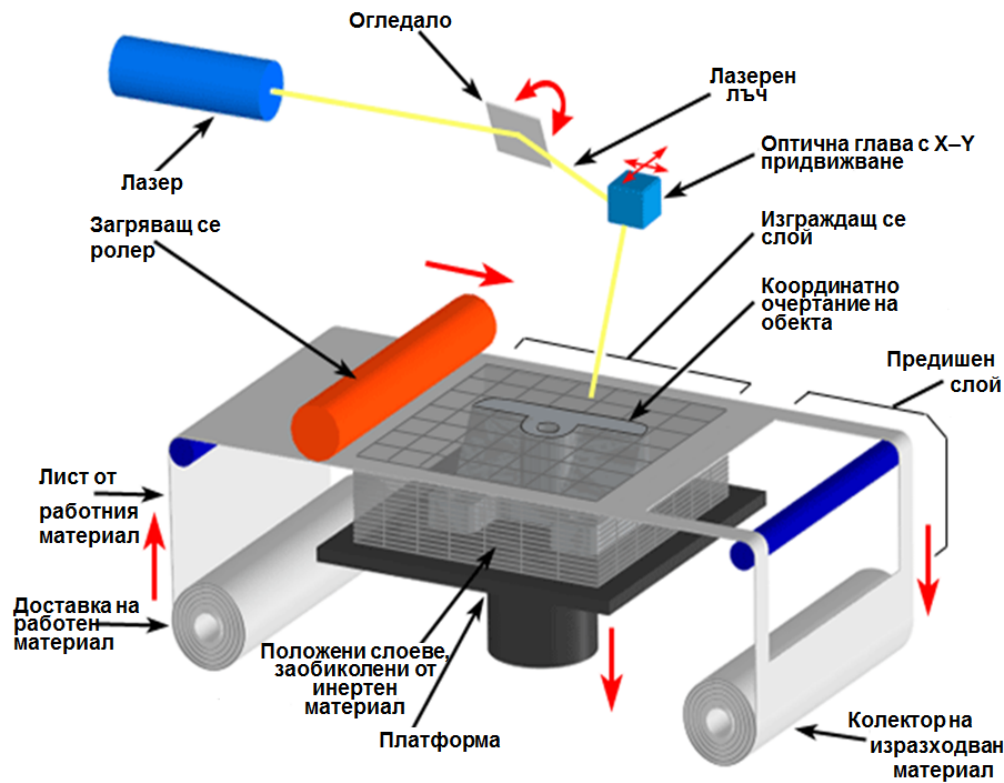
Фиг. 6. Стереолитография (Stereolithography – SL)



Фиг. 7. Полиджет 3Д принтиране (Photopolymer Inkjet Printing)

Ламиниращото производство (фиг. 8) е четвъртата разновидност на съвременните 3Д принтерни технологии, при което слоеве от покрит с адхезив материал се конструират по съответен начин и след това се

изрязват с помощта на лазерен лъч. Подходящи материали за това са: поливинил капролактам (PVC), пластмасови полимери или тънкослойна специфична хартия.



Фиг. 8. Ламиниращо производство (Laminated Object Manufacturing – LOM)

### Основни материали за 3Д принтиране

Материалите за 3Д принтиране в медицината и в частност – в хирургията на главата и шията, биха могли да се разделят в две големи групи по отношение на това, дали ще бъдат имплантирани в организма, или ще се използват само за предоперативна диагностика, интраоперативно насочване (като 3Д моделите или хирургичните водачи например) и т.н., без да остават трайно в контакт с вътрешната среда на пациента.

Първата група е тази на биопоносимите имплантируеми материали, които би трябвало да имат висока биосъвместимост и да не предизвикват негативен тъканен отговор. Те често се използват за изработване на различни импланти, стабилизиране на костните структури или за заместване на части от тях. (табл. 1).

Във втората група са: различни фотополимерни смоли, полимери, гипс, хартия и т.н.

## Биопоносими материали

Табл. 1. По Biomedical materials (цит. по Boyer, 1994) [35]

Материал за импланти	Абревиатура	Приложение
Титан (Ti) и Ti сплави	CP-Ti Ti-6Al-4V Ti-6Al-7Nb Ti-5Al-2.5Fe Ti-15 Zr-4Nb-2Ta- 0.2Pd Ti-29Nb-13Ta-4.6Zr 83%-87%Ti-13%- 17%Zr (Roxolid)	Костна фиксация Изкуствени клапи, стентове, костна фиксация Стоматологично приложение, коленни и тазобедрени стави Спинални импланти Стоматологично приложение, вкл.дентални импланти
Неръждаема стомана Хром кобалтова сплав	316L Co-Cr-Mo, Co-Ni-Cr-Mo	Стоматологични и хирургични инструменти Изкуствени клапи, стоматологично приложение, коленни и тазобедрени стави
Сплав с „памет“ Полимери	NiTi PMMA, PE, PEEK	Катетри, стентове Стоматологично приложение, ставни ямки и ставни повърхности
Биостъкло Цирконий Алуминий Хидроксиапатит	SiO <sub>2</sub> /CaO/Na <sub>2</sub> O/P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ZiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Ca <sub>5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (OH)	Стоматологично и ортопедично приложение Стоматологично и ортопедично приложение Стоматологично приложение Стомат. приложение. Покритие на импланти

Металите се използват за изработване на импланти вече повече от 120 години [147]. В началото на тяхната история корозията и недостатъчната издръжливост са водещ проблем, който бива частично разрешен с навлизането на неръждаемата стомана в 20-те години на XX век. Първият метал, разработен специално за приложение в медицината, е ванадиевата стомана, която отдавна не се използва клинично. От средата на миналия век широко навлиза стоманената сплав комбинирана с молибден и с много ниско въглеродно съдържание, позната като 316L (SS-316L). Впоследствие навлизат хром-кобалт-молибденовите сплави, керамичните материали и др., а понастоящем титанът и различни видове полимери заемат водещото място при изработката на биопоносими импланти [167, 177].

От идеалния биоматериал за имплантиране в човешкото тяло се очаква да прояви характеристики на много висока биосъвместимост, която да не е свързана по никакъв начин с негативен тъканен отговор, като същевременно костните импланти трябва да имат плътност, близка до тази на костта, висока механична здравина, резистентност на умора на материала, нисък модул на еластичност и добра устойчивост на износване. Разбира се, в реалността е трудно да се открие един-единствен материал, който да отговаря на всички тези изисквания [87, 88].

Титанът понастоящем е най-близо до по-горе изброените характеристики, като при изработването на импланти се използва или производственият „чист“ титан (Ti CP), или изключително ниско интерстициалната (Extra Low Interstitial) титанова сплав (Ti-6Al-4V). Те се определят и класифицират като биоинертни, тъй като остават непроменени след имплантирането в човешките тъкани. Същевременно тялото ги разпознава като чужди и често се опитва да ги изолира чрез увеличено депозиране на съединителнотъканни съставки около тях, но това не е съпроводено със странични ефекти или процеси на отхвърляне при нормални условия. Също така, за разлика от съдържащите никел метали, се приема, че титанът не предизвиква или предизвиква незначителен имунен отговор.

Някои автори [35, 48] ги описват като материали с висока повърхностна енергия, които след имплантиране в костта осигуряват благоприятна тъканна реакция, водещо до директна апозиция на минерали в областта на костно-титановата връзка и последваща остеоинтеграция.

#### *Чист производствен титан – Ti CP*

Титанът е лек материал с плътност  $4,5 \text{ g/cm}^3$ . Той е алотропен метал с хексагонална алфа-фаза под  $882^\circ\text{C}$ , трансформираща се в кубична бета-фаза над тази температура. Неговата много добра биосъвместимост е свързана и с образуването на кислороден филм върху повърхността му ( $\text{TiO}_2$ ). Този стабилен оксиден слой се оформя спонтанно при дoсега с въздух и предпазва метала от последваща дифузия на кислород от околната среда, което би подействало корозивно. Титановите сплави се категоризират в 38 групи (Grades), първите 4 от които са отделени за

„чистия титан“, а петата – за най-широко застъпената в производството на титанови продукти сплав с добавени 6% алуминий и 4% ванадий (табл. 2).

**Табл. 2.** Химичен състав на чистия производствен титан – Ti CP (ASTM F 67) и титановата сплав – Ti6Al4V (ASTM F 136)

Елемент	I група	II група	III група	IV група	Ti6Al4V*
N max	0,03	0,03	0,05	0,05	0,05
C max	0,10	0,10	0,10	0,10	0,08
H max	0,015	0,015	0,015	0,015	0,0125
Fe max	0,20	0,30	0,30	0,50	0,25
O max	0,18	0,25	0,35	0,40	0,13
Ti	Баланс	Баланс	Баланс	Баланс	

\* Алуминий 6%, ванадий 4%

#### *Титанова сплав – Ti6Al4V*

Титано-алуминиево-ванадиевата сплав (Ti6Al4V) е широко използвана за производството на ставни импланти и нейният състав, заедно със състава на четирите категории на чистия титан, е представен в табл. 2. Добавянето на останалите елементи в сплавта на титана подобрява качествата ѝ по следния начин:

- Алуминият стабилизира алфа-фазата, а ванадият – бета-фазата, което води до по-ниска температура на трансформация алфа-бета.
- Алфа-фазата осигурява добри възможности за обработка и заваряване на метала, отлична здравина и устойчивост на оксидация.
- Добавянето на контролирани количества ванадий като бета-стабилизатор води до устойчивост към силите на деформация, чрез оформяне на специфична микроструктура, която улавя и възпрепятства разпространението на микропукнатините по повърхността на метала (табл. 3).

**Табл. 3** .Механични свойства на чистия производствен титан – Ti CP (ASTM F 67) и титановата сплав – Ti6Al4V (ASTM F 136)

Свойства	I група	II група	III група	IV група	Ti6Al4V*
Издръжливост на опън (MPa)	240	345	450	550	860
Издръжливост на огъване (MPa)	170	275	380	485	795
Удължаване (%)	24	20	18	15	10

\* Алуминий 6%, ванадий 4%

От клинична гледна точка в литературата се дискутират различни проблеми по отношение на присъствието на металите в организма, като можем да отбележим например характеристиките на двукомпонентните протези (протезна глава–ставна ямка), когато те са изградени изцяло от метал (метал срещу метал) [246]. При тях по-високите сили на усукване, приплъзване и натиск например могат да разхлабят здравината на фиксация към костта. Освен това отпадни частици от повърхностното износване на металите при нетитановите протези могат потенциално да увеличат количествата на кобалт и хром в организма и да подействат увреждащо в дългосрочен план. Представяйки своя опит от усложненията на изцяло металните протези, Wolford [246] споменава, че е установил явна металоза при нетитановите протези, налагащи ревизия и премахване, както и поне в 10% от случаите – пукнатини или счупване на ямковата част от протезата.

Подобни проблеми както в ортопедичната хирургия, така и в частност при изработването на ямковите ТМС компоненти в ЛЧХ протезирането, са довели до навлизането на биосъвместимия и същевременно механично стабилен полиетилен с ултрависоко молекулярно тегло (ПЕ-УВМТ) [117].

Полиетиленът е органично съединение, образувано от дълги повтарящи се вериги на една-единствена субстанция – газообразния етилен ( $C_2H_4$ ). В полимеризационния процес единичната етиленова молекула (наречена „мер“) се свързва с друга такава молекула („мер“), за да се получи „полимер“-ната субстанция полиетилен.

Механичните свойства на полиетилена се подобряват бавно с повишаване на молекулното му тегло. Това подобрене нараства значително, когато теглото достигне 1 000 000 г/мол (в резултат на свързване на повече от 35 000 етиленови групи). Такъв продукт се нарича полиетилен с ултрависоко молекулярно тегло (ПЕ-УВМТ) [134].

Първоначалното му клинично приложение е от John Charnley [48] за тазобедрено и колянно протезиране през 60-те и 70-те години на ХХ век.

Молекулното тегло на понастоящем използвания ПЕ-УВМТ варира между 4–6 милиона (т.е. 160 000–215 000 етиленови групи).

Допълнително подобрене в механичните свойства на полиетилена може да се осъществи чрез гама-радиационно крос-свързване с доза 50–105 kGy, подобно на процеса на гама-стерилизация. Поради съпоставимостта на двата ирадиационни процеса крос-свързването се



счита за безопасно, въпреки че след 2007 г. при високи дози на гама-ирradiация съществуват и крос-свързани ПЕ-УВМТ с антиоксиданти (витамин Е) за неутрализиране на свободните радикали [242].

През 2000 г. Van Loon и сътр. [238] публикуват механично изследване на ин-витро износването на ПЕ-УВМТ във връзка с ТМС протезиране, като в дизайна на проучването се отчита действието на седем милиона цикъла на движение на 8 мм стоманена метална глава срещу 5 мм ПЕ-УВМТ диск в среда на лубрикант на основата на физиологичен разтвор. Отчетеното износване на диска за един милион цикъла ин-витро е  $0,47 \text{ mm}^3$ , което преизчислено ин-виво показва намаление на дисковата дебелина с  $0,0094 \text{ mm}$  за година.

Тези лабораторни изследвания съответстват на клиничните наблюдения за устойчивост на ПЕ-УВМТ като материал за изработване на ямковите компоненти при протезиране на темпоромандибуларната става.

*Керамичните материали*, като: диалуминиев триоксид ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), цирконий (циркониев диоксид,  $\text{ZrO}_2$ ), хидроксиапатит ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ), биостъкло ( $\text{SiO}_2\text{-CaO-Na}_2\text{O-P}_2\text{O}_5\text{-MgO}$ ), титанов оксид ( $\text{TiO}_2$ ) и трикалциев фосфат ( $\alpha/\beta\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ) са ефикасни като покривни контурни материали или за запълване на малки, до средни, костни дефекти. Биоактивното стъкло е също така една от сравнително новите иновации в клиничното приложение на биокерамиката [30]. Водещо тяхно предимство е склонността да отлагат биологично активни хидроксиапатитни повърхностни комплекси, които подобряват свързването на меките тъкани към подлежащата кост. Съществуват и 3Д принтери за изработване на триизмерни структури от керамични биоматериали. Z-Cast е например един от тях [229].

Други материали, които имат пълноценно включване в биологичната среда и не предизвикват сериозни реакции, са т.нар. естествени полимери – целулоза, колаген и др., които изграждат екстрацелуларния съединително-тъканен матрикс, и се срещат широко в сухожилията, ставните връзки, кожата, кръвоносните съдове и костите [190]. Тези биологични материали са също така напълно разградими и нетоксични. Както е споменато по-горе, повечето от тях се използват за биопринтиране.

От друга страна, към биопоносимите материали се отнасят и изкуствените (синтетични) полимери, които се представят както от по-горе

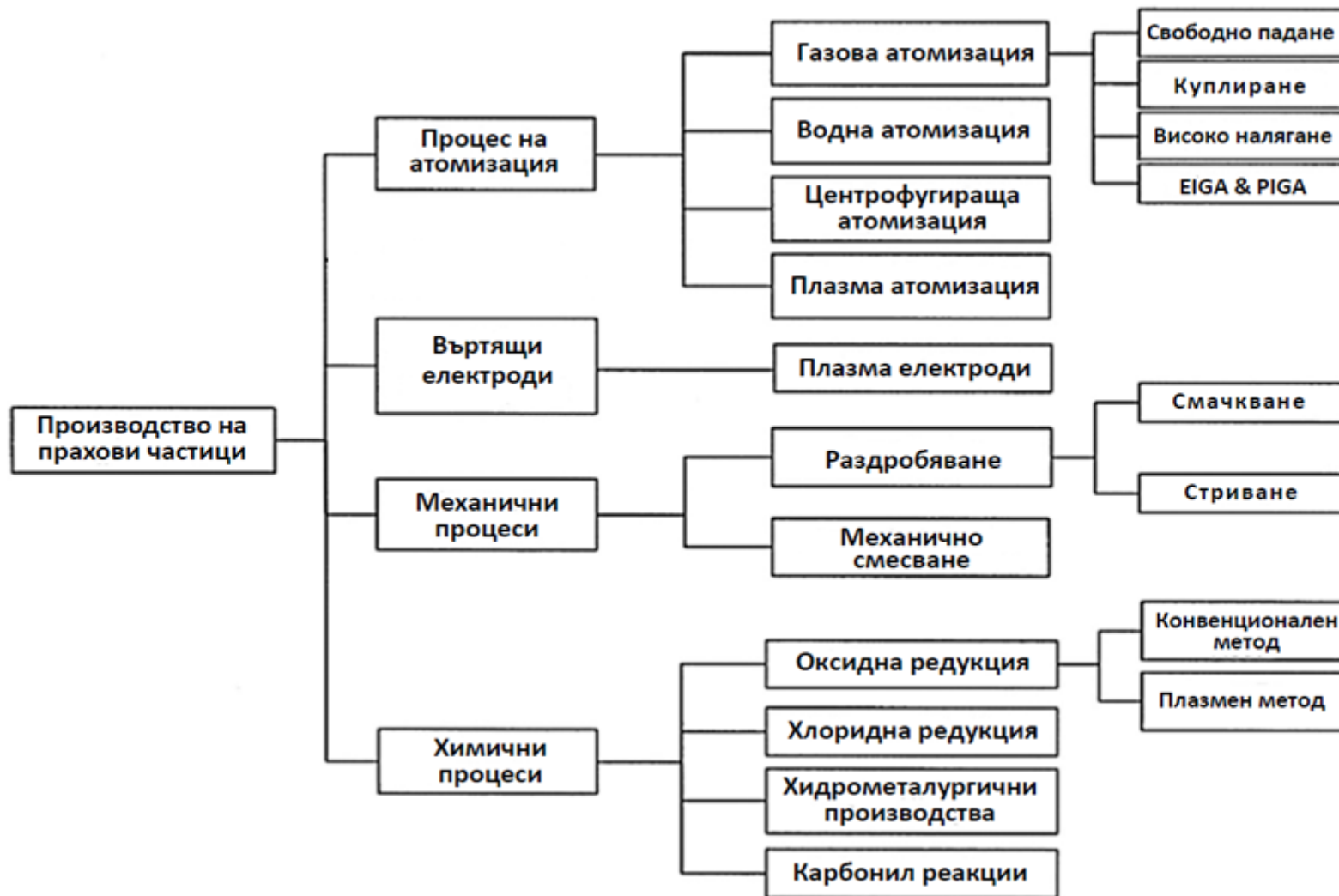
споменатия полиетилен с ултрависоко молекулярно тегло (наред с останалите видове полиетилен), така и с полипропилена, полиетилентерефталата, поливинилхлорида, полиетиленгликола, поликапролактона, политетрафлуоретилена, полигликоловата и полилактатната киселини, полиметилметакрилата, както и един от набиращите голяма популярност напоследък материали, използвани за 3Д принтиране – полиетеретеркетона (PEEK).

Едно от предизвикателствата на 3Д адитивното производство е, че множество от техниките, като селективното лазерно синтероване (Selective Laser Sintering – SLS), производството с електронни снопове (Electron Beam Manufacturing – EBM), стереолитографията (Stereolithography – SLA), производството посредством течен интерфейс (Continuous Liquid Interface Production – CLIP) и т.н., изискват описаните по-горе материали да бъдат в прахообразно състояние. Това налага и усъвършенстване на методите за:

#### *Производство на метални прахови частици*

Неръждаемата стомана, хром-кобалтовата сплав, чистият титан, титановата сплав, никелтитанът, златото, среброто, медта и алуминият с неговите сплави са най-широко използваните прахови частици понастоящем за адитивно метално 3Д принтиране [72, 107, 190, 202, 241, 247]. Един от най-големите техни недостатъци е високата цена, въпреки че проблеми, като повърхностни неравности, вътрешно структурно отслабване, якост на опън и огъване, както и фини промени в химическата микроструктура, са дискутирани в литературата [210]. Въпреки това цената остава водещ проблем и поради това нарастват предложенията за опростяване на процеса на производство на метални прахове с оглед редукция на производствената цена и повишаване на икономическата ефективност.

Водещите процеси на прахово производство понастоящем са тези на плазма ротационните електроди, газовата и плазмената атомизация, електролитичното производство, водната атомизация под високо налягане и механичното раздробяване (фиг. 9) [74, 76, 154, 196, 224]. Процесът на използване на плазма ротационните електроди води до производство на метален прах с висока чистота, но с доста груби частици, неподходящи за приложение в биомедицината [196].



Фиг. 9. Методи за производство на прахови частици (цит. по Antony) [18]

Газовата атомизация, от друга страна, използва въздух, пара или инертен газ за производство на прахови частици, които са сферична форма и размери от 10 до 300  $\mu\text{m}$ . Проблемът е в образуването на сателитни сдвоени частици, което е пагубно за постигането на добър производствен поток.

Плазмената атомизация се използва за производство на прахове със сферични частици и висока чистота предимно от молибден или мед [50]. При този процес плазмен източник, задвижван от електричество, произвежда струя от изключително горещ йонизиран инертен газ с висока скорост, който отделя сферичните частици.

Процесът на електролиза също така се използва за производство и то най-вече на медни частици. При него се осъществява отлагане на металния елемент върху катода на електролитичната клетка. Електролитният разтвор е обикновено с температура 48–52°C и концентрация на сярна киселина между 120–250 г/л. Отложените медни наслагвания периодично се премахват от катода и допълнително се обработват, за да се получи меден прах [252].

Съществува и механично производство на прахови частици в сухи, високоенергийни производствени метални мелници, при които метални и неметални частици се подлагат на обработка с валцуваща сферична глава, която периодично ги раздробява, споява и оформя така, че да се образуват композитни метални прахове [28, 204].

#### *Производство на керамични прахове*

Нивото на чистота на химичната и на кристалната фази е една от най-важните характеристики на производството на керамични частици, заедно с контрола на големината им. Наред с някои технически предимства, по-ниската цена също повлиява избора на тяхното приложение. Производството на наноразмерни оксидни прахови частици е много важно за създаването на висококачествени керамични продукти с помощта на адитивното 3Д принтиране.

Някои примери на търговско производство на керамични прахове включват твърдофазния синтез на силициевоазотни ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) и силициевоуглеродни (SiC) сплави, на алуминиевооксидни ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) и

циркониевооксидни ( $ZrO_2$ ) частици, газовия синтез на титанов диоксид ( $TiO_2$ ) и силициев диоксид ( $SiO_2$ ) и т.н. [195].

Colombo [55] в неговата разработка от 2006 г. описва някои от методите, използвани за производството на целуларни и порьозни керамики, а Messing и сътр. [163] отбелязват, че редица техники за спрей пиролиза например, са разработени за директно производство на керамични прахове.

#### *Производство на полимерни и композитни влакна*

Полимерните и композитните влакна се прилагат основно при слятото депозиционно 3Д производство/принтиране (FDM). При този процес полимерен или восъчен материал се разпределя от отвора на движеща се шприца върху работната площадка на 3Д принтера по предварително зададена от компютъра геометрична плоскостна форма, която се изгражда слой по слой в триизмерен обект. Влакната, които се зареждат в шприца, се загряват от нагреватели, които поддържат температура малко над точката на топене на съответния материал. След разпределяне върху работната площадка втечнения материал веднага изстива и се втвърдява, оформяйки съответния слой. Следващият разтопен слой се слива с предходния, осъществявайки така процеса на слято депозиционно производство (моделиране). Дебелината на слоевете се определя от диаметъра на шприцовия отвор, който обикновено е с размери 0,013 и 0,005 инча [173].

Познати са около 11 вида филаментни материали за нуждите на FDM [69, 70]. Сред тях са: акрилонитрил бутадиен стирен (ABS), полиамид (PA), полиетилен (PE), полипропилен (PP) и др. Те имат много ценни характеристики, като химическа и температурна устойчивост, прозрачност, механична издръжливост, а някои от тях, като полилактатната киселина и трикалциевият фосфат са и биосъвместими.

Разработването на нови материали за FDM, комбинирани с метали (алуминиев окис, желязо, мед) или керамика е предизвикателство за съвременната индустрия относно подобряване на крайните производствени продукти, същевременно запазвайки опростения и финансово изгоден метод на слятото депозирано принтиране [229].

В таблица 4 са изброени характеристиките на три различни комбинации между найлонови нишки и железни частици, които се

комбинират по начин, в който найлонът обвива желязното ядро на нишките при производството на FDM влакна [147]. Изследвани са също температурните и механичните свойства на акрилонитрил бутадиен стирен (ABS) в комбинация с желязо и с мед, като са сравнявани не само самите комбинации, но и съпоставката им с чистия ABS материал [171]. Подобни изследвания са направени и с керамични филъри на полимерните нишки [16], доказвайки подобрената издръжливост на крайния продукт. Разбира се, тези комбинирани материали имат и много препятствия пред свободното им приложение и то най-вече по отношение на различните температури на топене и индекси на течливост между изграждащите субстанции, нееднородната дистрибуция на филъра в полимера след разтопяване и т.н.

**Табл. 4.** Обща характеристика на нови желязо/полимерни композити

№	Големина на желязните частици (µm)	Обем (%)		Тежест (%)		Сърфактант/пластификатор
1	50–80 (груби)	70	30	23,10	70,91	6
2	50–80 (груби)	60	40	15,95	76,15	7.9
3	<30 (фини)	60	40	15,95	76,15	7.9

Два от много популярните материали, използвани в лицево-челюстната хирургия – полилактатната киселина (PLA) и трикалциевият фосфат (TCP), също са изследвани широко като материали за FDM по отношение на свиване, кристализация, температурни промени и т.н. Установено е, че те имат достатъчно механични качества и биха могли да бъдат използвани за скелетно костно изграждане. Същевременно са изследвани и редица други биоматериали за приложение в слятото депониращо моделиране, като нанокompозитният материал поликапролактом (PCL) [53, 111, 253] (който се явява алтернатива на PLA) [191]; хидроксилapatитът (HA) [34]; бетатрикалциевият фосфат (β-TCP) [33] и неговите разновидности PP- β-TCP [119] и PCL-β-TCP [53]. Би трябвало да се отбележат и съобщенията за използването на биомаса (напр. палмово масло) за разработването на FDM филаменти [146].

## **ЦЕЛ И ЗАДАЧИ**

### **Ц е л**

Целта на настоящия труд е създаването на алгоритъм за клинично приложение на методите на виртуално 3Д планиране, моделиране и принтиране при локални, регионални и микросъдови реконструкции на обширни костни дефекти в лицево-челюстната област, след осъществяване на съответното хирургично лечение и проследяване на резултатите от него.

### **З а д а ч и**

1. Систематизиране на необходимите подготвителни изследвания и стъпките в процеса на виртуално планиране, моделиране и съответна костна лицево-челюстна хирургична интервенция.

2. Производство на индивидуални 3Д челюстни модели при пациенти с костни резекции и реконструкции и индивидуализиране на стандартни реконструктивни импланти по тях, като първоначален етап на приложение на дигиталните методи в хирургичната практика.

3. Цялостен процес на дигитално планиране, моделиране, оперативно симулиране, производство на хирургични трансферни водачи и 3Д пациент-специфични импланти.

4. Интраоперативно приложение на индивидуализираните стандартни импланти по произведените 3Д челюстни модели, както и на 3Д принтираните пациент-специфични импланти и хирургични водачи.

5. Обобщаване на алгоритъм за приложение на методите на виртуално 3Д планиране, моделиране и принтиране при локални, регионални и микросъдови реконструкции на обширни костни дефекти в лицево-челюстната област.

## **СОБСТВЕНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ**

### **МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ**

За период от 4 години – от май 2016 до април 2020 г., в клиничното проучване са включени 22 пациенти със заболявания в лицево-челюстната област, налагащи хирургична интервенция за отстраняване на обширни зони от различни костни и мекотъканни структури на лицето и едномоментна реконструкция с помощта на методите на 3Д виртуалното планиране, моделиране и принтиране.

#### **1. Пациенти**

##### **1.1. Включване и разпределение на пациентите:**

*Критерии за включване:*

– с първични или вторични обширни костни дефекти на лицето, нарушаващи структурната основа на покривния обем меки тъкани и създаващи значими функционални и естетични нарушения;

– с липса на противопоказания от общ и локален характер за осъществяване на едноетапна оперативна интервенция под обща анестезия за отстраняване на патологичния процес и едномоментно реконструиране на дефекта с помощта на техниките на микросъдова или регионална артериализирана хирургия, както и чрез самостоятелно или комбинирано приложение на пациент-специфичен 3Д имплант или индивидуално моделиран имплант по пациент-специфичен костен модел;

– с възможности за самостоятелно или подпомогнато финансиране на изработването на 3Д принтирания модел или импланти в условията на здравната система в България.

Последният от посочените критерии е натоварен с изключителна тежест както от биоетична, така и от чисто човешка гледна точка поради липсата на финансиране от страна на НЗОК за каквито и да било имплантируеми изделия в лицево-челюстната област в здравната система на България към момента на разработване и осъществяване на настоящия дисертационен труд (2016–2022 г.). Същото важи и изобщо по въпросите на триизмерното виртуално планиране и моделиране. Поради това пациентите и техните семейства се налага да финансират сами своето съвременно лечение, да използват средства от допълнителни здравноосигурителни фондове или здравни застраховки или да вземат финансови заеми за



подсигуряване на лечението си. Изключение от това правило националната здравна система прави единствено в случаите на операции на деца под 18 години, когато би могло да се разчита на финансиране от страна на НЗОК при определени условия.

Въпреки това, сме убедени, че съвременните методи на дигитално асистирана хирургия в областта на лицето трябва да навлязат възможно най-бързо в медицинската практика на България и искрено се надяваме този труд да бъде известен принос в тази насока.

*Разпределение:*

Пациентите са разделени в две групи.

В първата група от 12 пациенти (вж. табл. 6) са включени тези, при които след обработка на данните от компютър-томографските изследвания на лицевия скелет са произведени 3Д модели, представящи реален образ на скелетната патология или при по-тежките случаи – възстановен образ на челюстните кости с помощта на техниката на „огледалния образ (mirror image)”, при който здравата страна се използва за модел и се пренася по време на дигиталното планиране огледално върху засегнатата от болестния процес страна за генериране на пациент-специфичен модел с акуратни индивидуални характеристики. Тези модели са използвани както предоперативно, така и интраоперативно за ориентиране в патологичната костна находка, за планиране на резекцията и за моделиране (огъване) на стандартните импланти (най-често реконструктивни костни пластини), използвани при костното възстановяване.

Във втората група от 10 пациенти (вж. табл. 7) са включени тези, при които е осъществено цялостно виртуално планиране на пълната скелетна оперативна интервенция, вкл. със симулиране на костната реконструкция и са произведени хирургични водачи с оглед екзактен пренос на виртуалния план в реалната операция, както и е произведен триизмерен пациент-специфичен имплант за поддържане на реконструктивните костни сегменти и възстановяване на правилния и хармоничен лицев контур.

## **2. Методи**

### **2.1. Клинични**

**2.1.1. Интервю и събиране на анамнестични данни** – подробни и насочени вербални въпроси, засягащи събирането на данни относно:

### *Анамнеза на настоящото заболяване (anamnesis morbi)*

С насоченост на анамнестичното изследване към конкретната лицево-челюстна патология, която води пациента при нас – вкл. характер на настоящите оплаквания, време на появата им, ход до момента, както и евентуален тип на процес, който би могъл да изисква обширна резекция на лицевия скелет.

### *Анамнеза на живота (anamnesis vitae)*

Получаване на данни относно придружаващи и/или минали заболявания, в т.ч. и алергии към храни, лекарства или фактори на околната среда. Основна насоченост по отношение на предходни операции на лицето, устната кухина и шията, предходно лъчетерапевтично лечение в горната част на тялото, предходно или съпътстващо друго онкологично лечение, операции на крайниците или торса, в това число – съдова недостатъчност и/или предходни операции на съдовете, аксиларни или ингвинални дисекции, ставно протезиране, други костно-мускулни операции и т.н.

### *Медикаментозна история*

С интерес към регулярна или спорадична употреба на медикаменти, въздействащи върху сърдечната, съдовата, нервната, дихателната, гастроинтестиналната, костно-мускулната системи – особено по отношение на прием на бисфосфонати или лиганди на рецепторния активатор на нуклеарния фактор капа-Б (RANK-L) в хода на лечение на метастатични костни процеси или лечение на остеопороза и др.

### *Социална анамнеза*

Потвърждаване на личните данни – име, възраст, пол и събиране на данни относно образование, семейно положение, професия и социално-битова среда на живот – с евентуални вредни фактори в тях, имащи потенциално отношение към патологията на лицето, устната кухина и шията.

### *Вредни навици и здравна просвета*

Основно внимание се обръща на тютюнопушенето като водещ рисков фактор за сърдечносъдови и общосъдови заболявания, белодробни и онкологични заболявания; злоупотребата с алкохол; употребата на естествени или синтетични опиати и т.н.

### *Фамилна анамнеза*

Сведения за евентуални наследствено предавани болести – органични или телесни аномалии, кръвни заболявания – хемофилия или анемия, сърдечно-съдови, онкологични, инфекциозни заболявания и др. Сведения също така относно продължителността на живота на родствениците, особено тези от първа линия и т.н.

### **2.1.2. Анкета**

Използвана е основно при предоперативната анестезиологична консултация, с оглед избягване на обективни и субективни пропуски при набирането на информация относно – предходни оперативни интервенции, анестезиологични и реанимационни проблеми, алергии, медикаментозна история, вредни навици, заболявания на централната и периферната нервни системи, психични заболявания, заболявания на дихателната система, на сърдечносъдовата система, чернодробни, бъбречни заболявания, заболявания на опорно-двигателния апарат, гастроинтестинални, хематологични заболявания, инфекциозни болести, предходни кръвопреливания, рязка промяна в телесното тегло и т.н.

За анкетния метод е използвана стандартната бланка на Документ № 2 за предоперативна анестезиологична консултация от Медицинския стандарт по анестезиология и интензивно лечение (фиг. 10).

Въпросите в него са както затворени – с възможност за посочване на отговори „Да“ и „Не“, така и отворени – с поискване на конкретна допълнителна информация при посочен отговор „Да“, например в частта за медикаментозната история, в частта за сърдечносъдовите заболявания и т.н.

Целта на този анкетен метод е, съвместно с находката от физикалния преглед и лабораторните и инструментални изследвания, да се подпомогне анестезиологът и хирургичният екип по отношение на определянето на анестезиологичния риск и осъществяването на евентуални допълнителни изследвания и консултации предоперативно.

Анкетната бланка завършва със систематизирано определяне на анестезиологичния риск въз основа на широко приетата петстепенна скала за оценка на риска на Американското анестезиологично сдружение (ASA).

## ЛИСТ ЗА ПРЕДОПЕРАТИВНА АНЕСТЕЗИОЛОГИЧНА КОНСУЛТАЦИЯ И ПРЕЦЕНКА

Име.....  
 год..... рѣст..... тѣло..... Кр. група.....

ЕГП									
-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

ИЗ.№.....

Отделение.....Стаж.....

Лекуващ лекар (оператор).....

Диагноза.....

## I. Въпросник за пациента:

Опериран(а) ли сте досега?				
Кога	Къде	Операция	Вид упойка (местна, обща)	
<b>ОТБЕЛЕЖЕТЕ С "X" ОТГОВОРА</b>			<b>ДА</b>	<b>НЕ</b>
<b>1. Имали ли сте проблеми с анестезиите (упойката)?</b>				
<b>2. Лекувани ли сте някога в реанимация (интензивно отделение)?</b>				
<b>3. Имате ли познужавани заболявания?</b>				
<b>4. Алергия - към храни, прах, полени, лекарства: (като се посочват по възможност точно)</b>				
<b>5. Прием на лекарства в момента - какви?</b>				
<b>6. Прием на лекарства в миналото - какви?</b>				
<b>7. Привикнали ли сте към:</b>				
Алкохол				
Тютюнопушеник .....				
Наркотици				
<b>8. Стратате ли от заболявания на ШНС?</b>				
Прекара ли сте инсулт?				
Имате ли парези?				
Имате ли сте тръпки и мускулатура?				
<b>9. Стратате ли от заболявания на периферната нервна система?</b>				
Имате ли местенни тръпки?				
Имате ли сте гъвкавост и с какво сте се лекували?				
<b>10. Боледувате ли от психични заболявания?</b>				
<b>11. Имате ли заболявания на дихателната система?</b>				
Повишена температура през последните две седмици				
Хрема, болки в гърл ото, кашлица				
Имате ли здех?				
Имате ли хроничен фарингит или ларингит, промяна в гласа				
Имате ли бронхит или астма				
Имате ли бронхит и ли пневмония				
Прекарали ли сте туберкулоза или друго белодробно заболяване?				
<b>12. Имате ли заболявания на съречно - съдовата система?</b>				
Високо артериално налягане и с какво го лекувате? .....				
Прекарали ли сте инфаркти кога? .....				
Имате ли ритъмни нарушения и с какво ги лекувате? .....				
Имате ли сърдечен стимулатор (пейсмейкър)?				

ОТБЕЛЕЖЕТЕ С "X" ОТГОВОРА	ДА	НЕ
Оплаква ли сте се от стигащи болки в сърцето?		
13. Имате ли заболяване на черния дроб?		
Пожълтявали ли сте някога?		
Прекарали ли сте вирусен хепатит?		
Имате ли цироза?		
14. Имате ли бъбречно заболяване?		
15. Имате ли заболяване на опорно - двигателния апарат?		
16. Боледувате ли от диабет (Захарна болест)?		
17. Имате ли анемия или друго кръвно заболяване ?		
18. Боледувате ли от глаукома, имате ли проблеми със зрението?		
19. Боледува ли ли сте от инфекциозни заболявания?		
20. Боледува ли ли сте от венерическо заболяване?		
21. Боледувате ли от СТИИ?		
22. Боледувате ли от язва?		
23. Кървите ли продължително при нараняване?		
24. Извършвано ли Ви е кръвопреливане, имало ли е усложнения?		
25. Имате ли подвижни (клатещи се) зъбни протези, имате ли клатещи се зъби?		
26. Имате ли рязка промяна в телесното тегло?		
27. Оплаквате ли се от склонност към гадене и повръщане?		
28. Ако сте жена, бременна ли сте (кърмите ли)?		
29. Ако сте жена, ползвате ли противозачатъчни средства?		

**II. Физикален преглед:**

Артериално налягане: ..... Пулс: ..... Дихателна честота: ..... Темп.: .....

Сърце: ..... Бели дробове (дишане): .....

Дихателни пътища: .....

Крайници: .....

Други: .....

**III. Лаборатория:** Hgb ..... Htc ..... Кр. Захар .....

Кр. урея ..... Креатинин ..... Общ белтък .....

Електролити: Na ..... K ..... Ca ..... Cl .....

ЕКГ .....

Ro-графни .....

Други .....

Анестезиологичен риск - ASA клас: ..... (в точки)

ASA I: (0-1) - пациенти в добро здраве. Включва най - декия контингент болни, без доказани органични съпътстващи заболявания.

ASA II: (2-3) - пациент със системно заболяване в лека до средна форма. Органични заболявания, невяляещи върху основните функции.

ASA III: (4-7) - пациенти със системно заболяване в тежка форма, ограничаващо неговата активност, но без да го инвалидизира. Клинично значими заболявания.

ASA IV: (8-15) - пациенти със системно заболяване в тежка форма, водещо до инвалидност и/или заплашващо живота му - категория с живото-застрашаващи придружаващи сградания.

ASA V: (&gt;16) - "Морибунден пациент" при който очакваната продължителност на живота е до 24 часа със или без операция.

"E" - Ако се налага оперативна интервенция по спешност, към съответния клас се прибавя "E" (Emergency).

Фиг. 10. Лист за предоперативна анестезиологична консултация

### **2.1.3. Анализ на данните от медицинска документация**

Преглед и запознаване с наличната медицинска документация на пациента до момента, касаеща конкретния насочващ проблем, неговата история и евентуално предходно лечение, други хирургични и нехирургични лечебни процеси в миналото на базата на официални епикризи, допълнителни клинични и параклинични изследвания, насочваща информация от личен лекар, специалисти от извънболничната или болничната система или друга медицинска документация. При онкологичните случаи се обръща внимание на предходни образни изследвания и особено на хистологичните резултати, вкл. с преглед и анализ на самите хистологични препарати от екипа, който ще изследва постоперативните препарати, а при необходимост и допълнителни външни консултации със специалисти патохистолози.

### **2.2. Лабораторни изследвания**

На всички описани пациенти са назначени стандартни предоперативни клинично-лабораторни изследвания, непосредствено преди оперативната интервенция или до 5 дни преди нея (на пациентите в добро и стабилно общо състояние), в обем – пълна кръвна картина (ПКК) с диференциално броене и скорост на утаяване на еритроцитите (СУЕ), биохимичен анализ – ниво на кръвна захар, трансаминизи – аспартат аминотрансфераза (АСАТ) и аланин аминотрансфераза (АЛАТ), общ белтък, албумин, С-реактивен протеин, креатинин, урея, микроелементи – калий, натрий, хлор, хемостазен профил, кръвна група и други изследвания по показания.

### **2.3. Инструментални**

#### *Компютърна томография*

Прецизното компютърно томографско изследване е основополагащо за осъществяване на правилно дигитално планиране, симулиране, моделиране и последващо 3Д принтиране в лицево-челюстната патология.

Използваният от нас протокол е разработен под ръководството на доц. д-р Мария Недевска, дм, ръководител на Клиниката по образна диагностика към УМБАЛ „Св. Екатерина“, София.

Протоколът е подготвен в две насоки:

### 1. Изследване на лицето и шията

Комбинация от нативно и двуфазно контрастно компютърно томографско (КТ) изследване по мултидетекторен сканиращ протокол (MDCT), със средна дебелина на срезове 0,5 мм и следните детайли:

- Липса на анамнестични данни от страна на пациента за алергия към медикаменти, храни и фактори на околната среда или проведена противоалергична подготовка след съответно тестване към интравенозни образни контрастни средства.

- Нормална бъбречна функция и липса на други противопоказания за провеждане на контрастно образно изследване.

- 18G IV абокат, поставен най-често в кубитална вена.

- Обикновено латерално проектиране.

- Сканиращ обем от върха на фронталните синуси до трахеалната бифуркация.

- Обемна КТ за нативното изследване, 16 см покритие по дължина.

- Спирална КТ за бифазното контрастно изследване – артериална и венозна фаза.

- Интравенозно 100 мл/4 мл/сек. инжектиране на йод-базирана контрастна материя (350 мг/мл) + 50 мл/4 мл/сек последваща апликация на физиологичен разтвор.

- 120 kV; Автоматизирана дозова модулация.

### 2. Изследване на долната половина на тялото – с КТ ангиография на таза и долните крайници с оглед прецизиране на най-добрата микроваскуларна костна зона

- Спирална кранио-каудална сканираща проекция.

- Сканиращ обем от диафрагмата до стъпалото.

- Протокол с ниска радиационна доза, автоматизирана модулация и допълнителен повтарящ се реконструктивен алгоритъм.

- Ротационно време – 0,5 сек.

- Индивидуална селекция на придвижването (pitch).

- Колимация на срезове – 64 x 0,5 мм.
- Контрастна материя с високо йодно съдържание – 370 или 400 мг/мл.
- Скорост на приложение на контраста – 4,5–5 мл/сек.
- Обработка на образите на съответна специализирана работна станция.

### *Доплер сонография*

Ултразвуковото изследване на съдовете е използвано също така по два повода:

#### 1. Предоперативна оценка на кръвоснабдяването на предмишницата и ръката в случаи на радиални микросъдови ламба

Когато е необходимо да се оформят и повдигат микросъдови ламба от предмишницата, базирани на радиалната артерия, е необходимо да се верифицира адекватността на улнарната артерия и на палмарните съдови дъги да компенсират кръвоснабдяването на ръката, след премахването на радиалната артерия. За целта ние използваме освен достъпния за клинично приложение и много популярен тест на Allen [17, 44, 45], така също и ултразвуково изследване, при което се използва трансдюсер в диапазона между 5–10 МХц, като по-ниската честота е приложима предимно за по-големите и по-дълбоко разположени съдове (напр. дисталната част на брахиалната артерия и зоната на отделяне на радиалната и улнарната артерии), а по-високата честота за по-фините и по-повърхностно разположени части на съдовете, следвайки правилото, че по-високата трансдюсерна честота предоставя по-висока резолюция и чистота на образа, но прониква на по-малка дълбочина в тъканите.

Следвайки правилото, че различни анатомични съдови вариации или проблеми биха могли да нарушат адекватната перфузия на ръката след повдигане на радиално микросъдово ламбо, като например – непълноценна повърхностна палмарна дъга (*arcus palmaris superficialis*); доминиращ радиален съд в повърхностната палмарна дъга или друга малформация; и дори липса на улнарната артерия, ние разчитаме и на ултразвуковата верификация. Въз основа на това всички наши пациенти, при които



предстои реконструкция с радиално ламбо, преминават на ултразвукова оценка на радиалната артерия (a. radialis), улнарната артерия (a. ulnaris), повърхностната съдова дъга на ръката (arcus palmaris superficialis), както и на дълбоката (vv. radiales comitantes) и на повърхностната (v. cephalica et v. basilica) венозни системи на предмишницата.

При изследването разчитаме също така и на ултразвук-верифицирания тест на Алън, при който с високочестотна сонда (8–10 МХц) се сканира зоната на проксималната палмарна кожна гънка в основата на палеца. Там се визуализира преходната зона между радиалната артерия и повърхностната съдова дъга. При затруднение в идентифицирането на тази съдова структура би могло да се използва и указанието, че радиалният завой на повърхностната палмарна съдова дъга може да се открие там, където надлъжната линия през воларната средна линия на показалеца среща кожната гънка в основата на палеца или еминенцията на тенара. Когато радиалната част на съдовата дъга се визуализира, се притиска мануално радиалната артерия в дисталната част на предмишницата, за да се спре притокът на кръв през нея към ръката. Ако при това положение доплерът потвърди кръвоток през повърхностната съдова дъга в посока към радиалната артерия, тогава се приема, че съществува нормална перфузия на ръката дори и при липса на радиална артерия, т.е. тази предмишница би могла да се използва за донорна област за радиално микросъдово ламбо.

В допълнение на стандартния доплер с постоянна вълна (continuous wave Doppler), описан по-горе, би могъл да се използва и цветен доплер (color Doppler) за идентифициране на посоката на кръвотока на повърхностната съдова дъга, разчитайки на спектралния анализ, който той предоставя.

## 2. Следоперативно проследяване на микросъдовите анастомози с помощта на портативен доплер

Микросъдовите анастомози в областта на шията и дисталните проекции на анастомозиранияте съдове към реконструктивното ламбо регулярно се мониторират следоперативно посредством собствен портативен доплеров апарат с 8 МХц сонда (фиг. 11) през първите 7 дни.

Това мониториране се извършва в допълнение към клиничната преценка за виталността на микросъдово-трансферираните тъкани.



**Фиг. 11.** Използваният от нас тип портативен доплер

### *Ортопантомография*

На пациентите с резекции в областта на челюстните кости се назначава и дигитална ортопантомография за оценка на съзъбието.

### *Рентгенография на бял дроб и сърце*

Като етап от предоперативната подготовка за обща анестезия, непосредствено преди нея, на пациентите се назначава и рентгенография на бял дроб и сърце, освен в случаите на предоперативна компютърна томография на гръден кош, приложена в помощ на стадирането на високорисковите или авансиралите лицево-челюстни малигнени процеси.

## **2.4. Информационни, технологични и медицинско-инженерни**

Най-съществената част от планирането и моделирането в дигитално асистирания хирургичен подход се осъществява с помощта на медицинско-инженерна колаборация, използвайки информационно-технологични софтуерни платформи и съответен технически ресурс.

При първата група от 12 пациенти (вж. *Резултати*, табл. 6), при които са изработени триизмерни модели на челюстните кости, са използвани следните подходи:

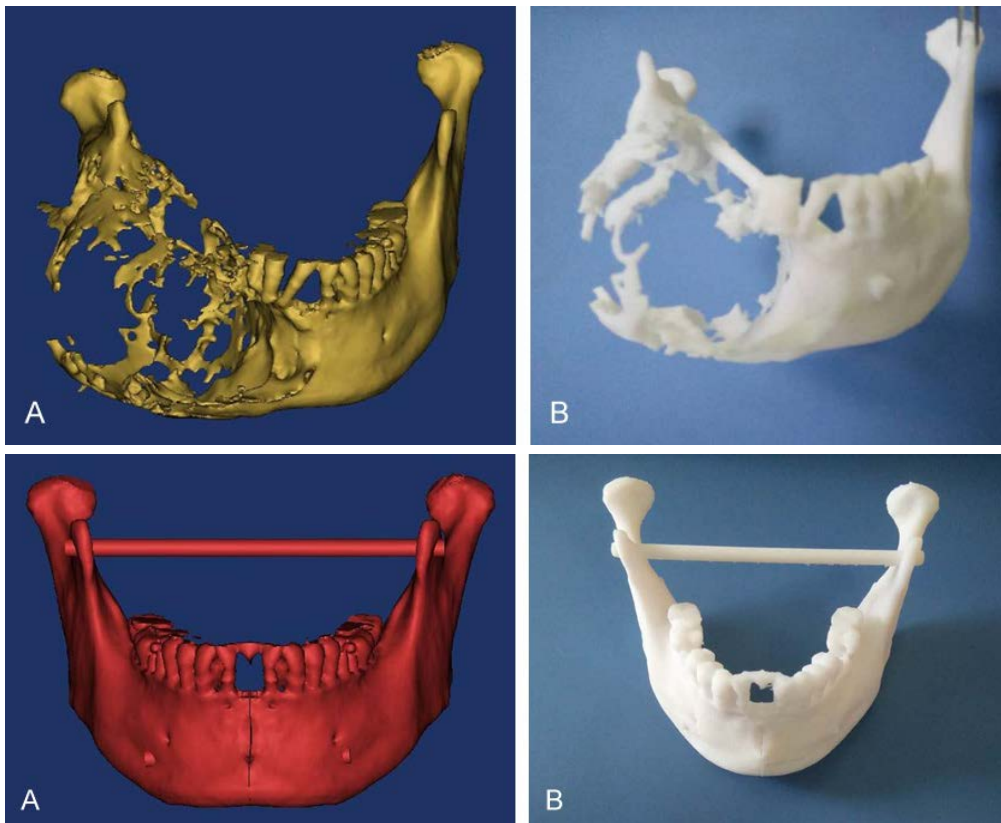
На първите двама пациенти с микросъдова реконструкция, съответно на горната и на долната челюст, са изработени 3Д модели (вж. фиг. 19 и 25) в лабораторията по CAD/CAM/CAE технологии на ТУ – София, ръководена от проф. д-р инж. Георги Тодоров, дн, от екип с ръководител гл.ас. д-р инж. Явор Софронов.

С помощта на Mimics Software (Materialise, Leuven, Belgium) са осъществени следните стъпки за производството на 3Д принтиран скелетен модел:

- анализ на информацията на постъпилия DICOM формат от компютър-томографското изследване;
- сегментиране на образите;
- определяне на зоната на интерес и поставяне на съответните граници;
- изграждане на дигитален модел – в първия случай на цял череп, изобразяващ и съответната патология на максилата вляво (вж. фиг. 19); във втория случай на долна челюст, с виртуално изграждане на дясната половина на челюстта, която е значимо увредена от авансирал рецидивен амелобластом, с помощта на огледален образ от лявата половина на челюстта (вж. фиг. 25);
- премахване на артефактите;
- диагностициране за евентуални грешки и потвърждаване на дизайна;
- експортиране на .stl файл към софтуерното управление на 3Д принтера;
- изпълнение на 3Д принтирането по технологията на слятото депозиционно моделиране (FDM) (вж. фиг. 4).

Останалите 10 модела на пациентите в тази група са произведени от медико-инженерен екип на фирма Биопринт, с помощта на 3D Slicer платформа (The Slicer Community), следвайки същите принципни стъпки. От тях – 4 бр. предоставят реален триизмерен моделен образ на челюстта с изобразяване на съответната костна патология; 3 бр. изобразяват реалното

състояние на костта без в нея да се изобразява костна патология; 3 бр. с реконструктивен образ на мандибуларната кост (преди патологичният процес да унищожи или деформира значителна част от нея), посредством технологията на огледалния образ (фиг. 12). Самото 3Д принтиране в тези 10 случая е осъществено чрез фотополимерно инкджет принтиране (вж. фиг. 7).



**Фиг. 12.** Реален и реконструиран огледален образ на 3Д модел при пациент с обширен амелобластом на долната челюст (цит. по Нао) [90]

Във втората група от 10 пациенти (вж. табл. 7) е осъществен цялостен процес на генериране на дигитални модели на лицево-челюстната патология при всеки отделен пациент, както и на донорната зона за микросъдова скелетна реконструкция, в съчетание с виртуално планиране и симулиране на резекционната и реконструктивната фази на оперативната интервенция, производство на сетове от хирургични водачи за трансфериране на виртуалния план в реалната операция (при 8 от 10-те пациенти), както и производство на 3Д пациент-специфични импланти (при всички пациенти), придружени от 3Д модели на реконструираните лицеви структури, и на донорните костни зони.

Този процес е осъществен съвместно с медико-инженерния екип на фирма KLS Martin (Tutlingen, Germany) посредством периодични онлайн конференции по следния протокол:

– Запис на DICOM-образите на кранио-максило-фациалния скелет и на потенциалните донорни зони в онлайн платформата KLS IPS Gate®.

– Верификация и анализ на предоставените образи от медицинския инженер.

– Конвертиране на КТ образите в дигитален пациент-специфичен модел, аналогично на по-горе описаните стъпки при пациентите от първата група.

– Онлайн среща на хирургичния и инженерния екип, протичаща в следните стъпки:

- потвърждаване на образите и на инженерния анализ до момента;

- верификация на неутралната позиция на главата, както и на срединната сагитална позиция, с оглед правилна триизмерна ориентация на дигиталния модел;

- верификация на правилната мандибуларна позиция или правилната позиция на отделните фрагменти (при вторичните мандибуларни дефекти), вкл. с правилното съотношение на ТМС комплекса – кондил/фоса;

- виртуална лицево-челюстна резекция с отстраняване на необходимия обем патологично поразени тъкани със съответен хирургичен борд, следвайки принципите за радикалност;

- потвърждаване на донорната костна област и избор на конкретната локализация на донорния участък в съответната кост;

- потвърждаване на позицията на хранещия донорната зона съд и локализацията на анастомозата в областта на шията;

- оформяне и резекция на донорните костни сегменти и виртуален трансфер в областта на реципиентната лицево-челюстна зона;

- подбиране на оптималната позиция на разположение на реконструктивните костни фрагменти в областта на дефекта;

- дизайн и конструиране на пациент-специфичния титанов имплант в съответствие с виртуално реконструираната лицево-челюстна анатомия и базиране на съответната контурна челюстна форма;
- суперимпониране на образите;
- конструиране на хирургичните водачи;
- потвърждаване на плана и заключение;
- Симулиране на плана от медицинския инженер.
- При възникване на проблеми, въпроси или допълнителни моменти – нова онлайн конференция.
- Съставяне на цялостен доклад на виртуалното 3Д планиране и конструиране от медицинския инженер.
- Първоначален преглед на плана и потвърждаване на детайлите от водещия хирург.
- Финален преглед, верификация и писмено потвърждаване от водещия хирург със запис на съответната подписана прескрипция в онлайн платформата KLS IPS Gate®.
- Производство на титановия имплант с помощта на технология за селективно лазерно синтероване и на полимерните хирургични водачи чрез слято депозиционно моделиране.
- Клиничен хирургичен етап – резекция на лицевата патология и съответна реконструкция чрез пренос на виртуалния план в реалната оперативна интервенция.

## **2.5. Оперативни методи**

Оперативните методи са представени от лицево-челюстните резекции с едномоментни микросъдови реконструкции и едномоментни регионални аксиални реконструкции.

Лицево-челюстните резекции следваха принципите на абластичност и радикалност при планирането и осъществяването си, а реконструктивният подход беше диференциран по следния начин:

1. Микросъдови реконструкции се осъществиха при:
  - доброкачествена хистологична характеристика на патологичния процес;
  - злокачествени процеси с централна челюстна локализация или налагащи тотално или субтотално отстраняване на челюстни кости;

- вторични дефекти след обширни костни резекции.

2. Регионални аксиални реконструкции се осъществиха при:

- IV стадии латерализирани малигнени процеси на челюстните кости, с високорискова биологична прогноза, но същевременно недостигащи до срединната линия на долната челюст или темпоромандибуларната става.

- При пациенти с история за високопотентна остеомодулираща терапия (интравенозни бисфосфонати или RANK-L медикаменти), както поради дългосрочната остеогенна активност на медикаментите, така и поради обичайното наличие на генерализирана метастатична болест.

- В случаи на „спасителна“ реконструкция, след загуба на микросъдово ламбо.

- При отказ на пациента за микросъдова реконструкция на дефекта.

#### *Лицево-челюстна резекция с едномоментна микросъдова реконструкция*

Микросъдовите реконструктивни операции в областта на главата и шията са може би най-трудоемките оперативни интервенции, които лицево-челюстните хирурзи извършват. При едномоментните реконструкции на онкологични дефекти например, цялостната хирургична интервенция включва няколко отделни самостоятелни операции и отнема операционно време средно между 8–16 часа. Различните оперативни интервенции, които включва подобна операция, са:

- трахеотомия в случаи на потенциална възможност за обструкция на горните дихателни пътища от реконструктивните тъкани;

- едностранна или двустранна шийна дисекция за контрол на разпространението на злокачествения процес и за подготовка на реципиентните съдове за микросъдовата анастомоза;

- резекция на туморния процес с триизмерен борд от клинично здрави тъкани, в съответствие с туморната биология. При използване на виртуално планиране – приложение на 3Д принтирани хирургични водачи за точен пренос на виртуалния план в реалната операция, както и за точно позициониране на отворите за фиксация на 3Д принтирания пациент-специфичен имплант към реципиентната кост;

- оформяне на микросъдовото ламбо, което би могло да бъде костно (осално), костно-мускулно (миоосално), костно-мускулно-кожно (остеомио-

кутанно), кожно-мускулно (миокутанно), кожно-фасциално (фасциокутанно), само мускулно (миогенно) и т.н. В областта на крайниците ламбото се оформя и отделя под първоначален турникетен контрол, чието налягане е със 100 мм живачен стълб над систолното налягане, или средно – 220–250 mm/Hg за 60–90 мин.;

- при костни ламба – остеотомия на сегментите и адаптация към реконструктивния титанов имплант. При случаите на виртуално планирани операции остеотомията на ламбото се осъществява с помощта на 3D принтираните водачи, чрез които се оформят и отворите за винтовете на пациент-специфичния имплант в реконструктивните костни фрагменти;

- откриване на съдовото краче (микроваскуларния педикул), захранващо ламбото и проследяване проксимално, до мястото на отделяне, с оглед осигуряване на адекватна дължина на съдовете за микросъдовата анастомоза. Последното би могло да се осъществи и под оптично увеличение, най-често с помощта на увеличителни очила;

- включване на оперативния микроскоп в хирургичната интервенция за финална подготовка на реципиентните съдове в областта на шията – осигуряване на артериален съд с достатъчен дебит, набавяне на необходимата му дължина чрез проксимална дисекция, изолиране на съда, стрипинг на адвентицията и оформяне на сечението; осигуряване по възможност на два венозни съда с добри дрениращи възможности, за предпочитане – директни клонове на вътрешната югуларна вена или по преценка – външната югуларна вена и по-рядко – предната югуларна вена. При липса на адекватни венозни разклонения – подготовка на вътрешната югуларна вена за анастомоза край в стена (end-to-side), или избор на друг отдалечен в ипсилатералната страна или контралатерален венозен съд, вкл. с приложение на графт-техника при необходимост;

- клипсиране и проксимално лигиране на микроваскуларния педикул на ламбото, отделяне от донорната зона и трансфериране в областта на шията. Засичане на „исхемичното време“ на ламбото с целеви граници за възстановяване на артериалното му кръвообращение до 60 минути;

- антитромботична съдова иригация на ламбото с хепаринизиран физиологичен разтвор – 1000 UI/100 ml 0,9% NaCl;



– при костни ламба – първоначално фиксиране на костните фрагменти към реципиентната костна зона и ориентиране на съдовото краче спрямо това, с оглед избягване на значима тракция и микросъдова травма впоследствие;

– микросъдови анастомози под микроскопско увеличение (фиг. 13) – артериална и венозна част. Верификация на перфузията на ламбото и възстановяване на виталността му;

– щателен оглед, хемостаза и възстановяване на тъканите в донорната зона. Аспирационен дренаж и асептична превръзка/бандаж в областта на крайниците;

– финално позициониране на мекотъканния и фиксиране на костния компонент на ламбото за възстановяване на лицево-челюстния дефект;

– проверка на микросъдовата анастомоза под микроскопски контрол;

– аспирационни дренажи и възстановяване на тъканите на шията.



**Фиг. 13.** Микросъдово анастомозиране под микроскопско увеличение

В нашата практика основната част от лицево-челюстните резекции и микросъдовите реконструкции се осъществяват в едно оперативно време, при участието на минимум два хирургични екипа – резекционен и реконструктивен, всеки състоящ се от оператор с двама асистенти; два анестезиологични екипа, състоящи се от анестезиолог и анестезиологична сестра; три операционни сестри – една участваща в резекционния екип, втора в състава на реконструктивния екип по време на оформяне и повдигане на микросъдовото ламбо и трета хирургична сестра, участваща в екипа по време на трансфера на ламбото, микросъдовите анастомози и

възстановяването на лицевия дефект, докато другият екип възстановява донорната зона.

В екипите участват и минимум двама операционни санитарни, което налага броят на участниците в една едновременна микросъдова операция да е минимум 15 (фиг. 14).



**Фиг. 14.** Хирургични екипи по време на мултиекипна работа

*Подготовка на операционната зала за едновременна микросъдова реконструкция*

За да стартира една микросъдова оперативна интервенция, операционната зала се подготвя съответно с принципите на антисептиката, с помощта на съответните дезинфекционни разтвори, вкл. с помощта и на бактерицидни лампи от предходния ден. Микросъдовата реконструкция е винаги единствена операция за деня в съответната операционна зала. Сутринта, в съответния ден, преди началото на оперативната интервенция чрез асептичен подход и техника операционните сестри, отговорни за съответните етапи на операцията, с помощта на операционните санитарни, разполагат на инструменталните маси хирургичните сетове за резекционната и реконструктивната част на операцията. Същевременно е необходимо разполагането и на два независими един от друг електрически остеотомни апарата, отделно или в комбинация с два броя роторни микромоторни дрил-апарати. Необходимо е разполагането и на крайници за електрохирургия и на двете хирургични позиции, както и на два стандартни остеосинтезни сета, заедно със съответния прилежащ инструментариум към тях, готови за етапа на остеотомиране и фиксиране на костните фрагменти.

За етапа на микросъдовото анастомозиране към операционната маса се придвижват и разполагат и операционният микроскоп за реконструктивна хирургия (с две работни позиции – диплоскоп), както и сет с микросъдови клампи и съответен микрохирургичен инструментариум (фиг. 15).



**Фиг. 15.** Хирургична сестра, разполагаща инструментални сетове, вкл. с остеосинтезен и микросъдов инструментариум

Самият пациент се позиционира в съответно положение (най-често по гръб) на операционната маса, като под тялото се поставят гел-подложки за контрол на зоните на повишен тъканен натиск или позициониращ вакуумен антидекубитален матрак (фиг. 16), а под главата гел-ринг. Позициониращият матрак ни помага както за контрол на зоните на натиск по време на продължителната интервенция, така и за фиксиране на позицията на тялото (особено при преминаване от гръбно в латерално положение), позицията на долния крайник в случай на фибуларни микросъдови ламба и т.н. Под или над тялото се поставя и терморегулируема загряваща подложка за контрол на телесната температура и превенция на хипотермия.

Основно и допълнително операционно осветление се разполага така, че да осветява едновременно лицево-челюстния и донорния участъци с достатъчна яркост.

Анестезиологичният апарат, с помощта на удължителни въздуховоди, се позиционира надолу и встрани от долните крайници с оглед разделяне и свобода на действие както на анестезиологичните, така и на хирургичните екипи.



Фиг. 16. Антидекубитален позициониращ матрак Vacuform®

### *Оперативни екипи \**

Микросъдовите реконструктивни операции извършваме с помощта на два операционни екипа в едно и също оперативно време, които се разделят на:

➤ Резекционен екип – отговарящ за осъществяването на дисекцията и резекцията на тъканите в областта на главата и шията, вкл. подготвящ реципиентното костно и мекотъканно ложе, както и първоначалната подготовка на реципиентните съдови структури.

➤ Реконструктивен екип – отговарящ за оформянето на микросъдовото ламбо от донорния участък, трансфера и микросъдовото анастомозиране, както и за реконструкцията на лицево-челюстния дефект.

Резекционният оперативен екип е подреден по следния начин: хирургът оператор е от страната на патологичния процес в лицево-челюстната област на пациента. Първият асистент е срещуположен на него, а вторият – краниално на главата.

Реконструктивният оперативен екип е подреден по следния начин: хирургът оператор е от същата страна на донорната зона, заедно с първия асистент. Първият асистент е обикновено краниално на оператора и в по-редки случаи каудално, а вторият асистент – в случаи на ламба от торса и долните крайници – е разположен по-често контралатерално и по-рядко унилатерално, а при работа в областта на горните крайници – унилатерално.

---

\* Всички резекционни екипи в описаните двуекипни операции са ръководени от д-р Светослав Славков, дм. Анестезиологичните екипи са ръководени от д-р Сийка Папазова, д-р Силузита Дончева, д-р Мария Митева и д-р Красимир Бинев. На всички тях, както и на целия голям екип от лекари, сестри, санитарни и технически сътрудници на СБАЛ по ЛЧХ, София, и на Отделението по ЛЧХ и Клиниката по неврохирургия на УМБАЛСМ „Н. И. Пирогов“, участвали в операциите, както и в пре- и постоперативните грижи за пациентите, изказваме огромна благодарност.

В момента на трансфера на реконструктивните тъкани и микросъдовите анастомози в областта на главата и шията реконструктивният екип се позиционира в горната част на тялото на пациента, като операторът и оперативният визьор на микроскопа са от страната на микросъдовата анастомоза, а първият асистент и асистентският визьор са контралатерално. Вторият реконструктивен асистент се разполага откъм краниалната част на главата.

Операционните сестри заедно с инструменталните маси се позиционират съответно:

В горната половина на тялото на пациента за резекционния екип – по правило сестрата се разполага срещу оператора и каудално на първия асистент. Тя позиционира магнитна или силиконова инструментна подложка върху гръдния кош на пациента след въвеждането му в анестезия и завършване на антисептичната подготовка на оперативното поле и използва тази зона за подаване на работните инструменти. При използване на „високи“ едномоментни микросъдови ламба (радиални или абдоминални), контралатерални на страната на резекцията, сестрата, участваща в резекционния екип, се позиционира от каудалната страна на оператора или в друга позиция, определена от него, без да навлиза в полето на реконструктивния екип.

Хирургичната сестра, участваща в реконструктивния екип, се разполага между хирурга и първия асистент, когато вторият асистент е разположен контралатерално, или между първия и втория асистент, когато целият хирургичен екип е позициониран унилатерално.

Ръководителите на резекционния и реконструктивния екипи могат да репозиционират хирургичните сестри и асистентите по всяко време, с оглед постигане на оптимално удобство и сигурност на работата.

#### *Лицево-челюстна резекция с едномоментна регионална аксиална реконструкция*

В случаите на резекции с регионални артериализирани реконструкции цялата оперативна интервенция се поема от един хирургичен екип, състоящ се от оператор с поне двама асистенти, една до две операционни сестри и един до двама операционни санитарни. В зависимост от продължителността на конкретната операция участват и един до два анестезиологични екипи. Организацията на операцията следва голяма част от стъпките, описани в предходната точка, като поради факта, че анатомичните области на тъканна



дисекция, резекция и реконструкция са гранични (глава, шия, вентрална или дорзална зона на гръдния кош и т.н), хирургичният екип работи в цялото широко оперативно поле.

При тези хирургични интервенции не се използват техниките на микроскопско асистираните микросъдови анастомози, но откриването, проследяването и предпазването на съдовото краче (понякога под оптично увеличение с помощта на увеличителни хирургични очила) на реконструктивното ламбо е от съществено значение за успеха на възстановяването.

Особеност при операциите, включващи дорзалните анатомични области – зона на *m. latissimus dorsi*, скапуларни и параскапуларни зони и т.н., е условието, че пациентът най-често трябва да бъде позициониран от гръбно в латерално положение след завършване на резекцията и шийната дисекция (вж. фиг. 16) и след оформяне, преместване на ламбото и възстановяване на донорната зона – репозициониран отново в гръбно положение за възстановяване на лицево-челюстния дефект.

#### *Следоперативен период*

В следоперативния период както на микросъдовите, така и на регионалните реконструкции се осъществява активно наблюдение на виталните показатели на пациента, на клинично-лабораторните му показатели, на водно-електролитния баланс, на хранителния статус (подкрепян често с помощта на назогастрално хранене с ултратънки сонди и ентерална помпа), на общия му статус, както и на локалния статус на оперативните рани, дренажите и с особено внимание – на реконструктивните тъкани.

Последните се мониторират както чрез визуална и палпаторна оценка (табл. 5 и фиг. 17), така и чрез доплер ултразвукова оценка на кръвоснабдяването (вж. фиг. 11).

**Табл. 5.** Визуална и палпаторна оценка на ламбото

<b>Наблюдение на ламбото</b>	<b>Нормално състояние</b>	<b>Артериална недостатъчност</b>	<b>Венозна недостатъчност</b>
Цвят на кожата	Нормален	Блед	Лилав или петнист
Консистенция	Мека	Отпуснати тъкани	Напрегнати тъкани
Температура	Топли тъкани	Студени тъкани	Студени тъкани
Капилярен рефил	2–3 секунди	Липсващ или забавен (>6 сек.)	Ускорен (<3 сек.)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Фиг. 17. Скала за оценка и запис на цвета на реконструктивната кожа (по Low) [141]

## 2.6. Статистически методи\*

- *Описателна (дескриптивна)* статистика – обобщена статистика на колекцията от събрана информация.
- *Дескриптивен анализ* – в табличен вид е представено честотното разпределение на разглежданите признаци, разделени по групи на изследване.
  - *Вариационен анализ* – изчисляване на оценките на централната тенденция и разсейване при пациенти с реконструктивни операции.
  - *Графичен анализ* – за визуализация на получените резултати.
  - *Mann–Whitney test* – непараметричен тест за установяване на междугрупови статистически значими разлики, при приложение на реконструктивни импланти.
  - *Тест  $\chi^2$*  и екзактен тест на Фишер – за проверка и анализ относно наличие на връзка между категорийни променливи свързани с реконструктивните импланти.
  - *Two-way ANOVA* – определящ два фактора, който имат влияние върху отговора. За получаване на отговор за три различни фактора при сравнение по пол.
  - *Wilcoxon matched pairs test* – непараметричен тест за установяване на вътрегрупови статистически значими разлики, между различните типове реконструктивни операции.
  - *Бинарен логистичен регресионен анализ* – за количествена оценка на изследваните фактори, въведени в групите на статистическите методи.

---

\* Статистическата обработка на данните е осъществена с помощта на гл.ас. д-р инж. Кръстин Йорданов, Технически университет – Варна.

- *Честотен анализ* – характеризира разпределението на възможните състояния при непараметричните типове на стандартни импланти и пациент-специфични импланти.

Данните са обработени с помощта на програмните пакети *Statistica ver. 14.0 (2020)*, *GraphPad Prism ver. 9.0 (2020)*, *SPSS ver. 24 (2021)* и *Microsoft Excel 2019*.

Приложен е статистическият софтуерен пакет *SPSS 20.0 (IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0. Armonk, NY: IBM CORP)* и е използван за обработването на данните за доказване на тяхната достоверност.



## РЕЗУЛТАТИ

За постигане на целта на настоящия научен труд и за изпълнение на поставените задачи, след анализ на използваните методи бяха получени следните резултати, демонстриращи конкретните подходи за виртуално 3Д планиране, моделиране и принтиране, както и за клиничното им приложение при комплексни случаи на резекции и реконструкции в лицево-челюстната област.

Данните от резултатите за включените в настоящото научно проучване пациенти, разпределени в две групи (вж. *Материал и методи*), представени в графичен и табличен вид с подробен разяснителен текст, са следните:

### I ГРУПА ПАЦИЕНТИ

Пациентите, при които по описаната по-горе методика бяха произведени 3Д модели на лицево-челюстния скелет с оглед физическа предоперативна ориентация и оформяне на стандартните титанови пластини в индивидуализиран имплант спрямо модела, са представени на табл. 6.

Табл. 6. I група пациенти

Пациент	Възраст (г.)	Пол	Диагноза	Операция/ Дата	Тип на модела	Цел на модела
1 СА	44	Ж	Fibroma ossificans maxillae sin.	Resectio maxillae sin. typus IIa et reconstr. microvascularis ex reg. crista iliaca dex. 05/2016	Модел на цял череп с изобразена костна патология	- Визуализация - Планиране на резекцията - Огъване на реконстр. пластина
2 ГА	36	Ж	Ameloblastoma recidiva mand. dex.	Resectio mand. dex. typus I et reconstr. microvascularis ex reg. fibularis dex. 11/2016	Модел на реконструирана долна челюст с огледален образ	- Визуализиране на оптимален долно-челюстен контур - Планиране на резекцията - Огъване на пластина
3 МД	52	М	Ca spinocell. maxillae dex.	Resectio max. dex. typus IIIa et reconstr. microvascularis ex reg. rectus abdominis sin. 12/2016	Модел на цял череп с изобразена костна патология	- Визуализация - Планиране на резекцията - Моделиране на имплант за под на орбита

4 СБ	61	Ж	Adeno Ca maxillae dex.	Resectio max.dex. typus IIIb et reconstr. microvascularis ex reg. rectus abd. sin. et axialis ex reg. latissimus dorsi dex. 12/2017	Модел на цял череп с изобразена костна патология	- Визуализация - Планиране на резекцията - Моделиране на имплант за под на орбита и контурни минипластини
5 ДГ	67	М	Ca spinocell. mand. et buccae dex.	Resectio mand. et buccae dex. typus II et reconstr. axialis ex reg. deltopectoralis dex. 05/2018	Модел на мандибула с реален образ	- Визуализация - Планиране на резекцията - Огъване на реконстр. пластина
6 КА	62	М	Ca spinocell. linguae, fundi cavi oris et oropharyngis dex.	Osteotomia mand. cont. reg. mentalis. Resectio Ca et reconstr. microvascularis. ex reg. radialis sin. 06/2018	Модел на мандибула с реален образ	- Планиране на достъп през ментума към дорзолатер. част на устната кухина. - Огъване на минипластини
7 НЧ	53	Ж	Ca spinocell. mand. dex.	Resectio mand. dex. typus II et reconstr. axialis ex reg. pectoralis major dex. 11/2018	Модел на реконстр. мандибула с огледален образ	- Визуализиране на оптимален долночелюстен контур - Планиране на резекцията - Огъване на пластина
8 ДИ	63.	Ж	Ca spinocell. mand. dex. recidiva	Resectio mand. dex. typus II et reconstr. axialis ex reg. pectoralis major dex. 01/2019	Модел на реконстр. мандибула с огледален образ	- Визуализиране на оптимален долночелюстен контур - Планиране на резекцията - Огъване на пластина
9 ЕИ	50.	Ж	Ca spinocell.mand., oropharyngis et radialis ling. dex.	Resectio mand. dex. typus II et reconstructio axialis ex reg. pectoralis major dex. 02/2019	Модел на реконстр. мандибула с огледален образ	- Визуализиране на оптимален долночелюстен контур - Планиране на резекцията - Огъване на пластина
10 ПП	72	М	Osteonecrosis medicamentosa mand. sin.	Resectio mand. sin. typus I et reconstructio axialis ex reg. buccae et SCM sin. 02/2019	Модел на мандибула с изобразена костна патология	- Визуализация - Планиране на резекцията - Огъване на реконстр. пластина
11 АИ	70	М	Osteonecrosis. medicamentosa mand. sin.	Resectio et mand. sin. typus II reconstructio axialis ex reg. buccae et m. plat. sin. 05/2019	Модел на мандибула с изобразена костна патология	- Визуализация - Планиране на резекцията - Огъване на реконстр. пластина
12 ММ	54	М	Ca spinocell. mand. dex.	Resectio mand. dex. typus I et reconstructio axialis ex reg. SCM dex. 09/2019	Модел на мандибула с реален образ	- Визуализиране на оптимален долночелюстен контур - Планиране на резекцията - Огъване на пластина

1. Пациент СА, на 44 г., от гр. София – с асиметрия на среден лицев етаж, дължаща се на подутина в лявата максиларна област (фиг. 18), хистологично верифицирана като осифициращ фибром. Въз основа на КТ изследването по описания по-горе протокол бе произведен 3Д модел на черепа, изобразяващ и съответната костна лезия. Освен за планиране, по него бе оформена предоперативно и реконструктивна пластина (фиг. 19).

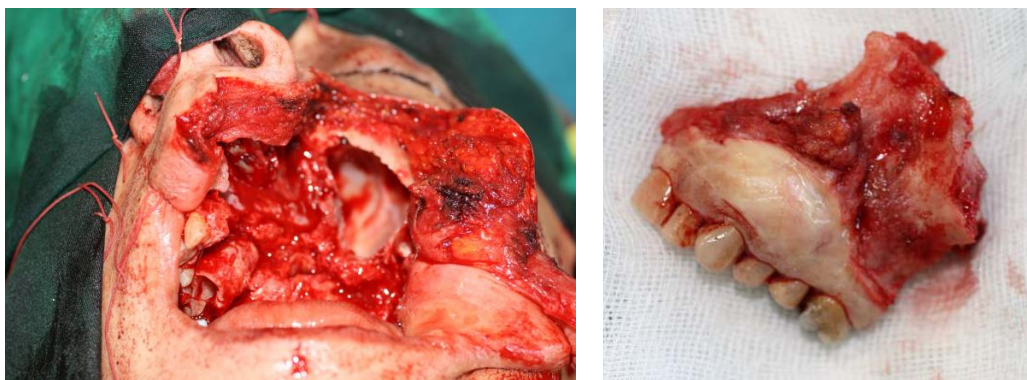


Фиг. 18. Предоперативен лицев изглед – фас и интраорален изглед



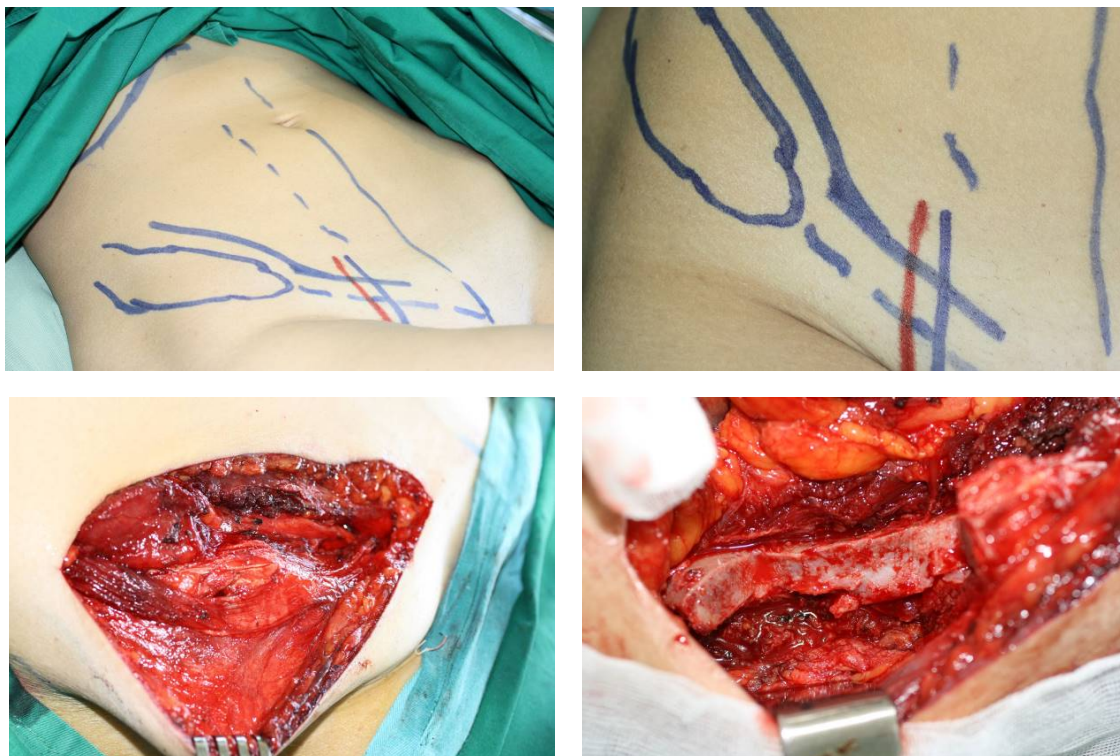
Фиг.19. 3Д модел на цял череп на пациент СА и моделирана по него пластина

Интраоперативно – с описания по-горе метод на едномоментния двуекипен подход при микросъдови реконструкции бе осъществена IIa тип резекция на максилата вляво (по Brown) [39], посредством модифициран Weber-Fergusson достъп (фиг. 20).



Фиг. 20. Достъп, клас IIa максиларен дефект и оперативен препарат при пациент СА

В същото оперативно време реконструктивният екип оформи микросъдово илиачно ламбо, базирано на *a.v.circumflexa ilium profunda dex.* (фиг. 21), и го трансферира, анастомозира и разположи за възстановяване на максиларния дефект (фиг. 22).



**Фиг. 21.** Микросъдово ламбо, базирано на *a. circumflexa ilium profunda dex.*



**Фиг. 22.** Интраоперативен изглед след разполагане на ламбото и в края на операцията

Постоперативно се наблюдава траен резултат на цялостното възстановяване на горната челюст, на интраоралното покритие и хармоничния контур на средния лицев етаж (фиг. 23).

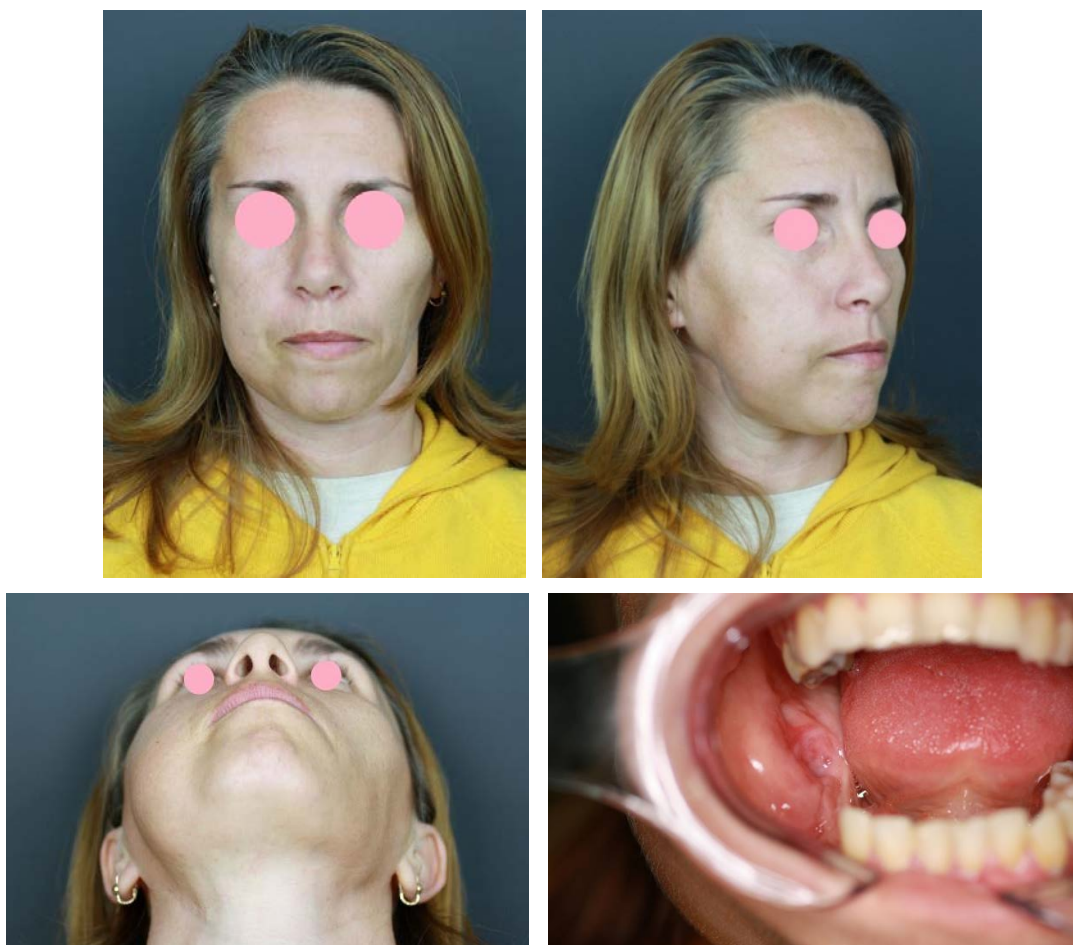




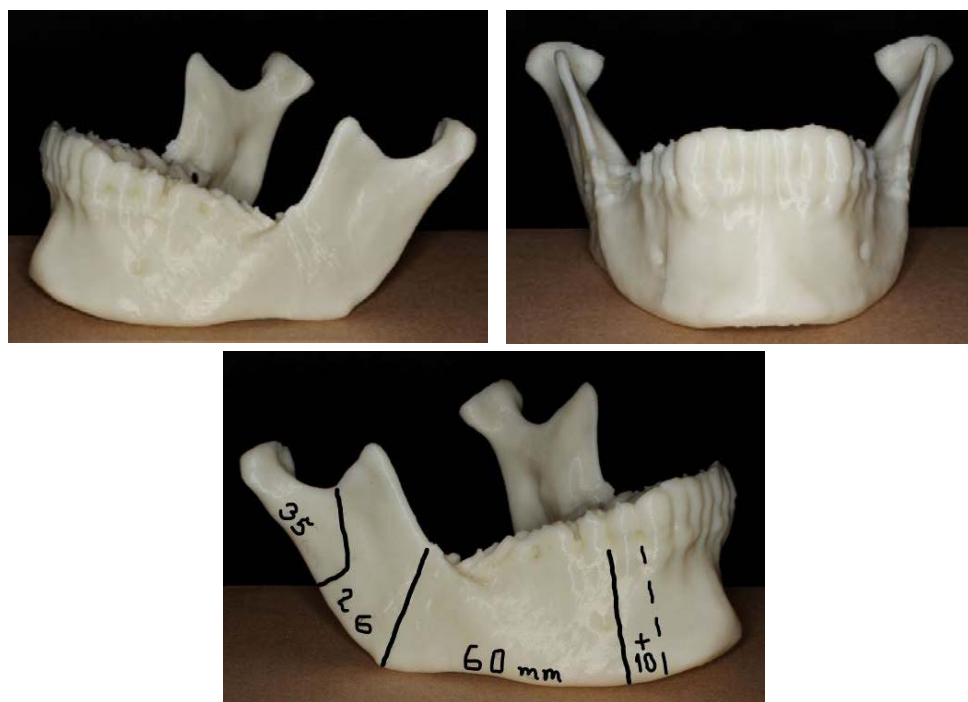
**Фиг. 23.** Лицев изглед – фас, профил и интраорален изглед – 36 месеца постоперативно

2. Пациент ГА, на 36 г., от с. Драганово, общ. Бургас – с лицева асиметрия, дължаща се на подутина на дясната половина на долната челюст (фиг. 24), хистологично верифицирана като амелобластом. В анамнезата и придружаващата документация бе налична информация за операция на долната челюст вдясно, десет години по-рано, с хистологична диагноза амелобластом, при която е била осъществена резекция и неваскуларизирана блок-графт пластика с кост от *crista iliaca*.

Предоперативно бе произведен 3Д модел на долната челюст, който поради мултикистичния строеж на тумора и засягането на голяма част от височината на тялото на челюстта вдясно, водещи до значим дефект в образа на дигиталния модел, бе изработен като реконструиран модел, по огледалния образ на лявата половина на челюстта. Това позволи да бъдат измерени и дължините на съответните сегменти, които ще бъдат засегнати по време на операцията, и да бъде по-прецизно планирана реконструктивната интервенция (фиг. 25).



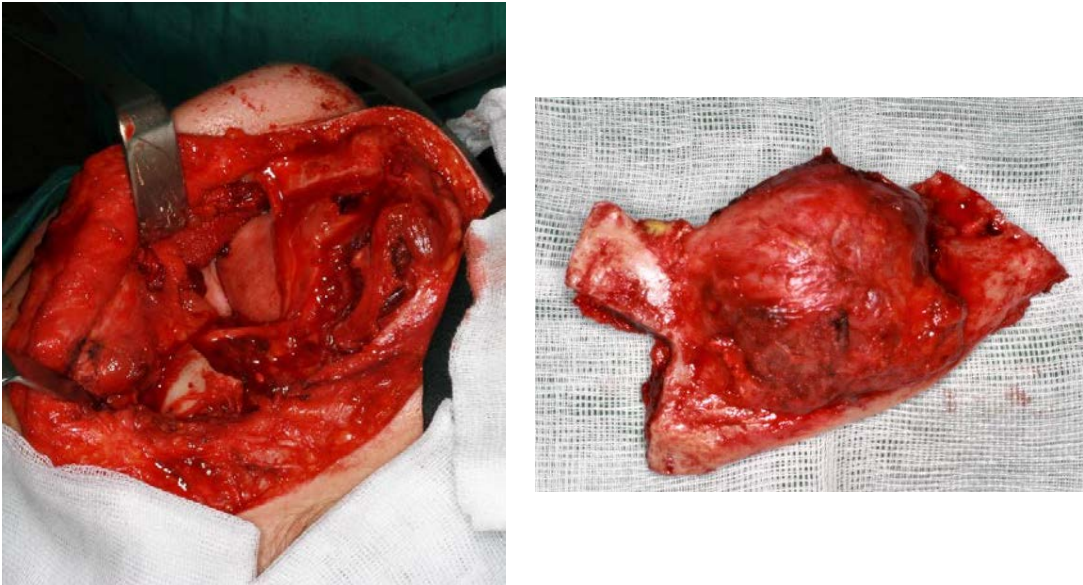
**Фиг. 24.** Предоперативен лицев изглед – фас,  $\frac{3}{4}$  профил, каудален и интраорален изглед



**Фиг. 25.** 3Д модел на долна челюст на пациент ГА, с реконструирана дясна половина по огледален образ и маркирана дължина на сегментите

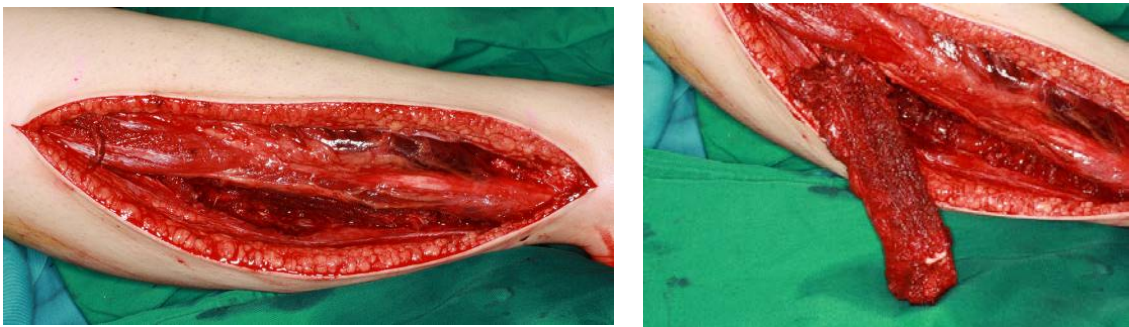


Интраоперативно бе осъществена I тип резекция на мандибулата вдясно (по Brown) [38], посредством субмандибуларен достъп (фиг. 26).

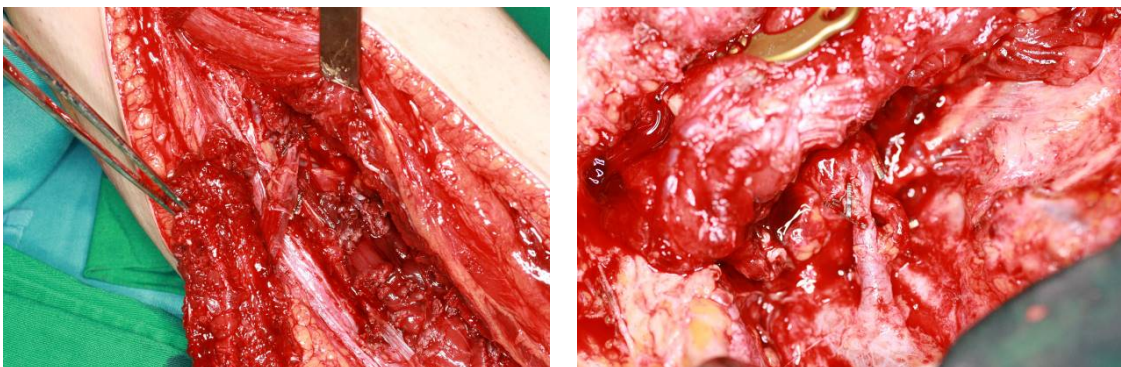


**Фиг. 26.** Достъп, клас I мандибуларен дефект и оперативен препарат при пациент ГА

В същото оперативно време реконструктивният екип оформи микросъдово фибуларно ламбо, базирано на а./v. peronea dex. (фиг. 27, 28) и го трансферира, анастомозира и разположи за възстановяване на мандибуларния дефект (фиг. 29).



**Фиг. 27.** Достъп и остеотомия на фибуларното микросъдово ламбо



**Фиг. 28.** Дисециране на а./v. peronea и микросъдова анастомоза в областта на шията



**Фиг. 29.** Разполагане на фибуларното ламбо в областта на долната челюст

Постоперативният резултат е представен на фигура 30.



**Фиг. 30.** Резултат 1 година след операцията – фас,  $\frac{3}{4}$  профил, каудален и интраорален изглед

3. Пациент МД, 52 г., от гр. София – с авансирал плоскоклетъчен карцином на дясна максила, с екстериоризация към меките тъкани и кожата на бузата, и ангажиращ пода на орбитата, алвеоларния гребен и дясната латерална носна стена (фиг. 31).





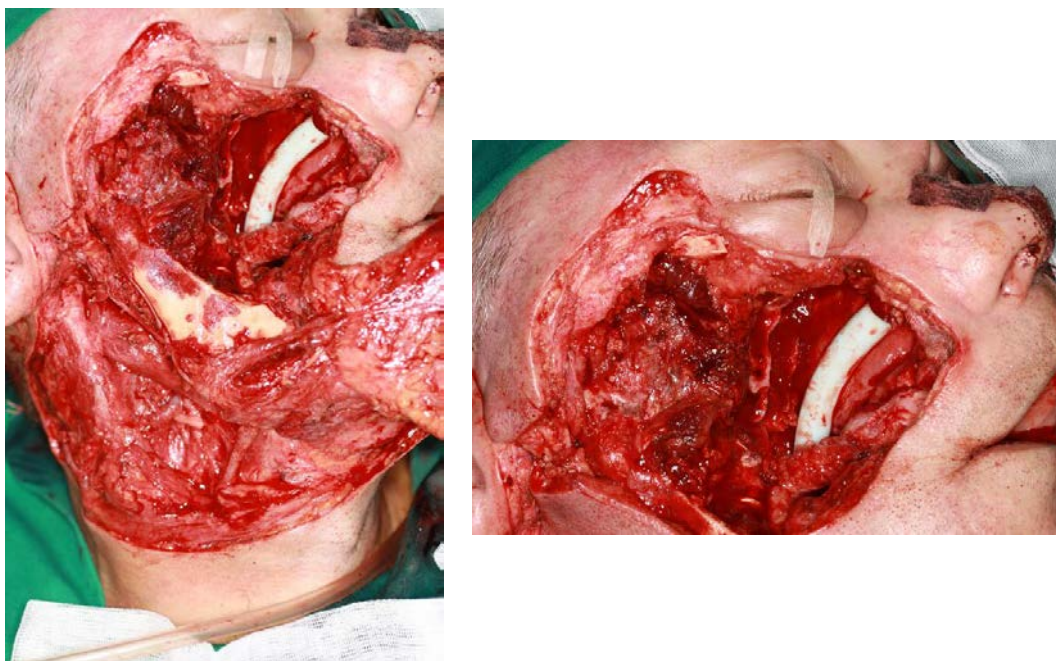
**Фиг. 31.** Предоперативен изглед – фас, профил и интраорален изглед

Произведен бе модел с частично реконструирани десни максиларна и орбитална стени за планиране на резекцията и адаптация на орбитален имплант за възстановяване на долната част на медиалната орбитална стена (фиг. 32).



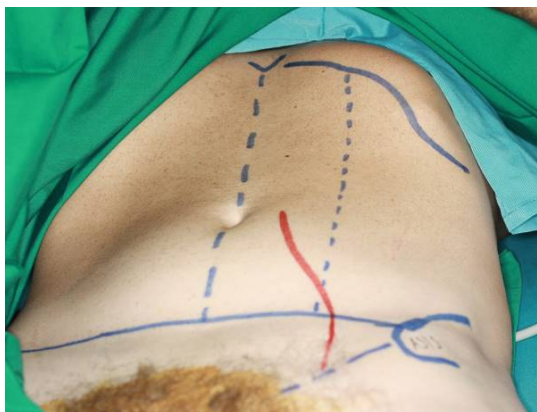
**Фиг. 32.** ЗД модел при пациент МД

Интраоперативно бе осъществена шийна дисекция, последвана от IIIa тип резекция на максилата (по Brown) вдясно, в блок с дясната букална и зигоматична области, дясната половина на носната кухина, вкл. с носния септум, дясната етмоидална област и *proc. coronoideus* на мандибулата, с прилежащата към него част на *m. temporalis* и съседните инфратемпорална и птеригоидна области (фиг. 33).



**Фиг. 33.** Интраоперативно състояние след резекция на тумора

В същото оперативно време реконструктивният екип повдигна микроваскуларно миокутанно ламбо от зоната на *m. rectus abdominis*, базирано на *a./v. epigastrica prof. inf. sin.* и след като оформи в него зони за реконструиране на екстра- и интраоралния компонент на лицевия дефект (фиг. 34), го трансферира, анастомозира в областта на шийните реципиентни съдове и разположи за едновременно възстановяване на обширната тъканна загуба (фиг. 35). По време на отстраняването на етмоидалната зона и работата в областта на базата на черепа резекционният екип установи наличието на ликворея, която бе успешно контролирана с помощта на костен восък, фасция от предната коремна стена и мускулна облитерация на зоната, с правия коремен мускул от композитното микросъдово ламбо.



**Фиг. 34.** Маркиране на донорната зона в областта на предната коремна стена, оформяне на микросъдовото ламбо и отбелязване на частите за реконструкция на бузата, на небцето и зоната за деепителизация (в щрих)



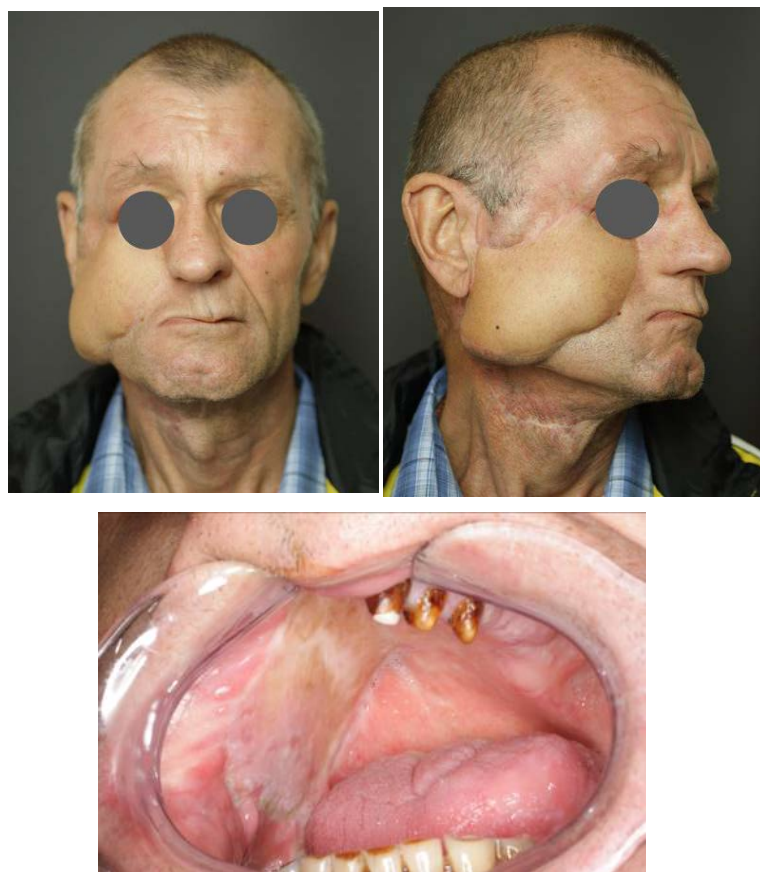
**Фиг. 35.** Изглед на реконструкцията в края на операцията – профил и интраорален изглед

Постоперативно се установи добра микросъдова перфузия на тъканите и стабилен във времето реконструктивен резултат (фиг. 36, 37).



**Фиг. 36.** Резултат 7 дни след операцията





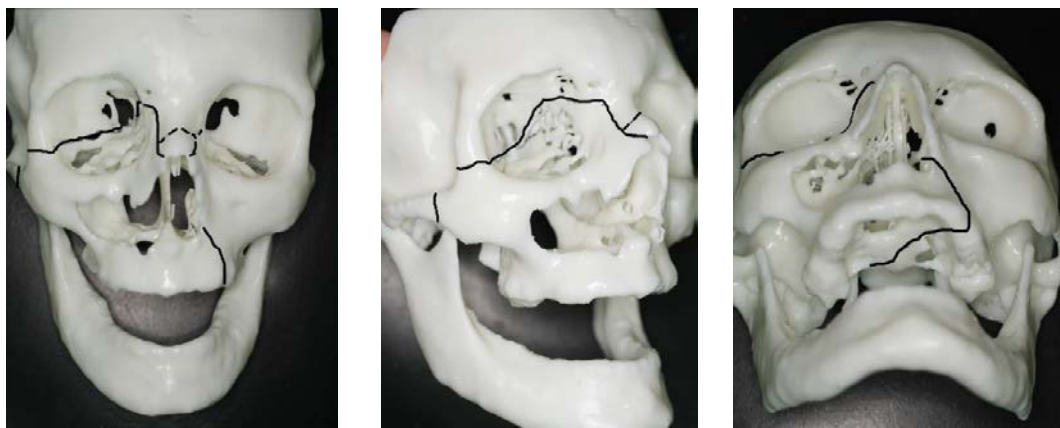
**Фиг. 37.** Резултат 18 мес. след операцията и 15 мес. след химио/лъчелечение

4. Пациент СБ, на 61 г., от гр. София – с лицева асиметрия, дължаща се на подутина на дясната половина на горната челюст, с ангажиране на букалните меки тъкани, ипсилатерална орбитална дистопия и ангажиране на носа и твърдото небце (фиг. 38), хистологично верифицирана като синусен аденокарцином. В анамнезата и придружаващата документация се съобщаваше за проведена дефинитивна лъчетерапия 18 мес. преди това, по повод аденокарцином на горната челюст вдясно.

Предоперативно бе произведен 3Д модел на черепа на пациента (фиг. 39) за планиране на резекцията и моделиране на имплант за пода на орбитата, както и адаптиране на контурни минипластили за поддържане на зигоматико-максиларния комплекс и носния профил, след отстраняване на скелета им.



**Фиг. 38.** Предоперативен изглед – фас,  $\frac{3}{4}$  профил и интраорален изглед



**Фиг. 39.** Предоперативен 3Д модел с маркиране на резекцията при пациент СБ

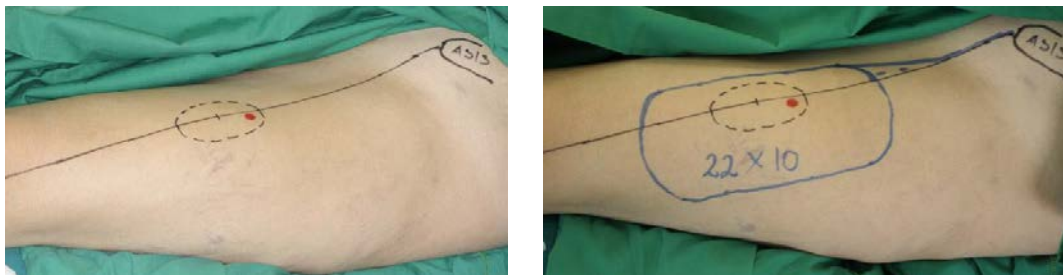
Интраоперативно бе осъществена шийна дисекция, последвана от IIIb тип резекция на мандибулата вдясно (по Brown) [40], в блок с дясната букална и зигоматична области, пода на орбитата, носната кухина, етмоидалния синус, прос. coronoideus на мандибулата, с прилежащата към

него част на *m. temporalis* и съседните инфратемпорална и птеригойдна области (фиг. 40).

В същото оперативно време реконструктивният екип започна оформяне на микросъдово предно-латерално бедрено ламбо (ALT) (вж. ламбо от предно-латералната област на бедрото, базирано на *g. descendens*, *a. circumflexae femoris sin* (фиг. 41), при което се оказва, че не са налице пълноценни перфоратори към кожата за захранване на планирания голям мекотъканен обем. В този момент бе взето решение за възстановяване на този донорен достъп и преминаване към микросъдово ламбо от лявата страна на предната коремна стена (VRAM), базирано на *a./v. epigastrica prof. inf. sin.*, което бе осъществено успешно.



**Фиг. 40.** Интраоперативна пострезекционна ситуация



**Фиг. 41.** Планиране на ALT ламбо при пациент СБ

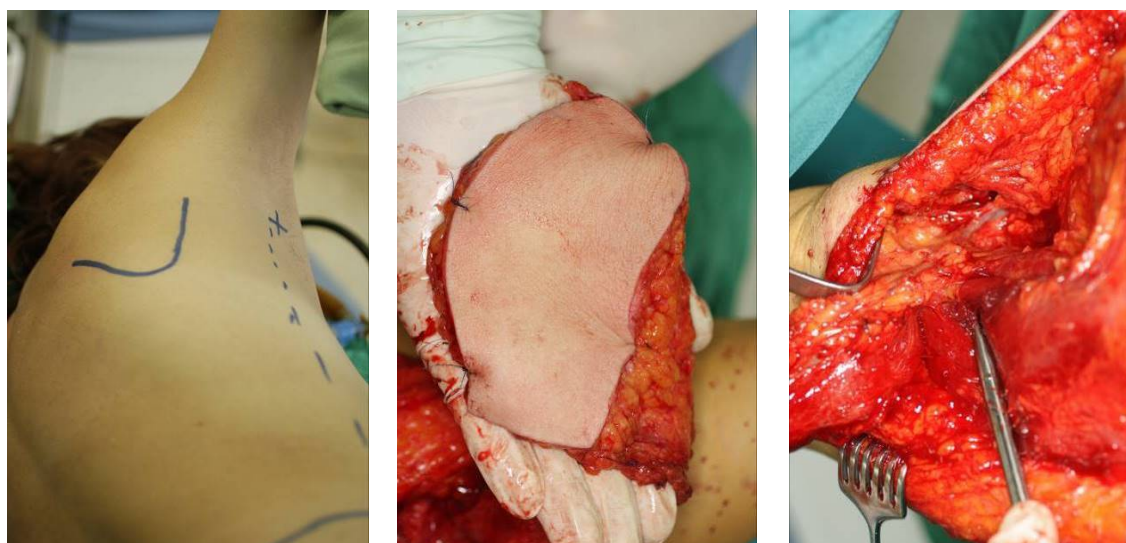
След спокоен ранен постоперативен период, придружен с положителна микроциркулация и състояние на реконструктивните тъкани, към 9-ия постоперативен ден бе установена инфекция на реципиентната област и мекотъканното свободно ламбо (фиг. 42-а), която въпреки проведената полиантибиотична терапия с микробиологична насоченост и антисептични грижи се задълбочи, и към 14-ия ден бе отчетена периферна хипотрофичност на ламбото и дехисценция на реконструктивните тъкани. Това доведе до решение за отстраняването им (фиг. 42-б) и за нова



реконструктивна операция с помощта на миокутанно аксиално ламбо от зоната на m. latissimus dorsi, базирано на a. thoracodorsalis (фиг. 43).



**Фиг. 42.** а) Инфекция на реципиентната зона; б) Отстраняване на ламбото



**Фиг. 43.** Планиране, повдигане на кожно-мускулния компонент и дисециране на съдовото кроче на миокутанното latissimus dorsi ламбо при пациент СБ

Последната операция бе осъществена успешно 16 дни след първата. Постоперативният резултат е представен на фигура 44.

5. Пациент ДГ, на 67 г., от гр. Асеновград – с авансирал плоскоклетъчен карцином на мандибулата вдясно, с екстериоризация към меките тъкани и кожата на бузата (фиг. 45).

Произведеният 3Д модел бе използван за планиране на резекцията и за адаптиране на реконструктивната пластина (фиг. 46).



**Фиг. 44.** Лицев и интраорален изглед 30 дни постоперативно



**Фиг. 45.** Предоперативен изглед – фас,  $\frac{3}{4}$  профил, пълен профил и интраорален изглед

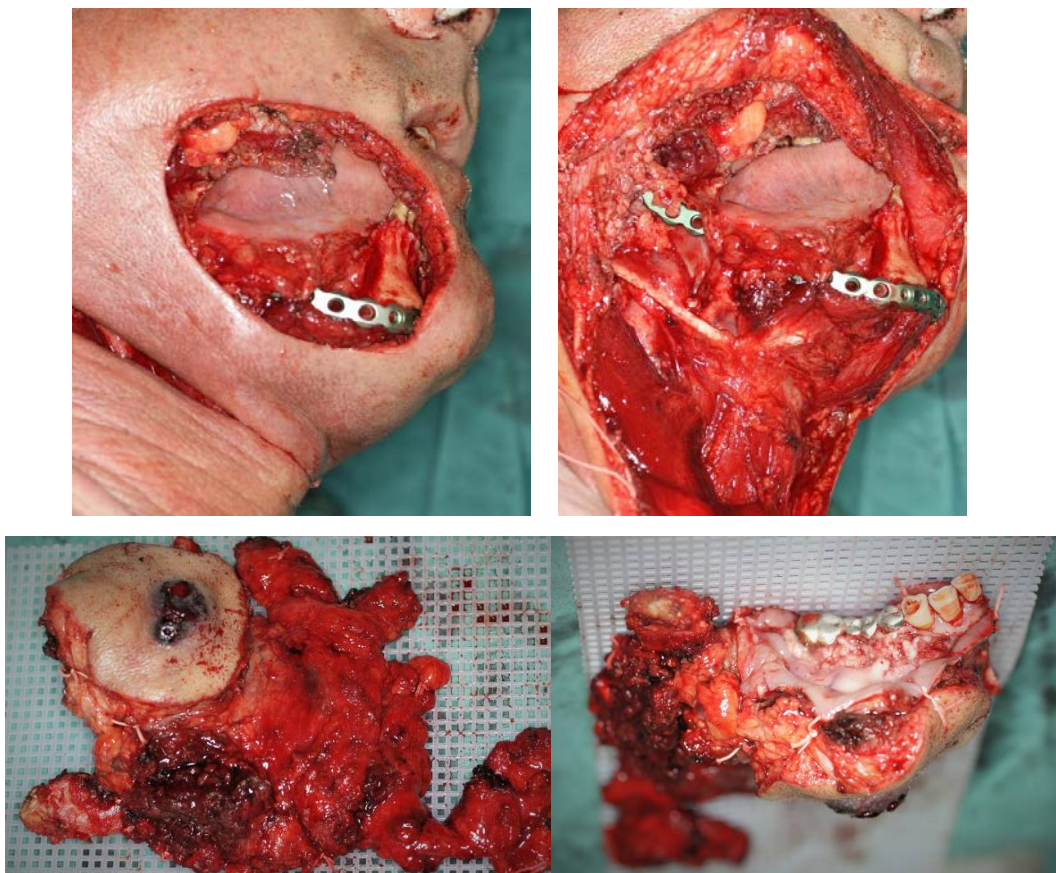




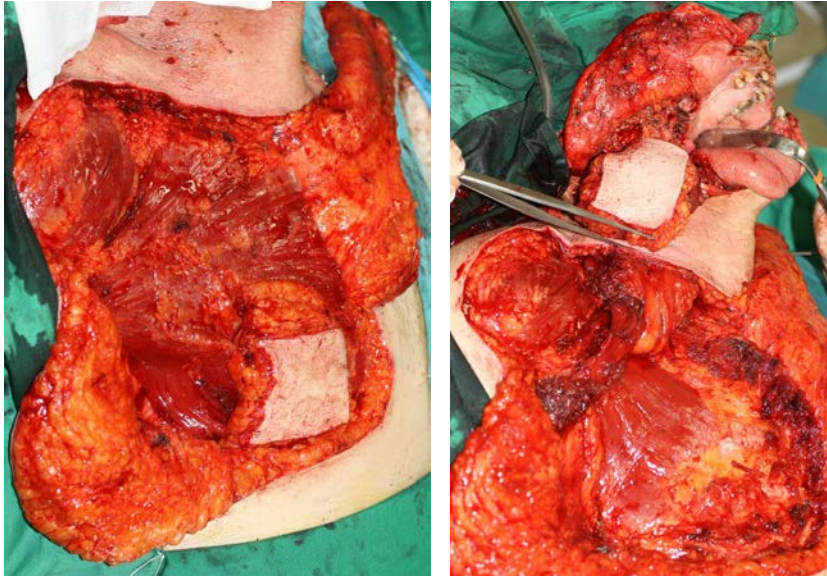
Фиг. 46. 3Д модел при пациент ДГ

Интраоперативно бе осъществена шийна дисекция и II тип резекция на мандибулата вдясно (по Brown), в блок с дясната букална и перимандибуларна области (фиг. 47). Същият оперативен екип продължи с реконструктивната фаза на операцията, която включваше оформянето, трансферирането и разполагането на дясно делтопекторално аксиално ламбо, базирано на a./v. thoracoacromialis dex., с два кожни острова за възстановяване на екстраоралната и интраоралната компонента на комплексния дефект (фиг. 48).

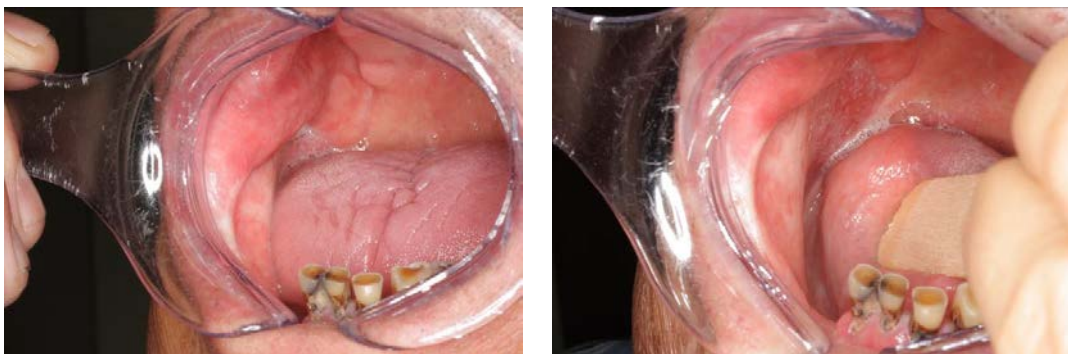
Постоперативният резултат е представен на (фиг. 49).



Фиг. 47. Лицево-челюстен интраоперативен дефект и резекционен препарат



**Фиг. 48.** Оформяне на делтопекторалното ламбо



**Фиг. 49.** Лицев изглед 14 мес. постоперативно и 12 мес. след химио/лъчелечение – фас,  $\frac{3}{4}$  профил, интраорален изглед – вкл. дясна букална област и под на устната кухина

6. Пациент КА, на 62 г., от гр. София – с леко изразена шийна асиметрия вдясно и улцеро-инфилтративна лезия на корена на езика, пода



на устната кухина и орофаринкса вдясно (фиг. 50), хистологично верифицирана като плоскоклетъчен карцином.

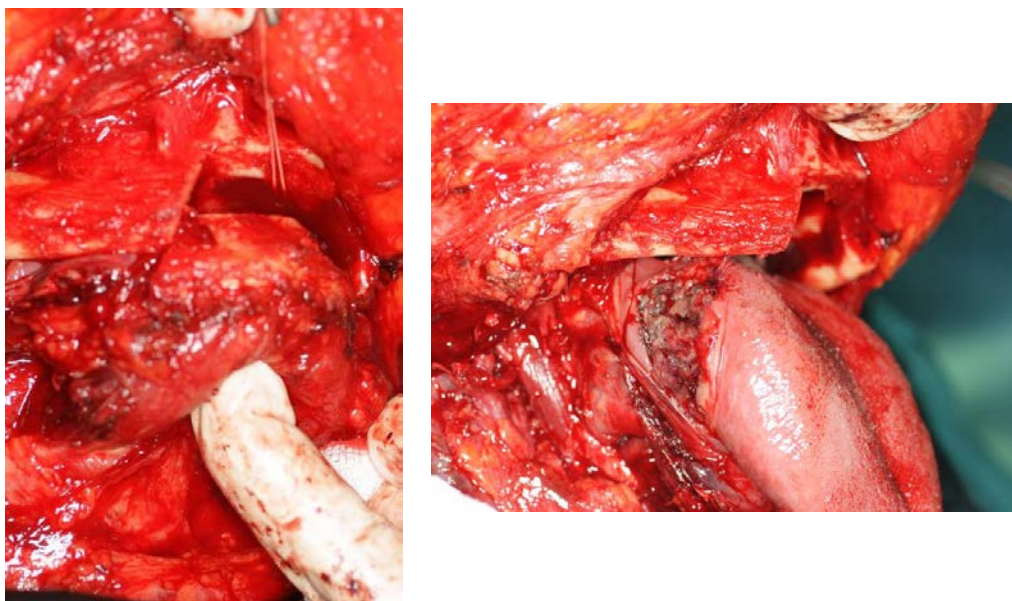
Предоперативно бе произведен мандибуларен 3Д модел с цел както да изобрази локалната костна анатомия в областта на дисталната част на тялото и ъгъла на долната челюст вдясно, така и анатомията в областта на ментума, поради планирането на иновативен достъп към корена на езика и орофаринкса през тази зона, със запазване на континуитета на челюстта (фиг. 50). По модела бяха оформени и 3 бр. минипластини за възстановяване на зоната на достъпа.



**Фиг. 50.** Предоперативен изглед – лицев и шиен фас, интраорален изглед, 3Д модел

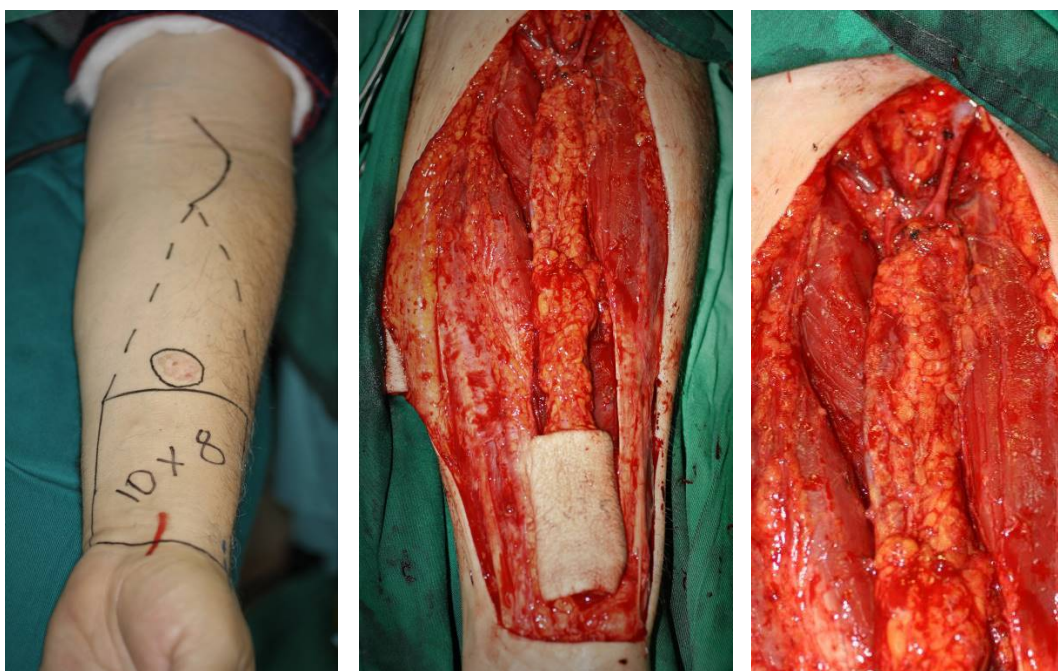
Интраоперативно двуекипно бяха осъществени шийна дисекция и континуитетен достъп през ментума на долната челюст към дисталните отдели на устната кухина вдясно (фиг. 51), последвани от резекция на медиодисталните 2/3 на езика вдясно, в блок с прилежащите зони на пода на устната кухина и орофаринкса, и лингвалната половина на алвеоларната

част на долната челюст, дистално от 46 зъб (остеотомирана чрез вертикален сплит).



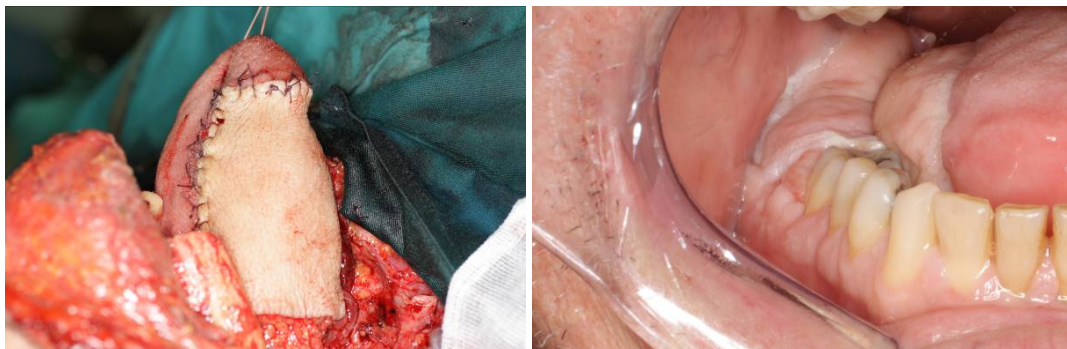
**Фиг. 51.** Достъп през ментума за резекция на дистолатералната лезия на устната кухина

В същото оперативно време реконструктивният екип оформи микросъдово радиално ламбо, базирано на а. radialis sin. и комуникантна кубитална вена между повърхностната и дълбоката венозна система на антебрахиума (фиг. 52), след което го трансферира, анастомозира и разположи за възстановяване на езика, пода на устната кухина, орофаринкса и мекотъканното покритие на алвеоларния гребен (фиг. 53 и 54).





**Фиг. 52.** Оформяне и повдигане на радиалното ламбо, вкл. с кубиталната комуникантна вена



**Фиг. 53.** Първоначално разполагане на анастомозираното ламбо и окончателна позиция



**Фиг. 54.** Изглед 6 мес. постоперативно (4 мес. след химио/лъчетерапия) – интраорален изглед и донорна зона

7. Пациент НЧ, на 53 г., от с. Варвара, обл. Пазарджик – с лекостепенна асиметрия на дясната перимандибуларна област и мандибуларна улцеро-инфилтративна лезия на долната челюст вдясно (фиг. 55), хистологично верифицирана като плоскоклетъчен карцином.

Предоперативно бе произведен 3Д модел на долната челюст (фиг. 56) за планиране и моделиране на пластината.

Интраоперативно бяха осъществени шийна дисекция и II тип резекция (по Brown) на мандибулата вдясно, след което същият екип оформи аксиално пекторално миокутанно ламбо, базирано на а. thoracoacromialis dex. След възстановяване на мандибуларния континуитет с помощта на предварително огъната и индивидуализирана стандартна титанова реконструктивна пластина, ламбото бе трансферирано и разположено за възстановяване на мандибуларния дефект.

Интраоперативната ситуация, както и постоперативният резултат са представени на фиг. 57 и 58.

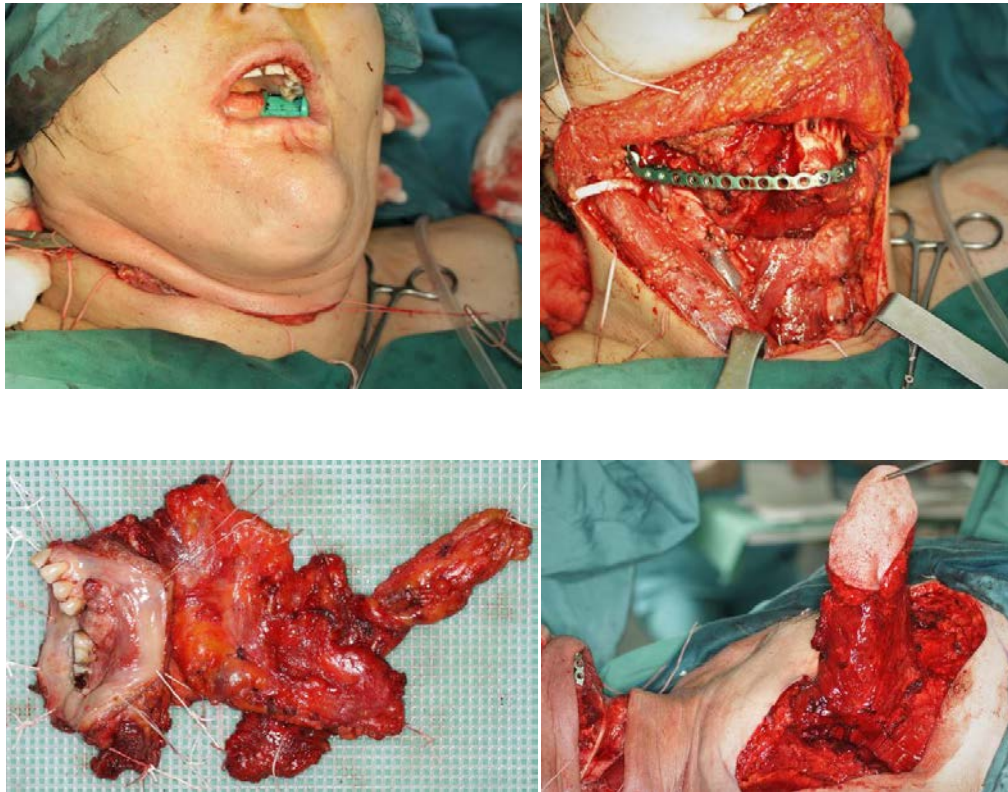


**Фиг. 55.** Предоперативен лицев изглед – фас и интраорален изглед



**Фиг.56.** 3Д модел, използван за ориентация, планиране и огъване на пластината





**Фиг. 57.** Резекционен достъп, оперативен препарат, разположен за хистологично изследване, повдигнато аксиално пекторално миокутанно ламбо



**Фиг. 58.** Изглед 3 месеца постоперативно

8. Пациент ДИ, на 63 г., от гр. София – с изразена лицева асиметрия, дължаща се на подутина на дясната букална област, както и обширна интраорална улцеро-инфилтративна лезия на долната челюст вдясно (фиг. 59), хистологично верифицирана като плоскоклетъчен карцином. В анамнезата и придружаващата документация се съобщаваше за дефинитивно лъчетерапевтично лечение, 5 г. по-рано, по повод лезия със същия хистологичен характер и анатомична локализация.

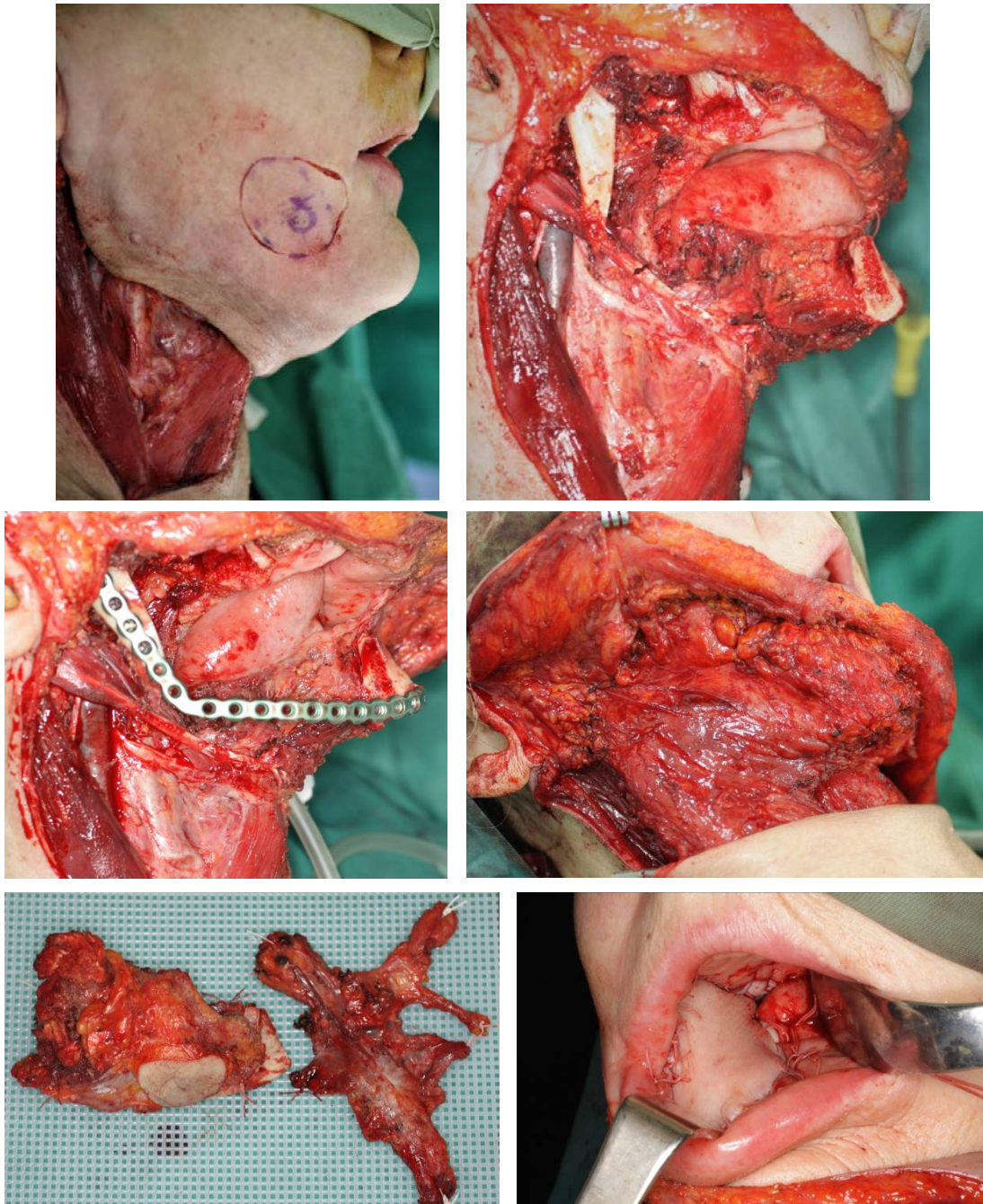


**Фиг. 59.** Предоперативен изглед – фас, каудо-краниален, интраорален изглед и 3Д модел

Предоперативно бе произведен 3Д модел на среден и долен лицев етаж с реконструиран по огледален метод образ на долната челюст, по който бе индивидуализирана стандартна реконструктивна титанова пластина (фиг. 59).

Интраоперативно бяха осъществени шийна дисекция и II тип резекция (по Brown) на мандибулата вдясно, в блок с прилежащите части на орофаринкса и пода на устната кухина, както и букална резекция, след което същият екип оформи аксиално пекторално миокутанно ламбо, базирано на *a. thoracoacromialis dex*. След възстановяване на мандибуларния континуитет с помощта на предварително огъната и индивидуализирана стандартна титанова реконструктивна пластина, ламбото бе трансферирано и разположено за възстановяване на мандибуларния дефект и посочените резецирани интраорални области (фиг. 60). Кожният букален дефект бе възстановен с локална пластика.





**Фиг. 60.** Оперативен изглед – достъп; състояние след шийна дисекция и разширена радикална мандибуларна резекция; фиксиране на мандибуларните фрагменти; покрита с пекторален мускул реконструктивна пластина; ориентиран за хистологично изследване оперативен препарат; разположено за интраорална реконструкция пекторално ламбо

Постоперативният резултат е представен на фигура 61.



**Фиг. 61.** Постоперативен изглед – в края на 2-та седмица и на 6-ия месец

9. Пациент ЕИ, на 50 г., от гр. Тетевен – с изразена лицева асиметрия, дължаща се на подутина на дясната букална и перимандибуларна области, както и обширна интраорална улцеро-инфилтративна лезия на долната челюст, пода на устната кухина и орофаринкса вдясно (фиг. 62), хистологично верифицирана като плоскоклетъчен карцином.



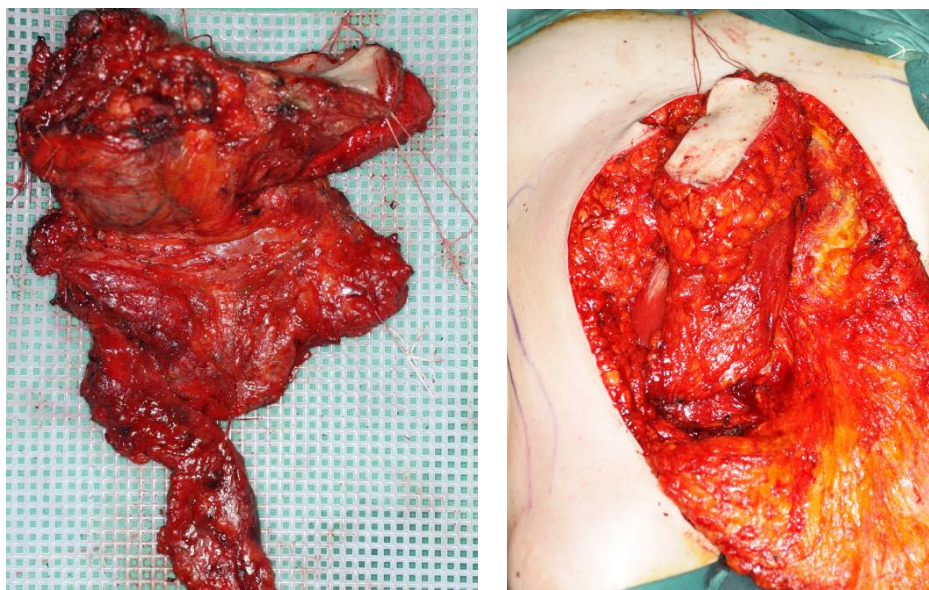
**Фиг. 62.** Предоперативен изглед – фас и интраорален изглед

Предоперативно бе произведен 3Д модел на среден и долен лицев етаж с реконструиран по огледален метод образ на долната челюст, по който бе индивидуализирана и стандартната реконструктивна титанова пластина (фиг. 63).

Интраоперативно бе осъществена блок шийна дисекция с II тип резекция (по Brown) на мандибулата вдясно, заедно с максиларния тубер, прилежащите части на орофаринкса, пода на устната кухина и бузата. В продължение същият екип оформи аксиално пекторално миокутанно ламбо,



базирано на a. thoracoacromialis dex. След фиксиране на мандибуларните фрагменти с помощта на предварително индивидуализираната стандартна титанова реконструктивна пластина, ламбото бе трансферирано и разположено за възстановяване на мандибуларния дефект и посочените резецирани интраорални области (фиг. 64).



**Фиг. 63.** 3Д модел и интраоперативна ситуация – резекция и пекторално ламбо

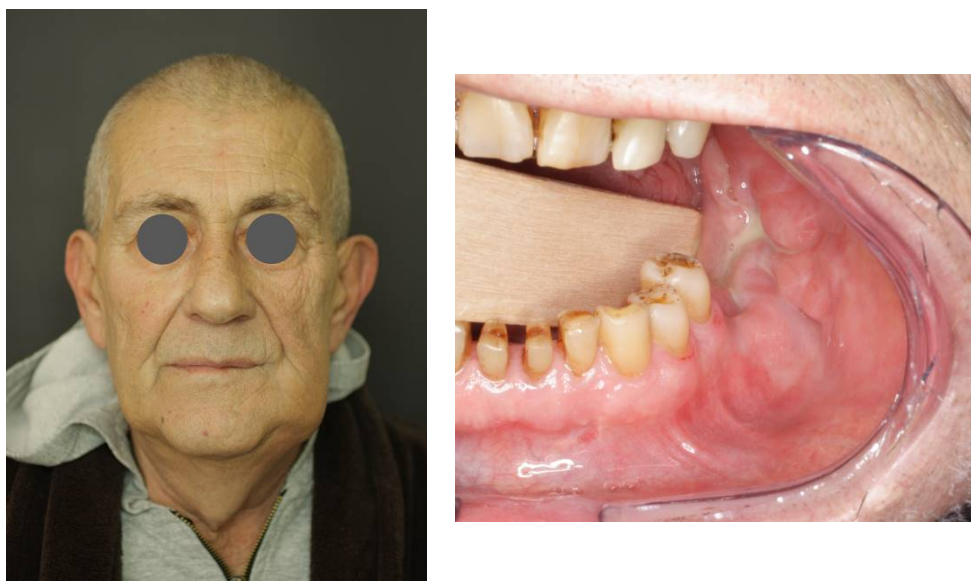


**Фиг. 64.** Постоперативен изглед – в края на 3-та седмица и на 3-тия месец след приключване на следоперативно химио/лъчелечение. Данни за мукозиране на ламбото

10. Пациент ПП, на 72 г., от гр. София – с лицева асиметрия поради подутина на лявата перимандибуларна област, придружена от персистиращо с месеци пурулентно възпаление на долната челюст вляво, придружено със силна болезненост, дължащи се на медикаментозно-асоциирана остеонекроза, обхващаща цялата височина на костта в областта на дисталната част на тялото и ъгъла на челюстта (фиг. 65).

Предоперативно бе произведен 3Д модел на среден и долен лицев етаж с реален образ на костта поради възможността за проследяване на фин букален кортикален слой на тънкосрезната планираща КТ. По модела бе индивидуализирана стандартна реконструктивна титанова пластина (фиг. 66).

Интраоперативно бе осъществена I тип резекция на мандибулата вляво (по Brown), посредством субмандибуларен достъп.



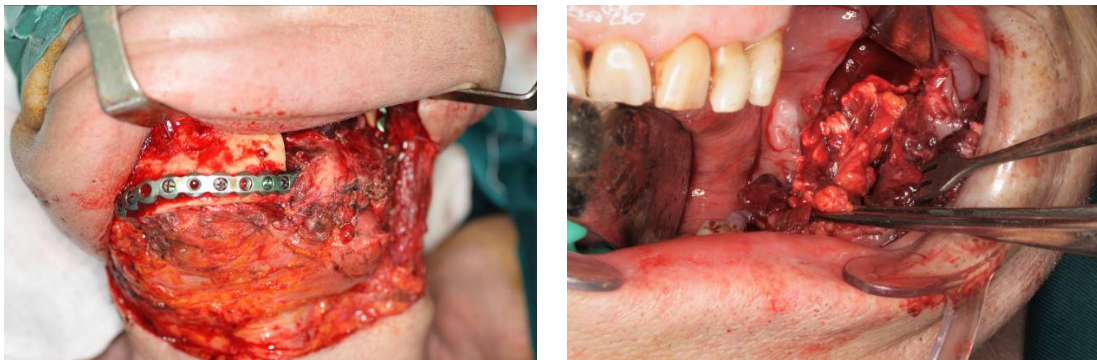
**Фиг. 65.** Предоперативен изглед – фас и интраорален изглед

След фиксиране на мандибуларните фрагменти към предварително огънатата реконструктивна пластина, последната бе послойно покрита с разцепено обгръщащо ламбо от стерноклейдомастоидния мускул (m. SCM), ляво букално мастно тяло в пълен обем и пълноценен остатъчен обем на мандибуларната гингива (фиг. 66, 67 и 68).

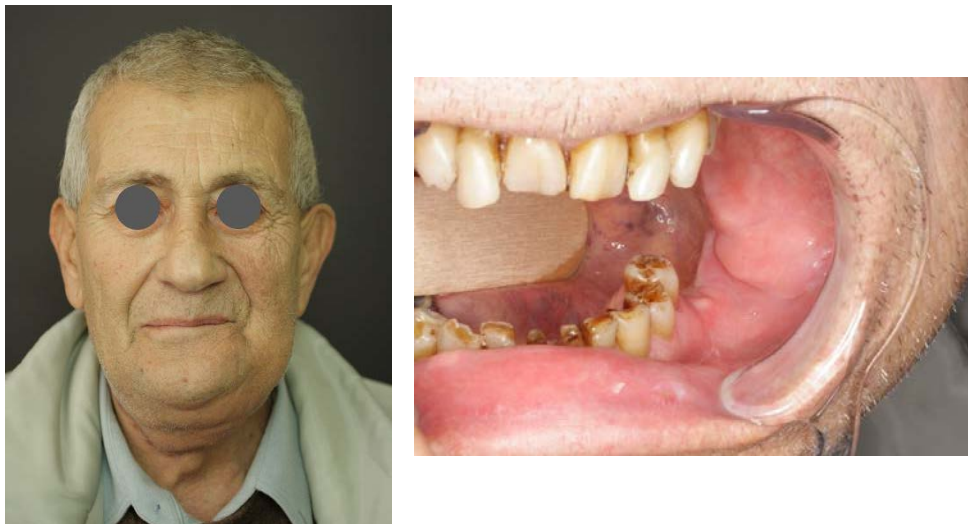




**Фиг. 66.** 3Д модел с предоперативно индивидуализирана стандартна титанова реконструктивна пластина



**Фиг. 67.** Интраоперативно – фиксирана пластина, покрита с ламбо от m. SCM и авансирано мастно тяло



**Фиг. 68.** Изглед 4 седмици след операцията – фас и интраорален изглед

11. Пациент АИ, на 70 г., от с. Бисерци, обл. Разград – с лицева асиметрия поради подутина на лявата перимандибуларна област, придружена от персистиращо възпаление и силна болезненост на долната челюст вляво, дължащи се на медикаментозно-асоциирана остеонекроза, обхващаща лявата половина на тялото на челюстта и причиняваща патологична фрактура и секвестриране в дисталния участък (фиг. 69).

Предоперативно бе произведен 3Д модел на долната челюст, по който бе индивидуализирана стандартна реконструктивна титанова пластина (фиг. 70).



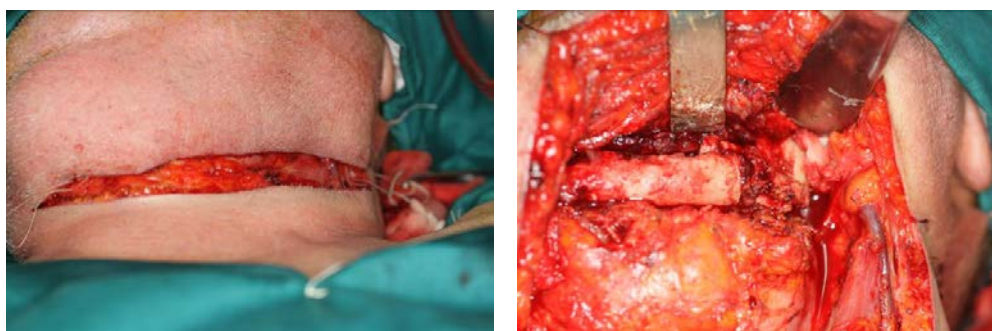
**Фиг. 69.** Предоперативен изглед – фас и интраорален изглед

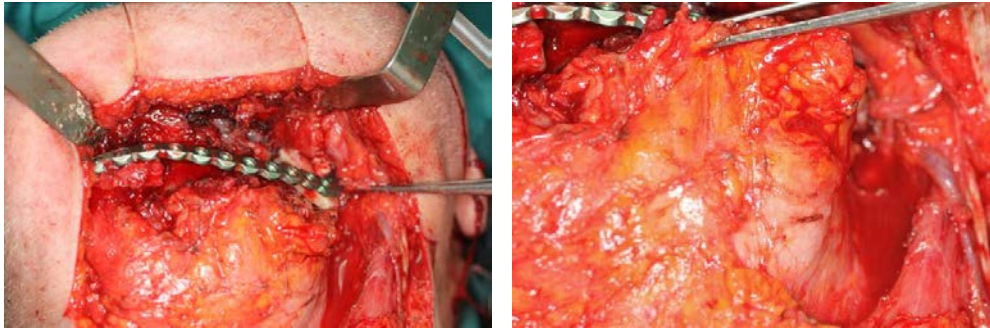
Интраоперативно бе осъществена II тип резекция на мандибулата вляво (по Brown), посредством субмандибуларен достъп. След фиксиране на реконструктивната пластина последната бе покрита с платизмарно миоадипозно ламбо (фиг. 71).

Постоперативният резултат е изобразен на фигура 72.



**Фиг. 70.** 3Д модел с индивидуализирана по него реконструктивна пластина





**Фиг. 71.** Интраоперативен изглед – достъп; патологична мандибуларна фрактура; резекция и фиксиране на пластината; платизмарно миоадипозно ламбо

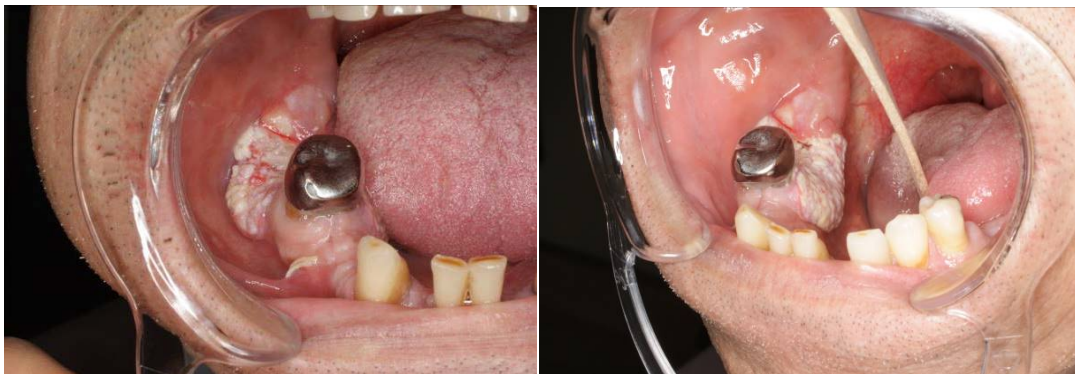


**Фиг. 72.** Изглед 2 месеца постоперативно – фас и интраорален изглед

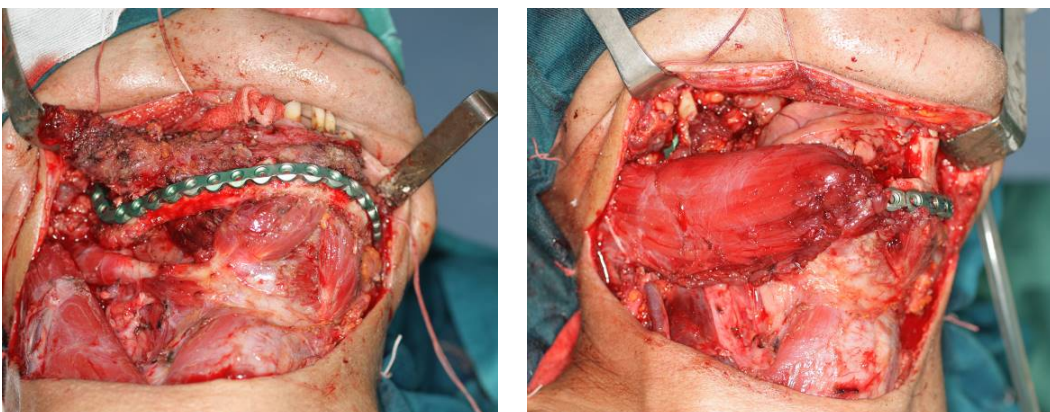
12. Пациент ММ, на 54 г., от гр. Ловеч – със симетрични лицеви половици и с наличие на интраорална улцеро-инфилтративна лезия в дисталната част на долната челюст вдясно (фиг. 73), хистологично верифицирана като плоскоклетъчен карцином.

Интраоперативно бе осъществена шийна дисекция и резекция на тялото, ъгъла и предната част на клона на мандибулата вдясно, със запазване на 1 см. от основния ръб на челюстта, подсилен с предварително моделирана и индивидуализирана по 3Д модел стандартна титанова реконструктивна пластина (фиг. 74). Зоната на резекцията и пластината бяха покрити с пълнослойно аксиално мускулно ламбо от m. sternocleidomastoideus (SCM) dex. и локална интраорална мукозна пластика (фиг. 74 и 75).





**Фиг. 73.** Предоперативен изглед – фас,  $\frac{3}{4}$  профил, интраорален изглед



**Фиг. 74.** Интраоперативен изглед – разполагане на пластината и аксиално SCM ламбо





**Фиг. 75.** а) Постоперативен изглед в края на 1-та седмица – фас и интраорален изглед и б) в края на 1-та година – фас и интраорален изглед

## II ГРУПА ПАЦИЕНТИ

Във втората група бяха включени 10 пациенти, при които се осъществи цялостно виртуално планиране на пълната скелетната оперативна интервенция, вкл. със симулиране на костна микросъдова реконструкция и бяха произведени хирургични водачи, с оглед екзактен пренос на виртуалния план в реалната операция, както и производство на триизмерен пациент-специфичен имплант за поддържане на реконструктивните костни сегменти и възстановяване на правилния и хармоничен лицев контур (табл. 7).

Табл. 7. II група пациенти

Пациент	Възраст (г.)	Пол	Диагноза	Операция/ Дата	Реконструкция	Подготовка
1 ЕА	57	Ж	Ca adeno- idocysticum maxillae et orbitae dex., basis cranii, ossis fronta- lae et fossa cranialis anterior	En-block re- sectio maxillae typus IV dex. et reg. fronto- temporalis cum cranioto- mia et exante- ratio orbitae 08/2017	- Plastica axialis ex reg. temp. dex. et localis primaria - Reconstr. se- cundaria micro- vasc. ex reg. rectus abdomi- nis dex. et axia- lis ex reg. pecto- ralis major dex.	- Виртуално планиране - Композитен ЗД модел – титанова максиларна и PEEK краниална части
2 МД	43	М	Fibro Sa mand. sin.	Resectio mand. sin. cum haemi- exarticulatio typus Ic sin. 08/2017	Reconstr. microvascularis ex reg. fibularis sin.	- Виртуално планиране - Производство на хирургични водачи - Производство на ЗД титанов имплант
3 ДГ	36	М	Ameloblas- toma mand. dex.	Resectio mand. typus I dex. 10/2017	Reconstr. microvascularis ex reg. fibularis dex.	- Виртуално планиране - Производство на хирургични водачи - Производство на ЗД титанов имплант
4 ПП	62	М	Chondro Sa mand. bilate- ralis	Resectio mand. bilater. subtotalis typus IVc 10/2017	- Reconstr. microvasc. ex reg. fibularis. - Reconstr. second. axialis ex reg. latis- simus dorsi dex.	- Виртуално планиране - Производство на хирургични водачи - Производство на ЗД титанов имплант
5 КК	68	М	Osteonecro- sis medica- mentosa mand. dex.	Resectio mand. dex. typus II dex. 02/2018	Reconstr. axialis ex reg. pectoralis major et plastica localis	- Виртуално планиране - Производство на комбиниран ЗД имплант – титан и PEEK

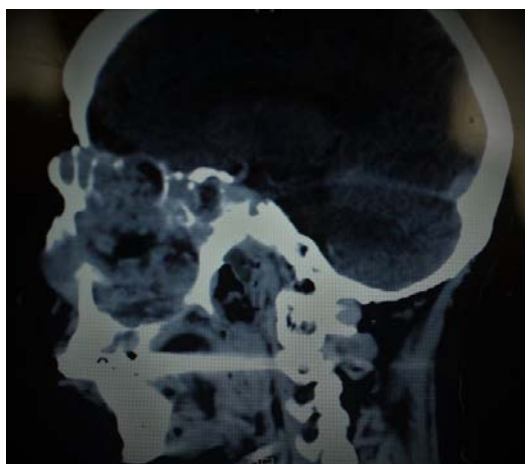
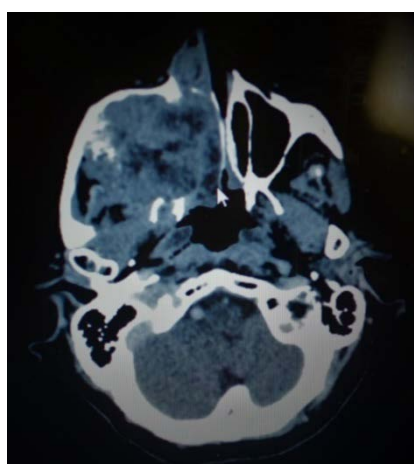
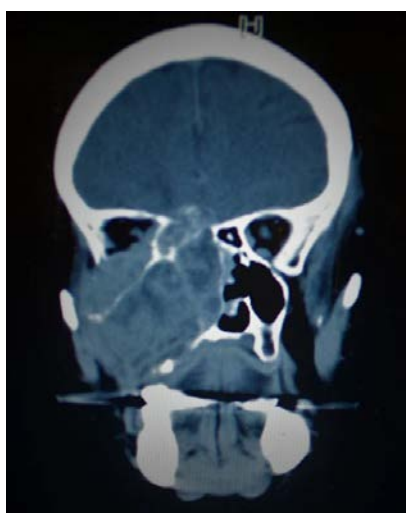
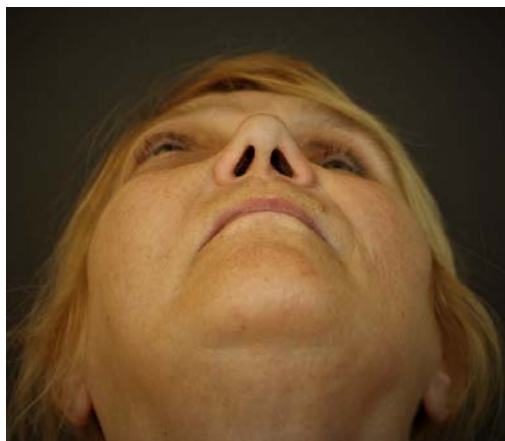
6 ДИ	38	Ж	Defectus secund. mand. dex. postresectio pro ameloblastoma et reconstructio non-vascularis	Osteotomia mand. dex. Defectus typus II dex. 02/2018	Reconstr. microvascularis ex reg. fibularis sin.	- Виртуално планиране - Производство на хирургични водачи - Производство на 3Д титанов имплант
7 ГМ	58	Ж	Defectus secund. mand. sin. postresectio pro ameloblastoma	Osteotomia mand. bilateralis. Defectus typus II. 05/2018	Reconstructio microvascularis ex reg. fibularis sin.	- Виртуално планиране - Производство на хирургични водачи - Производство на 3Д титанов имплант
8 КЙ	11.	М	Fibroosteo Sa mand, bilateralis	Resectio mand. bilateralis typus III 08/2018	Reconstr. microvasc..ex reg. crista iliaca dex.	- Виртуално планиране - Производство на хирургични водачи - Производство на 3Д титанов имплант
9 КЖ	53.	М	Ameloblastoma mand. sin.	Resectio mand. sin. typus Ic 05/2019	Reconstr. microvascularis ex reg. fibularis sin.	- Виртуално планиране - Производство на хирургични водачи - Производство на 3Д титанов имплант
10 РБ	56	М	Ameloblastoma mand. bilateralis.	Resectio totalis corporis mand. bilateralis typus IV 04/2020	Reconstr. microvascularis ex reg. fibularis sin.	- Виртуално планиране - Производство на хирургични водачи - Производство на 3Д титанов имплант

Подробностите за клиничния подход в отделните случаи са, както следва:

1. Първият изцяло виртуално планиран от нас случай бе може би най-комплексният и също така един от най-предизвикателните от клинична гледна точка в практиката ни до момента. Поради желанието ни да възстановим екзактно анатомичната форма при една разширена кранио-максило-фациална резекция взехме решение да включим виртуалните методи и производството на 3Д пациент-специфични импланти не на обичайното тестово базисно ниво, а директно в комплексните клинични условия на следния хирургичен случай:

*Пациент ЕА*, на 67 г., от гр. Червен бряг – с лицева асиметрия поради подутина в дясната средна лицева трета и дясна кранио-латерална

орбитална дистопия, дължаща се обширна туморна формация, обхващаща горната челюст, носната кухина, орбитата, етмоидалния, фронталния и сфеноидалния синуси, базата на черепа и предната (фронтална) стена на краниалната кухина (фиг. 76).



**Фиг. 76.** Предоперативен изглед – фас и каудо-краниална проекция; КТ образи – коронарен, аксиален и сагитален

Анамнестичните данни и придружаващата документация предоставяха информация за предходно лечение 6 год. по-рано, в обем – краниотомия и парциална фронто-базална туморна резекция, с хистологична диагноза аденоидно-кистичен карцином, последвана от лъчетерапия.

Предвид локализацията и разпространението на злокачествения процес, както и липсата на друга възможност за радикално лечение освен хирургичното, състоянието на пациентката бе обсъдено от интердисциплинарен лицево-челюстен/неврохирургичен екип и бе решено, че интервенция с изчерпателна резекционна насоченост е възможна, като най-голямото предизвикателство е във връзка с възстановяването на обширния композитен дефект и свързаните с него потенциални ранни или късни усложнения.

С оглед навлизащите по това време в Европа методи за виртуално планиране и 3Д принтиране и степента на сложност на конкретния клиничен случай, бе взето решение за изграждане на композитен пациент-специфичен имплант, за възстановяване на обширните костни дефекти.

По описания по-горе КТ протокол (вж. *Материал и методи*, т. 2.3. Инструментални методи), съвместно с медико-инженерния екип на KLS Martin Group, Tutlingen, бе създаден виртуален модел на черепа, в който бе очертана и впоследствие отстранена наличната патологична зона и по създадения реален образ на дефекта бе конструиран композитен 3Д имплант, изграден от синтерован титан за зигоматико-максиларната част и моделиран РЕЕК за фронто-базалния дефект (фиг. 77). Особеността в този случай бе, че поради широкото разпространение на патологичния процес, ангажирането на базата на черепа, както и наличието на предходна краниотомия, дефинирането на точните резекционни граници предоперативно криеше значими рискове, поради което не бяха конструирани хирургични водачи, а имплантът бе изграден така, че да припокрива с изтъняващ ръб реципиентната зона.





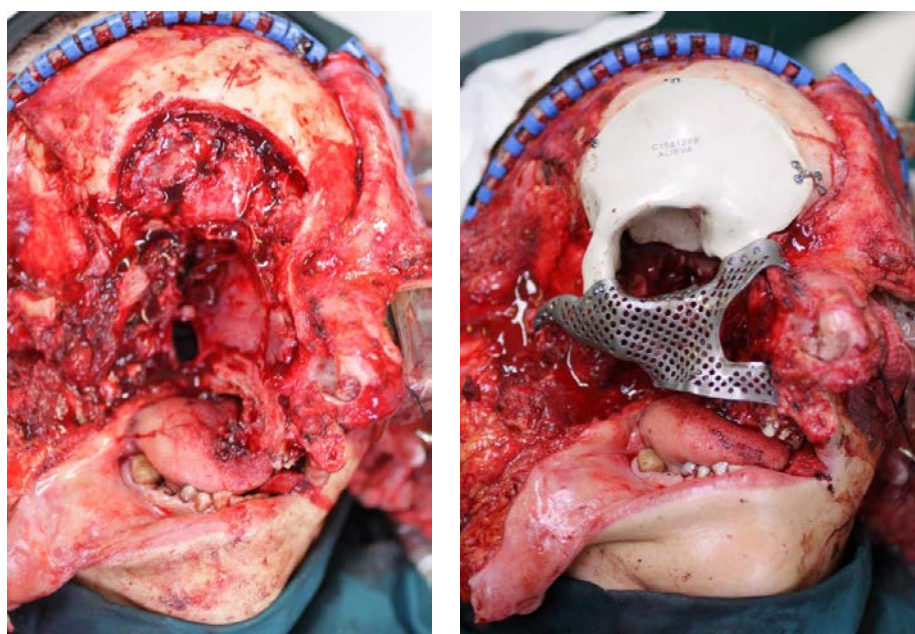
**Фиг. 77.** Етапи на виртуалното планиране – генериране на модел и маркиране на патологичната зона (в червено); виртуална резекция; остатъчен кранио-фациален дефект; конструиране на PEEK краниален и Ti максиларен имплант

Интраоперативно бе оформен десен модифициран Weber-Ferguson достъп, комбиниран с достъп за орбитотомия и темпорален бикоронарен достъп за краниотомия, последван от дясна радикална максилектомия със

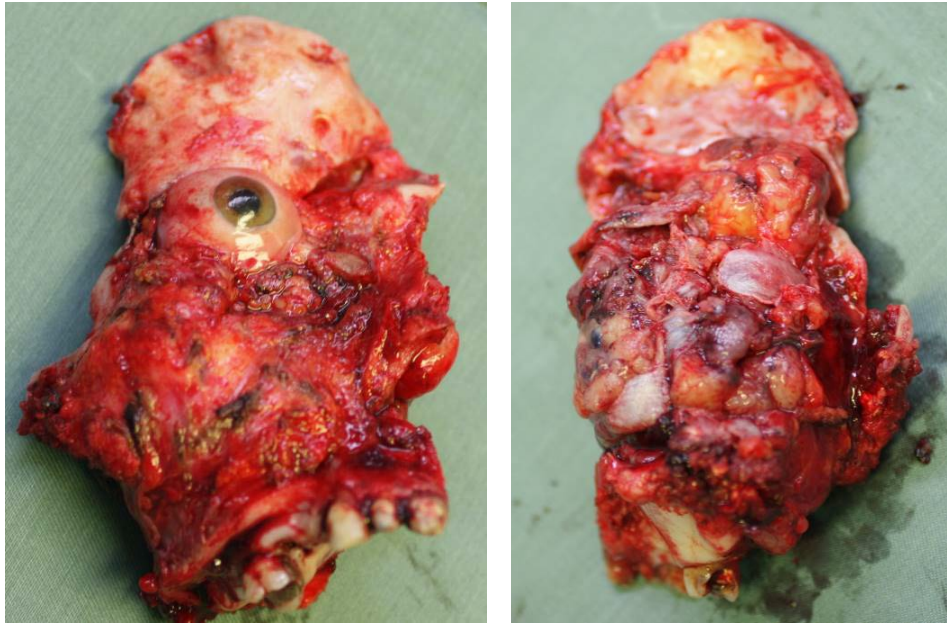
зигоматико/назо/орбито/етмоидо/сфено/фронт/базотомия, за ен-блок отстраняване на туморната формация (фиг. 78). Резециран бе короноидният израстък на мандибулата вдясно и бе формирано аксиално ламбо от десния темпорален мускул за възстановяване на небцето. Приложен и фиксиран бе композитният 3Д имплант и бяха възстановени меките тъкани чрез локална пластика (фиг. 79).



Фиг. 78. Достъп за описаната по-горе ен-блок резекция







**Фиг. 79.** Резекционен дефект; приложение на композитен 3Д имплант; резекционен препарат – предно-задна и задно-предна проекция

Въпреки обнадеждаващите ранни следоперативни резултати (фиг. 80), няколко месеца по-късно меките тъкани във фронталната област проявиха тъканна слабост и формираха локализирана дехисценция. Въпреки положените усилия за локална антисептична и обща антибиотична терапия по микробиологична насоченост бе установено бавно и прогресивно разширяване на тъканната дехисценция и непълноценност на покривните тъкани.



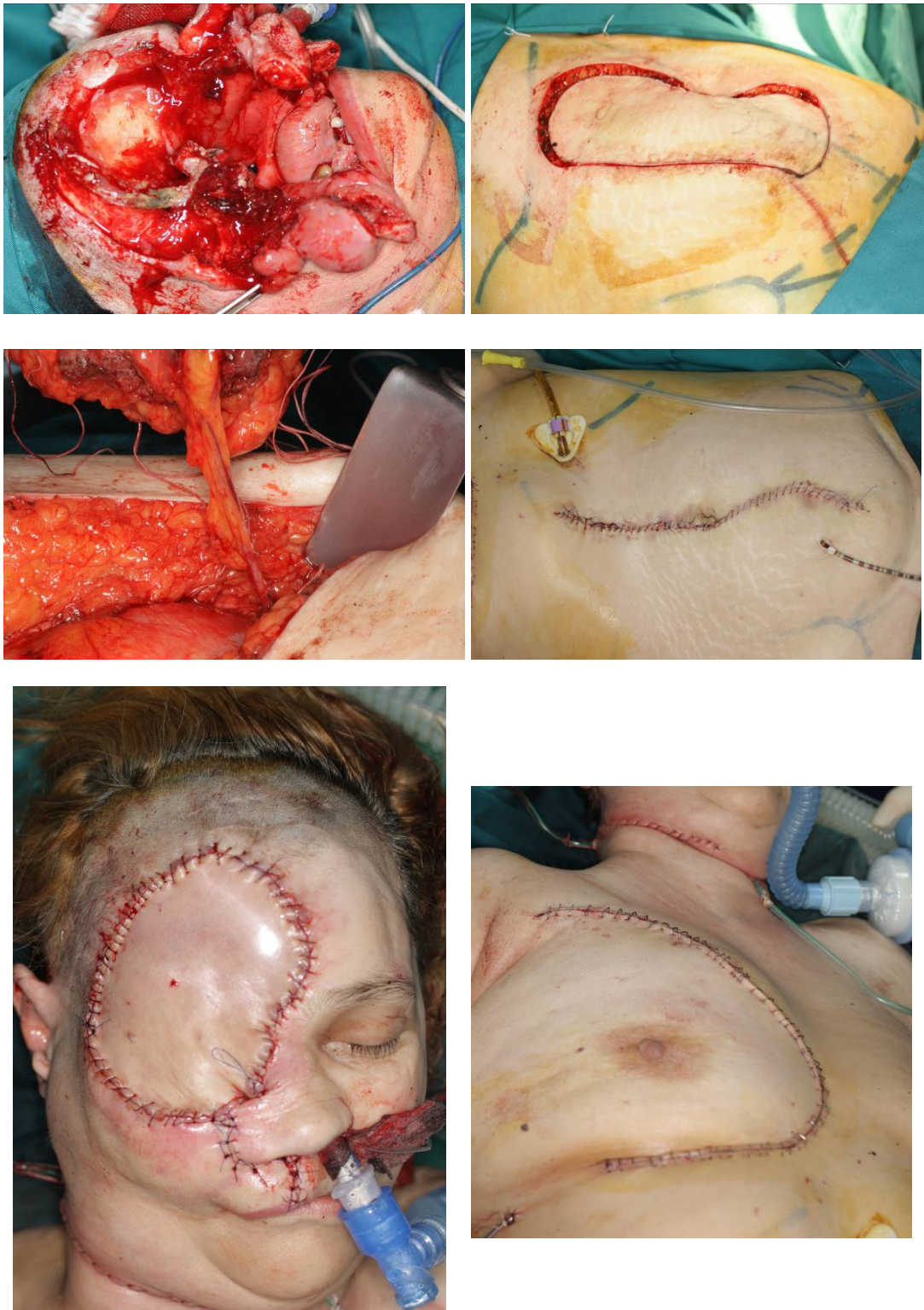
**Фиг. 80.** Постоперативен изглед в края на първата седмица – фас и  $\frac{3}{4}$  профил

Периодът на консервативни грижи, продължи около 18 месеца, и след множество контролни прегледи, анализ на ситуацията с онкологичната комисия, с пациентката и със семейството ѝ, както и при липса на гаранции за тъканно възстановяване (поради локалната хипотрофичност на тъканите, персистиращата инфекция и проведената в миналото дефинитивна лъчетерапия), бе взето решение за нова хирургична интервенция в обем – отстраняване на пациент-специфичния имплант, тъканен дебридман и възстановяване на обширния дефект с микроваскуларно ламбо от коремната стена. Операцията бе подготвена и осъществена двуекипно, но и тук възниква непредвидено обстоятелство поради факта, че въпреки успешното анастомозиране, свободното ламбо не демонстрира периоперативна устойчивост в периферната тъканна перфузия и след неколнократни опити за реперфузиране ситуацията бе оценена като рискова по отношение на трайността му и наложи вземането на решение за премахване на микроваскуларното ламбо и едновременно преминаване към вариант за аксиална регионална реконструкция с дясно миокутанно пекторално ламбо.

Последното бе осъществено успешно и въпреки проявената ранна негативна реакция от страна на реципиентните меки тъкани, поредните локални и общи грижи за тях доведоха до положително развитие и интегриране на ламбото в рамките на следващите седмици (фиг. 81 и 82).







**Фиг. 81.** Предоперативен и интраоперативен изглед – фронто-орбитална и интраорална дехисценция; отстраняване на импланта; оформяне и повдигане на rectus abdominis микросъдово ламбо и възстановяване на донорната зона в предната коремна стена; реконструкция на краниофациалния дефект с аксиално пекторално ламбо и възстановяване на донорната пекторална зона



**Фиг. 82.** Постоперативен изглед в края на 1-вия месец и в края на 3-ия месец

2. Вторият изцяло планиран виртуален случай бе не по-малко предизвикателен от първия и бе планиран по едно и също време с него.

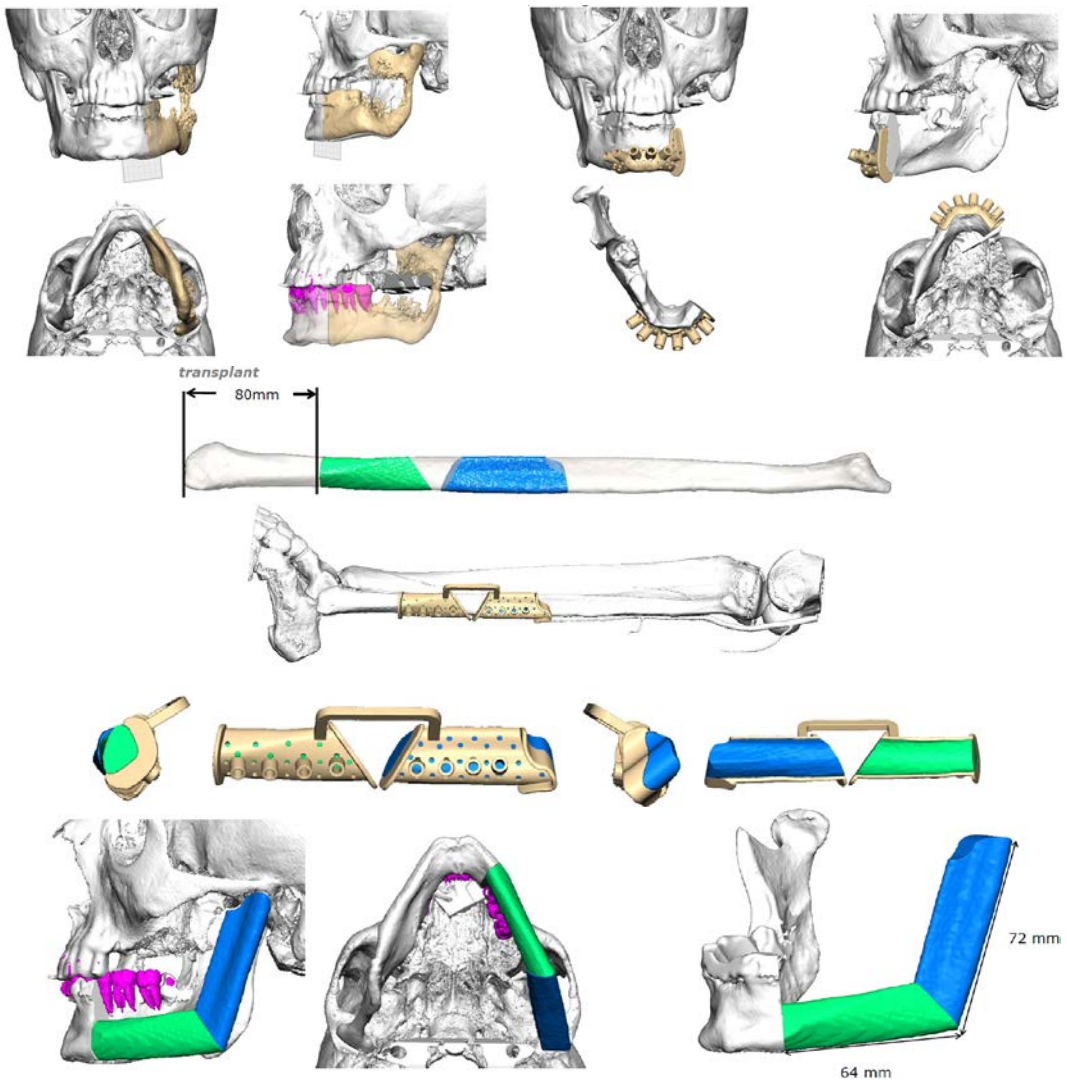
*Пациент МД*, на 43 г. – с лицева асиметрия, дължаща се на подутина в лявата букална и паротидео-масетериална области, с многогодишна давност и нарастваща в последните месеци (фиг. 83). Анамнестичните данни насочваха към неизяснена костна лезия в областта на ъгъла на долната челюст вляво, оперирана 5 години по-рано, със смесен кистично солиден състав и хистологична насока към осифициращ фибром. Настоящата клинична картина и КТ образи обаче насочваха към по-агресивен тъканен процес, а хистологичната верификация бе в насока – фибробластен сарком.

Онкологичната комисия взе решение за хирургично лечение, а обемът бе планиран като – радикална резекция, с микроваскуларна композитна фибуларна реконструкция, която бе виртуално планирана по начина, изобразен на фиг. 84 и 85.

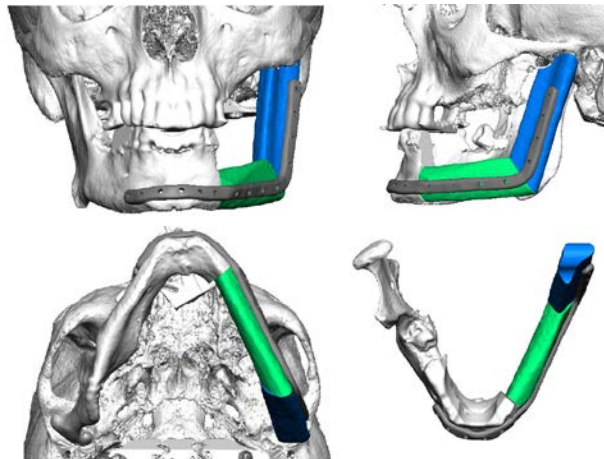




**Фиг. 83.** Предоперативен изглед – фас и интраорален изглед



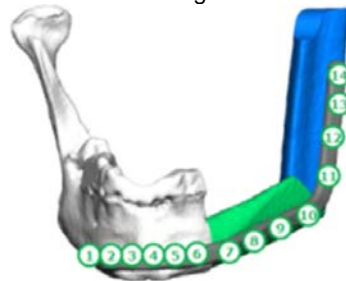
**Фиг. 84.** Виртуално планиране на резекцията с конструиране на челюстни водачи; и на лявата фибуларна реконструкция със съответните водачи; суперимпониране на образите; обем и разположение на сегментите



Screw typ	pos.	Measured screw length*	Recommended screw length
2,0/2,3 Locking (bicortical)	1	12,0	13
2,0/2,3 Locking (bicortical)	2	11,7	13
2,0/2,3 Locking (bicortical)	3	12,7	15
2,0/2,3 Locking (bicortical)	4	13,0	15
2,0/2,3 Locking (bicortical)	5	11,6	13
2,0/2,3 Locking (bicortical)	6	12,4	13
2,0/2,3 Locking (monocortical)	7		7-9
2,0/2,3 Locking (monocortical)	8		7-9
2,0/2,3 Locking (monocortical)	9		7-9
2,0/2,3 Locking (monocortical)	10		7-9
2,0/2,3 Locking (monocortical)	11		7-9
2,0/2,3 Locking (monocortical)	12		7-9
2,0/2,3 Locking (monocortical)	13		7-9
2,0/2,3 Locking (monocortical)	14		7-9

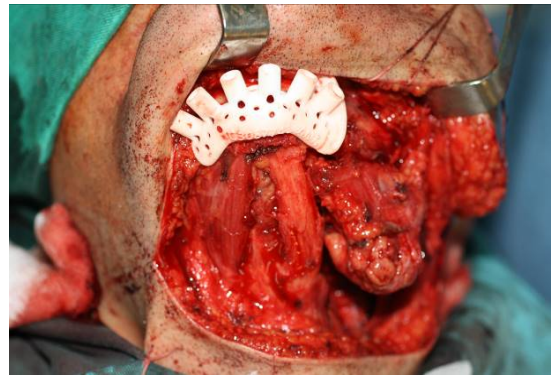
\* Measured screw length – Plate thick ness combined with bone thickness

The screw threads are both for Locking and for Non-Locking (2.0/2.3 mm)

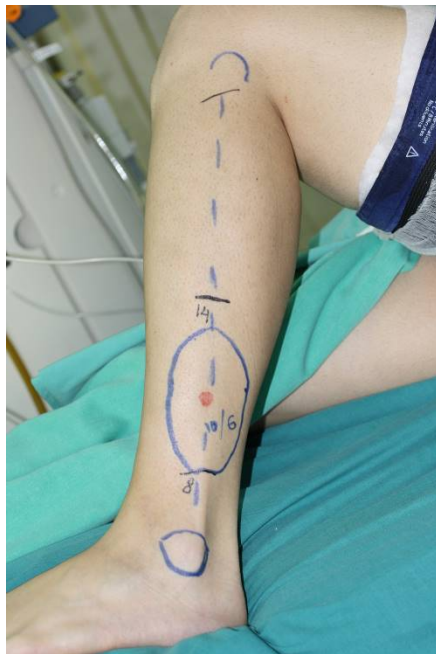


**Фиг. 85.** Конструирани на пациент-специфичния имплант и индивидуализиране на фиксационните точки и дължини

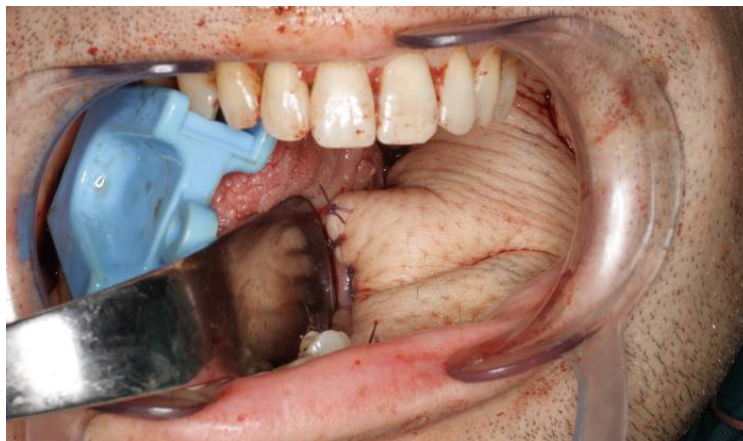
Оперативният подход включваше трахеотомия, шийна дисекция и радикална резекция на мандибулата дистално от 34 зъб с хемиексартикуляция (тип Ic по Brown), посредством хирургичен водач, в съчетание с едномоментна двукипна композитна остеокутанна микроваскуларна реконструкция от лява фибуларна област, с помощта на съответен реконструктивен хирургичен водач, изобразени на фиг. 86 и 87.



Фиг. 86. Оперативен изглед – трахеотомия и резекция с хирургичен водач







**Фиг. 87.** Оперативен изглед – композитна фибуларна реконструкция с хирургичен водач и интраорално възстановяване

3. Пациент ДГ, на 32 г., от гр. София – с лекостепенна лицева асиметрия поради подутина на дясната букална и перимандибуларна област, дължаща се на амелобластом на дисталната част на тялото, ъгъла и клона на долната челюст (фиг. 88).

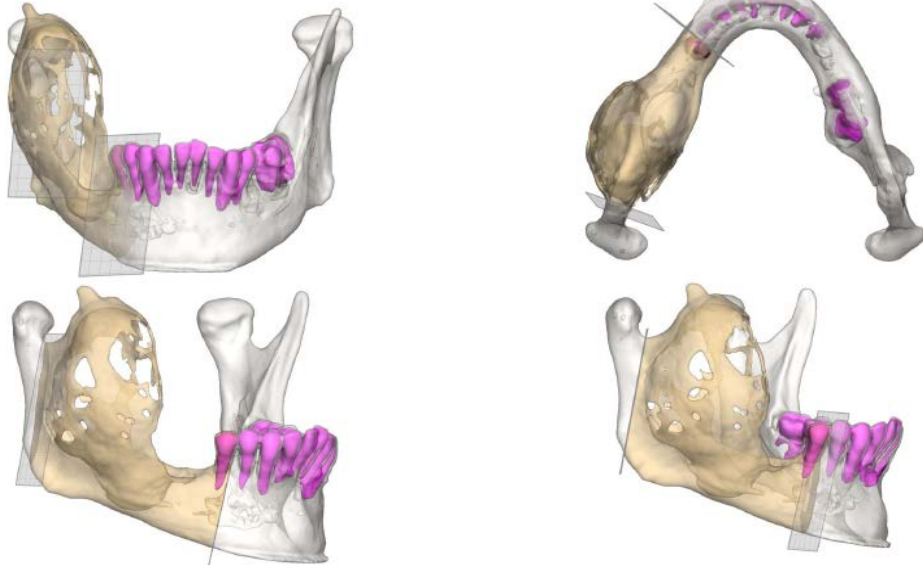
Осъществи се цялостно виртуално моделиране и симулиране на планираната оперативна интервенция в обем – I тип мандибуларна резекция (по Brown) вдясно с едномоментна двуекипна миоосална микроваскуларна реконструкция от дясната фибуларна област (фиг. 89). Хирургичният подход е представен на фигура 90, а постоперативният резултат – на фигура 91.



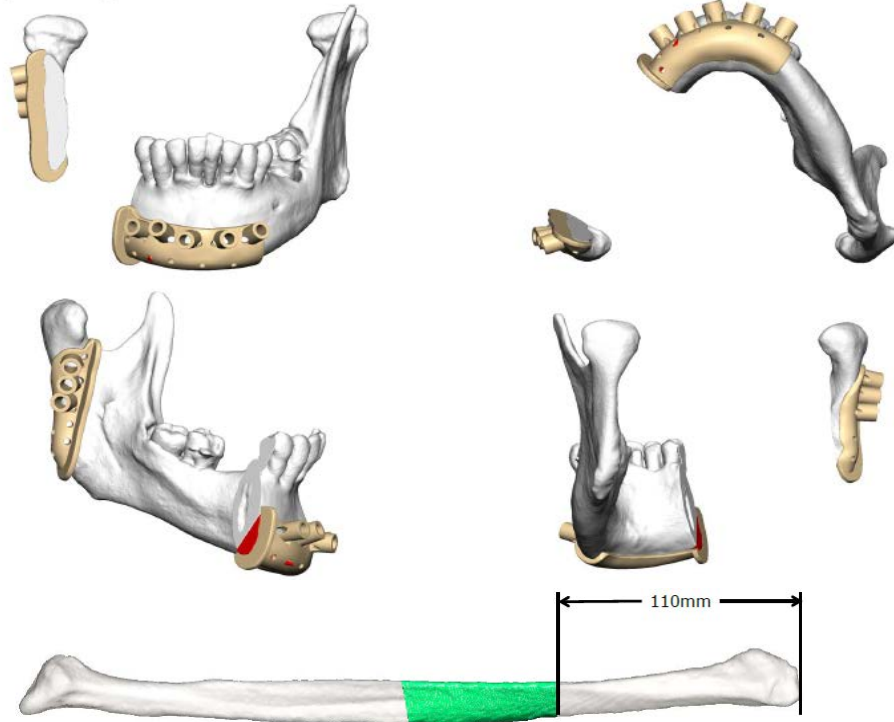


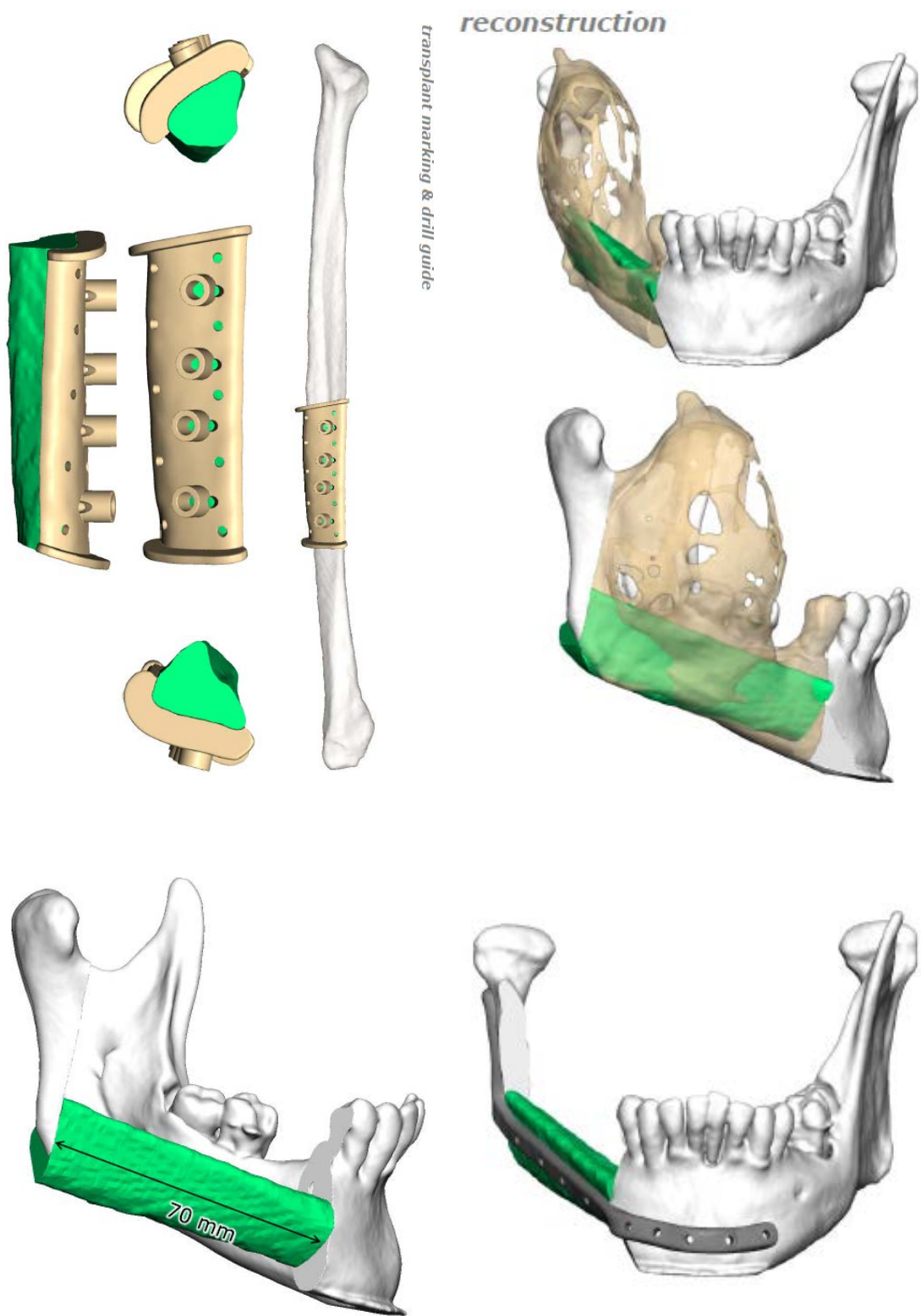
Фиг. 88. Предоперативен изглед – фас, каудо-краниална проекция и интраорален изглед

*resection*



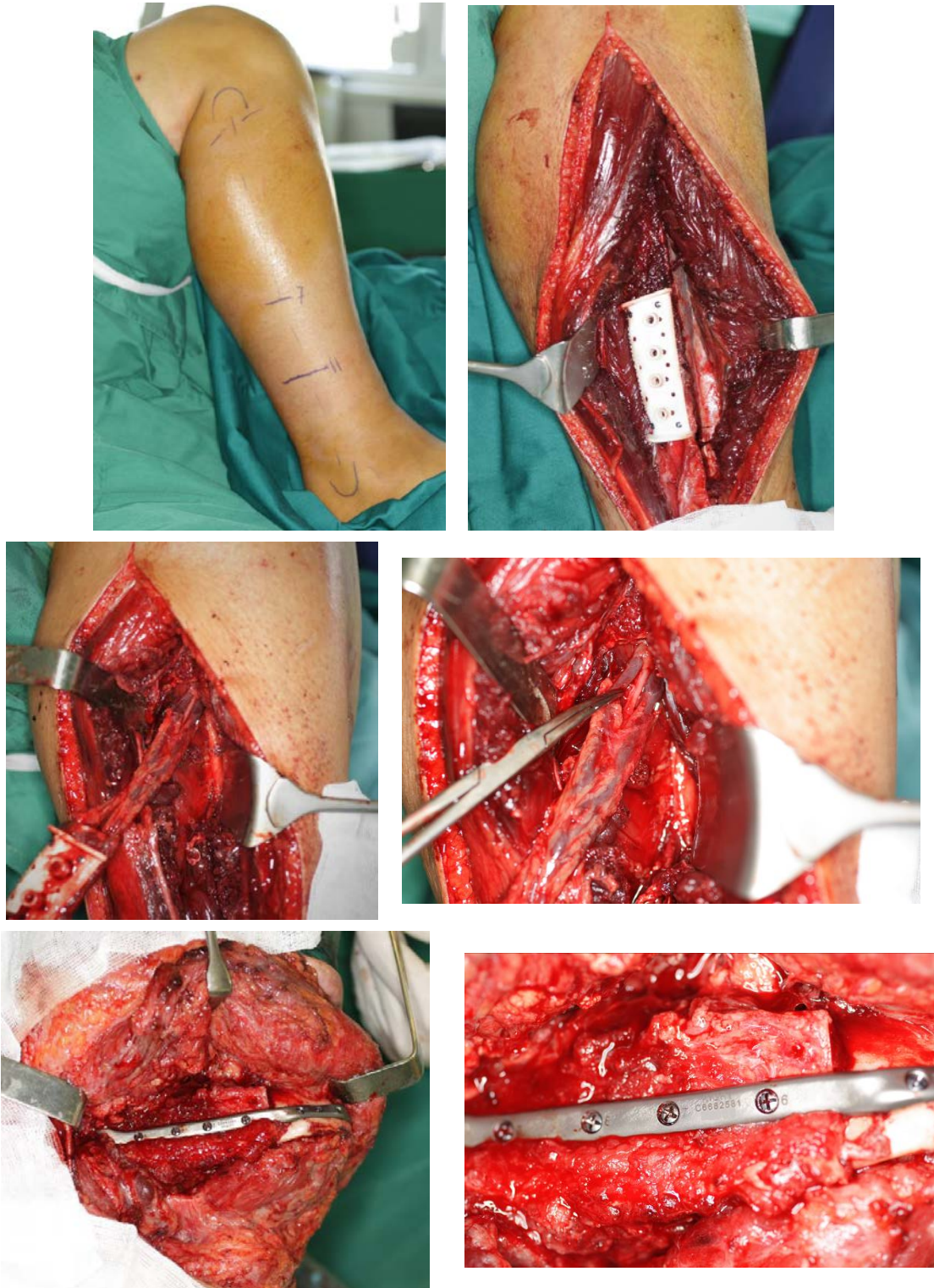
*marking & drill guides*





**Фиг. 89.** Виртуално планиране на резекционната и реконструктивната част; хирургични водачи; суперимпониране; дизайн на пациент-специфичния имплант





**Фиг. 90.** Интраоперативен изглед – оформяне на фибуларното ламбо посредством хирургичен водач; дисекция на съдовото краче и разделяне на а. регонеа от комитантните вени; трансфер, разполагане и фиксиране на ламбото в областта на мандибулата посредством 3Д титанов имплант; микросъдова анастомоза; контакт на донорна към реципиентна кост, оформени чрез хирургични водачи



**Фиг. 91.** Постоперативен изглед – лицев  $\frac{3}{4}$  профил и интраорален изглед на 6-ия месец

4. Пациент ПП, на 62 г., от гр. Русе – със силно изразен обемен процес на долната лицева трета, със зони и на тъканен разпад (фиг. 92). Оплакванията, по данни на пациента, датираха поне от около 4 години, като в началото е потърсил специализирана помощ в друго болнично заведение и процесът е бил диагностициран в насока хондросарком, поради което е било предложено радикално отстраняване на долната челюст, без реконструкция, което от своя страна пациентът е отказал. Впоследствие му е била предложена дефинитивна лъчетерапия на долната челюст и шията, която той е приел, скоро след отказа от хирургично лечение.





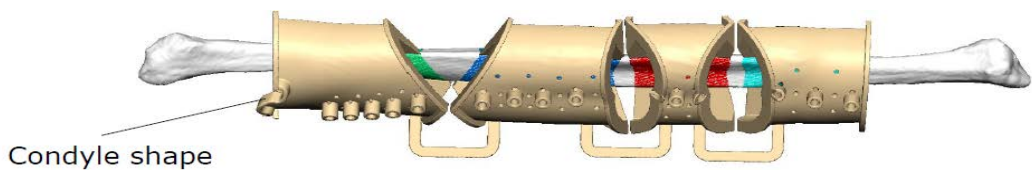
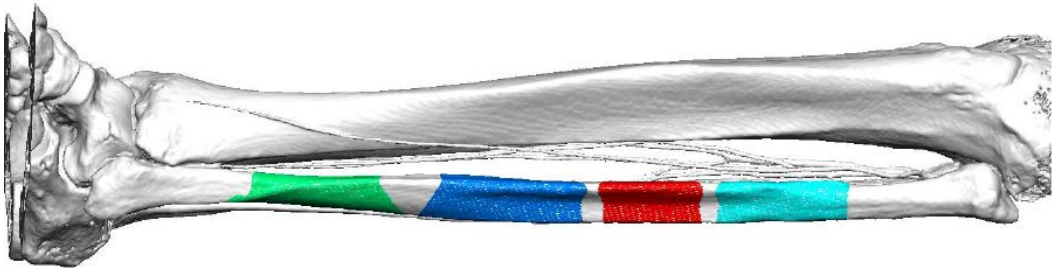
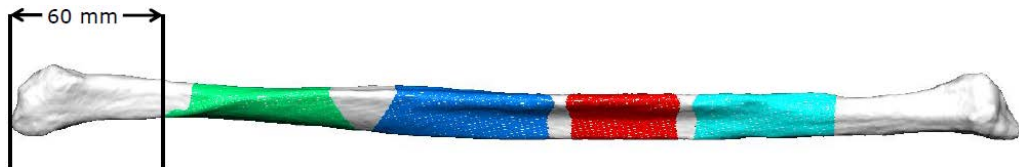
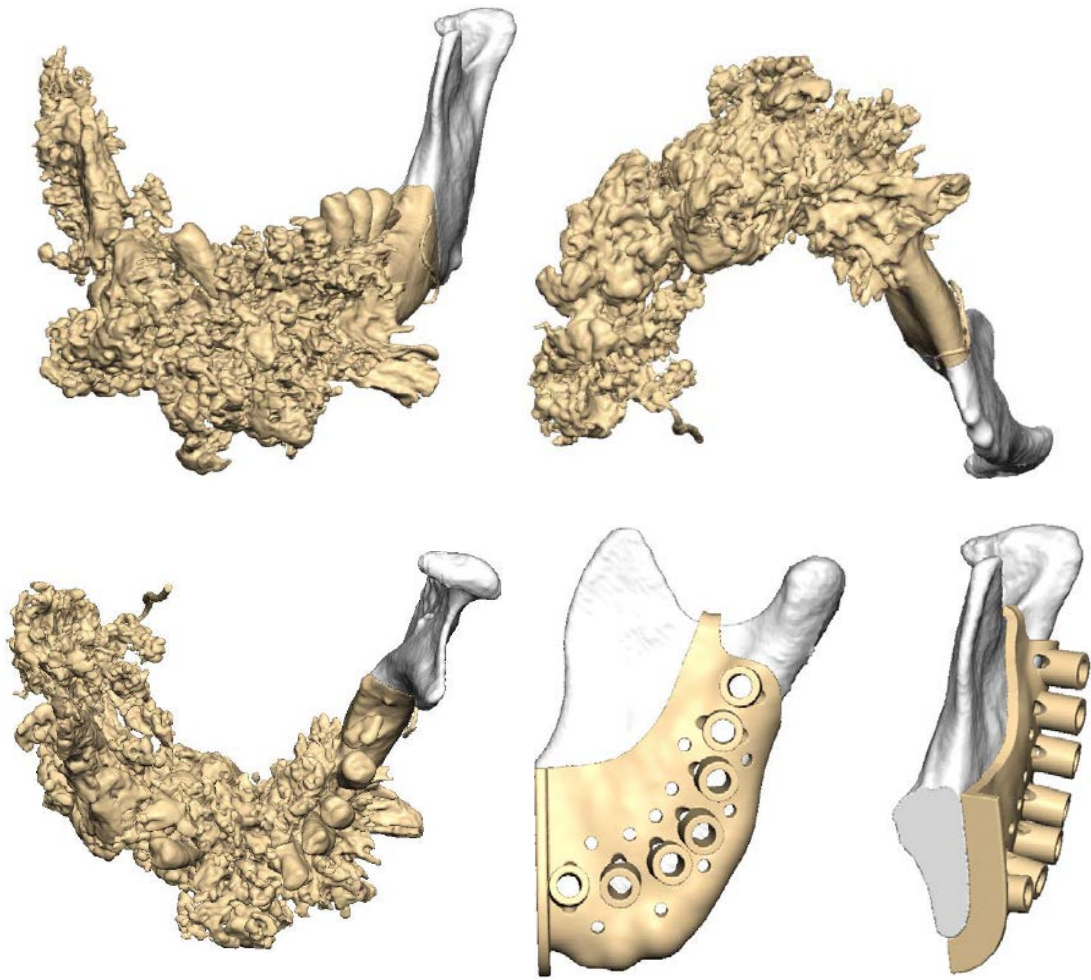


**Фиг. 92.** Предоперативен изглед – фас,  $\frac{3}{4}$  профил, кранио-каудална проекция и интраорална находка

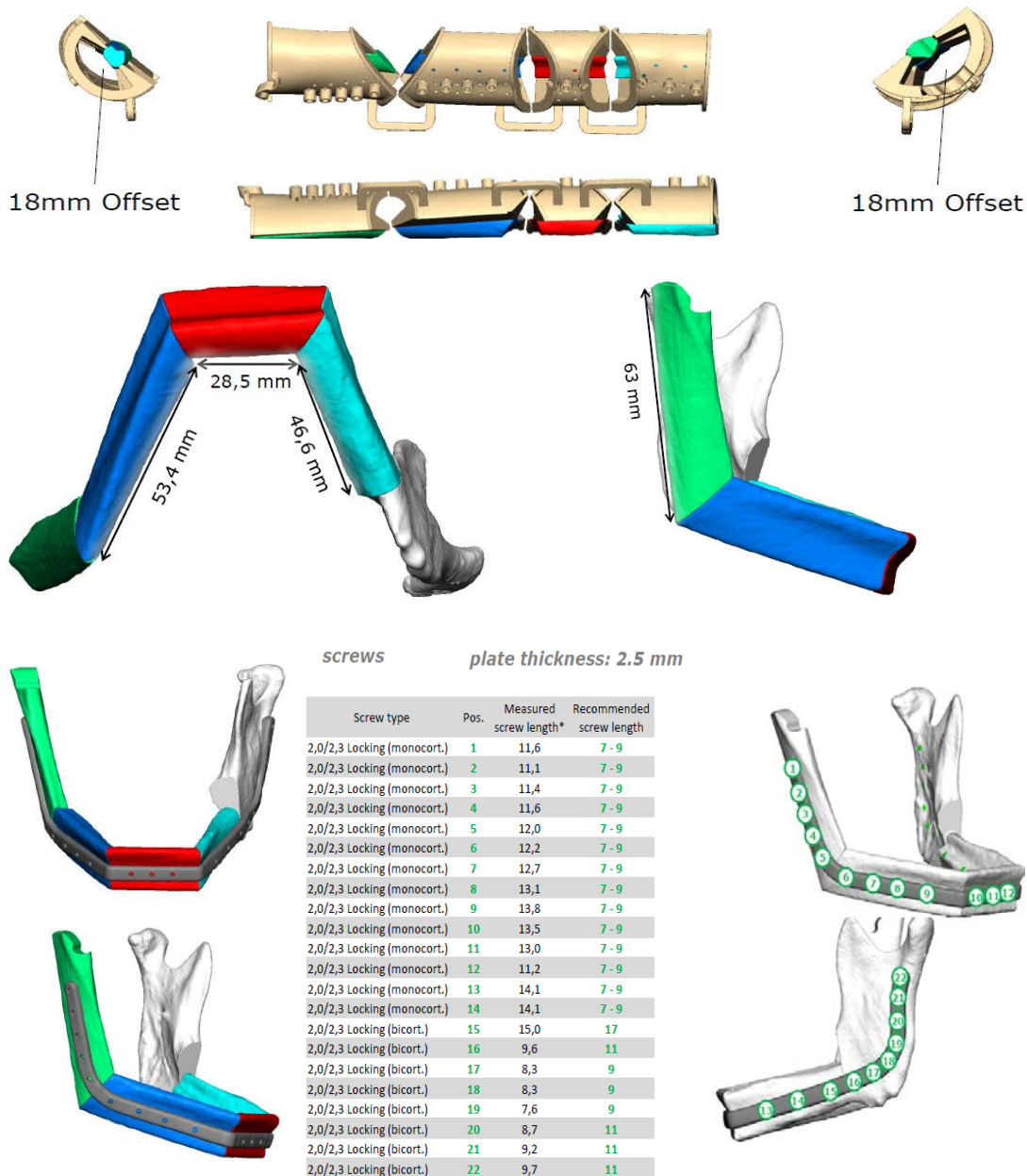
Проведеното онкологично лечение не е дало положителен резултат и формацията е продължила да нараства. Освен големите размери, болките и значителният функционален дефицит и дискомфорт при представянето в нашата клиника, заболяването бе довело и до тежка прогресивна анемия поради периодичните кръвоизливи от областта на долната челюст, лекувана в града по местоживееене с регулярни кръвопреливания.

След продължително обсъждане между хирургичните, анестезиологичните и онкологичните екипи, и въпреки значимия риск и липса на гаранции за контрол на заболяването, бе взето решение за радикално хирургично лечение и комплексна реконструкция, като единствена възможност за контрол на процеса.

Осъществени са цялостно виртуално планиране на субтотална резекция на мандибулата със запазване единствено на левия клон на челюстта и 4-сегментна композитна остео-мио-кутанна фибуларна реконструкция от областта на лява подбедрица. Триизмерното изображение на мандибуларната патология, както и структурните детайли на дигитално-асистираната резекция и реконструкция са изобразени на фигура 93.



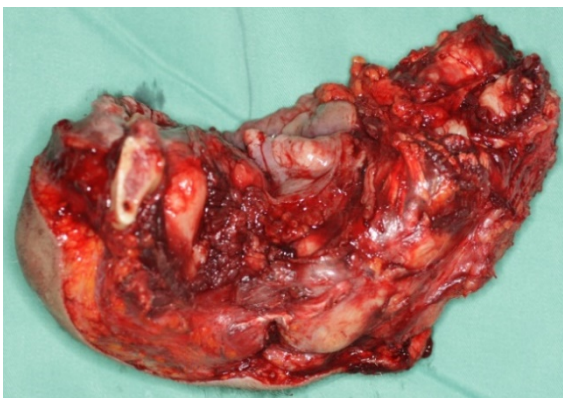
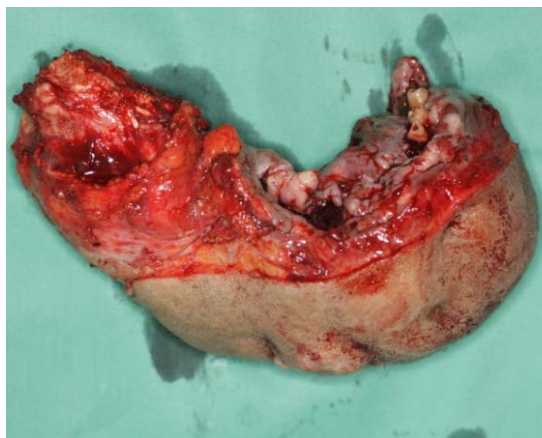
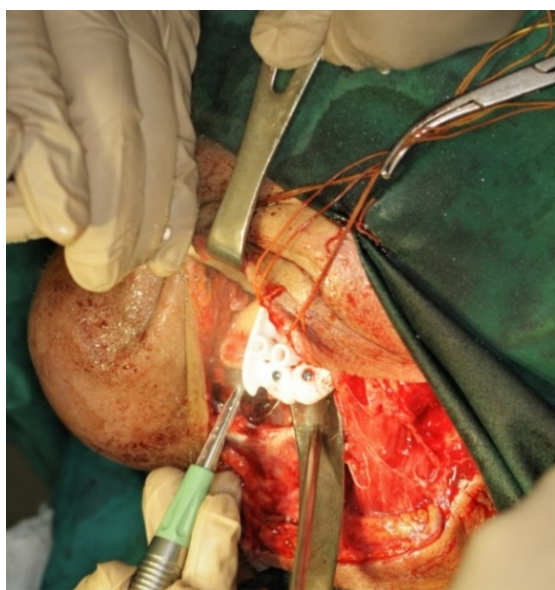




**Фиг. 93.** Виртуално планиране – изобразяване на тумора; резекция и хирургичен водач; донорна зона – използване на цялата височина на фибулата за 4-сегментно възстановяване; фибуларен водач с 18 мм отстояние поради големия мекотъканен обем на ламбото; измерване на сегментите и конструиране на 3Д импланта и фиксацията

Оперативната интервенция, включваща в обема си – трахеотомия, пълнослойна резекция на долната лицева трета от дясната паротидео-масетериална област до лявата букална зона, в блок с двустранна шийна дисекция, както и едномоментна двуекипна реконструкция, освен с описаното по-горе фибуларно свободно ламбо за интраорално

възстановяване, и с делтопекторално ламбо за екстраорално покритие, са представени на фигура 94.







**Фиг. 94.** Интраоперативен изглед – граници на резекцията; остеотомиране с хирургичен водач; резекционен препарат; фибуларно ламбо за интраорална реконструкция и делтопекторално ламбо за екстраорална реконструкция

В следоперативния период, след средата на първата седмица, се разви тежко бактериално възпаление на оперативните рани (фиг. 95) и част от реконструктивните тъкани, вкл. фибуларното ламбо, бяха загубени.

Гъсен секрет	
Култура	чувствителен
ENTEROBACTER SPP	резистентен
YMEFRO	резистентен
PISELODOMAS AERUGINOSA	резистентен
ОСЪЛЪНО	резистентен
НЕ ДАВА РАЗВИТИЕ НА CANDIDA	
1000 АНТИБИОГРАМА Enterobacteriaceae	
Amoxicillin/ampicillin	резистентен
Amoxicillin/Clavulanate	резистентен
Cephalothin 1 gen.	резистентен
Cefuroxime 2 gen.	резистентен
Cefotaxime 3 gen.	резистентен
Cefepime 4 gen.	резистентен
Imipenem/Cilastatin	чувствителен
Meropenem	чувствителен
Amikacin	резистентен
Co-trimoxazole	чувствителен
Ciprofloxacin	чувствителен
Levofloxacin	чувствителен
Коментари ESB: * РЕЗИСТЕНТНОСТ КЪМ ЛЕНЦИЛИНИ, ЦЕФАЛОСПОРИНИ С ШИРОК СПЕКТЪР, МОНОБАКТАМИ, ЧУВСТВИТЕЛНИ КЪМ КАРБАПЕМИ	
1000 АНТИБИОГРАМА	
Piperacillin/Tazobactam	резистентен
Ceftazidime 3 gen.	резистентен
Cefepime 4 gen.	резистентен
Imipenem/Cilastatin	чувствителен

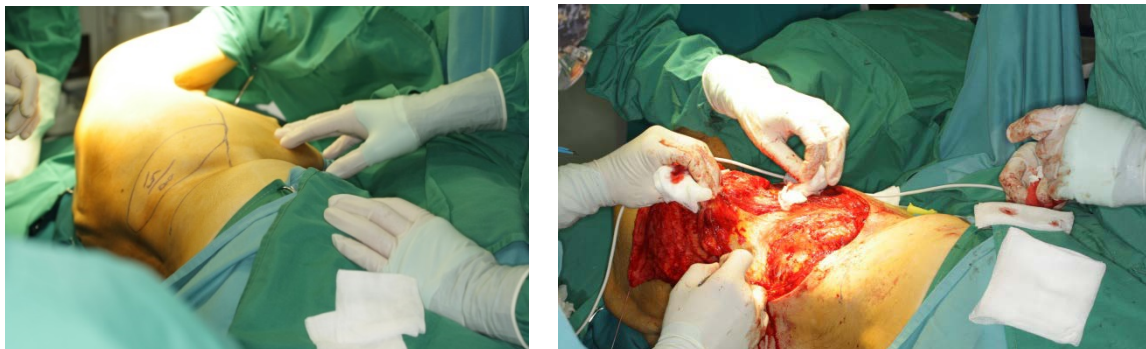
№ на теста	Резултат	Единица	Референтна стойност
1000 АНТИБИОГРАМА			
Meropenem	чувствителен		
Amikacin	резистентен		
Tobramycin	резистентен		
Co-trimoxazole	резистентен		
Ciprofloxacin	чувствителен		
Levofloxacin	чувствителен		
Коментари Внимание! Резултатът от микробиологичното изследване не е валиден. Той дава основание на лекаря, извършил изследването, да постави диагноза. Не предприемайте лечение и да било самолечение с антибиотици. Това може да е опасно за вашето здраве.			
Лабораторен Лекар			МДП Сливница България ЕООД Д-р Радослав Байкушев микробиология Ул.№ 2300007859

Фиг. 95. Микробиологична находка, с антибиограма

Това наложи нова реконструктивна операция, два месеца след първата, с помощта на аксиално ламбо от областта на m. latissimus dorsi. Последната бе допълнена 6 месеца по-късно и от локална пластика в областта на дясната орална комисура, която оформи и трайното състояние на тъканите (фиг. 96, 97 и 98).



Фиг. 96. Остатъчен дефект след овладяване на инфекцията



Фиг. 97. Аксиална регионална миокутанна реконструкция с дясно latissimus dorsi ламбо





**Фиг. 98.** Постоперативен изглед в края на първата година – фас и интраорален изглед

5. Пациент КК, на 68 г., от гр. Кюстендил – с персистираща болка и инфекция в областта на долната челюст вдясно, придружена с кожно фистулизиране в областта на ментума вдясно (фиг. 99). Оплакванията датираха от над 1 година и бяха свързани с медикаментозно-асоциирана челюстна некроза, обхващаща цялата височина на тялото и ъгла на челюстта вдясно. Въпреки антибиотичните и антисептични противовъзпалителни мерки, както и предходни по-консервативни хирургични подходи към проблема, се установяваше задълбочаване на оплакванията и бе взето решение за радикално хирургично лечение.



**Фиг. 99.** Предоперативен изглед – фас, каудо-краниална проекция и интраорален изглед

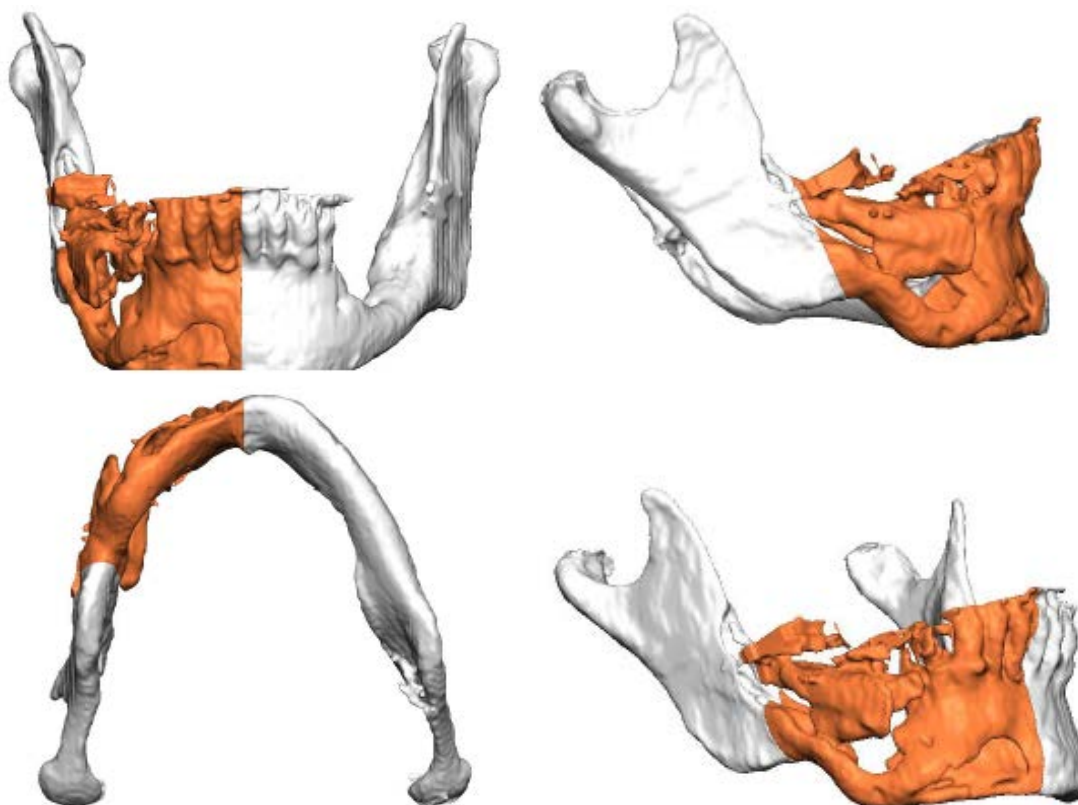
Хирургичният план бе за цялостно премахване на тялото и ъгъла на долната челюст вдясно, като възможностите за реконструкция бяха, както и при останалите подобни случаи, в насока:

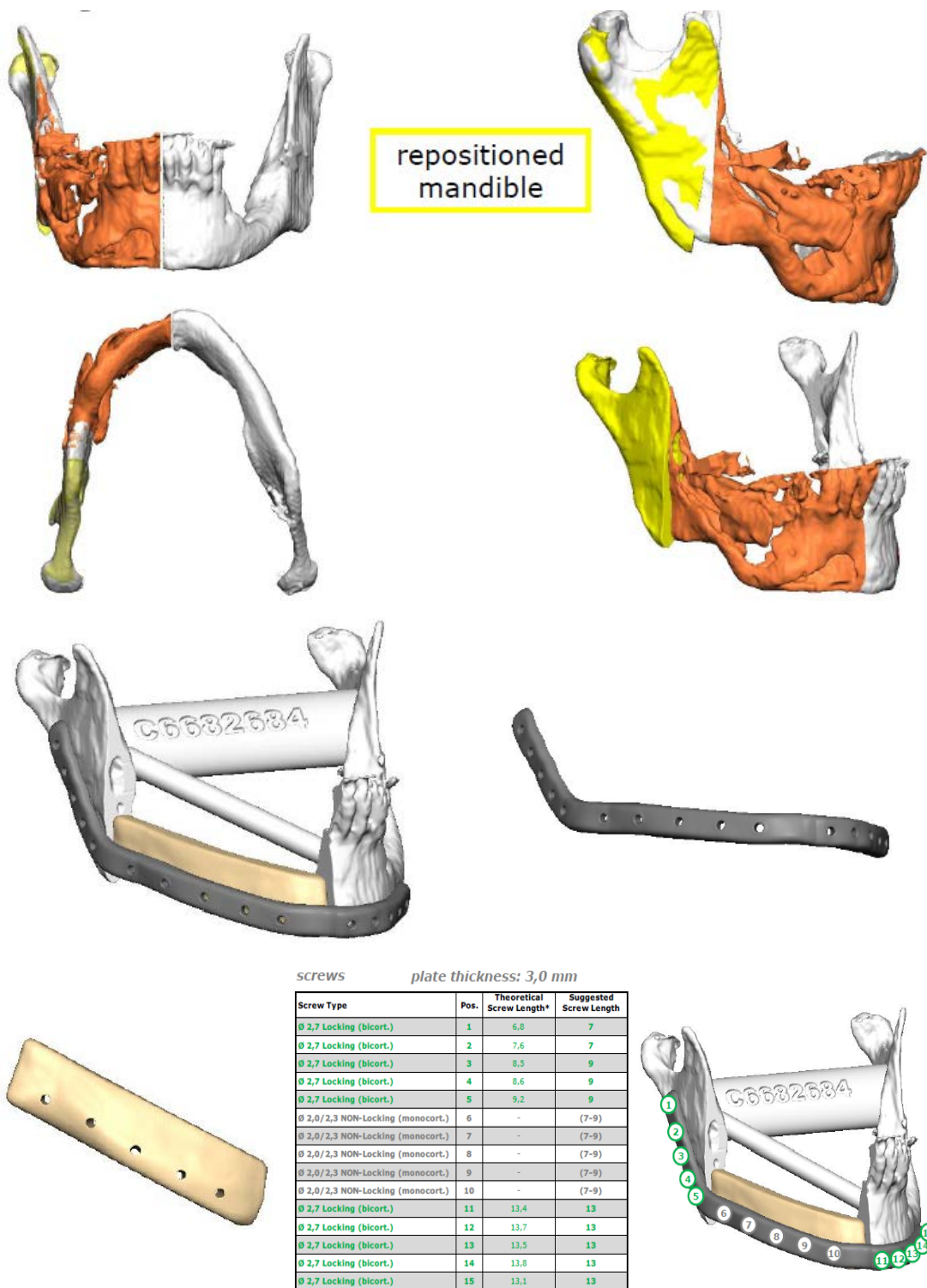
1. стандартна свързваща реконструктивна титанова пластинова остеосинтеза, предварително моделирана посредством предоперативен 3Д модел;
2. виртуално планиране, моделиране и производство на пациент-специфичен имплант или
3. свободна микроваскуларна костна реконструкция, в съчетание с една от горните 2 точки.



Предвид скелетното костно-метастатично онкологично заболяване, което налагаше продължаваща антирезорбтивната терапия и бе все още в процес на активен медикаментозен контрол, преценката ни бе, че третата възможност крие повече рискове от останалите две, а след подробно обсъждане с пациента бе предпочетено приложението на втората посочена възможност.

Виртуалният план в случая е изобразен на фигура 100 и специфичното при него бе, че пациент-специфичният имплант е композитен, двучастов – титанов за пластиновата част с допълнителен РЕЕК сегмент, възстановяващ тялото и част от височината на алвеоларния гребен на долната челюст вдясно. Също така поради спецификата на патологичния процес и желанието да се съхрани колкото е възможно повече витална кост интраоперативно, не бяха конструирани хирургични водачи, а бе предоставена възможност, ако част от костта в областта на РЕЕК импланта се окажеше васкуларизирана, той да бъде намален като размери и отново свързан към синтерования титанов имплант, който, от своя страна, можеше да бъде стабилно фиксиран към костта, независимо от евентуални разлики в медиодисталния размер на резекцията.





**Фиг. 100.** Виртуален план – дигитален модел, изобразяващ костната патология; коригиране на десния мандибуларен клон в ортометрична позиция; резекция и конструиране на двучастовия Ti/PEEK имплант и съответните фиксационни дължини

Въпреки тези съображения, интраоперативно бе установена пълна съпоставимост между дигиталния модел и анализа на КТ образите по

отношение на необходимия обем на резекцията, и тя бе осъществена в границите на виртуалния план. Самият оперативен подход, освен резекция на патологичната костна зона чрез субмандибуларен достъп, включваше и приложението на аксиално пекторално мускулно ламбо, за цялостно покриване на пациент-специфичния имплант и създаване на добре васкуляризирана основа за покривния интраорален гингивален епителен слой (фиг. 101).

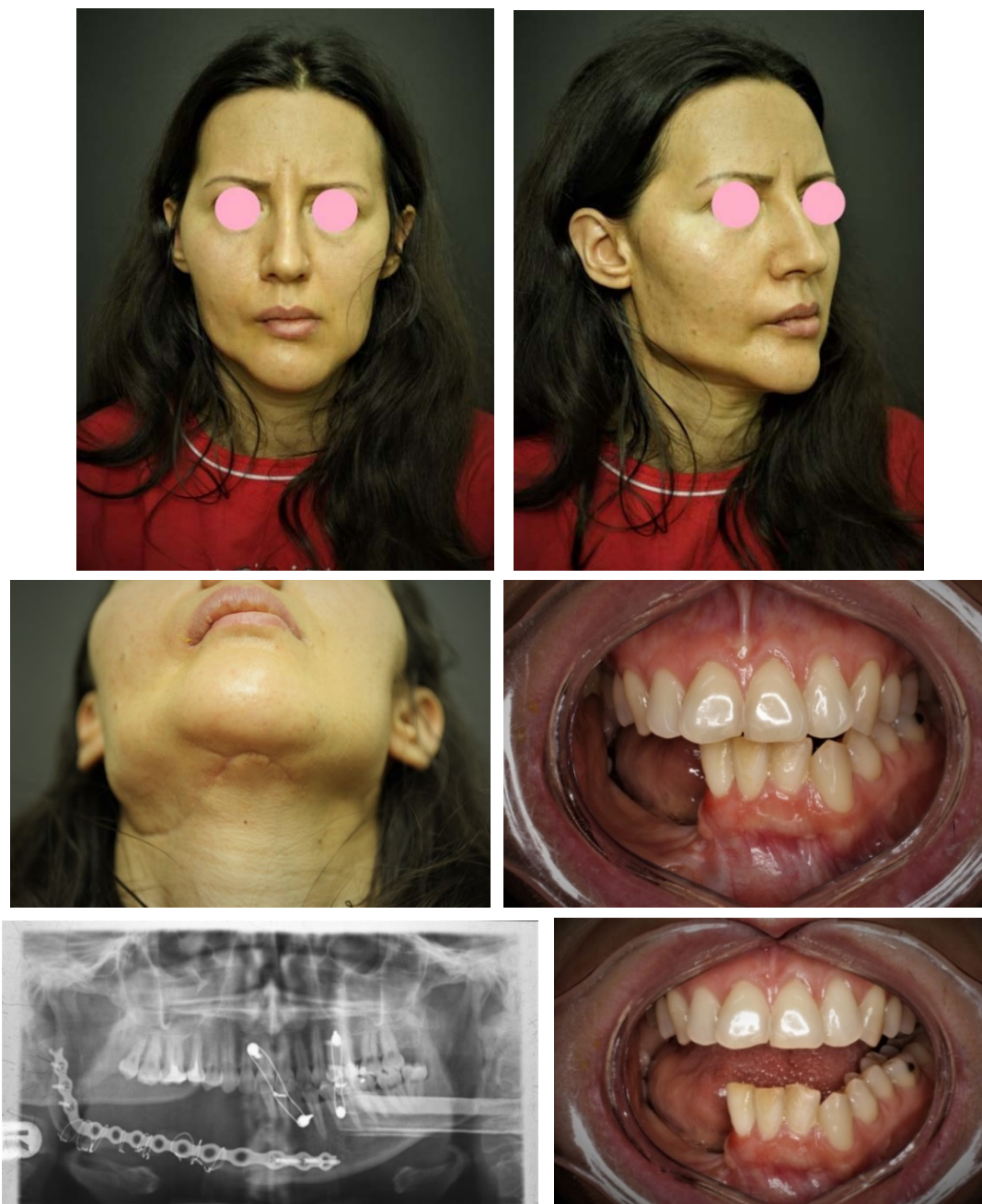


**Фиг. 101.** Интра- и постоперативен изглед – субмандибуларен хирургичен достъп; приложение на двукомпонентния пациент-специфичен имплант; състояние 6 седмици след операцията – фас и интраорален изглед

6. Пациент ДИ, на 38 г., от гр. София – с лицева асиметрия поради дефицит на долната лицева трета вдясно (фиг. 102), персистираща болка в областта на долната половина на лицето вдясно, ограничение в отварянето на устата и затруднение при дъвчене. Оплакванията датираха от около



година, когато в друга болница е била осъществена мандибуларна резекция за отстраняване на амелобластом и възстановяване с неваскуляризиран графт от областта на crista iliaca.

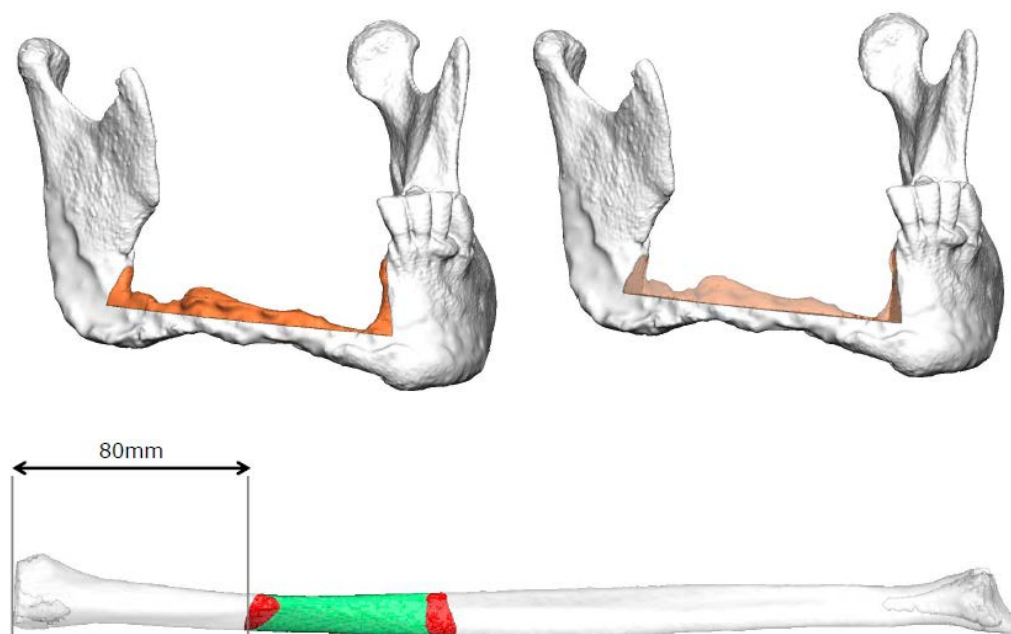


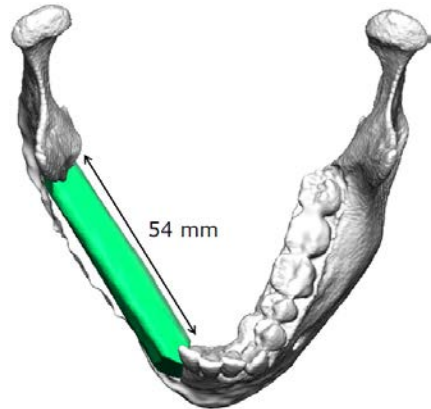
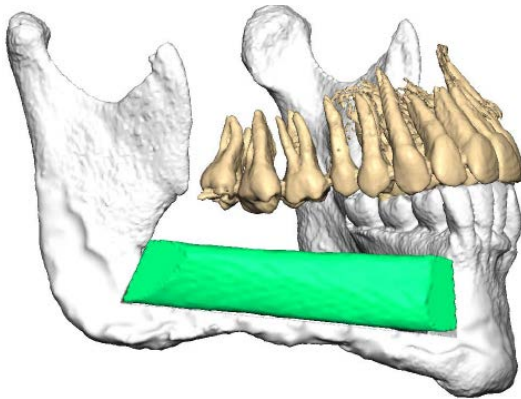
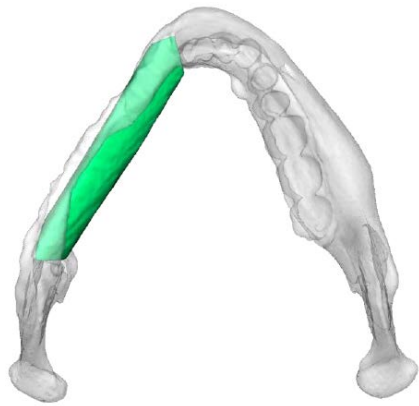
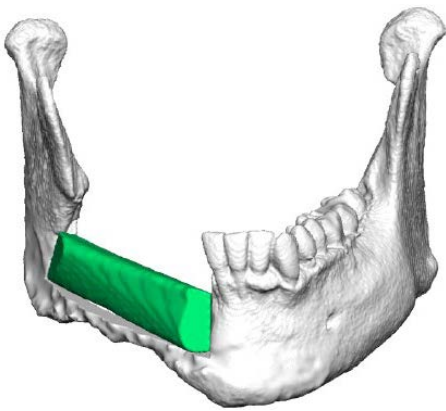
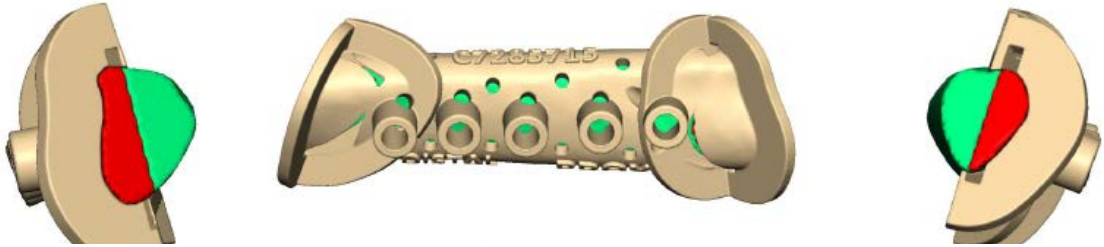
**Фиг. 102.** Предоперативен изглед – фас,  $\frac{3}{4}$  профил, интраорален изглед, обем на отваряне на устата и ортопантомография в процеса на първоначалното лечение

Хирургичният план за лечението на вторичния дефект включваше: десен субмандибуларен достъп по наличния цикатрикс, съдова дисекция и подготовка, премахване на старата фиксация, ревизия на костната зона на

долната челюст вдясно и едномоментна микроваскуларна реконструкция с ляво фибуларно ламбо, при участието на два хирургични екипа.

В процеса на виртуалното планиране бе изобразен подлежащият мандибуларен дефект, подбран бе съответният подходящ фибуларен сегмент за микроваскуларен трансфер и бе оформена реципиентната ложа по начин, по който, от една страна да се осигури максимална контактна повърхност с фибулата, а от друга, да се съхрани максимален обем собствена мандибуларна кост. Същевременно поради двупосочните реконструктивни проблеми, които възстановяването имаше за цел да реши – по отношение на корекцията на долночелюстен контурен дефицит и хармонизацията на меките тъкани на долната лицева трета; както и по отношение на функционалната рехабилитация на устната кухина и в частност подкрепа на възможностите за имплантно фиксирано или сменяемо зъбопротезиране в бъдеще, бе взето решение за изграждане на хибриден мултисегментен 3Д имплант, с база, конструирана по естествения контур, получен с помощта на огледален образ на съхранената лява половина на челюстта, и допълнителен фиксационен сегмент над нея за подравняване и стабилизиране на фибулата на нивото на алвеоларния гребен на мандибулата (т.е. медиална горна граница на фибулата, подравнена към основата на интрарадикуларния септум на последния естествен зъб) (фиг. 103).





*Implant/s*

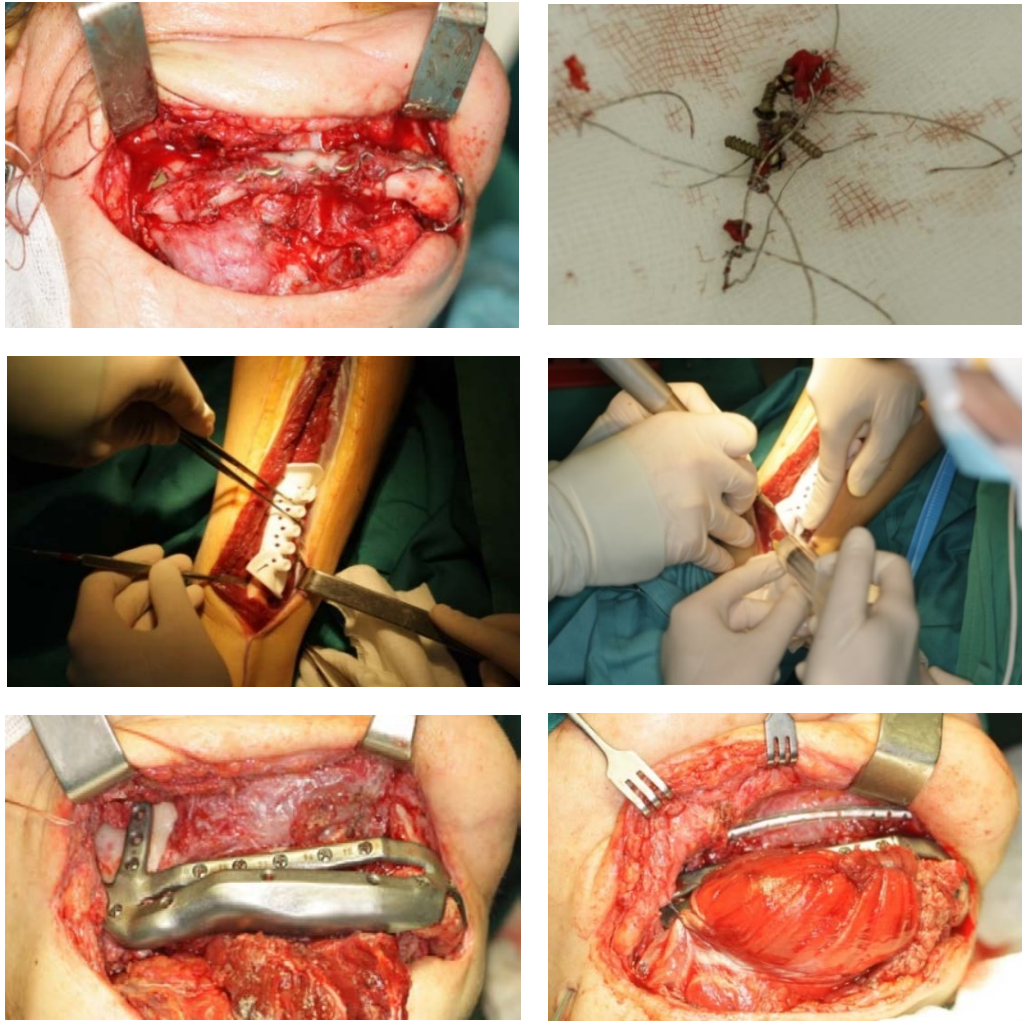






**Фиг. 103.** Виртуално планиране – подлежаща костна деформация с очертаване на зоната за моделиране, с оглед запазване на по-голяма част от наличната кост и максимална адаптация на фибуларното ламбо; позиция на донорния участък във фибуларната кост и дизайн на хирургичния водач; позиция на трансферирания фибуларен сегмент в областта на долната челюст; дизайн на хибриден 3Д имплант – с контурна основа, изградена по огледален образ, и надлежащ фиксационен сегмент за позициониране на фибулата на нивото на алвеоларния гребен, с оглед бъдещо имплантно зъбно протезиране

Самата оперативна интервенция бе осъществена двуекипно (фиг. 104), като резекционният екип оформи съответните части на долната челюст спрямо виртуалния дизайн и осигури достъп до съдовете на шията вдясно. Реконструктивният екип от своя страна оформи посредством хирургичния водач фибуларното ламбо, като съвместно с костната част, дисецира и мускулен сегмент от *m. soleus*, оформяйки композитно миоосално ламбо. Този подход бе възприет с оглед покриване на контурната част от 3Д импланта с мускулна тъкан, осигурявайки добре васкуляризиран надлежащ слой за протекция на евентуална кожна дехисценция и потенциални възпалителни усложнения. С пациентката предварително бе обсъдено обстоятелството за временно хиперконтуриране на дясната половина на долната лицева трета, въз основа на този тип ламбо, като очакванията са за прогресивно автокоригиране, в процеса на атрофия на мускулната част на реконструкцията (фиг. 105).



**Фиг. 104.** Интраоперативен изглед – премахване на старата фиксация и подготвяне на мандибуларната ложа; оформяне на костния сегмент на ламбото; фиксиране на 3Д импланта и покриване на контурната му част





**Фиг. 105.** Последователен постоперативен изглед – фас и интраорален изглед в края на 2-та седмица, 4-та седмица, 6-ия месец и 9-ия месец

С оглед на цялостна дентална рехабилитация и пълноценно възстановяване на функцията на устната кухина бе проведено и ортодонтско лечение\* между 9-ия и 15-ия постоперативни месеци, за коригиране на съществуващия овърджет и нивелиране на долната зъбна дъга, при което бе използвана и скелетна ортодонтска опора (Surgi-Tec®)

---

\* Ортодонтското лечение е осъществено под ръководството на проф. д-р Лаура Андреева, дмн, ръководител на Катедрата по ортодонтия, ФДМ, МУ – София.



в областта на 35, 36 зъби. Впоследствие бе осъществено виртуално планиране (MIS-MSOFT) на навигирани дентални импланти, които бяха поставени към 18-ия постоперативен месец (фиг. 106 и 107).



**Фиг. 106.** Интраорален изглед – 18-и постоперативен месец, с поставяне на навигирани дентални импланти (MIS) в реконструираната мандибула



**Фиг. 107.** Ортопантомография след поставяне на навигираните дентални импланти и интраорален изглед след натоварването им и завършване на протезирането

7. Пациент ГМ, на 58 г., от гр. Русе – с вторичен дефект на средната и лявата част на тялото на долната челюст, с давност от 4 години, когато е оперирана по повод амелобластом в посочената област чрез резекция и остеосинтеза с реконструктивна пластина. Последната впоследствие се е фрактурирала и е премахната.

Основните оплаквания бяха свързани с дискомфорт и функционален дефицит при дъвчене, придружен с девиация на долната челюст, както и с естетични смущения.

Клинично се установяваше хиперстеничен хабитус и асиметрия на долната лицева трета поради липса на част от тялото и ментума на долната челюст, постоперативни цикатриксни изменения с известна редистрибуция на мастната тъкан, както и депресия на меките тъкани в зоната на костния дефект. Интраоралните промени бяха свързани със свободна подвижност и придърпване на мандибуларните фрагменти един към друг, както и с деформация на алвеоларната форма, в съчетание с фиброзни мекотъканни промени (фиг. 108).



**Фиг. 108.** Предоперативен изглед – фас; фас с отворена уста – девиация на десния мандибуларен фрагмент; каудо-краниална проекция; интраорален изглед

Предизвикателствата при планирането на подобна мандибуларна реконструкция бяха свързани основно с: определянето на правилната антропо- и ортометрична мандибуларна позиция и репозициониране на фрагментите в нея; определянето на големината на липсващите мандибуларни сегменти и пълноценното им заместване; както и оптималната фиксация на цялостното възстановяване, с избягване дори на най-малките несъответствия, предизвикващи повишени сили на натиск, усукване и опън.

Всички тези проблеми, в конкретния клиничен случай бяха разрешени по следния начин:

- създаване на виртуален модел с първоначалната позиция на мандибуларните фрагменти;

- корекция на мандибуларните фрагменти в правилна позиция с помощта на оклузални и ТМС референтни точки;

- използване на референтен мандибуларен образ, генериран от планиращия софтуер, на базата на данни за стандартните мандибуларни размери и големини (налагащо се поради липсата на средната част на тялото на долната челюст и възпрепятстващо използването на огледален образ за цялостната ѝ виртуална реконструкция);

- наслагване на референтния цялостен мандибуларен образ върху наличните мандибуларни фрагменти и пълно реконструиране на формата на долната челюст;

- подбор на подходяща донорна фибуларна област, която поради необходимост в конкретния случай, да реконструира обемисти части на мандибулата – ментум и тяло, бе планирана в по-проксимална позиция от обичайната – на 100 мм от границата на латералния епикондил;

- пренос на донорния фибуларен образ върху реципиентната ложа; позиционирането му на алвеоларно ниво във вертикално отношение и сегментирането му на две части – за възстановяване на ментума и лявата половина на тялото на долната челюст;

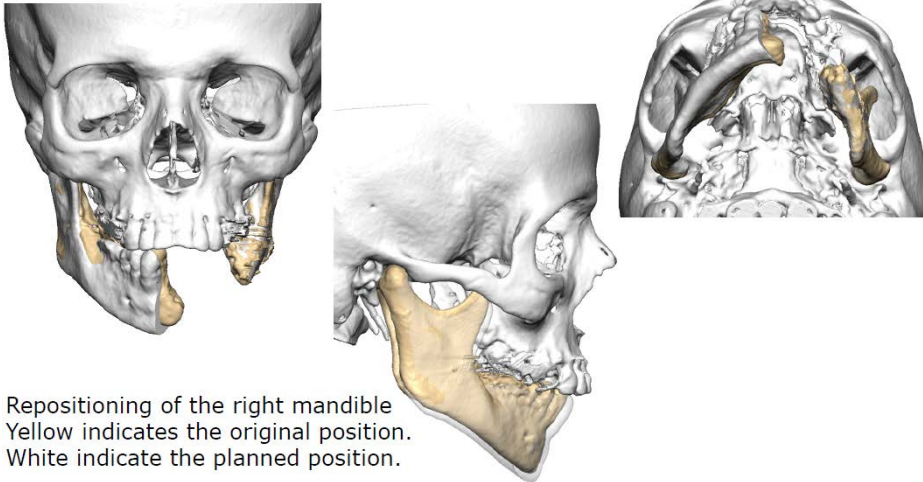
- конструиране на хибриден пациент-специфичен имплант (подобен на предходния клиничен случай, № 6, II група), с основа, възстановяваща контура на челюстта, и екстензия в краниална посока за фиксация на фибуларните реконструктивни сегменти в алвеоларна мандибуларна позиция (фиг. 109).

Преносът на така построения план в реалната оперативна интервенция бе осъществен отново с помощта на хирургични водачи и с двуекипен подход, като и в този случай бе използвано композитно миоосално фибуларно ламбо, с включен сегмент от *m. soleus*, за покриване на контурната част на 3Д импланта. Детайлите за това, както и постоперативният изглед, са представени на фиг. 110, 111 и 112.

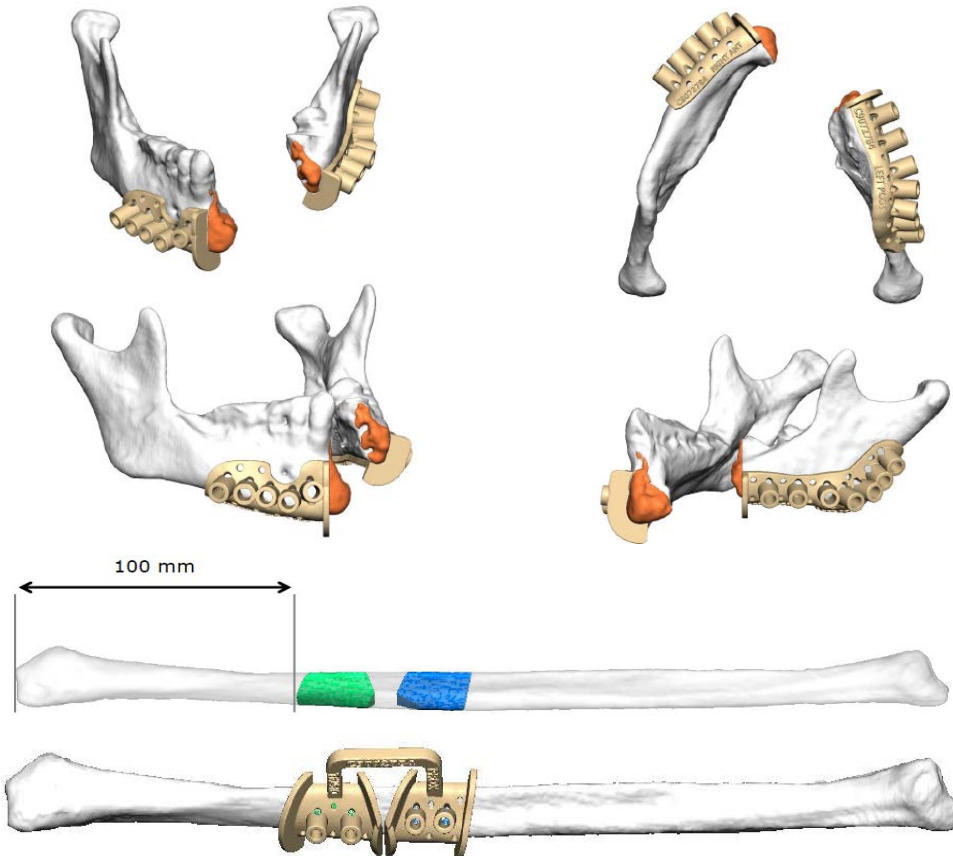


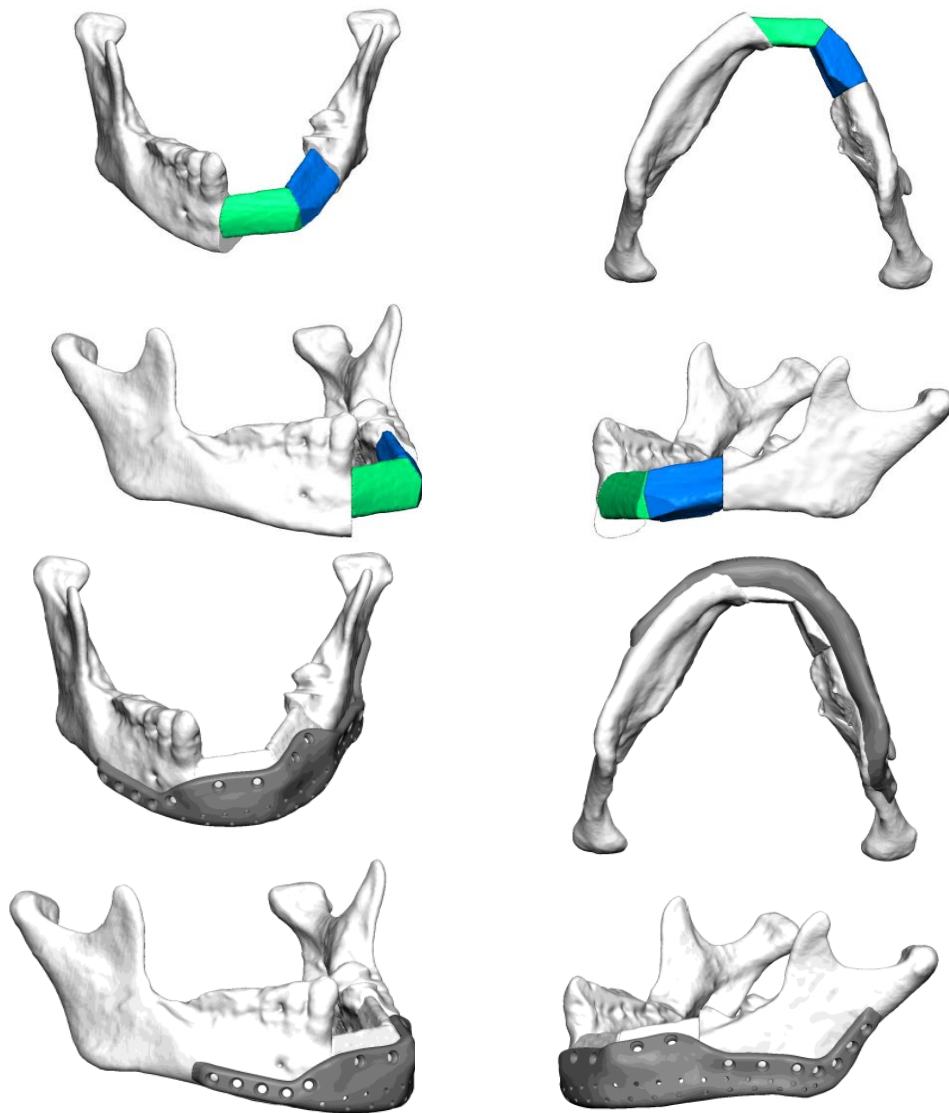


repositioning

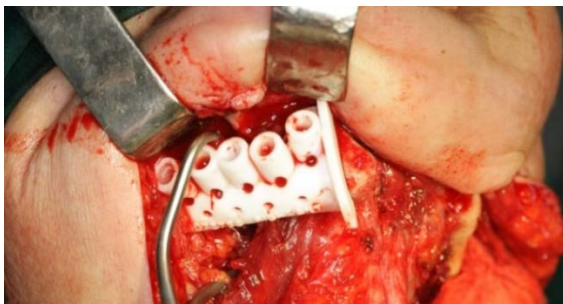


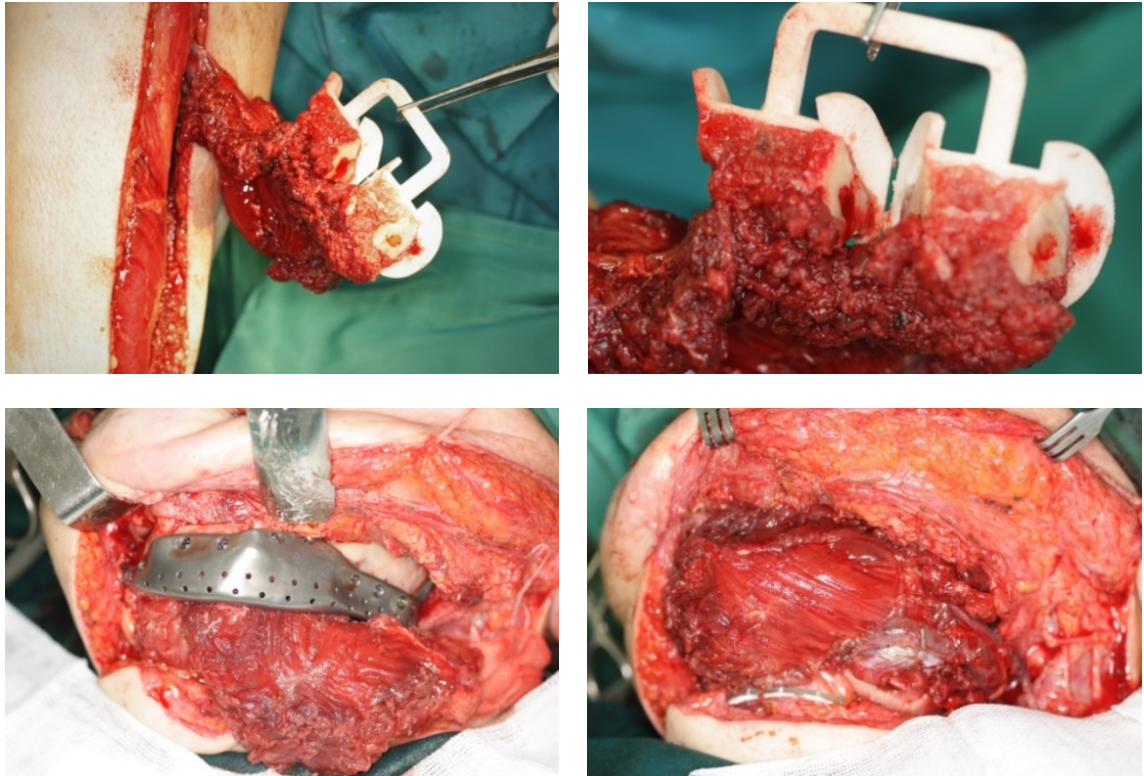
Repositioning of the right mandible  
Yellow indicates the original position.  
White indicate the planned position.





**Фиг. 109.** Виртуално планиране – първоначален образ на долната челюст; коригиране на позицията на мандибуларните фрагменти; подготовка на реципиентната зона и конструиране на водачи; донорна зона и водач; трансфериране на фибуларните сегменти и алвеоларно позициониране; конструиране на хибриден 3Д имплант с контурна основа и краниална фиксационна екстензия





**Фиг. 110.** Интраоперативен изглед – шиен достъп по предходния цикатрикс, фиксиране на резекционния водач и съпоставяне с адаптацията според виртуалния план; резекционна подготовка на реципиентната ложа; оформяне, повдигане и сегментиране на ляво фибуларно ламбо, с помощта на хирургичния водач; трансферирани реконструктивни фибуларни фрагменти, позиционирани на алвеоларно мандибуларно ниво и фиксирани с помощта на хибридният 3Д имплант; покриване на импланта с мускулната част на свободното ламбо (m. soleus)





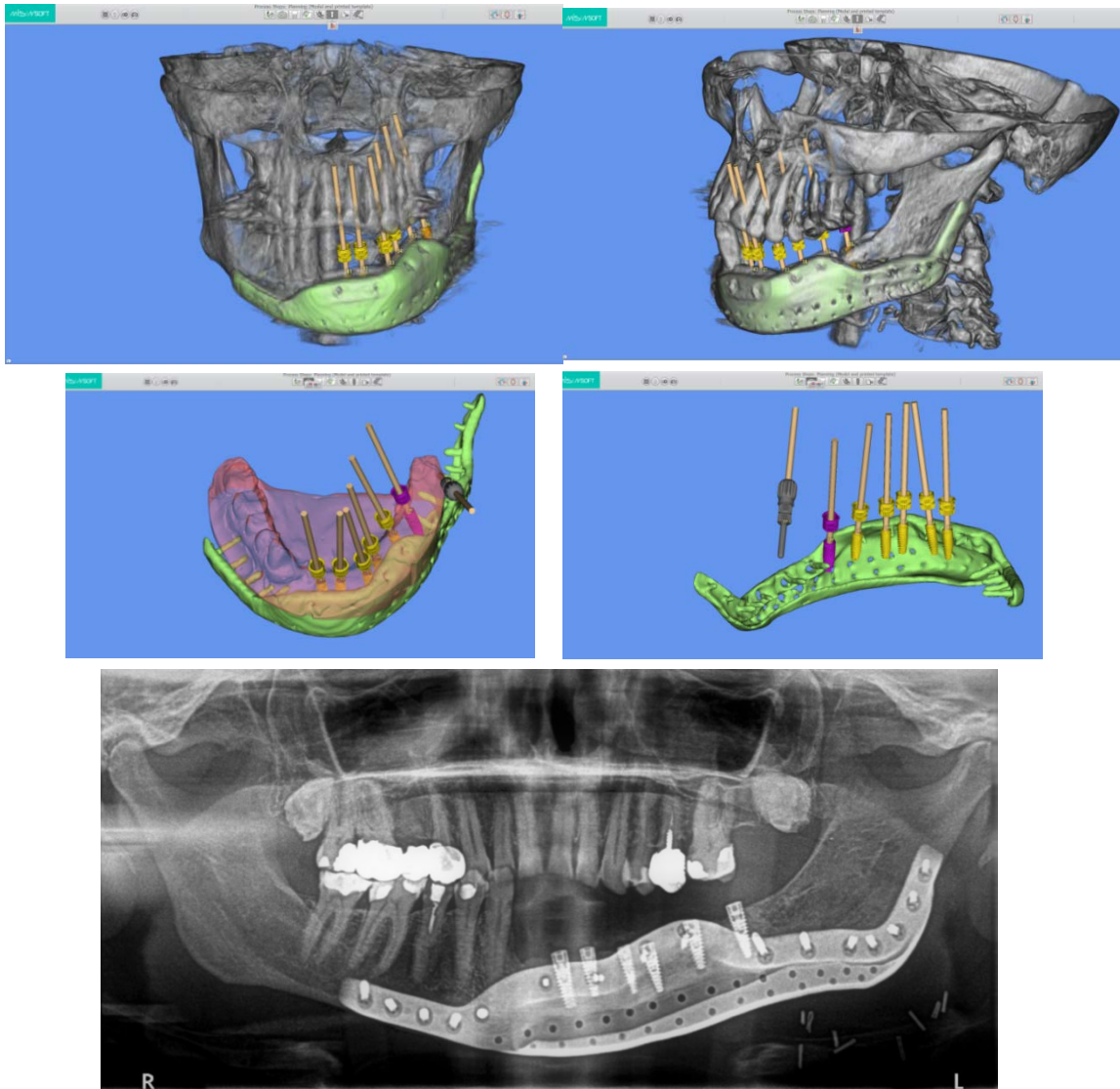


**Фиг. 111.** Постоперативен изглед – в края на 1-та седмица – фас, каудо-краниална проекция и интраорален изглед (отворена/затворена уста)



**Фиг. 112.** Постоперативен изглед – в края на 1-та година – фас,  $\frac{3}{4}$  профил и интраорален изглед (отворена/затворена уста)

В месеците след първата постоперативна година, след клинична и КТ верификация на стабилния реконструктивен резултат и контрол на първичното заболяване, бе осъществено виртуално планиране на имплантно дентално протезиране (MIS MSOFT) (фиг. 113).



**Фиг. 113.** Виртуално планиране на дентална имплантна рехабилитация на средната част и лявата половина на долната челюст, на базата на 3Д реконструиран СВСТ образ и интегриран в него дигитален дентоалвеоларен отпечатък с виртуален зъбопротезен моск up (симулация на формата и позицията на бъдещите зъби). 5 от 6-те дентални импланта са позиционирани в реконструираната част на долната челюст (микросъдово трансферираната фибуларна кост); ортопантомография след денталното имплантиране

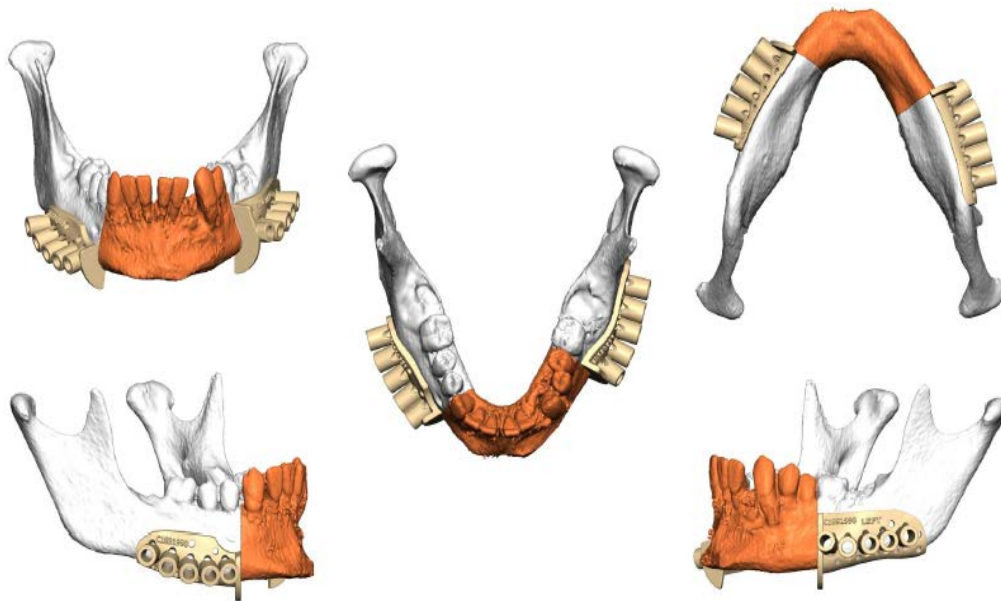
8. Още един предизвикателен случай повърихме на решение с помощта на виртуално планиране, моделиране и принтиране, при представяне на *детето КЙ*, на 11 г., от гр. Белене, което дойде при нас с комплексна онкологична история, започнала повече от 3 г. по-рано, когато е диагностицирано с фибробластен остеосарком на десен хумерус и двустранни метастатични белодробни лезии. След неoadjuвантна ХТ по COSS 96 протокол, в клиниката по детска онкохематология в Пловдив, и

одобряване от Фонда за лечение на деца на апликационна форма за лечение в чужбина, заминава за Мюнстер, Германия, където последователно е подложено на резекция на десен хумерус, с приложение на MUTARS ендопротеза и двустранна торакотомия, при която са екстирпирани 5 метастатични лезии от десния и 3 лезии от левия бял дроб. И след двете операции се връща в България за провеждане на адювантна ХТ по EURAMOS – MAP arm протокол, като се отчита контрол на заболяването до декември 2017 г. Тогава се появява подутина в централната и лявата половина на долната челюст, хистологично верифицирана като фибробластен остеосарком. След хирургична консултация при нас и 6 нови курса полихимиотерапия по ICE протокол, довели до редукция на тумора, въз основа на нови пълни образни и хистологични изследвания, бе осъществено двуекипно хирургично лечение на солитарната мандибуларна метастаза в обем – радикална резекция на засегнатата част от долната челюст и микросъдова реконструкция с миоосално ламбо от областта на дясната *crista iliaca*, с включен *m. obliquus int.*, базирано на *a./v. circumflexa ilium prof. dex.* За целта бе използвано виртуално планиране и моделиране, с принтиране на 3Д пациент-специфичен имплант (фиг. 114, 115 и 116).

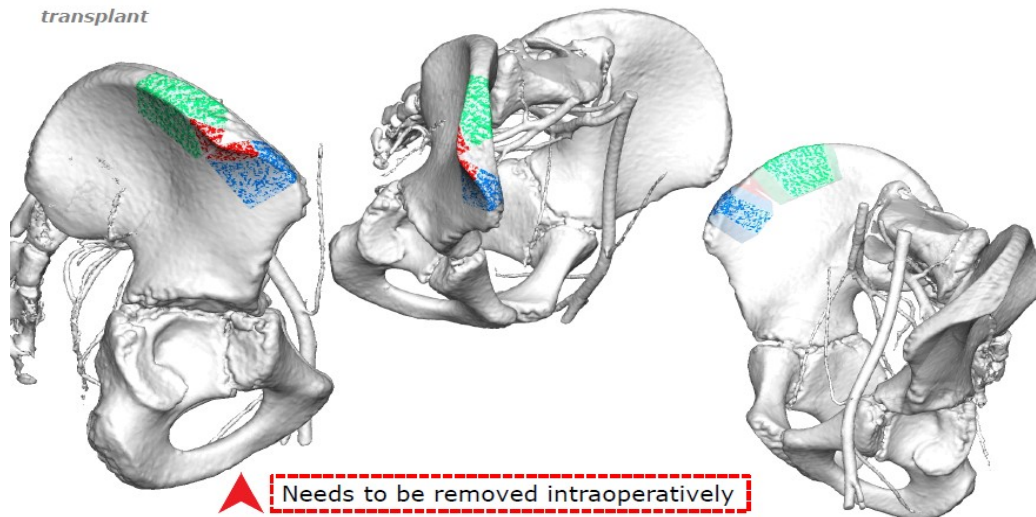


**Фиг. 114.** Предоперативен изглед – фас и интраорален изглед (със зоната на нова биопсия в областта на 32 зъб след ХТ)



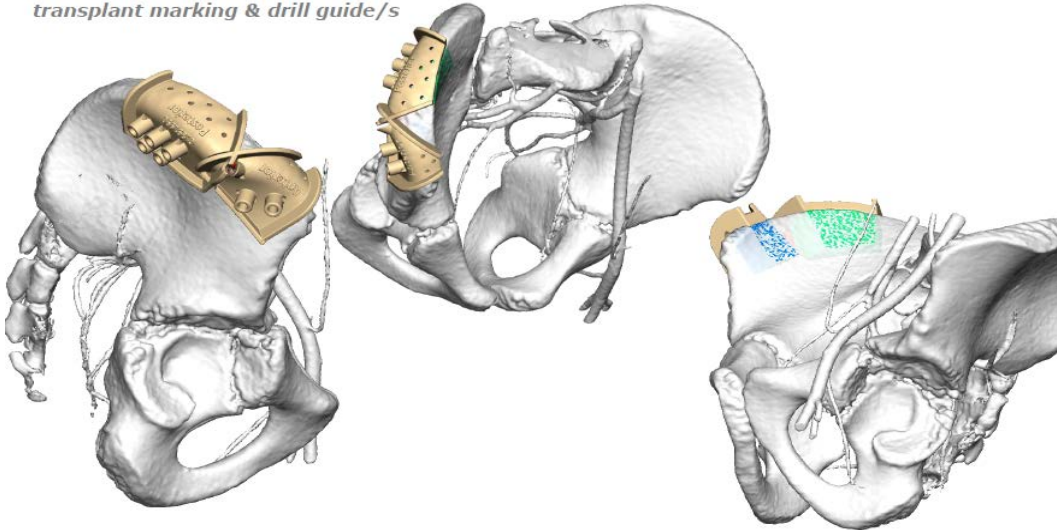


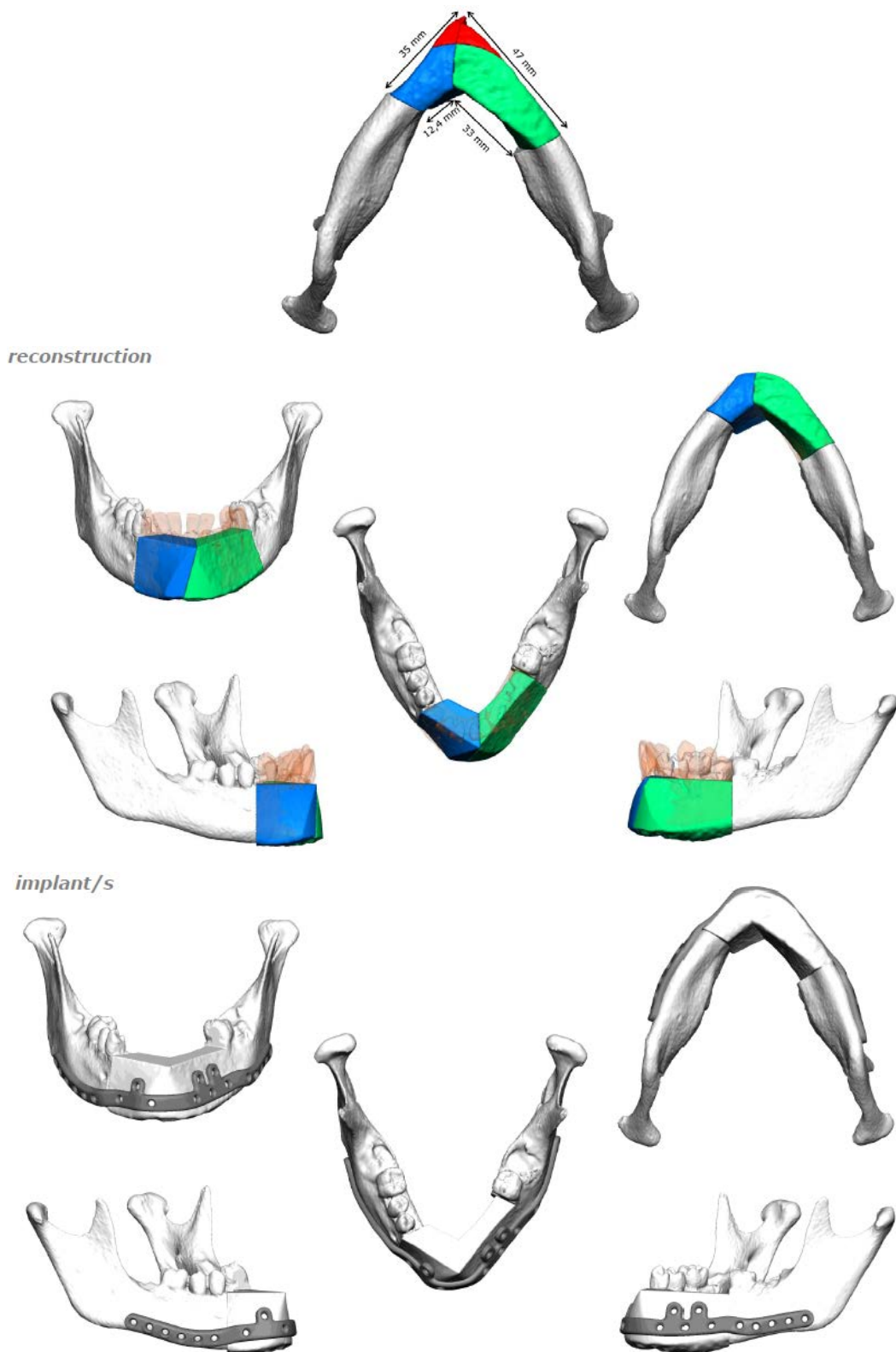
*transplant*



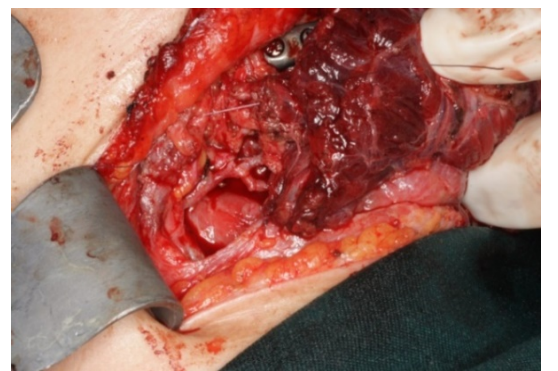
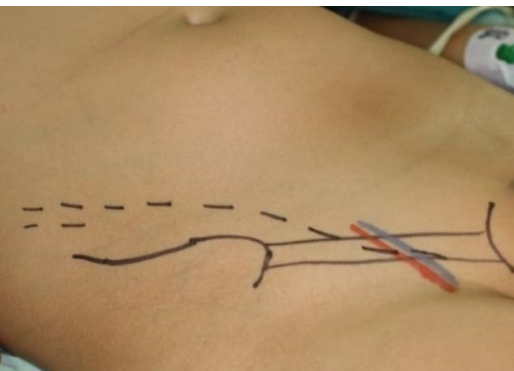
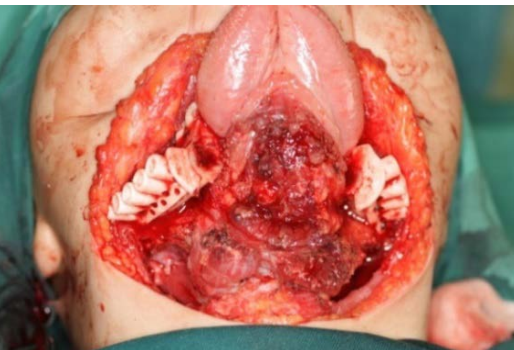
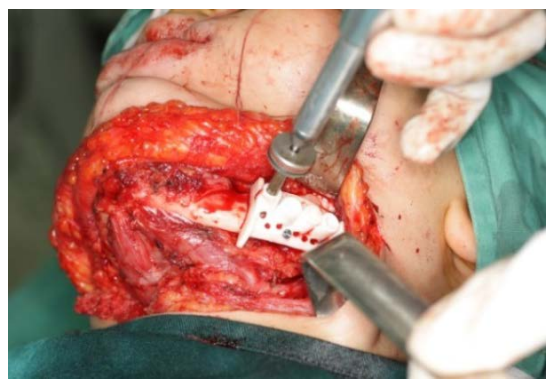
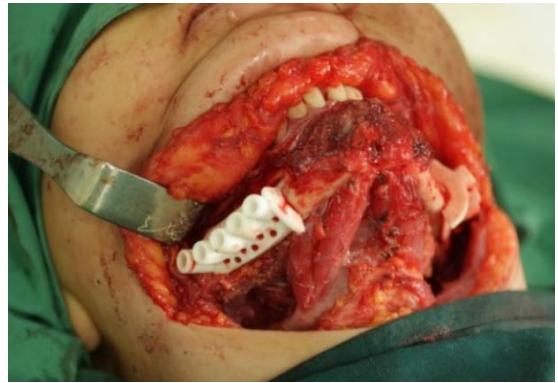
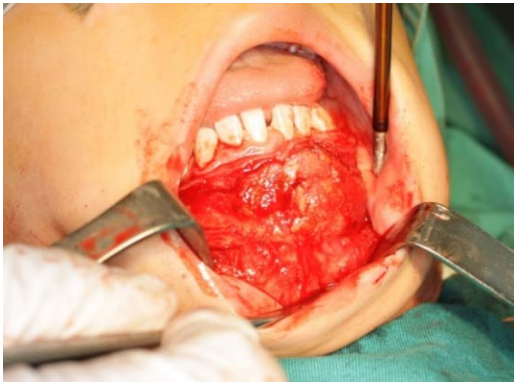
Needs to be removed intraoperatively

*transplant marking & drill guide/s*





**Фиг. 115.** Виртуално планиране – изобразяване на резекцията и конструиране на хирургични водачи; изобразяване на десните тазови кости и подбор на най-подходящата донорна зона; конструиране на реконструктивни водачи; измерване на обема и трансфер на хълбочните фрагменти към мандибулата; конструиране на пациент-специфичен 3Д имплант

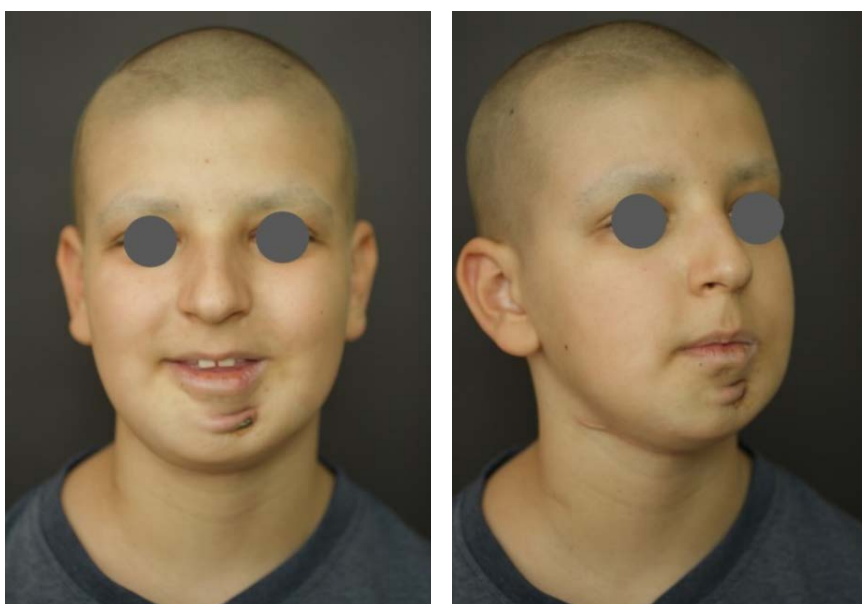


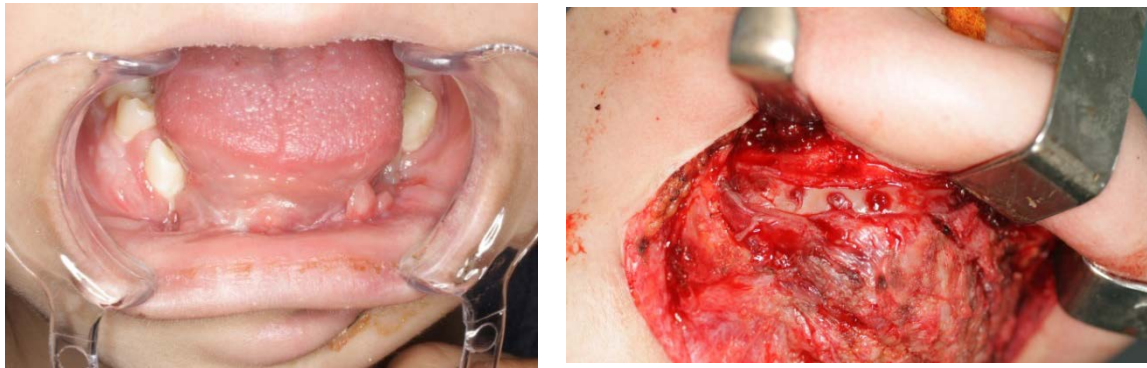




**Фиг. 116.** Интраоперативен и ранен постоперативен изглед – комбиниран интра/екстраорален достъп; тестване и фиксиране на резекционните водачи и оформяне на отворите за фиксация на 3Д импланта; резекция на мандибулата; достъп за дясно микроваскуларно илиачно ламбо; трансфер на миоосалното ламбо и микросъдова анастомоза; лицев изглед в края на операцията и в края на първата постоперативна седмица

Според лечебния план на педиатричната онкологична комисия пациентът продължи с адювантна ХТ на ранен постоперативен етап и след 8 курса се представи с кожна дехисценция над импланта, в областта на тялото на долната челюст вляво, вследствие на което бе взето решение за отстраняването му. Хирургичната манипулация във връзка с това верифицира виталитет и интеграция на реконструираната неомандибула (фиг. 117).





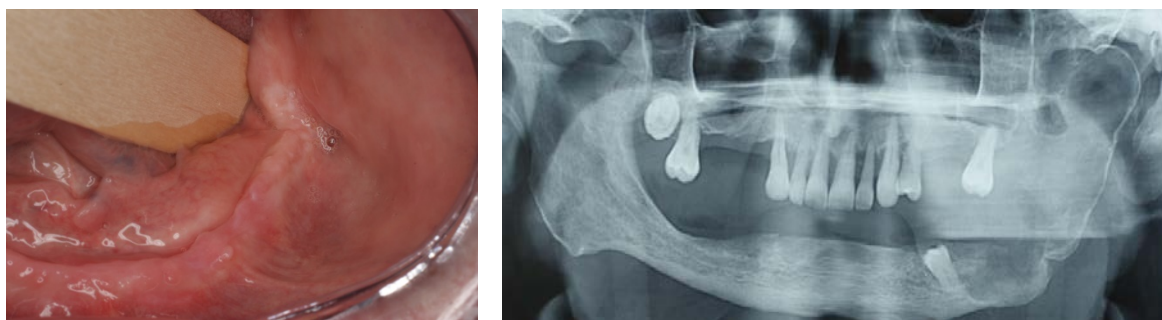
**Фиг. 117.** Изглед 9 месеца постоперативно – фас,  $\frac{3}{4}$  профил, интраорален изглед, както и състояние на костта след отстраняване на 3Д импланта

9. Пациент КЖ, на 53 г., от гр. София – с лицева асиметрия поради подутина на лявата букална и паротидео-масетериална области (фиг. 118), с давност повече от година, дължаща се на амелобластом, ангажиращ дисталната част на тялото и целия клон на челюстта.

Виртуално бе планирана радикална резекция на долната челюст вляво, дистално от средата на тялото на челюстта, с хемиексартикуляция (тип Ic по Brown) и реконструкция с ляво фибуларно микроваскуларно ламбо. Пациентът бе с обеззъбена долна челюст, което от своя страна бе довело до редукция на височината на тялото и съпоставимост между него и височината на планираната фибула. Тя от своя страна бе позиционирана в основа, изградена от контуриран 3Д имплант, възстановяващ основния ръб и профила на тялото, ъгъла и клона на мандибулата вляво (фиг. 119 и 120).



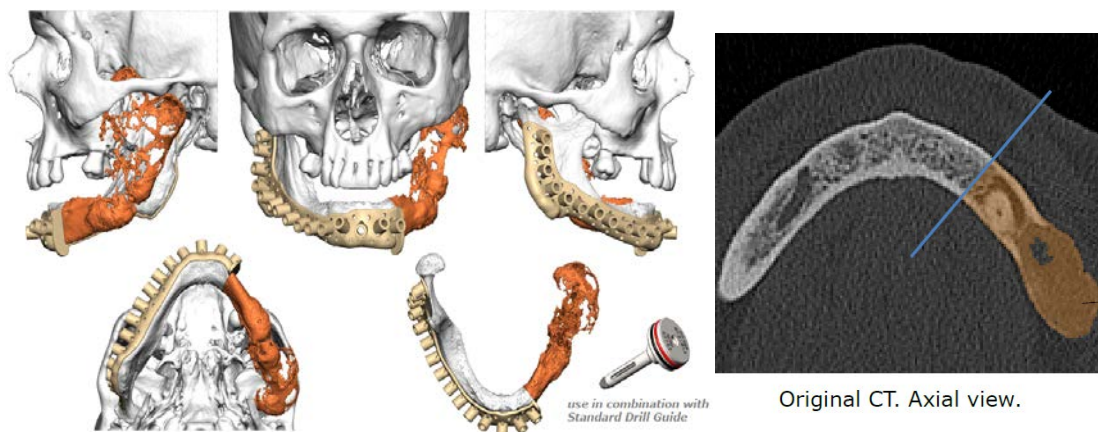


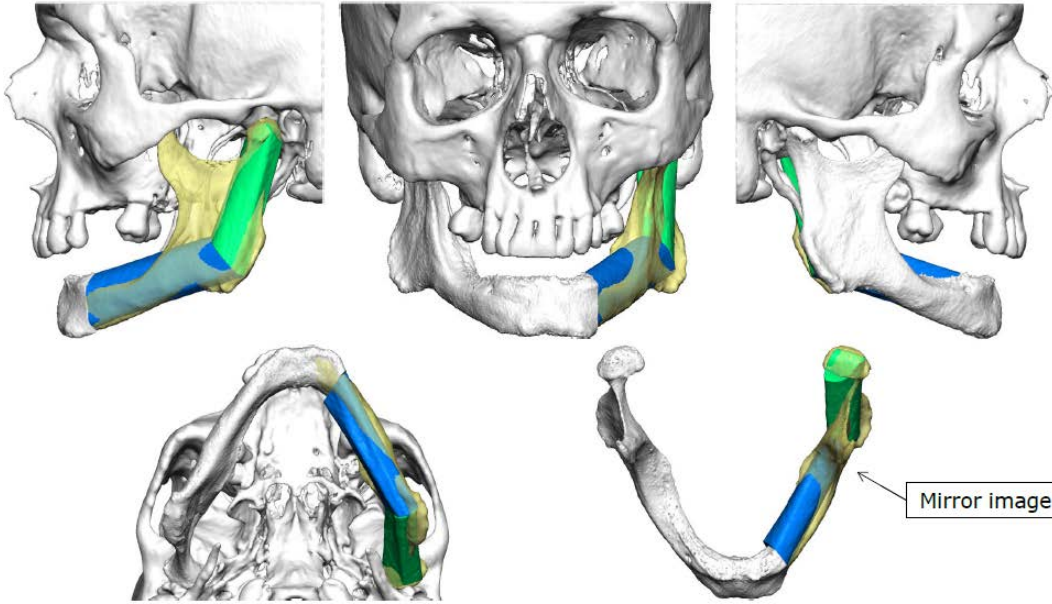


**Фиг. 118.** Предоперативен изглед – фас, каудо-краниална проекция, интраорален изглед и ортопантомография

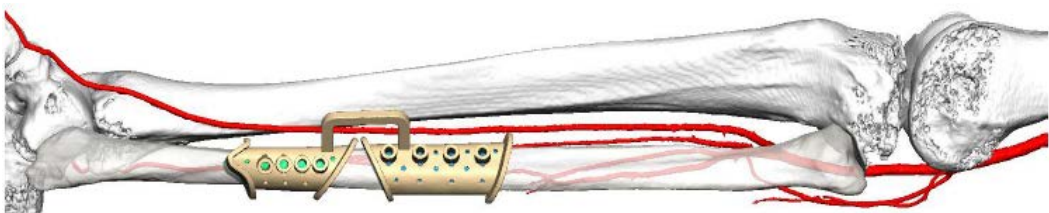
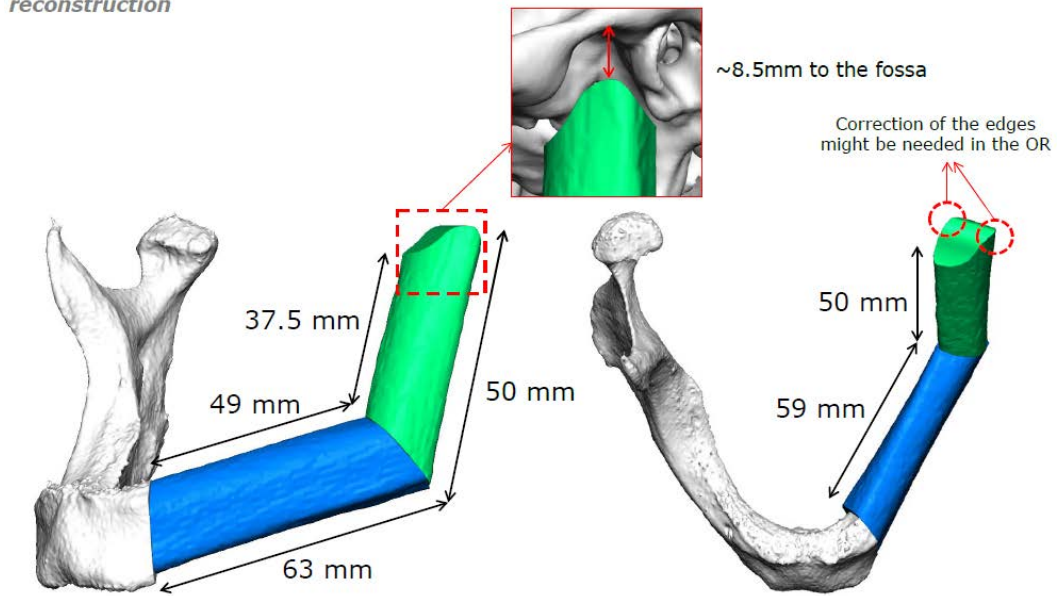
Също така, имайки предвид сложните сили, които се генерират при функция в областта на срединната част на тялото на тотално обеззъбени мандибули, фиксационната част на импланта бе планирана така, че освен да обхваща цялостно ментума и остатъчната част на тялото (с фиксиращи ходове избягващи мандибуларния канал), да се изкачва и обхваща ъгъла и контралатералния на резекцията клон на челюстта – с цел да неутрализира както вертикалните сили, действащи върху реконструктивната зона, така и силите на усукване, които се генерират в областта на ментума [41, 42, 84].

Оперативната интервенция бе осъществена двуекипно и включваше субмандибуларен шиен достъп, съдова подготовка и отстраняване на засегнатата част на долната челюст, както и ляво фибуларно микроваскуларно ламбо, започващо в по-проксимална зона – 90 мм от дисталната граница на костта, с оглед добиване на по-подходящи в обемно отношение сегменти. Планирането на оперативната интервенция е изобразено на фигура 119, оперативният подход – на фигура 120, а постоперативният изглед – на фигури 121 и 122.

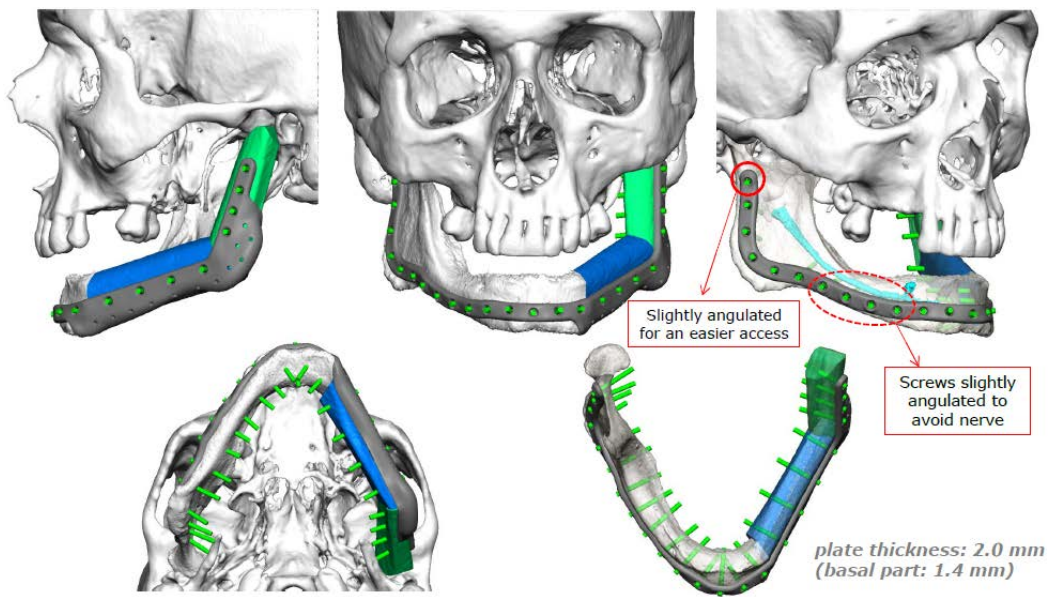




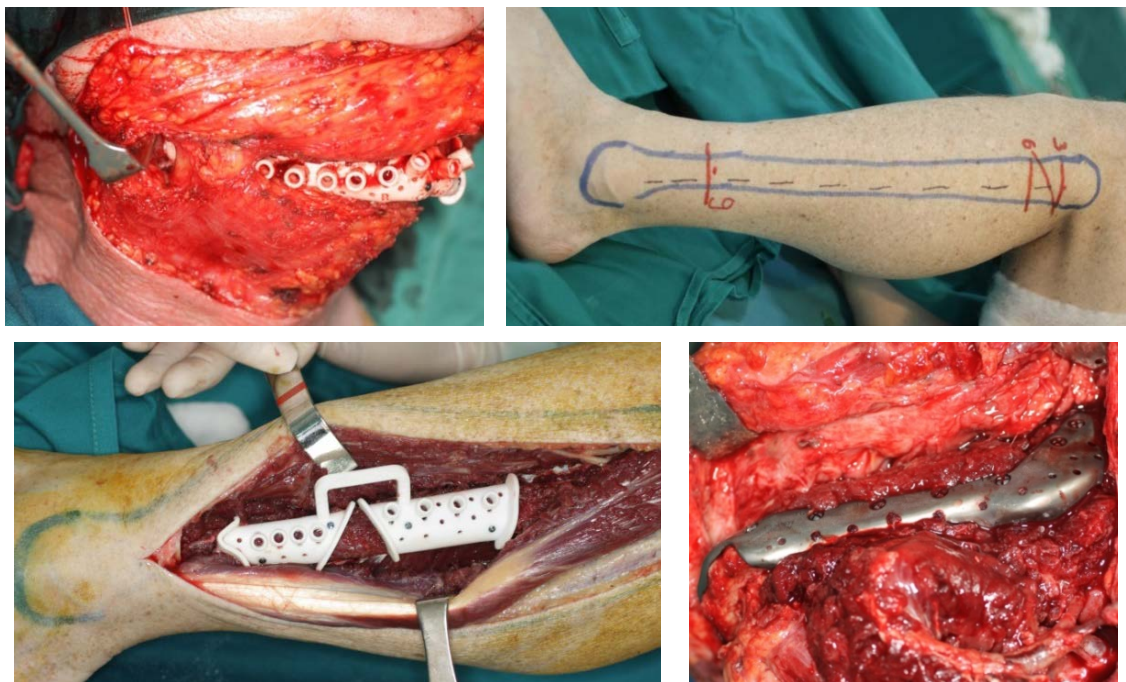
*reconstruction*



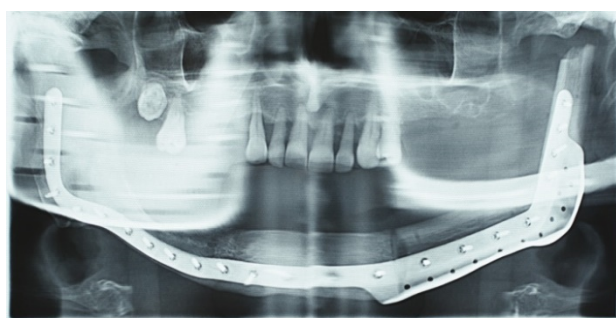




**Фиг. 119.** Виртуално планиране – изобразяване на патологичната зона и границата на резекция (в оранжево) и конструиране на стандартния резекционен/дрил-проеекционен водач; изобразяване на донорната фибуларна зона и планиране на сегментите; трансфер на фибуларното ламбо и суперимпониране върху възстановен огледален образ на челюстта; измерване на дължината на реконструктивните сегменти и отстоянието на новия ляв кондиларен израстък от тавана на ставната ямка; конструиране на реконструктивен фибуларен водач; конструиране на контурен 3Д пациент-специфичен имплант



**Фиг. 120.** Интраоперативен изглед – шиен достъп и позициониране на резекционния водач; достъп към лявата фибуларна зона; дисекция и подготовка за остеотомия на фибуларното ламбо; фиксиране на пациент-специфичния имплант и микросъдова анастомоза (долу дясно на снимката)



**Фиг. 121.** Постоперативен изглед – фас, профил лява подбедрица, интраорален изглед и ортопантомография – в края на втората седмица



**Фиг. 122.** Постоперативен изглед –  $\frac{3}{4}$  профил и интраорален изглед в края на първата година

10. Пациент РБ, на 56 г., от гр. Поморие – със симетрично уголемяване на долната лицева трета, поради дифузна подутина на тялото

на долната челюст двустранно, хистологично верифицирана като амелобластом (фиг. 123).

След задълбочен преглед на крос-срезните 2D КТ образи и демаркиране на ендосалното туморно разпространение спрямо тях, 3Д виртуалният план (фиг. 124) включваше: цялостно отстраняване на тялото на челюстта със срезни линии от дистално на 48 до медиално на 38 (с отстраняване на последния интраоперативно) и реконструкция с ляво двусегментно фибуларно ламбо, със скосени в медиалната част фрагменти, по начин, образуващ хоризонтална линия за реконструкция на вестибуларната стена на ментума. Контурната база на импланта, от своя страна бе оформена по мандибуларен скелет, генериран от стандартна референтна мандибуларна база данни и съпоставен с опорни точки от запазените анатомични участъци на долната челюст на самия пациент.

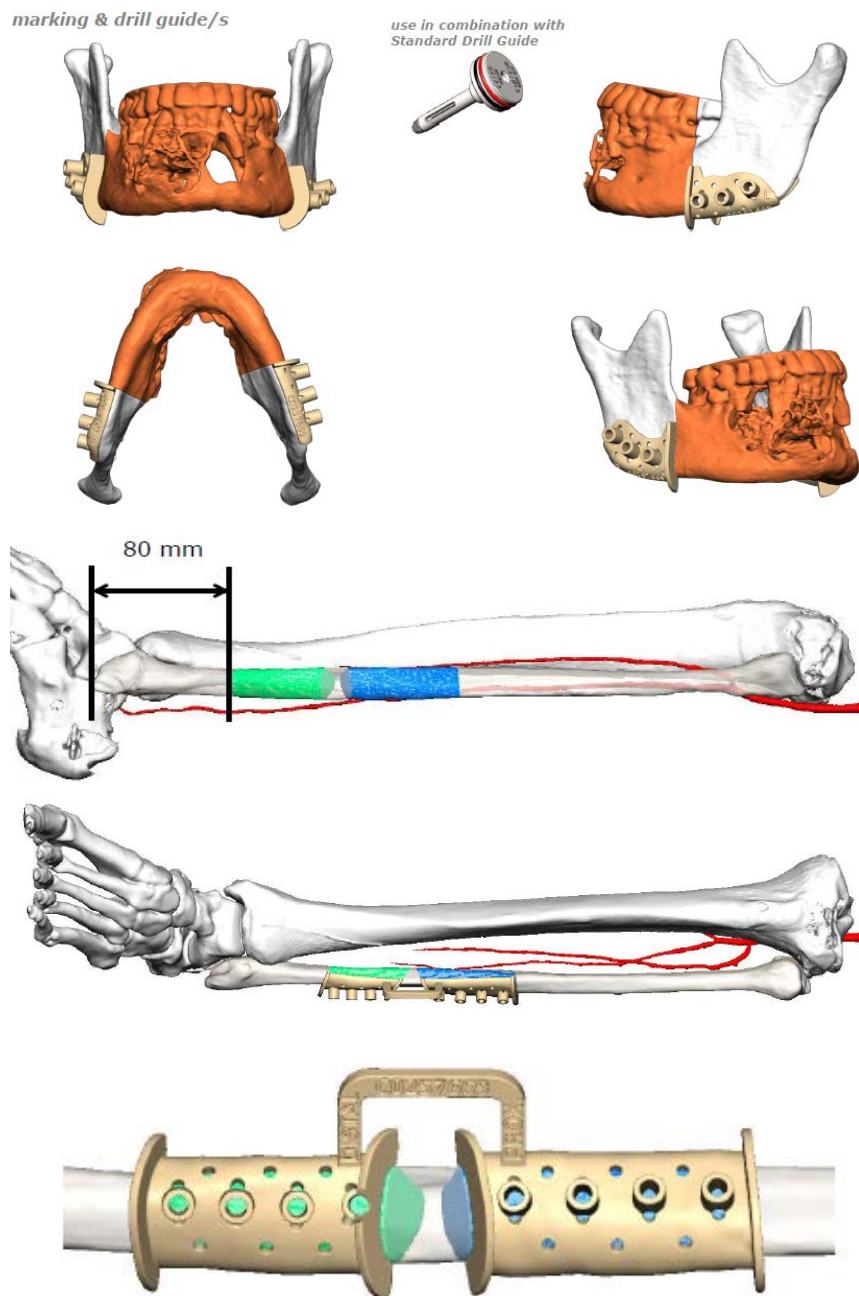
Оперативната интервенция бе осъществена двуекипно и включваше: двустранен субмандибуларен достъп, съдова подготовка и отстраняване на долната челюст в посочените граници от резекционния екип, с помощта на индивидуалните резекционни водачи; и оформяне, повдигане и микросъдов трансфер на ляво фибуларно ламбо от реконструктивния екип, с помощта на съответните реконструктивни хирургични водачи. Детайлите за оперативния подход са представени на фигура 125, а постоперативният изглед – на фигура 126.

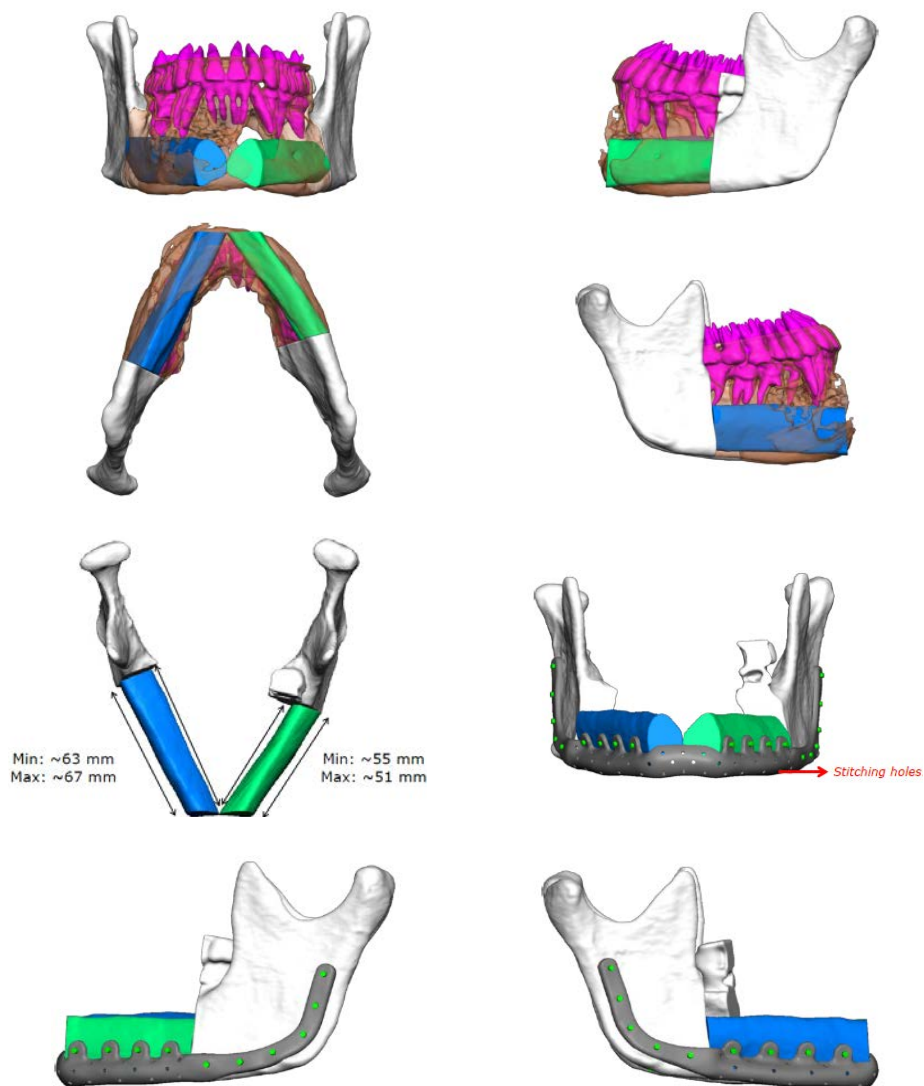




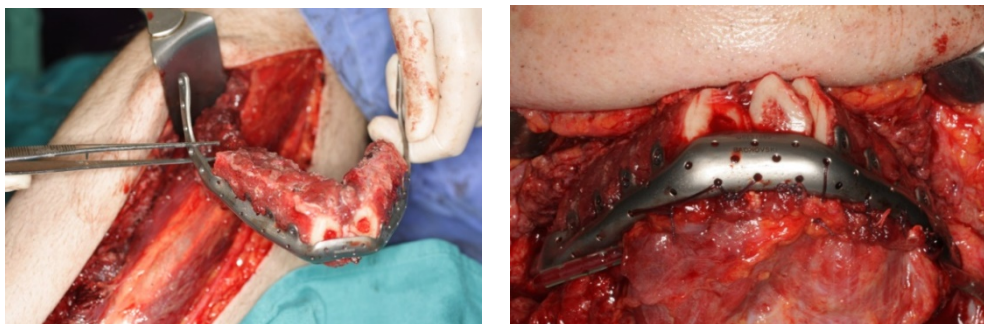


Фиг. 123. Предоперативен изглед – фас, профил и интраорален изглед





**Фиг. 124.** Виртуално планиране – мандибуларно 3Д представяне с обем на резекцията и хирургични водачи; донорна зона със сегменти и водачи; фибуларен трансфер и суперпониране в/у собствената мандибула с наличните зъби; измерване на фибуларните сегменти и 3Д имплантна конструкция



**Фиг. 125.** Интраоперативен изглед – сегментиране и адаптиране на фибуларните сегменти към 3Д импланта в донорната зона и фиксиране в реципиентната ложа



**Фиг. 126.** Постоперативен изглед – фас, профил и интраорален изглед в началото на 6-ия месец

## ОБСЪЖДАНЕ НА РЕЗУЛТАТИТЕ

**По задача 1.** *Систематизиране на необходимите подготвителни изследвания и стъпките в процеса на виртуално планиране, моделиране и съответна костна лицево-челюстна хирургична интервенция*

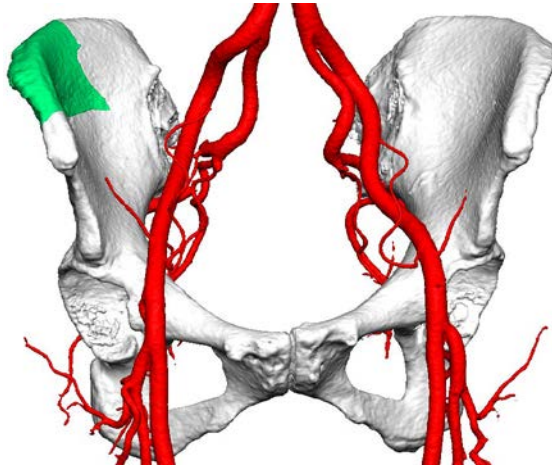
Систематизирани са стандартните клинични подходи (вж. *Материал и методи*, т. 2.1.); параклинични методи – вкл. лабораторни (вж. *Материал и методи*, т. 2.2.), инструментални (вж. *Материал и методи*, т. 2.3.), информационни, технологични и медико-инженерни (вж. *Материал и методи*, т. 2.4.), както и самите оперативни методи (вж. *Материал и методи*, т. 2.5.) при подготовката, хирургичното лечение и проследяването на пациентите с реконструктивни операции на комплексни лицево-челюстни дефекти (вж. *Материал и методи*, т. 3).

За първи път у нас е създаден протокол за компютър-томографско изследване на пациенти при които предстои микросъдова реконструктивна операция в областта на главата и шията, с донорна област в отдалечена част на тялото. Този протокол позволява, генерираната образна информация, да бъде директно експортирана в планиращия сървър и едновременно използвана за целите на дигиталните планиращи методи.

В представените две конкретни групи пациенти, компютър-томографското изследване на донорната област е приложено за долната половина на тялото (таз и долни крайници), но същият протокол би могъл да се използва и в други донорни зони на тялото – като например скапуларната, параскапуларната (вж. *Ламба, базирани на субскапуларната съдова система*) и др.

Прецизният и систематизиран подход на контрастната тънкосрезна компютърна томография е тясно свързан с качеството на цялостния образ, който планиращата дигитална платформа генерира и представя, и с който медицинските инженери и хирурзите работят в целия процес на планиране, процесинг и принтиране. В тази насока всички образни изследвания на пациентите от I и II група, осъществени по този протокол, генерират висококачествени образи и детайлна визуализация не само на костните

компоненти в областите на интерес, но и детайлното кръвоснабдяване на всички изследвани зони (фиг. 127)



**Фиг. 127.** 3Д изобразяване на костния скелет и кръвоснабдяването в областта на таза въз основа на описания протокол за контрастна тънкосрезна КТ ангиография

Освен широко приложимата компютър-томографската оценка на кръвоснабдяването в зоните на интерес, са приложени и специфични методи на оценка на съдовата анатомия на крайниците – напр. доплер-сонографски тест на Алън (вж. *Материал и методи*, т. 2.3.), особено там, където може да се очаква терминален тип кръвоснабдяване, като ръката например.

Същевременно, систематизирането и прецизната интерпретация на тънкосрезните компютър-томографски образни методи, както и разглеждането им в посоката на виртуалното планиране и моделиране, са в същността на създаването на национално и международно интердисциплинарно медико-инженерно сътрудничество (вж. *Материал и методи*, т. 2.4.), а също така и в процеса на подготовка и реализация на клиничния материал в настоящия дисертационен труд.

От своя страна, приложените конкретни стъпки в медико-инженерния подход за генериране и принтиране на триизмерни модели при пациентите от първа група (вж. *Материал и методи*, т. 2.4.), както и на цялостно виртуално планиране, моделиране, оперативно дигитално симулиране и трансфер на плана в реалната операция чрез производство на триизмерни модели, хирургични водачи и пациент-специфични импланти при пациентите от втора група (вж. *Материал и методи*, т. 2.4.), са верифицирани в осъществените оперативни интервенции (вж. *Резултати*)



като изключително прецизни, надеждни и улесняващи практическата хирургична дейност, включително скъсяващи оперативното време и увеличаващи сигурността на костната адаптация и остеосинтезното фиксиране в зоната на реконструкция.

Всички стъпки и приложени протоколи на подготовка и планиране, посочени по-горе, допълнени и от подходите за лицево-челюстни резекции с едномоментни микросъдови реконструкции (вж. *Материал и методи*, т. 2.5.) и лицево-челюстни резекции с едномоментни регионални аксиални реконструкции (вж. *Материал и методи*, т. 2.5.), които нашите екипи осъществяват в хода на приложението на така систематизирания и представен за първи път у нас подход, отговарят на съвременните международни стандарти за интердисциплинарна и високотехнологично базирана работа.

**По задача 2.** Производство на индивидуални 3Д челюстни модели при пациенти с костни резекции и реконструкции и индивидуализиране на стандартни реконструктивни импланти по тях, като първоначален етап на приложение на дигиталните методи в хирургичната практика

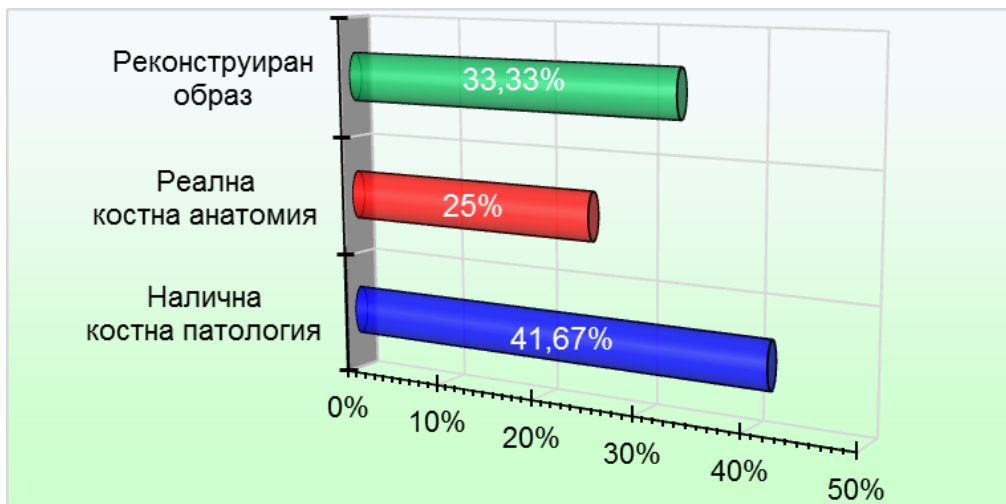
Възможността да бъде изобразена нормалната анатомия или съответното патологичното изменение на костните структури в областта на лицето, под формата на пациент-специфичен 3Д модел, приложен от нас при пациентите от първа група (вж. *Материал и методи*, т. 2.4), е едно от първите значими достижения на приложението на дигиталните методи в областта на клиничната хирургична практика (вж. *Литературен обзор*).

Ползите от индивидуалните модели са представени в литературата през 2011 г. и обобщени в таблица 8 [162].

В първата група от 12 наши пациенти (вж. *Резултати*, табл. 6), с помощта на описания подход (вж. *Материал и методи*, т. 2.4.), са триизмерно принтирани 12 индивидуални модела, от които: 5 – изобразяващи реалната костна анатомия, с наличната костна патология; 3 – реалната костна анатомия, без налична патология в нея, и 4 – с реконструиран образ на костта, поради наличието на обширен деструктивен процес, използвайки технологията на огледалния образ (фиг. 128) (вж. *Материал и методи*, фиг. 12).

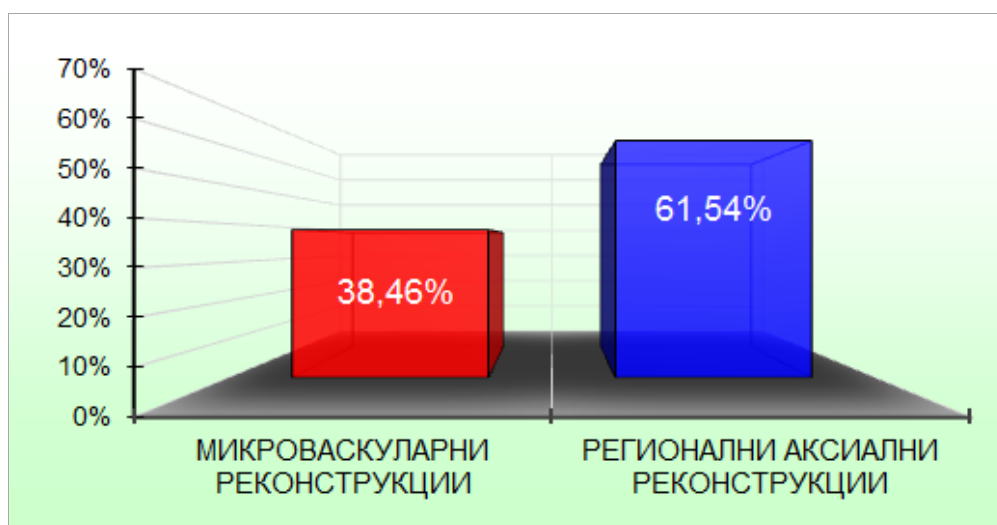
**Табл. 8.** Ползи от приложението на индивидуалните триизмерни модели

Детайлна диагностика и планиране на лечението
Директна визуализация на анатомичните структури
Хирургични водачи/шаблони
Хирургична практика/подготовка
Планиране на инцизиите и резекцията
Оценка на костните дефекти за графтиране
Огъване/Адаптиране на Реконструктивни пластини
Производство на индивидуални протезни елементи
ТМС протезни елементи, дистракционни устройства, фиксиращи устройства.
Намалено хирургично и анестезиологично време
Предвидими резултати
Подобрена комуникация с колеги
Разяснителен и образователен инструмент за пациентите



**Фиг. 128.** Произведени индивидуални 3Д челюстни модели, използвайки дигитални методи в хирургичната практика и разпределение сред пациентите от I група

Тези модели са използвани при 5 микроваскуларни реконструкции и 8 регионални аксиални реконструкции (фиг.129).



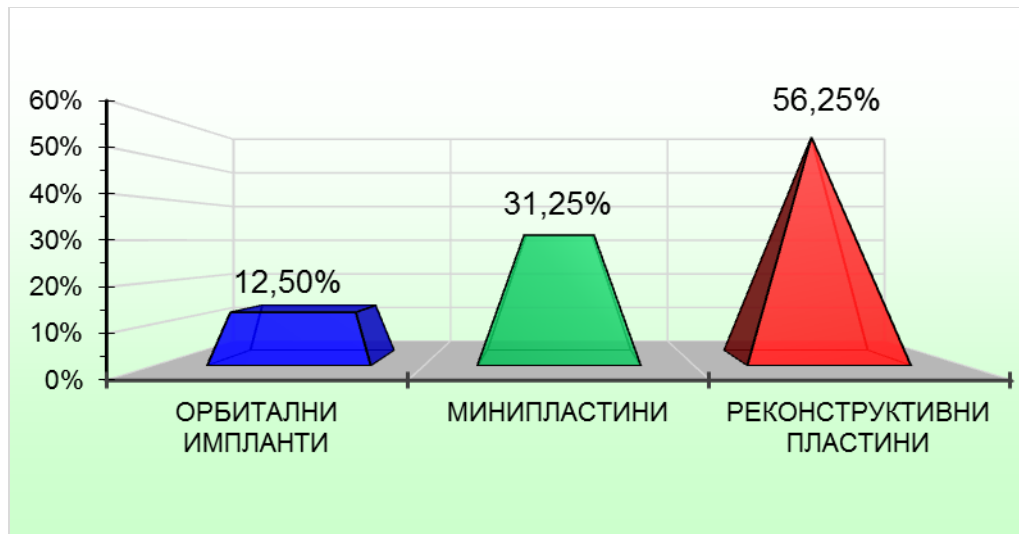
**Фиг. 129.** Разпределение на типа реконструктивни операции при пациентите от I група

По моделите са предоперативно огънати и адаптирани:

- 9 реконструктивен тип пластини: 1 за горна челюст и 8 за долна челюст;

- 5 минипластини: 3 за областта на долночелюстния ментум (във връзка с хирургичен достъп през тази зона към корена на езика и орофаринкса) и 2 – за контурно поддържане на меките тъкани в зоната на зигоматикомаксиларния и назомаксиларния комплекси.

– 2 орбитални импланта за възстановяване на различни по обем дефекти, ангажиращи медиалната, каудалната и латералната орбитални стени (фиг.130).



**Фиг. 130.** Разпределение на типа импланти при пациентите от I група

От реконструктивните пластини:

– Използваната в областта на горната челюст (вж. случай № 1, I група), започва от краниалната част на дисталната зона на левия *tuber maxillae* и преминавайки през целия алвеоларен гребен на максилата, достига до дистокаудалната зона на десния *tuber maxillae*.

– Останалите 8 реконструктивни пластини, адаптирани по долночелюстни триизмерни модели, са планирани по следния начин:

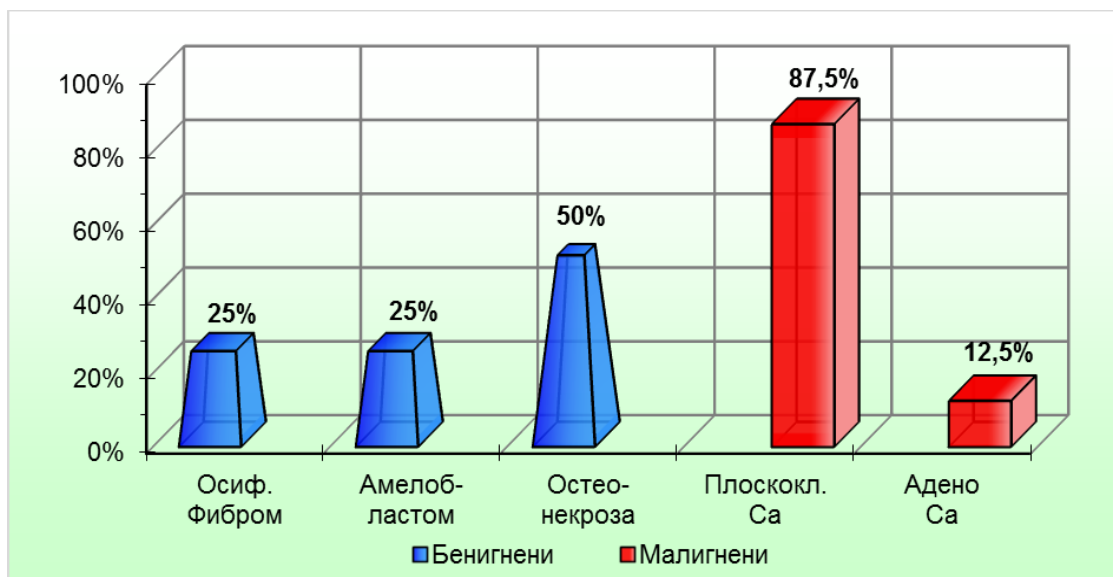
При унилатералните дефекти, недостигащи срединната линия, пластината започва от основата на съответния ставен израстък от страната на дефекта, преминава по дисталния и основния контур на челюстта и достига до средата на тялото на контралатералната половина в областта на премоларите, разполагайки се под контралатералния *nervus mentalis*.

При унилатералните дефекти, достигащи срединната линия, пластината започва отново от основата на съответния ставен израстък от страната на дефекта и преминава по същия контур както в предходното описание, достигайки до дисталната част на контралатералната половина, в областта на ъгъла на долната челюст.





лиганди) челюстни остеонекрози, засягащи предимно пациенти с костни метастатични онкологични заболявания (фиг. 131).



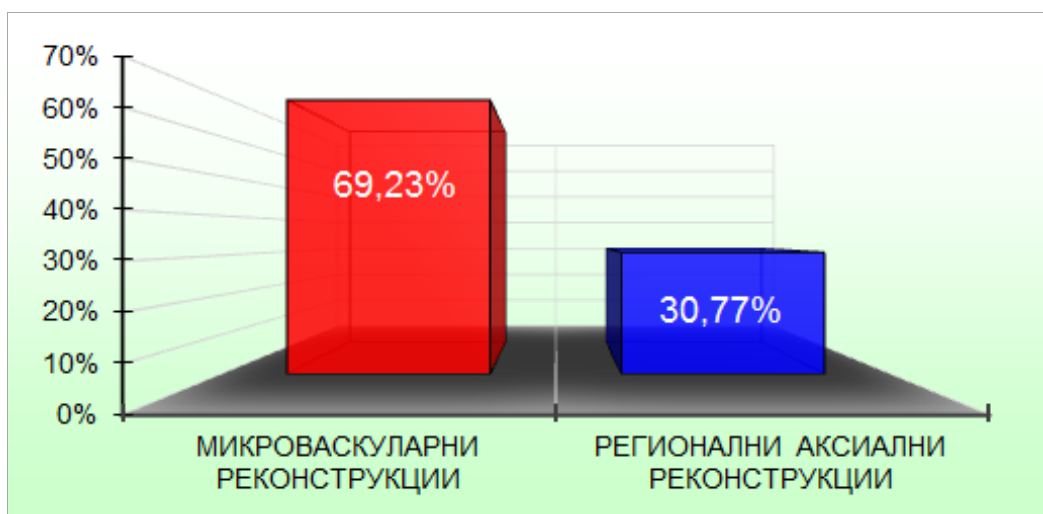
**Фиг. 131.** Честотно разпределение на бенигнените и малигнените нозологични единици сред пациентите от I група

**По задача 3. Цялостен процес на дигитално планиране, моделиране, оперативно симулиране, производство на хирургични трансферни водачи и 3Д пациент-специфични импланти**

Във втората група от 10 наши пациенти (вж. *Резултати*, табл. 7), за всеки отделен случай е осъществен цялостен процес на генериране на дигитални модели на лицево-челюстната патология, както и на донорната зона за микросъдова скелетна реконструкция; виртуално планиране и симулиране на резекционната и реконструктивната фази на оперативната интервенция; производство на сетове от хирургични водачи за трансфериране на виртуалния план в реалната операция (без пациенти № 1 и 5, поради описаните причини, вж. *Резултати*), както и производство на 3Д пациент-специфични импланти, придружени от 3Д модели на реконструираните лицеви структури и на донорните костни зони, за периперативна верификация.

При всички пациенти от II група този процес е осъществен съвместно с медико-инженерния екип на фирма KLS Martin (Tutlingen, Germany), посредством периодични онлайн конферентни срещи за всеки един клиничен случай (вж. *Материал и методи*, т. 2.4.).

Този най-съвременен клиничен подход е използван при 9 микроваскуларни реконструкции и 4 регионални аксиални реконструкции (фиг. 132).



**Фиг. 132.** Разпределение на типа реконструктивни операции при пациентите от II група

На базата на представените по-горе резекционни и реконструктивни дефекти в II група, ангажиращи долната челюст, са виртуално конструирани и лазерно синтеровани следните пациент-специфични импланти (табл. 10).

**Табл. 10.** Периметър на пациент-специфичните импланти при пациентите от II група с мандибуларни дефекти

Пациент №	Осн. Ст. Изр.	Клон	Ъгъл	Тяло на долна челюст																Ъгъл	Клон	Осн. Ст. Изр.
				8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8			
2																						
3																						
4																						
5																						
6																						
7																						
8																						
9																						
10																						

– при пациент № 2, с резекция тип Ic – 2,5 мм имплант, започващ от основата на моделирания във фибуларната кост ставен израстък, вървящ по дисталния и основния контур на реконструираната и собствената част на челюстта и достигащ до контралатералната премоларна зона (вж. *Резултати*, фиг. 85, МД).

– при пациент № 3, с резекция тип I – 2,5 мм имплант, започващ от основата на ставния израстък от страната на резекцията, вървящ по дисталния и основния контур на реконструираната и собствената част на челюстта и достигащ до контралатералната премоларна зона (вж. *Резултати*, фиг. 89, ДГ).

– при пациент № 4, с резекция тип IVc – 2,5 мм имплант, започващ от основата на моделирания във фибуларната кост ставен израстък, вървящ по дисталния и срединния контур на реконструираната зона, както и основния и дисталния контур на собствената част на челюстта и достигащ до основата на контралатералния ставен израстък (вж. *Резултати*, фиг. 93, ПП).

– при пациент № 5, с резекция тип II – 3 мм имплант, започващ от основата на ставния израстък от страната на резекцията, вървящ по дисталния и основния контур на реконструираната и собствената част на челюстта и достигащ до контралатералната премоларна зона. Дистално от тази зона започва участък на предходна континуитетна резекция на медикаментозно асоциирана остеонекроза, който бе преценен като рисков за натоварване (вж. *Резултати*, фиг. 100, КК).

– при пациент № 6, с дефект тип II и моделираща остеотомия – хибриден фиксационно-контурен имплант – с 2 мм дебелина на фиксационната част и 1,4 мм на базалната контурна част, ангажиращ основата на ставния израстък и клона на челюстта от страната на дефекта, контуриращ и фиксиращ зоната на деформацията и достигащ до основата на контралатералната премоларна зона (вж. *Резултати*, фиг. 103, ДИ).

– при пациент № 7, с дефект тип II и моделираща остеотомия – хибриден фиксационно-контурен имплант – с 2,5 мм дебелина, ангажиращ основата на ставния израстък от страната на дефекта, контуриращ и фиксиращ зоната на централната и латералната деформация, и достигащ до медиалната граница на контралатералния ъгъл на челюстта (вж. *Резултати*, фиг. 109, ГМ).

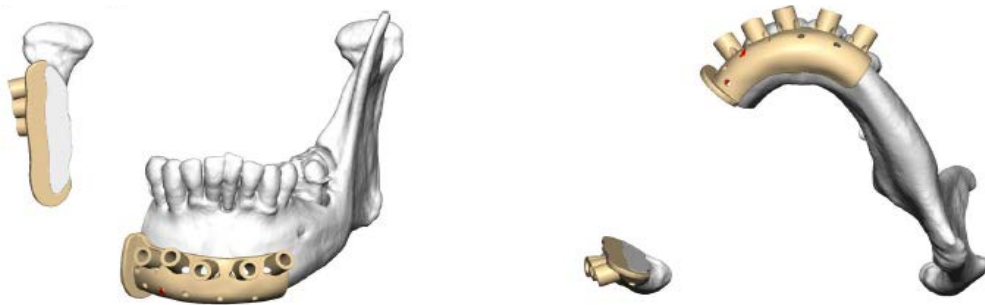
– при пациент № 8, с резекция тип III – 2 мм имплант, започващ от средата на левия мандибуларен ъгъл (латерализираната по отношение на дефекта страна), вървящ по основния ръб на челюстта, изкачващ се към средата на илиачната реконструкция и вървящ по нея, слизащ отново към основния ръб на челюстта и достигащ до медиалната част на контралатералния ъгъл (вж. *Резултати*, фиг. 115, КЙ).

– при пациент № 9, с резекция тип Ic – хибриден фиксационно-контурен имплант – с 2 мм дебелина на фиксационната част и 1,4 мм на базалната контурна част, започващ от основата на моделирания във фибуларната кост ставен израстък от страната на дефекта, вървящ по дисталния и срединния контур на реконструираната част на челюстта и достигащ през срединния, основния и дисталния контур на собствената мандибуларна кост до основата на контралатералния ставен израстък (вж. *Резултати*, фиг. 119, КЖ).

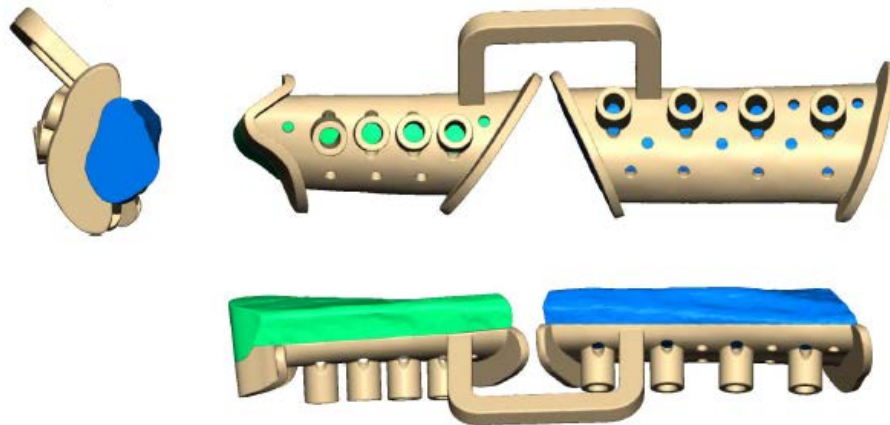
– при пациент № 10, със симетрична билатерална резекция тип IV – хибриден фиксационно-контурен имплант – с 2 мм дебелина на фиксационната и базалната контурна част и 1,5 мм дебелина в областта на

екстензиите за фиксиране на фибуларната реконструкция, започващ от основата на единия ставен израстък и достигащ до основата на контралатералния ставен израстък (вж. *Резултати*, фиг. 124, РБ).

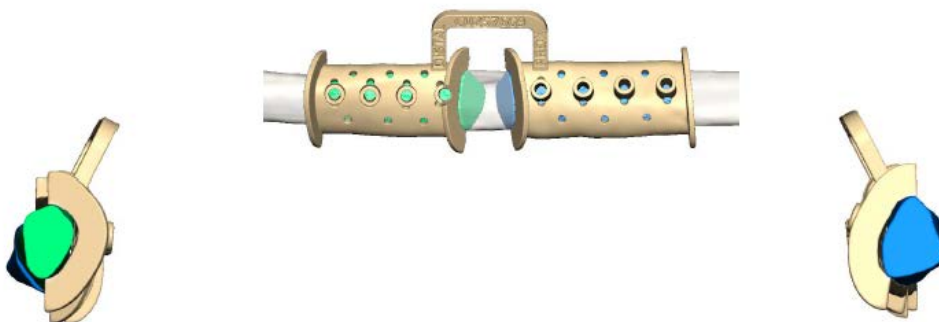
По отношение на хирургичните водачи – следвайки утвърдения от KLS Martin Group (Tutlingen, Germany) общ дизайн, планирахме всички резекционни водачи без отстояние от съответните костни структури в областта на лицето (фиг. 133). Реконструктивните водачи, от друга страна, бяха планирани с различно отстояние (англ. *offset*) между костта и водача, с оглед изследване на адаптацията, взаимодействието, точността и комфорта на работа при различен обем костни структури и периосални меки тъкани (фиг. 134, 135, 136, 137).



**Фиг. 133.** Хирургични водачи за мандибуларна резекция

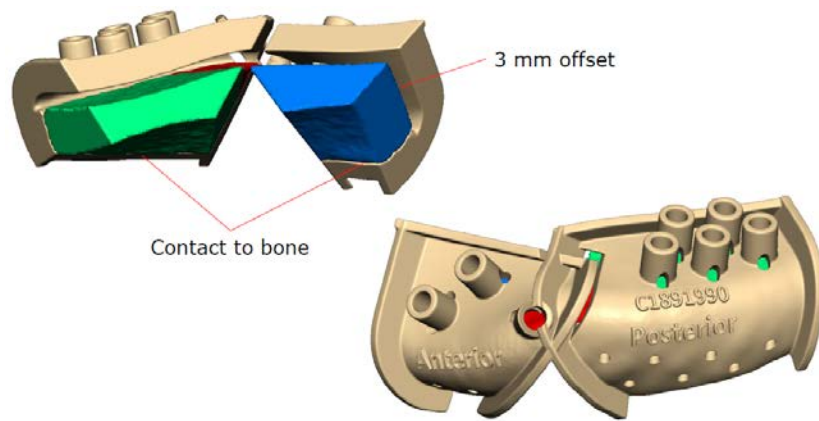


**Фиг. 134.** Хирургичен реконструктивен фибуларен водач с 0 мм offset

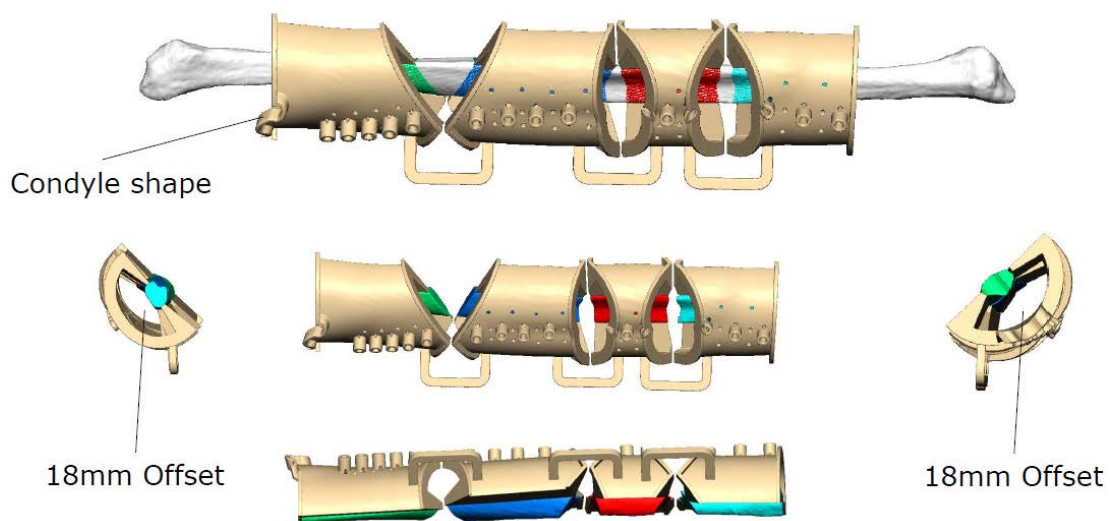


**Фиг. 135.** Хирургичен реконструктивен фибуларен водач с 1 мм offset





**Фиг. 136.** Хирургичен реконструктивен илиачен водач с 3 мм offset

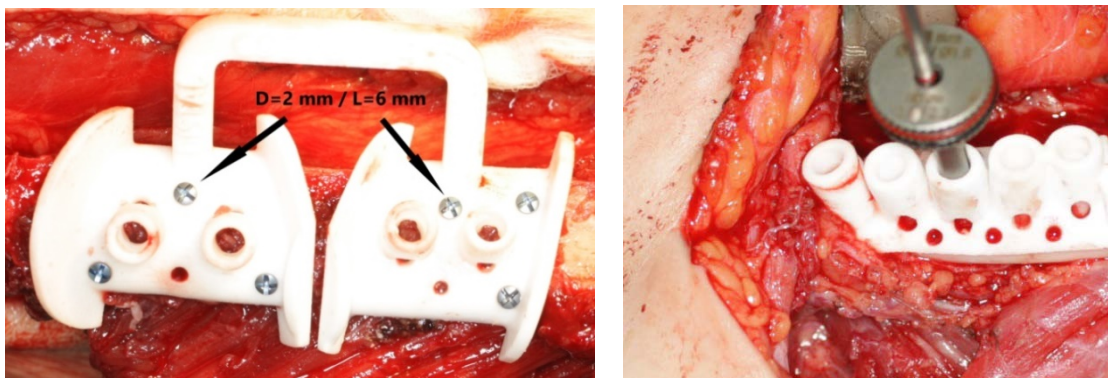


**Фиг. 137.** Хирургичен реконструктивен фибуларен водач с 18 мм offset

Както резекционните, така и реконструктивните хирургични водачи се фиксират към подлежащата кост, посредством съответни отвори за 2 мм в диаметър винтове, като дължината на последните варира, в съответствие с дебелината и структурата на подлежащата кост и наличното отстояние (offset). В нашия подход при резекционните и реконструктивните водачи с отстояние между 0–1 мм, най-често използвахме монокортикално позиционирани 2 мм в диаметър/6 мм в дължина винтове за фиксиране на хирургичните водачи (фиг. 138-а).

Същевременно и при двата вида водачи се планират и принтират насочващи цилиндри, за оформяне на отворите за фиксиране на пациент-специфичния имплант, през които донорните и реципиентните костни структури се перфорират в съответната точно определена позиция, ъгъл и

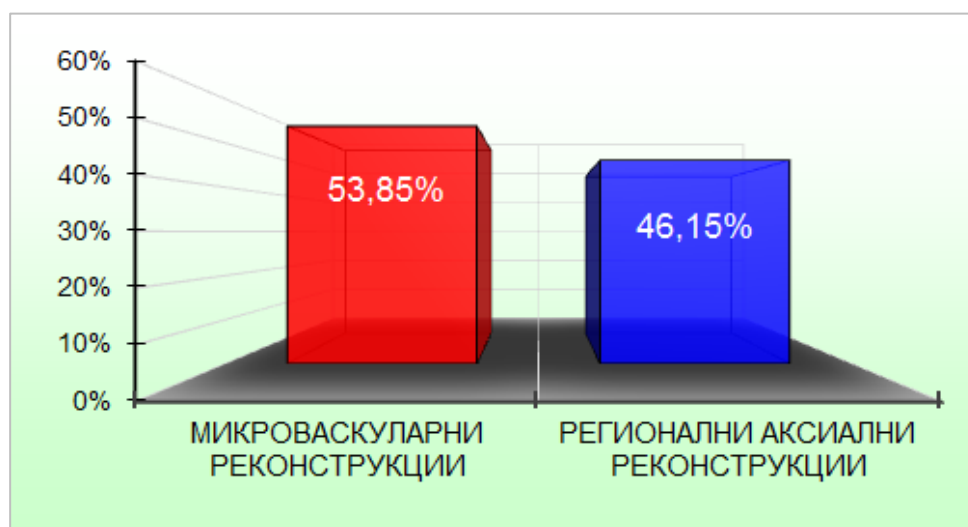
дълбочина, с оглед избягване на съдово-нервни конфликти, позициониране на фиксацията в оптималната височина и разположение спрямо пациент-специфичния имплант и взаимоотношение между донорна и реципиентна кост, както и по отношение на позициониране на фиксиращите винтове в оптимална по обем и качество костна структура (фиг. 138-б).



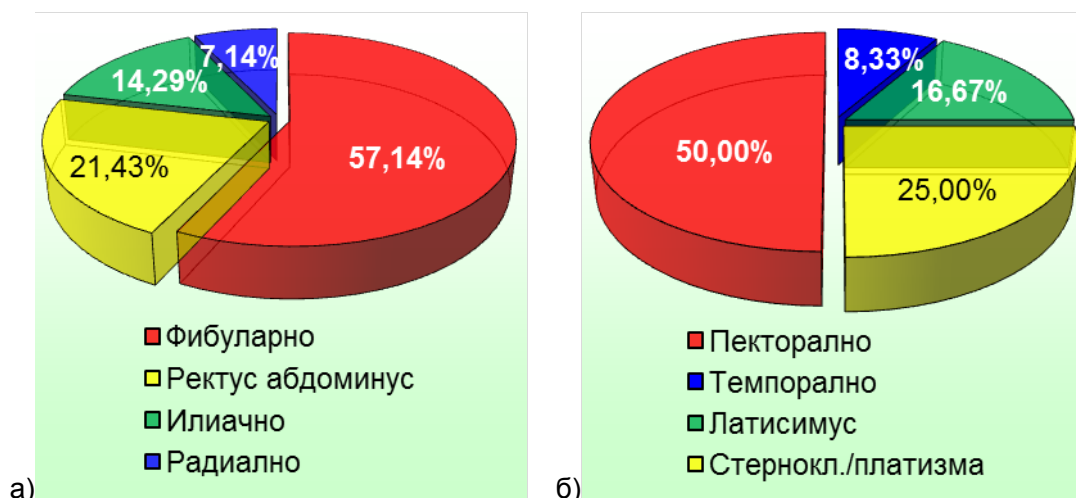
**Фиг. 138.** а) Хирургичен реконструктивен фибуларен водач фиксиран в позиция за остеотомия посредством 6 броя титанови минивинта с диаметър 2 мм и дължина 6 мм; б) мандибуларен резекционен водач в момент на оформяне на фиксационните отвори за адаптация на пациент-специфичния имплант към реципиентната ложа

**По задача 4. Интраоперативно приложение на индивидуализираните стандартни импланти по произведените 3Д челюстни модели, както и на 3Д принтираните пациент-специфични импланти и хирургични водачи**

Индивидуализираните стандартни титанови импланти по произведените 3Д челюстни модели при пациентите от I група (вж. табл. 6, табл. 9 и фиг. 130) са свързани с приложението на 5 микроваскуларни и 8 регионални аксиални реконструкции (вж. фиг. 129). 3Д принтираните хирургични водачи и пациент-специфичните импланти при пациентите от II група съответно са приложени при 9 микроваскуларни и 4 регионални аксиални реконструкции (вж. фиг. 132), а общо в двете групи пациенти са осъществени 14 микроваскуларни и 12 регионални аксиални реконструкции (фиг. 139 и 140).



**Фиг. 139.** Разпределение на типа реконструктивни операции при пациентите от I и II група



**Фиг. 140.** Разпределение на ламбата за: а) микроваскуларни и б) регионални аксиални реконструкции при пациентите от I и II група

Костно базираните реконструкции (микроваскуларни) от своя страна, се разпределят по следния начин (табл. 11-а и б):

**Табл. 11.** Микроваскуларни и регионални аксиални реконструкции при пациентите от I и II група

<b>а) Фибуларни микроваскуларни костни реконструкции</b>				
Според сегментирането	1-сегментна	2-сегментна		4-сегментна
	3	4		1
Според типа	Осална	Миоосална		Остеокутанна
	4	2		2
<b>б) Илиачни микроваскуларни костни реконструкции</b>				
Според сегментирането	2-сегментна			2
Според типа	Миоосална			2
<b>в) Регионални аксиални мекотъканни реконструкции</b>				
Според вида	Пекторално ламбо	Латисимус ламбо	Темпорално ламбо	Стернокл./ платизма ламбо
	6	2	1	3
Според типа	Кожно-мускулни		Мускулни	
	7		5	

Фибуларните костни реконструкции в частност са:

– Според сегментирането на костта – 3 са едносегментни, 4 – двусегментни (включително 2 броя с моделиране на ставен израстък) и 1 брой – 4-сегментен с моделиране на ставен израстък.

– Според типа на ламбата – 4 са осални, 2 – миоосални (с включен *m. soleus* и в двата случая), и 2 – остеокутанни (табл. 11-а).

Микроваскуларните илиачни реконструкции от своя страна са двусегментни и миоосални, с включен *m. obliquus int.* (табл. 11-б).

Регионалните реконструкции в двете група пациенти са представени от пекторалното ламбо, от латисимус дорзи ламбото, от темпоралното ламбо и от шийните ламба от областта на стерноклейдомастоидния и платизмарния мускул (табл. 11-в).

При пациентите от II група, при които е приложен цялостен процес на виртуално планиране и реконструиране, с производство на хирургични водачи и пациент-специфични импланти (вж. *Резултати*, табл. 7), са

осъществени следните навигирани мандибуларни резекции и/или са реконструирани следните мандибуларни дефекти (табл. 12) (по Brown) [39]:

- 3 броя резекции от I тип (клас), от които 2 – включващи ставния израстък (хемиексартитулация, тип Ic)
- 3 броя резекции от II тип (клас)
- 1 брой резекция от III тип (клас)
- 3 броя резекции от IV тип (клас), едната от които включваща ставния израстък (хемиексартитулация, тип IVc).

**Табл. 12.** Типове мандибуларни резекции при пациентите от II група (по Brown)]

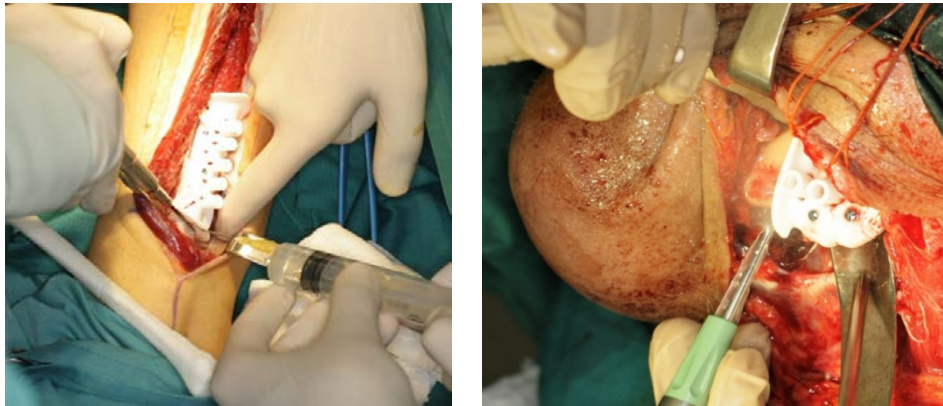
<b>МАНДИБУЛАРНИ РЕЗЕКЦИИ</b>			
<b>I тип (клас) 3 бр.</b>	<b>II тип (клас) 3 бр.</b>	<b>III тип (клас) 1 бр.</b>	<b>IV тип (клас) 2 бр.</b>
тип I – 1 бр.	тип II – 3 бр.	тип III – 1 бр.	тип IV – 2 бр.
тип Ic – 2 бр.			тип IVc – 1 бр.

Микроваскуларните реконструкции и в двете групи пациенти бяха осъществени едноетапно, многоекипно, с участието в различните случаи на – от 2 до 3 тричленни хирургични лекарски екипа, от 2 до 3 двучленни анестезиологични екипа (лекар и сестра), от 3 до 4 операционни сестри и от 2 до 4 операционни санитарни, а регионалните реконструкции бяха осъществени едноетапно, едноекипно по отношение на тричленния лекарски екип и с участието на до 2 анестезиологични екипа (лекар и сестра), до 2 операционни сестри и до 2 операционни санитарни.

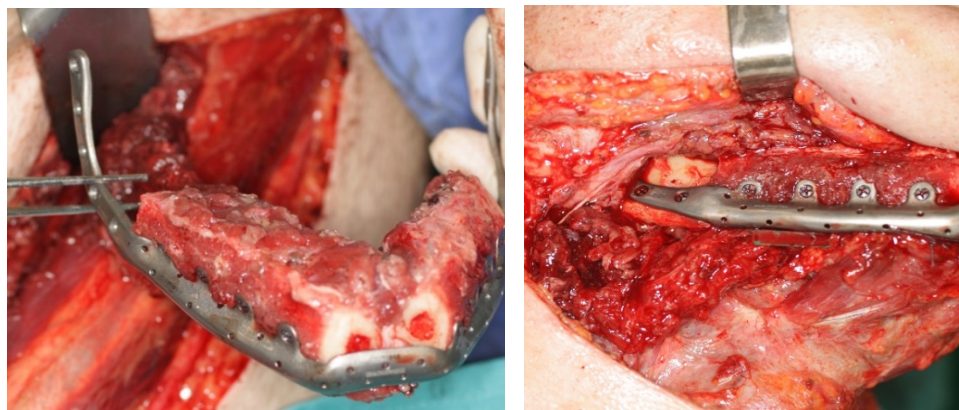
При лечението на пациентите от II група, анализът на работата с хирургичните водачи демонстрира – в случаите на приложение на резекционни водачи, след разкриване и субпериостална дисекция на апроксималните зони на планираната костна резекция, водачите се адаптират абсолютно точно по планирания контур и резекционните линии са лесни за оформяне, с помощта на съответен електрохирургичен инструментариум (най-често реципрочен електрически остеотом) или пиезохирургичен уред (фиг. 141). При използването на реконструктивните водачи също се отчете много добра прецизност на адаптацията към донорните костни структури (фибуларна и илиачна кост) и абсолютно съвпадение на



планираната позиция и ангулация на отворите за фиксиране на костния трансплантат в позицията му към пациент-специфичния имплант и в отношението му с реципиентната костна структура (фиг. 142).



**Фиг. 141.** Фибуларна и мандибуларна остеотомия, посредством: а) реконструктивен хирургичен водач и електрохирургичен реципрочен остеотом; б) резекционен хирургичен водач и пиезо-хирургичен уред

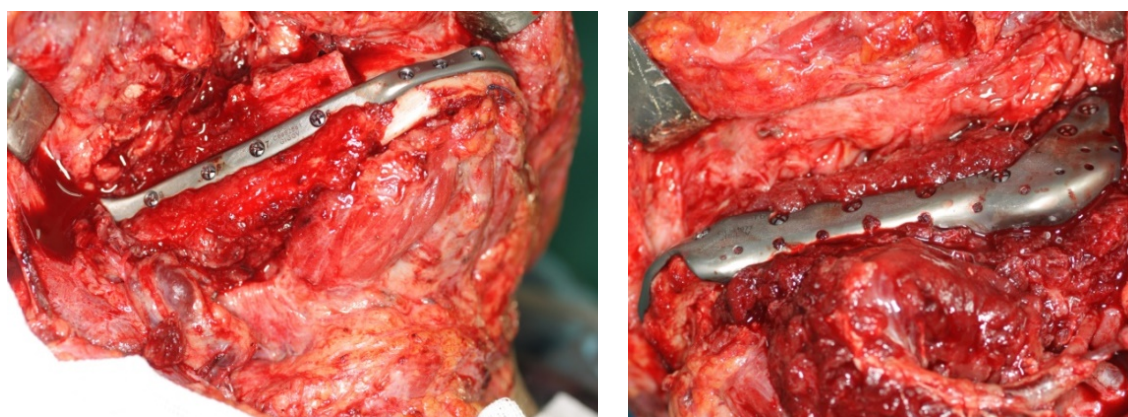


**Фиг. 142.** а) Фиксиране на двусегментно осално фибуларно ламбо към пациент-специфичен имплант веднага след остеотомията на донорната зона с помощта на реконструктивен водач и преди отделяне от донорното кръвообращение; б) фиксация на ламбото към реципиентната мандибуларна ложка

По отношение на планираното отстояние (offset) в реконструктивните хирургични водачи – прецизността на адаптация към донорната кост се увеличава, колкото той е по-близък до 0, но същевременно малкото или липсващо отстояние би могло да увеличи натиска върху меките тъкани на ламбото (дори и при изолираните фибуларни осални ламба, при които също е наложително запазването на мускулен периосален маншон за протекция на периосталната циркулация) за времето на фиксиране на водача и остеотомиране на ламбото. Също така при липсващо отстояние на водача от костта би могла да бъде затруднена самата адаптация и фиксиране на водача при по-голям периосални мускулни тъкани или обемни композитни

ламба. Това особено важи за илиачните ламба, при които е наложително осигуряването на отчетливо отстояние (offset), с оглед множеството мускулни залавни места и трудната субпериостална дисекция по външната част на *crista iliaca*. Същевременно, колкото е по-голямо разстоянието между реконструктивния водач и костта (въпреки, че той винаги опира в основния ръб на костта, а offset-ът е формиран между латералната стена на костта и водача), толкова по-трудно е стабилното фиксиране в правилна позиция, както и подборът на подходящи по дължина и стабилност електрохирургични резекционни крайници за осъществяване на остеотомията.

При всички приложени от нас и описани по-горе 10 лазерно синтеровани пациент-специфични импланти са установени: абсолютно точна адаптация към реципиентната ложа и костния трансплантат (в случаите на микросъдови реконструкции), както и пълна съпоставимост в дължина, обем и триизмерно ориентиране спрямо виртуалния план (фиг. 143).

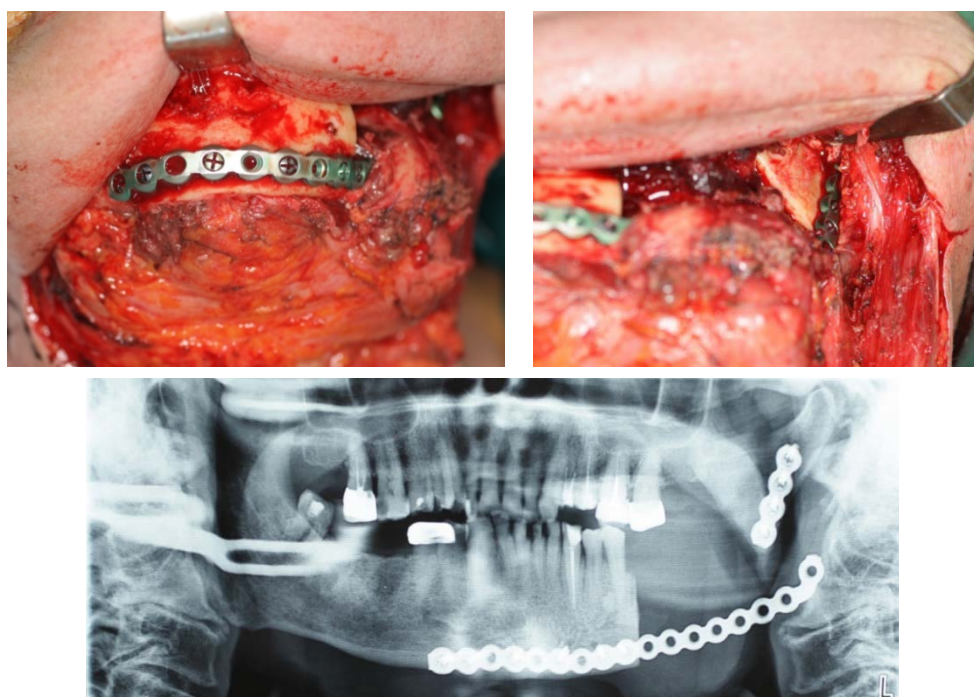


**Фиг. 143.** Съпоставимост на 3Д пациент-специфичните импланти към донорната и реципиентната костни структури

Същевременно, би трябвало да се има предвид, че синтерованият титан е изключително ригиден и здрав материал, и произведените от него импланти не подлежат на интраоперативно моделиране, коригиране или допълнително адаптиране, поради което прецизният процес на осъществяване на първоначалното компютър-томографско изследване, генерирането на виртуални модели и цялостният процес на планиране и принтиране на пациент-специфичния имплант е от изключителна важност.

По отношение на интраоперативното приложение на индивидуализираните стандартни реконструктивни титанови импланти по произведените

ЗД челюстни модели (I група пациенти) се отчете сравнително добра степен на адаптация към реципиентната костна структура, но често след фина допълнителна интраоперативна корекция на частични вертикални и хоризонтални отстояния и особено на извивката в областта на ментума и позицията спрямо основния ръб на тялото и клона на долната челюст. В тази група пациенти имаме случай на фрактурирана реконструктивна пластина, при свързваща остеосинтеза в областта на тялото на долната челюст вляво, 6 месеца след приложението ѝ, най-вероятно поради генериране на прекомерни сили на усукване при микронесъответствия в триизмерната адаптация на пластината към костта (фиг. 144).

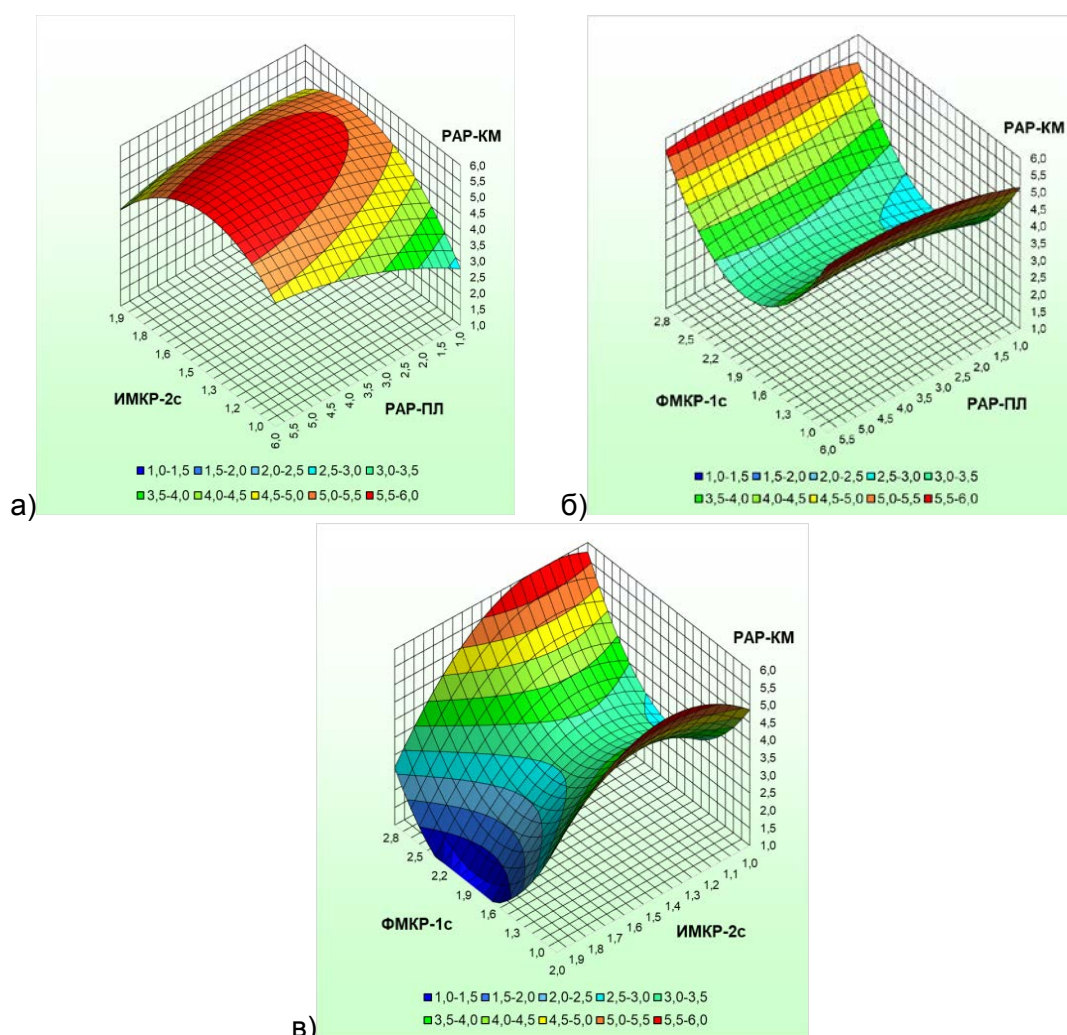


**Фиг. 144.** а) и б) Интраоперативно приложение на индивидуализиран по ЗД модел стандартен реконструктивен имплант; в) Фрактуриране на импланта 6 месеца постоперативно

По отношение на използването на индивидуализираните стандартни импланти и пациент-специфичните импланти с двата основни типа регионални реконструкции – мускулни и кожно-мускулни (вж. табл. 11) в сравнение с приложението им при основните видове микросъдови и регионални реконструкции, при пациентите от I и II група, са изведени следните ЗД графични зависимости (фиг. 145 и 146) посредством вариационен анализ, Mann–Whitney test, Тест  $\chi^2$  и екзактен тест на Фишер, Two-way ANOVA (за получаване на отговор за три различни фактора) и Wilcoxon matched pairs test (вж. т. 2.6. Статистически методи):

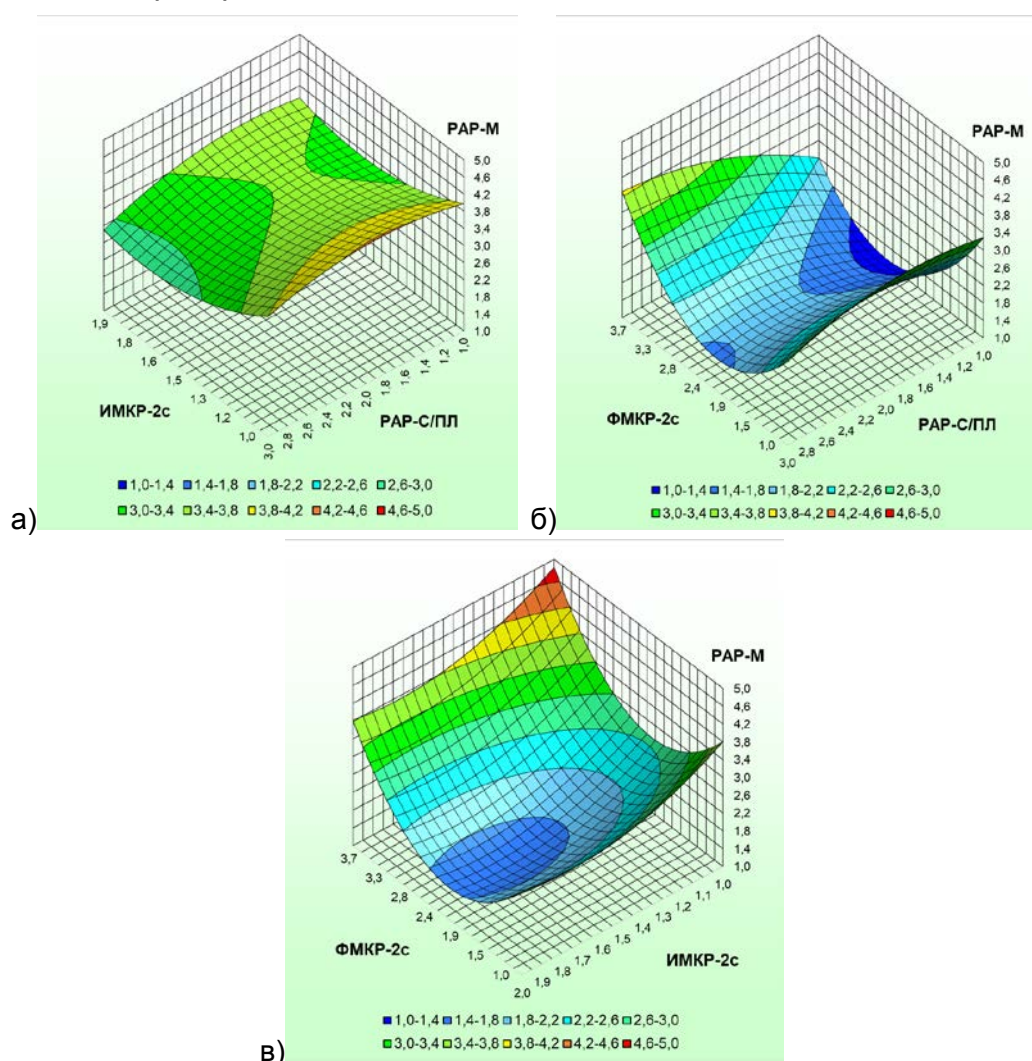


1. При анализа на цялата група регионални аксиални кожно-мускулни реконструкции (означени като РАР-КМ и заложили като изходни по Z оста), съпоставени с фибуларните микроваскуларни костни реконструкции – 1-сегм. (ФМКР-1с), илиачните микроваскуларни костни реконструкции – 2-сегм. (ИМКР-2с) и регионалните аксиални реконструкции – пекторално ламбо (РАР-ПЛ) (заложили като входни фактори), критерият на Кохрен (Cochran's Q test) е 0,172 и се приема (<0,419), както и критерият на Фишер (Fisher's exact test), който е 1,562 (<19,37). На фиг. 145 са изобразени областите, в които РАР-КМ приема максимални стойности (фиг. 145-а и б), както и минимални стойности (фиг. 145-в). С разширяване на границите на изхода от 1 до 6 се достигат стойности на минималното разпределение от 0,65 и максимално до 6,64.



**Фиг. 145.** 3Д графични зависимости на приложението на индивидуализираните стандартни импланти и пациент-специфичните импланти съвместно с регионални кожно-мускулни реконструкции

2. При анализа на цялата група регионални аксиални мускулни реконструкции (означени като РАР-М и заложени като изходни по Z оста), съпоставени с фибуларните микроваскуларни костни реконструкции – 1-сегм. (ФМКР-1с), илиачните микроваскуларни костни реконструкции – 2-сегм. (ИМКР-2с) и регионалните аксиални шийни реконструкции (РАР-С/ПЛ) (заложени като входни фактори), критерият на Кохрен (Cochran's Q test) е 0,173 и се приема ( $<0,419$ ), както и критерият на Фишер (Fisher's exact test), който е 1,424 ( $<19,37$ ). На фиг. 146 са изобразени областите, в които РАР-М приема минимални стойности (фиг. 146-а и б) спрямо заложените фактори по апликатната ос, както и максималните стойности (фиг. 146-в). С разширяване на границите на изхода от 1 до 4 се достигат стойности на минималното разпределение от 1,06 и максимално до 4,83.



**Фиг. 146.** 3Д графични зависимости на приложението на индивидуализираните стандартни импланти и пациент-специфичните импланти съвместно с регионални мускулни реконструкции



Използвахме съвкупността от параметрични и непараметрични статистически тестове за да анализираме и визуализираме приложението на двата вида импланти в контраст на тяхната основна фиксационно-стабилизираща функция в случаи на костни реконструкции. И понеже както стандартните така и пациент-специфичните импланти се прилагат в определени клинични случаи в комбинация с изцяло мекотъканно базирани реконструкции на лицево-челюстни костни дефекти (вж. т. 2.5. Оперативни методи), анализирахме статистически основата на това приложение в нашата обща оперативна група пациенти. И въпреки че, от една страна – индивидуалността на всеки конкретен клиничен случай прави обобщаването на информацията предизвикателно, а от друга – ограниченият брой репрезентативни случаи не позволява постигането на статистически значим резултат, успяхме да съпоставим и графично да изобразим както представените в първата точка на този анализ и считани в класическите реконструктивни подходи за по-надеждни – кожно-мускулни регионални реконструктивни ламба (в нашата серия – пекторално и латисимус дорзи кожно-мускулни ламба), така и набиращите все по-голяма популярност, особено за интраорални реконструкции – изцяло мускулни регионални реконструктивни ламба (в нашата серия – стерноклейдомастоидно, платизмарно и пекторално мускулни ламба), представени във втората точка на графичния анализ.

**По задача 5. Обобщаване на алгоритъм за приложение на методите на виртуално 3Д планиране, моделиране и принтиране при локални, регионални и микросъдови реконструкции на обширни костни дефекти в лицево-челюстната област**

На базата на придобития и описан по-горе клиничен опит е създаден следният алгоритъм за приложение на дигитално-асистираните методи в случаи на локални, регионални и микросъдови реконструкции на сложни и обширни дефекти в лицево-челюстната област (фиг. 147).

С негова помощ се систематизират подходите за дигитално-асистирана хирургия в случаите на комплексна лицево-челюстна костна патология с предстоящ или наличен обширен дефект, при което са интегрирани възможностите както за оперативна интервенция само с помощта на ориентиращ индивидуален пациент-специфичен 3Д модел – лицево-челюстен и/или донорен (първа линия на алгоритъма), така и за напълно развита концепция за виртуално планиране, моделиране, резекционно и реконструктивно симулиране и 3Д принтиране на хирургични водачи и пациент-специфични импланти, в съчетание с микросъдова костна реконструкция (втора линия на алгоритъма).

В основата и на двете линии стои информацията от съответна тънкосрезна компютърна томография на лицевия скелет с или без реципиентна (шийна) и донорна (фибуларна, илиачна, скапуларна и т.н.) КТ ангиография (в случаи на микросъдова реконструктивна интервенция).

Следва трансфер на дигиталния КТ формат в съответната планираща софтуерна платформа и анализ и сегментиране на образите. Тази стъпка е последвана от изграждане на дигитален модел – лицево-челюстен и/или донорен, след което планиращият би могъл да продължи по:

– първата десцендентна линия, с: контрол на грешките и верификация на модела/моделите, експортиране в съответен дигитален формат към 3Д принтиращо устройство и производство на пациент-специфичен/специфични модел/модели с мануално планиране на

резекцията и/или реконструкцията и индивидуализиране на стандартна/стандартни пластина/пластини, или по:

– втората десцендентна линия с: верификация на неутралната позиция на главата в трите пространствени направления; верификация на неутралната мандибуларна позиция; виртуална лицево-челюстна резекция; верификация на донорната костна зона и съдовата анатомия; виртуална донорна остеотомия, трансфер на донорния сегмент в резецирания лицево-челюстен участък, сегментиране на донорната кост и ориентиране спрямо реципиентната костна ложа; конструиране на пациент-специфичен имплант, резекционни и реконструктивни хирургични водачи; контрол на грешките, верификация и принтиране на пациент-специфичен имплант и хирургични водачи.

Двете колони на алгоритъма водят до заключителната фаза – осъществяване на съответно изчерпателно хирургично лечение – дигитално-асистирана лицево-челюстна резекция и/или локална, регионална или микросъдова реконструкция на сложния тъканен дефект.



**Фиг. 147.** Алгоритъм за приложение на методите на виртуално 3Д планиране, моделиране и принтиране при локални, регионални и микросъдови реконструкции на обширни костни дефекти в лицево-челюстната област

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В настоящия дисертационен труд представяме нашия личен хирургичен опит от клиничното приложение на виртуално планиране, моделиране и 3Д принтиране в случаи на локални, регионални и микросъдови реконструкции на комплексни лицево-челюстни дефекти.

Микросъдовата реконструктивна хирургия постави началото на нова епоха във възстановяването на сложните дефекти не само на лицето, но и в областта на главата, шията и останалата част на тялото. В последните години развитието ѝ е подпомогнато изключително много и от новите дигитални технологии в медицината, които предизвикват и нашия задълбочен интерес. Изучавайки европейския и световен опит на водещи лицево-челюстни институции и участвайки активно в работата на различни международни научни и клинични структури, обобщихме опита от работата ни в България и създадохме представения тук алгоритъм за клинично приложение на виртуално планиране, моделиране и 3Д принтиране при локални, регионални и микросъдови реконструкции на комплексни лицево-челюстни дефекти.

Възстановяването на обширни дефекти, причинени от хирургичното лечение, е сериозно предизвикателство за лекарите и същевременно е въпрос от първостепенно значение за живота на пациентите и техните близки. Считаме, че като споделяме нашите знания и придобития от нас клиничен опит с колегите лицево-челюстни хирурзи и медицинската общност на страната ни, ще защитим високия професионализъм на българската хирургична школа и ще допринесем за намаляване на сериозните функционални и естетични постоперативни нарушения, с цел съвременно и изчерпателно лечение на пациентите ни, водещо до възвръщане на техния пълноценен начин на живот.



## **ИЗВОДИ**

### ***По задача 1***

1. Прецизното компютър-томографско изследване, специфично насочено към пациенти, на които предстои микросъдова реконструктивна операция в областта на главата и шията, с донорна област в отдалечена част на тялото, е основополагащо за осъществяване на цялостния процес на виртуално планирана и дигитално асистирана лицево-челюстна хирургия.

2. Систематизирането на подхода за изследване и подготовка на клиничните случаи включващи виртуално планиране и моделиране са в основата на създаденото и пълноценно развиващо се национално и международно интердисциплинарно медико-инженерно сътрудничество.

3. Реализирането на виртуално планирани оперативни интервенции, включващи комплексни лицево-челюстни резекции с едномоментни микросъдови реконструкции и с едномоментни регионални аксиални реконструкции, отговаря на съвременните международни стандарти за интердисциплинарна и високотехнологично базирана работа.

### ***По задача 2***

1. При пациентите с костни резекции и реконструкции основополагащ етап от приложението на дигиталните методи в реконструктивната хирургична практика е производството на индивидуални 3Д челюстни модели и индивидуализирането на стандартни реконструктивни импланти според тяхната форма.

2. Верифицирани са чрез клинично приложение в периперативна среда триизмерно принтирани пациент-специфични кранио-максилно-фациални модели, изобразяващи реална костна анатомия (в 25% от случаите в нашата серия), реконструиран образ на костната анатомия (в 33% от случаите) и реална костна патология (в 42% от случаите).

3. Пациент-специфичните модели подпомагат комплексните реконструктивни костни операции посредством използването им за индивидуализиране на различни видове стандартни фиксационни или контурни импланти: реконструктивни пластини (в 56% от случаите в нашата

серия); минипластини (в 31% от случаите) и орбитални импланти (в 13% от случаите).

### ***По задача 3***

1. Въведеният неотдавна в международната клинична практика цялостен процес на изчерпателна дигитално-асистирана хирургия, включваща виртуално планиране, моделиране, оперативно симулиране, производство на хирургични резекционни и реконструктивни трансферни водачи и пациент-специфични импланти, се прилага понастоящем регулярно и в България, първоначално с международна интердисциплинарна експертиза, имаща потенциала да оформи и реално национално медико-инженерно сътрудничество и развитие.

2. Посредством представената методика биха могли да се конструират най-различен вид стабилизационни, фиксационни, контурни и хибридни пациент-специфични импланти със значими ползи по отношение на осъществяването както на функционалната, така и на естетическата компонента на комплексните лицево-челюстни възстановявания.

3. Конструирането в частност на резекционните и реконструктивните хирургични водачи може да бъде осъществено според предпочитанията на самия хирург и да осигурява предвидима и стабилна работа както по отношение на абластичността и радикалността на резекционната част на операцията, така и по отношение на деликатния процес на сегментиране на донорните реконструктивни костни структури, независимо от обема на мекотъканната компонента в композитните микросъдови ламба.

### ***По задача 4***

1. Многокомпонентната дигитално-асистирана хирургия е успешно въведена в хирургичната лицево-челюстна практика както в комбинация с микросъдови реконструкции (в 54% от случаите в нашата серия), така и с регионални аксиални реконструкции (в 46% от случаите).

2. Верифицирана като изключително прецизна и достъпна за употреба е частта от приложението на хирургични водачи както в резекционната част на операцията, така и в реконструктивните етапи, независимо от броя на сегментите в костните ламба (между 1–4 сегмента в различните костни ламба в нашата серия).

3. Лазерно синтерованите пациент-специфични 3Д импланти, произведени по описания протокол, се адаптират интраоперативно

абсолютно точно по реалния контур на костта, генериран предоперативно от КТ образите и демонстрират превъзходство спрямо индивидуализираните по 3Д пациент-специфичен модел стандартни реконструктивни пластини.

4. Изведените 3Д графични статистически зависимости подкрепят приложението както на произведените по изцяло дигитална технология пациент-специфични импланти, така и на индивидуализираните импланти, съвместно с регионалните аксиални реконструкции, които за разлика от микросъдовите реконструкции не са костно, а изцяло мекотъканно базирани.

#### ***По задача 5***

1. На базата на придобития научен и личен хирургичен клиничен опит е изпълнена целта на настоящия дисертационен труд и е създаден алгоритъм за клинично приложение на методите на виртуално 3Д планиране, моделиране и принтиране при локални, регионални и микросъдови реконструкции на обширни костни дефекти в лицево-челюстната област.

2. Алгоритъмът е базиран на проследяването и обобщаването на резултатите от комплексното резекционно и реконструктивното лечение на лицевата патология. Чрез него се систематизират подходите за дигитално-асистирана хирургия в случаите на комплексна лицево-челюстна костна патология с предстоящ или наличен обширен дефект – интегрирайки възможностите както за оперативна интервенция само с помощта на ориентиращ индивидуален пациент-специфичен лицево-челюстен и/или донорен 3Д модел, така и за напълно развита концепция за виртуално планиране, моделиране, резекционно и реконструктивно симулиране и 3Д принтиране на хирургични водачи и пациент-специфични импланти, в съчетание с различни опции за възстановяване на тъканния дефект, вкл. и с микросъдова костна реконструкция.

3. Проследяването и анализирането на постигнатите клинични резултати ни дава основание да препоръчаме създаденият алгоритъм да бъде включен в програмите за следдипломно обучение по лицево-челюстна хирургия, дентална, орална и лицево-челюстна хирургия, неврохирургия и пластично-възстановителна хирургия, а също така и приложен в клиничната практика на съответните специалисти в България.

## БИБЛИОГРАФИЯ

1. *Георгиев К*, Борисов Р, Димов К, Поптодоров Г, Велинов Н, Габровски Н. Използване на 3D технология за реконструкция на пострезекционен краниофациален дефект. Българско дружество по неврохирургия. Сборник доклади постери, XXIII Национална конференция по неврохирургия с международно участие, Правец, RIU Pravets Resort, 07–09 ноември 2014; П5: 36.
2. *Джоров А*, Рочев Д. Приложение на триизмерните (3-D) компютърно-томографски образи (3-D SSD) в лицево-челюстната хирургия. *Dental Almanah*, юли 2002; 132–136.
3. *Джоров А*, Рочев Д. Приложение на триизмерните компютърно-томографски образи и модели в стоматологичната, лицево-челюстната, ортогнатичната и кранио-фациалната хирургия. *Quintessenz*, 2003; 2: 75–79.
4. *Джоров А*, Николов И. Метод за определяне размера и анатомичната форма на автогенни костни трансплантати по триизмерна компютърна томография на черепа. *Рентгенология и радиология*, 2004; 4: 298–300.
5. *Джоров А*. Актуални хирургични методи за реконструкции и автогенно възстановяване на долната челюст. Дисерт. за ОНС „доктор“, МУ – София, 2005.
6. *Джоров А*, Николов В, Славков С, Петров П, Караулджиева А. Микроваскуларизирани илиачни трансплантати, използвани за едновременно възстановяване на мандибуларни дефекти. С., *Военна медицина*, 2006; LVIII(2): 61–64.
7. *Джоров А*, Романски Р, Янев Н, Николов В, Славков С. Едновременно (първични) реконструкции на резекционни мандибуларни дефекти чрез автогенни васкуларизирани илиачни и фибуларни трансплантати., *Хирургия*, 2015; 81: 16–25.
8. *Джоров А*. Скелетни репозиции, реконструкции и фиксации в лицево-челюстната област. Дисерт. за НС „доктор на медицинските науки“, МУ – Варна, 2017.
9. *Джоров А*, Романски Р, Славков С, Янев Н, Николов В, Петров П, Полихронов П. Три реконструктивни подхода в лечението на болни с мандибуларни амелобластоми. С., *Военна медицина*, 2013; LXV(3–4): 30–35.
10. *Джоров А*. Две актуални възможности за възстановяване на значими мандибуларни дефекти. III Нац. конфер. за иновации в пластичната, реконструктивна и естетична хирургия, С., Сборник с пълен текст на докладите. 2016.

11. *Джоров А.* Скелетни реконструкции в лицево-челюстната област. Дайрект Сървисиз ООД, София, 2018.
12. *Евстатиев Д.* История на пластично-възстановителната и естетична хирургия в България. Сб. доклади III Нац. конф. по пластична, реконструктивна и естетична хирургия. София, ИК Стено, 2016; 22–24.04.2016; 9–25. ISBN 978-954-449.
13. *Йорданов ЙП.* Експериментална микрохирургия. Основни принципи и техники. АРСО, 2014.
14. *Романски Р.* 11 години опит в реконструктивната микрохирургия – обобщени данни от един клиничен център. Сб. доклади III Нац. конф. по пластична, реконструктивна и естетична хирургия. С., ИК Стено, 2016; 22–24.04.2016; 65–69. ISBN 978-954-449.
15. *Факих Х.* 3Д възстановяване на долна челюст след резекция по повод туморно образуване на челюстта. С., Dental Tribune, 2017, 15(71): 3–5.
16. *Agarwala MK, Bandyopadhyay A, Weeren R, Langrana NA, Safari A, Danforth SC et al.* Fused deposition of ceramics (FDC) for structural silicon nitride components. In: Proceedings of the solid freeform fabrication symposium. 1996; 335–44.
17. *Allen EV.* Thromboangiitis obliterans: methods of diagnosis of chronic occlusive arterial lesions distal to the wrist with illustrative cases. Am J Med Sci. 1929; 2: 1–8.
18. *Antony LVM, Reddy RG.* Processes for production of high-purity metal powders. JOM, 2003; 14–8.
19. *Ariyan S.* The pectoralis major myocutaneous flap. A versatile flap for reconstruction in the head and neck. Plast Reconstr Surg. 1979; 63: 73.
20. *Ariyan S, Cuono C.* Use of pectoralis major myocutaneous flap for reconstruction of large cervical facial or cranial defects. Am J Surg. 1980; 140(4): 503–6. doi:10.1016/0002-9610(80)90200-7.
21. *Aviv JE, Urken ML, Vickery C, Wcinberg H, Buchbinder D, Biller HF.* The combined latissimus dorsi-scapular free flap in head and neck reconstruction. Arch Otolaryngol Head Neck Surg. 1991; 117: 1242.
22. *Bakamjian, VY.* A two stage method for pharyngeoesophageal reconstruction with a primary pectoral skin flap. Plast Reconstr Surg. 1965; 36: 173–184.
23. *Barbolt TA.* Chemistry and safety of triclosan, and its use as an antimicrobial coating on Coated VICRYL Plus Antibacterial Suture (coated polyglactin 910 suture with triclosan). Surg Infect (Larchmt). 2002; Suppl. V, S45–53.
24. *Batchelor A, Tully L.* A multiple territory free tissue transfer for reconstruction of a large scalp defect. Br J Plast Surg. 1984; 37: 76.



25. *Becker ST*, Menzebach M, K chler T, Hertrampf K., Wenz HJ, Wiltfang J. Quality of life oral cancer patients – Effects of mandible resection and socio-cultural aspects. *J Cranio-Maxillo-Facial Surgery*. 2012; 40: 24–27.
26. *Belhabib S*, Guessasma S. Compression performance of hollow structures: From topology optimisation to design 3D printing. *Int. J. Mech. Sci.* 2017; 133: 728–739.
27. *Bell M*, Baron P. The rib-pectoralis major osteomyocutaneous flap. *Ann Plast Surg*. 1981; 6: 347.
28. *Benjamin JS*. Mechanical alloying – a perspective. *Metal Powder Rep.* 1990; 45, 122–7.
29. *Beppu M*, Hanel D, Johnston G, Carmo J, Tsai T. The osteocutaneous fibula flap; an anatomic study. *J Reconstr Microsurg.* 1992; 8: 215–223.
30. *Best SM*, Porter AE, Thian ES, Huang J. Bioceramics: past present and for the future. *J Eur Ceram Soc.* 2008; 28, 1319–27.
31. *Bhathena H*, Kavarana N. Bipaddled retrograde radial extended forearm flap with microarterial anastomoses for reconstruction in oral cancer. *Br J Plant Surg.* 1988; 41: 354.
32. *Bikas H*, Stavropoulos P, Chryssolouris G. Additive manufacturing methods and modelling approaches: a critical review. *Int J Adv Manuf Technol.* 2016; 83: 389–405.
33. *Bose S*, Darsell J, Kintner M, Hosick H, Bandyopadhyay A. Pore size and pore volume effects on alumina and TCP ceramic scaffolds. *Mater Sci Eng: C.* 2003; 23(4): 479–86.
34. *Bose S*, Suguira S, Bandyopadhyay A. Processing of controlled porosity ceramic structures via fused deposition. *Scr Mater.* 1999; 41(9): 1009–14.
35. *Boyer R*, Weisch G, Collings EW. *Materials properties handbook: titanium alloy.* ASM International. 1994; ISBN: 13-978-0-87170-481-8.
36. *Brosh T*, Simhon D, Halpern M, Ravid A, Vasilyev T, Kariv N et al. Closure of skin incisions in rabbits by laser soldering II: Tensile strength. *Lasers Surg Med.* 2004; 35 (1): 12–7.
37. *Brown JS*, Lowe D, Kanatas A, Schache A. Mandibular reconstruction with vascularised bone flaps: a systematic review over 25 years. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2017; 55(2): 113–126.
38. *Brown JS*, Rogers SN, McNally DN, Boyle M. A modified classification for the maxillectomy defect. *Head Neck.* 2000 Jan; 22(1): 17–26.
39. *Brown JS*, Barry C, Ho M, Shaw R. A new classification for mandibular defects after oncological resection. *Lancet Oncol.* 2016 Jan; 17(1): e23–30.
40. *Brown R*, Vasconez L, Jurkiewicz M. Transverse abdominal flaps and the deep epigastric arcade. *Plast Reconstr Surg.* 1975; 55: 416–419.

41. *Brown R*, Fleming W, Jukiewicz M. An island flap of the pectoralis major muscle. *Br J Plast Surg*. 1977; 30: 161.
42. *Bruce RA*, Ellis E 3<sup>rd</sup>. The second Chalmers J. Lyons Academy study of fractures of the edentulous mandible. *J Oral Maxillofac Surg*. 1993 Aug; 51(8): 904–11.
43. *Buncke HJ*, Schulz WP. Total ear reimplantation in the rabbit utilising microminiature vascular anastomoses. *Br J Plast Surg*. 1966; 19: 15–22.
44. *Cable DG*, Mullany CJ, Schaff HV. The Allen test. *Ann Thorac Surg*. 1999 Mar; 67(3): 876–7.
45. *Cannady SB*, Lamarre E, Wax MK. Microvascular reconstruction: evidence-based procedures. *Facial Plast Surg Clin North Am*. 2015; 23: 347–56.
46. *Carr A*, MacDonald D, Waterhouse A. The blood supply of the osteocutaneous free fibular graft. *J Bone Joint Surg. (Br)* 1988; 70B: 319–321.
47. *Carrquiry C*, Costa A, Vasconez L. An anatomic study of the septocutaneous vessels of the leg. *Plast Reconstr Surg*. 1985; 76, 354–361.
48. *Charnley J*. Arthroplasty of the Hip. A new operation. *Lancet*. 1961; 1 (7187): 1129–1132.
49. *Chen HC*, Ganos DL, Coessens BC, Kyutoku S, Noordhoff S. Free forearm flap for closure of difficult oronasal fistulas in cleft palate patients. *Plast Reconstr Surg*. 1992; 90: 757.
50. *Chen S*. A new centrifugal atomization technique of spray rotation for powderpreparation. *Trans Nonferrous Metals Soc China*. 1997; 7: 12–5.
51. *Chen Z*, Yan W. The study and clinical application of the osteocutaneous flap of fibula. *Microsurgery*. 1983; 4: 11–16.
52. *Cheng BS*. Free forearm flap transplantation in repair and reconstruction of tongue defects. *Chung Hua Kou Chiang Tsa Chih*. 1983; 18: 39.
53. *Chim H*, Hutmacher DW, Chou AM, Oliveira AL, Reis RL, Lim TC et al. A comparative analysis of scaffold material modifications for load-bearing applications in bone tissue engineering. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2006; 35: 928–34.
54. *Coleman J*, Sultan M. The bipediced osteocutaneous scapular flap: a new subscapular system free flap. *Plast Reconstr Surg*. 1991; 87: 682.
55. *Colombo P*. Cellular ceramics. *Conv Philos Trans R Soc A*. 2006; 364, <http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2005.1683>.
56. *Cormack GC*, Lamberty BGH. A classification of fasciocutaneous flaps according to their patterns of vascularisation. *Br J Plast Surg*. 1984; 37: 80–87.

57. *Cormack GC, Lamberty BGH. Alternative flap nomenclature and classification, the arterial anatomy of skin flaps, 2nd ed. Churchill Livingstone, Edinburgh. 1994; 514–522.*
58. *Cormack GC, Lamberty BGH. The anatomical basis for fasciocutaneous flaps. In: Hallock GG (ed) Fasciocutaneous flaps. Blackwell Scientific Publications, Cambridge, Massachusetts. 1992; 13–24.*
59. *Cuono C, Ariyan S. Immediate reconstruction of a composite mandibular defect with a regional osteomyocutaneous regional flap. Plast Reconstr Surg. 1980; 65(4): 477–84.*
60. *Daniel RK, Cunningham DM, Taylor GI. The deltopectoral flap: an anatomic and haemodynamic approach. Plast Reconstr Surg. 1975; 55: 275–282.*
61. *Daniel RK, Taylor GI. Distant transfer of an island flap by microvascular anastomoses: A clinical technique. Plast Reconstr Surg. 1973; 52: 111–117.*
62. *Deraemaeker R, Thienen CV, Lejour M, Dor P. The serratus anterior-scapular free flaps: a new osteomuscular unit for reconstruction after radical head and neck surgery (abstract). – In: Proceedings of the Second International Conference on Head and Neck Cancer. 1988.*
63. *Dos Santos LF. Retalho escapular: um novo retalho livre microcirurgico. Bras Cir. 1980; 70: 133.*
64. *Dos Santos LF. The vascular anatomy and dissection of the free scapular flap. Plast Reconstr Surg. 1984; 73: 599.*
65. *Drever J. The epigastric island flap. Plast Reconstr Surg. 1977; 72: 819–827.*
66. *Duchateau J, Declety A, Lejour M. Innervation of the rectus abdominis muscle: implications for rectus flaps. Plast Reconstr Surg. 1985; 76: 558–567.*
67. *Eckardt A, Fokas K. Microsurgical reconstruction in the head and neck region: an 18-year experience with 500 consecutive cases. J Craniofacial Surg. 2003; 31(4): 197–201.*
68. *Eckardt A, Swennen GR. Virtual planning of composite mandibular reconstruction with free fibula bone graft. J Craniofac Surg. 2005; 16: 1137.*
69. *Esser JF, Schwerer S. Verschluss einer Brustwand perforation. Berliner Klin Wochenschr. 1918; 55: 1197.*
70. *Fischer F. Thermoplastics: the best choice for 3D printing. Stratasys Inc. White Paper. 2011.*
71. *Fleming A, Brough M, Evans N, Grant H, Harris M, James J, Lawlor M, Laws I. Mandibular reconstruction using vascularized fibula. Br J Plast Surg. 1990; 43: 403–409.*
72. *Frazier WE, Polakovics D, Koegel W. Qualifying of metallic materials and structures for aerospace applications. JOM. 2001; 53: 16–8.*

73. *Fredrickson JM, Man SC, Hayden RE.* Revascularized iliac bone graft for mandibular reconstruction. *Acta Otolaryngol (Stockh).* 1985; 99: 214.
74. *Froes FH.* Titanium powder metallurgy: a review-part 1. *Adv Mater Process.* 2012; 170: 16–22.
75. *Funk GF, Valentino J, McCulloch TM et al.* Anomalies of forearm vascular anatomy encountered during elevation of the radial forearm flap. *Head Neck.* 1995; 17: 284–292.
76. *Gai Y, Yang G, Jin L, Zou X, Wu Y.* Particle shape modification and related property improvements. *Powder Technol.* 2008; 183: 115–21.
77. *Gedebou TM, Wei FC, Lin CH.* Clinical experience of 1284 free anterolateral thigh flaps. *Hand Chir Microchir Plast Chir,* 2002; 34: 239.
78. *Giannopoulos AA.* and Pietila T. Post-processing of DICOM Images. In: (3.3. STL Generation) *3D Printing in Medicine. A practical Guide for Medical Professionals* (eds. F. J. Rybicki, G. T. Grant). Springer Int. Publ. AG. 2017; 23–34.
79. *Giannopoulos AA, Steigner ML, George E, Barile M, Hunsaker AR, Rybicki FJ, Mitsouras D.* Cardiothoracic applications of 3-dimensional printing. *J Thorac Imaging.* 2016; 31 (5): 253–72.
80. *Gilbert A.* Vascularized transfer of fibula shaft. *Int J Micrasurg.* 1979; 1: 100.
81. *Gillies HD* and Millard DR Jr. *The Principles and Art of Plastic Surgery.* 1<sup>st</sup> Ed. Boston, Little, Brown and Co. 1957.
82. *Gillies HD.* The tubed pedicle in plastic surgery. *New York Med J.* 1920; 3: 1–12.
83. *Gluckman JL, McDonough J, Donegan JO et al.* The free jejunal graft in head and neck reconstruction. *Laryngoscope.* 1981; 91: 1887.
84. *Granick MS, Newton ED, Hanna DC.* Scapular free flap for repair of massive lower facial composite defects. *Head Neck Surg.* 1986; 8: 436–441.
85. *Greenberg AM, Prein J.* Craniomaxillofacial reconstructive and corrective bone surgery: principles of internal fixation using the AO/ASIF technique. New York: Springer-Verlag, 2002: 1–2.
86. *Greil GF, Wolf I, Kuettner A, Fenchel M, Miller S, Martirosian P, Schick F, Oppitz M, Meinzer HP, Sieverding L.* Stereolithographic reproduction of complex cardiac morphology based on high spatial resolution imaging. *Clin Res Cardiol.* 2007; 96: 176–85.
87. *Guelcher S & Hollinger J (Eds).* An introduction to biomaterials. CRC Press. 2006; ISBN 9780849322822.
88. *Guessasma S, Nouri H, Roger F.* Microstructural and Mechanical Implications of Microscaled Assembly in Droplet-based Multi-Material Additive Manufacturing. *Polymers.* 2017; 9: 372.

89. *Hammerlid E*, Silander E, Hörnestam L and Sullivan M. Health-related quality of life three years after diagnosis of head and neck cancer – A longitudinal study. *Head Neck*. 2001; 23: 113–125.
90. *Hao S*, Wang J, Wang F, Liu Z, Liu J, Wang Y. A case of 3D mirror and printing technology in the aid of resection and reconstruction of an adult mandibular ameloblastoma. *Int J Clin Exp Med*. 2019; 12(4): 4392–4397.
91. *Harashina T*. Analysis of 200 free flaps. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*. 1988; 41(1): 33–36.
92. *Harashina T*. Use of the united suture in microvascular anastomoses. *Plastic and Reconstructive Surgery*. 1977; 59(1): 134–135. PMID:318750.
93. *Harashina T*, Fujino T, Enomoto K. Primary breast reconstruction after a standard radical mastectomy by a free flap transfer. Case report. *Plastic and Reconstructive Surgery*. 1976; 58(3): 371–374.
94. *Harashina T*, Imai T, Nakajima H, Fujino T. Breast reconstruction with microsurgical free composite tissue transplantation *JPRAS British Journal of Plastic Surger*. 1980; 33(1): 30–37.
95. *Harashina T*, Nakajima T, Yoshimura Y. A free groin flap reconstruction in progressive facial hemiatrophy. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*. 1977; 30(1): 14–16.
96. *Harii K*. Microvascular free flaps for skin coverage, indications and selections of donor sites. *Clin Plast Surg*. 1983; 10: 37–54.
97. *Harii K*, Yamada A, Ishihara K, Mild Y, Itoh M. A free transfer of both latissimus dorsi and serratus anterior flaps with thoracodorsal vessel anastomosis. *Plast Reconstr Surg*. 1982; 70: 720.
98. *Harii K*, Ono I, Ebihara S. Closure of total cheek defects with two combined myocutaneous free flaps. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 1982; 108: 303.
99. *Harii K*, Iwaya T, Kawaguchi N. Combination myocutaneous flap and microvascular free flap. *Plast Reconstr Surg*. 1981; 68: 700–710.
100. *Harrysson OL*, Hosni YA, Nayfeh JF. Custom-designed orthopedic implants evaluated using finite element analysis of patient-specific computed tomography data: femoral-component case study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2007; 8: 91.
101. *Hatoko M*, Harashina T, Inoue T, Tanaka I, Imai K. Reconstruction of palate with radial forearm flap: a report of 3 cases. *Br J Plast Surg*. 1990; 43: 350
102. *Hayden R*, O'Leary M. A neurosensory fibula flap: anatomical description and clinical applications. Presented at the 94-th Annual Meeting of the American Laryngological, Rhinological and Otological Society Meeting in Hyatt Regency Waikoloa. Big Island of Hawaii. May 8 1991.



103. *Heden P*, Gylbert L. Anomaly of the radial artery encountered during elevation of the radial forearm flap. *J Microsurg.* 1990; 6: 139.
104. *Hidalgo D*. Discussion of Fibula osleoseptocutaneous flap for reconstruction of composite mandibular defects by F. Wei, C. Seah, Y. Tsai, S. Liu, M. Tseu. *Plast Reconstr Surg.* 1994; 93: 305.
105. *Hidalgo D*. Fibula free flap: a new method of mandible reconstruction. *Plast Reconstr Surg.* 1989; 84: 71.
106. *Hirsch DL*, Garfein ES, Christensen AM, Weimer KA, Saddeh PB, Levine JP. Use of computer-aided design and computer-aided manufacturing to produce orthognathically ideal surgical outcomes: A paradigm shift in head and neck reconstruction. *J Oral Maxillofac Surg.* 2009; 67: 2115.
107. *Hoeges S*. Development of a maraging steel powder for additive manufacturing. Germany: GKN Sinter Metals Engineering GmbH Radevormwald. 2016.
108. *Holmgren G*. Some experiences in surgery of otosclerosis. *Acta Otolaryngol.* 1923; 5: 460–466.
109. *Huelke DF*. The origin of the peroneal communicating nerve in adult man. *Anal Record.* 1958; 131: 81.
110. *Hueston JT*, McConchie IH. A compound pectoral flap. *Aust NZ J Surg.* 1968; 38: 61–63.
111. *Hutmacher DW*, Schantz T, Zein I, Ng KW, Teoh SH, Tan KC. Mechanical properties and cell cultural response of polycaprolactone scaffoldsdesigned and fabricated via fused deposition modeling. *J Biomed Mater Res.* 2000; 55(2): 203–16.
112. *Inoue H*, Nibu K, Saito M, Otsuki N, Ishida H, Onitsuka T, Fujii T, Kawabata K, Saikawa M. Quality of Life After Neck Dissection. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 2006; 132(6): 662–666.
113. *Ismail TI*. The free fascial forearm flap. *Microsurgery.* 1989; 10: 155–160.
114. *Jacobson JH*. The developpment of microsurgical technique. – In: R. M. P. Donaghy, M. G. Yasargil (eds). *Microvascular Surgery: Report of First Conference, 1966 October 6–7; Mary Fletcher Hospital, Burlington, Vermont.* Stuttgart: Thieme. 1967; 4–14.
115. *Jacobson JH*, Suarez EL. Microsurgery in anastomosis of small vessels. *Surg Forum.* 1960; 11: 243–245.
116. *Jones N*, Hardesty R, Swartz W, Ramasastry S, Heckler F, Newton E. Extensive and complex defects of the scalp, middle third of the face, and palate: the role of microsurgical reconstruction. *Plast Reconstr Surg.* 1988; 82: 937.
117. *Jones RH*. Temporomandibular joint reconstruction with total alloplastic joint replacement. *Aust Dent J.* 2011; 56: 85–91.

118. *Jurkiewicz MJ*. Vascularized intestinal graft for reconstruction of the cervical esophagus and pharynx. *Plast Reconstr Surg*. 1965; 36: 509–517.
119. *Kalita SJ*, Bose S, Hosick HL, Bandyopadhyay A. Development of controlled porosity polymer-ceramic composite scaffolds via fused deposition modeling. *Mater Sci Eng. C*. 2003; 23(5): 611–20.
120. *Kaplan EN*. Tissue Transplantation with Microvascular Surgery. *Epitomes-general surgery. The western journal of medicine*. september 1974; 121(3): 223–224.
121. *Kaplan EN*, Buncke HJ, Murray DE. Distant transfer of cutaneous island flaps in humans by microvascular anastomoses. *Plast Reconstr Surg*. 1973; 52(3): 301–305.
122. *Kasdan ML*, Kleinert HE. Vascular injuries of the upper extremity. *J Ky Med Assoc*. 1966; 64(4): 317–21, passim. PMID: 5905545.
123. *Kawashina T*, Harii K, Ono I, Ebihara S, Joshizumi T. Intraoral and oropharyngeal reconstruction using a deepitelialized forearm flap. *Head Neck*. 1989; 11: 358.
124. *Kim P*, Gottlieb J, Harris G, Nagle D, Lewis V. The dorsal thoracic fascia: anatomic significance with clinical applications in reconstructive microsurgery. *Plast Reconstr Surg*. 1987; 79: 72.
125. *Kimata Y*, Uchiyama K, Ebihara S, Nakatsuka T, Harii K. Anatomic variations and technical problems of the anterolateral thigh flap: a report of 74 cases. *Plast Reconstr Surg*. 1998;102: 1517.
126. *Kleinert HE*, Kasdan ML, Romero JL. Small blood-vessel anastomosis for salvage of severely injured upper extremity. *J Bone Joint Surg Am*. 1963; 45-A: 788–96. PMID: 14042190.
127. *Kleinert HE*, Kasdan ML. Anastomosis of digital vessels. *J Ky Med Assoc*. 1965; 63, 106–8. PMID: 14257659.
128. *Kleinert HE*, Kasdan ML. Reconstruction of chronically subluxated proximal interphalangeal finger joint. *J Bone Joint Surg Am*. 1965; 47: 958–64. PMID: 14318633.
129. *Kleinert HE*, Kasdan ML. Restoration of blood flow in upper extremity injuries. *J Trauma*. 1963; 3: 461–76. PMID: 14062037.
130. *Koshima I*, Yamamoto H, Hosoda M, Moriguchi T, Orita Y, Nagayama H. Free combined composite flaps using the lateral circumflex femoral system for repair of massive defects of the head and neck regions: an introduction to the chimeric flap principle. *Plast Reconstr Surg*. 1993; 92: 411–427.
131. *Koshima I*, Fukuda H, Utunomiya R, Soeda S. The anterolateral thigh flap: variations in its vascular pedicle. *Br J Plast Surg*. 1989; 42: 260.
132. *Kosinski C*. The course, mutual relations and distribution of the cutaneous nerves of the metazonal region of leg and foot. *J Anal*. 1926; 60: 274.

133. *Kozakiewicz M*, Elgalal M, Loba P, Komunski P, Arkuszewski P, Broniarczyk-Loba A, Stefanczyk L. Clinical application of 3D prebent titanium implants for orbital floor fractures. *J Craniomaxillofac Surg.* 2009; 37: 229–34.
134. *Kurtz Steven M*. The UHMWPE handbook: ultra-high molecular weight polyethylene in total joint replacement. Academic Press. 2004; ISBN 978-0-12-429851-4.
135. *Lam K*, Wei W, Sui K. The pectoralis major costomyocutaneous flap for mandibular reconstruction. *Plast Reconstr Surg.*1984; 73: 904.
136. *Lane WA*. Some remarks on the treatment of fractures. *Br Med J.* 1895 Apr 20; 1 (1790): 861–863.
137. *Ligon SC*, Liska R, Stampfl J, Gurr M, Mülhaupt R. Polymers for 3D Printing and Customized Additive Manufacturing. *Chem. Rev.* 2017; 117: 10212–10290.
138. *Lineaweaver W*. Microsurgery and the reconstructive ladder. *Microsurgery.* 2005; 25: 185–186.
139. *Lineaweaver W*. New microsurgical applications. *Clin Plast Surg.* 2002; 29: 81–99.
140. *Liu T*, Guessasma S, Zhu J, Zhang W, Nouri H, Belhabib S. Microstructural defects induced by stereolithography and related compressive behaviour of polymers. *J. Mater. Process. Technol.* 2018; 251: 37–46.
141. *Low J*, Mulvey D, Baker A, Jones K, Chesshire N, Shepherd V, Mortimore S, Nandwani N. The Management of patients following Tissue transfer reconstruction For Head & Neck Cancer, Critical Care Directorate, Derby Hospitals NHS Foundation Trust, 2017.
142. *Magee W*, McCraw J, Horton C, McInnis W: Pectoralis „paddle“ myocutaneous flaps. The workhorse of head and neck reconstruction. *Am J Surg.* 1980; 140: 507.
143. *Manchester W*. Immediate reconstruction of the mandible and temporomandibular joint. *Br J Plast Surg.* 1965, 18: 291.
144. *Markiewicz MR*, Bell RB, Bui TG, Dierks EJ, Ruiz R, Gelesko S, Pargousis P, Fernandes R.. Survival of microvascular free flaps in mandibular reconstruction: a systematic review and meta-analysis. *Microsurgery.* 2015; 35: 576–87.
145. *Martin IC*, Brown AE. Free vascularized fascial flap in oral cavity reconstruction. *Head Neck.* 1994; 16: 45.
146. *Marwah OMF*, Halim NFA, Shukri MS, Mohamad EJ, Ibrahim M. A study on palm fiber reinforces as a filament in portable FDM. *ARPN J Eng Appl Sci.* 2016; 11: 7828–34.

147. *Masood SH, Song WQ.* Development of new metal/polymer materials for rapid tooling using fused deposition modelling. *Mater Des.* 2004; 25: 587–94.
148. *Masser M.* The pre-expanded radial free flap. *Plast Reconstr Surg.* 1990; 86: 295.
149. *Mathes SJ, Nahai F.* Classification of the vascular anatomy of muscles: experimental and clinical correlation. *Plast Reconstr Surg.* 1981; 67: 177–187.
150. *Mathes SJ, Nahai F.* Flap selection: analysis of features, modifications, and applications. *Reconstructive surgery: principles, anatomy, and technique.* Churchill Livingstone, New York, 1997; 137–160.
151. *Mathes SJ, Nahai F.* The reconstructive triangle: a paradigm for surgical decision making. *Reconstructive surgery: principles, anatomy, and technique.* Churchill Livingstone, New York. 1997; 9–36.
152. *Mathes S, Nahai F.* Clinical application for muscle and musculocutaneous flaps. Mosby, St Louis. 1982; 3.
153. *Mathes S, Nahai F.* Clinical atlas of muscle and myocutaneous flaps. Mosby, St Louis, 1979.
154. *McCracken CG, Motchenbacher C, Barbis DP.* Review of titanium powder production methods. *Int J Powder Metall.* 2010; 46: 19–26.
155. *McCraw JB, Dibbell DG, Carraway HJ.* Clinical definition of independent myocutaneous vascular territories. *Plast Reconstr Surg.* 1977; 60: 341–352.
156. *McGregor IA.* The temporal flap in intraoral cancer : its use in repairing the post-excisional defect. *British Journal of Plastic Surgery.* 1963; 16: 318–335.
157. *McGregor IA.* The tongue flap in lip surgery. *Br J Plast Surg.* 1966; 19: 253–263.
158. *McGregor IA, Morgan G.* Axial and random pattern flaps. *Br J Plast Surg.* 1973; 26(3): 202–213.
159. *McGregor IA, Jackson IT.* The extended role of the delto-pectoral flap. *Br J Plast Surg.* 1970; 23: 173–185.
160. *McGregor IA, Reid WH.* The use of the temporal flap in the primary repair of full-thickness defects of the cheek. *Plast Reconstr Surg.* 1966; 38(1): 1–9.
161. *McLean DH, Buncke HJ.* Autotransplant of omentum to a large scalp defect with microsurgical revascularization. *Plast Reconstr Surg.* 1972; 49(3): 268–274.
162. *Mehra P, Miner J, D’Innocenzo R and Nadershah M.* Use of 3D Stereolithographic Models in Oral and Maxillofacial Surgery. *J. Maxillofac. Oral Surg.* 2011; 10(1): 6–13. doi: 10.1007/s12663-011-0183-3. PMID: 22379314.

163. *Messing GL, Zhang SC, Jayanthi GV.* Ceramic powder synthesis by spray pyrolysis. *J Am Ceram Soc.* 1993; 76: 2707–26.
164. *Milton SH.* Pedicled skin-flaps: the fallacy of the length:width ratio. *Br J Surg.* 1970; 57: 502–508.
165. *Mitsouras D, Liacouras P, Imandzadeh A, Giannopoulos A, Cai T, Kumamaru K, George E, Wake N, Pomahas B, Ho V, Grant G, Rybicki F.* Medical 3D printing for the radiologist. *Radiographics.* 2015; 35(7): 1965–88.
166. *Moscoso J, Keller J, Gendcn E, Weinbcrg U, Billcr HF, Buchbinder D, Urken ML.* Vascularized bone flaps in oromandibular reconstruction. A comparative study of bone stock from various donor sites to assess suitability for en osseous dental implants. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 1994; 120: 36.
167. *Nag S, Banerjee R.* Fundamentals of medical implant materials. – In: Narayan, R. (ed.). *Materials for medical devices.* ASM Handbook. 2012; 23: 6–17.
168. *Nakajima H, Fujino T, Adachi S.* A new concept of vascular supply to the skin and classification of skin flaps according to their vascularization. *Ann Plast Surg.* 1986; 16: 1–17.
169. *Nassif TM, Vidal L, Bovet JL, Baudel J.* The parascapular flap: a new cutaneous microsurgical free flap. *Plast Reconstr Surg.* 1982; 69: 591.
170. *Neligan PC and Novak ChrB.* Reconstruction principles and recipient vessel anatomy, selection, and exposure Head and neck. Chapter 4, (Part B in: Wei I. Fu-Chan and Samir Mardini. *Flaps and reconstructive surgery.* 1. Flaps (Surgery) 2. Surgery, Plastic 3. Microsurgery. Saunders, Elsevier. 2009; 31–37.
171. *Nikzad M, Masood SH, Sbarski I.* Thermo-mechanical properties of a highlyfilled polymeric composites for fused deposition modeling. *Mater Des.* 2011; 32: 3448–56.
172. *Nishihara J, Takeuchi Y, Miki T et al.* Anatomical study on valves of human facial veins. *J. Craniomaxillofac Surg.* 1995, 23: 182–186.
173. *Novakova-Marcincinova L, Kuric I.* Basic and Advanced Materials for Fused Deposition Modeling Rapid Prototyping Technology. *Manuf. and Ind. Eng.* 2012, 11(1), ISSN 1338-6549.
174. *Nylen CO.* The microscope in aural surgery, its first use and later development. *Acta Otolaryngol Suppl.,* 1954, 116: 226–240.
175. *Onishi K, Maruyama Y, Iwahira Y.* Cutaneous and fascia! vasculature of the leg: an anatomic study of fasciocutaneous vessels. *J Reconstr Microsurg.* 1986; 2: 181.



176. *Orticochea M.* The musculocutaneous flap method: an immediate and heroic substitute for the method of delay. *Br J Plast Surg.* 1972, 25: 106–110.
177. *Osman RB, Swain MV.* A critical review of dental implant materials with an emphasis on titanium versus zirconia. *Materials.* 2015, 8: 932–58.
178. *Owens N.* A compound neck pedicle designed for repair of massive facial defects: formation, development and application. *Plast Reconstr Surg.* 1955, 15: 369–389.
179. *Panje WR, Krause CJ, Bardach J.* Microsurgical techniques in free flap reconstruction. First published: *Laryngoscope Investigative Otolaryngology.* 1977; 87 (5): 692–698.
180. *Panje WR, Bardach J, Krause CJ.* Reconstruction of the oral cavity with a free flap. *Plast Reconstr Surg.* 1976; 58(4): 415–8.
181. *Panje WR, Morris MR.* Plastic reconstruction in the neck area. Deep neck soft tissue – pharynx and cervical esophagus – II. *Laryngorhinotologie.* 2000; 79(11): OP 85–90. German. PMID:11138524.
182. *Panje WR, Morris MR.* Plastic reconstructions in the neck region. Neck surface soft tissue and skin defects – I. *Laryngorhinotologie,* 2000; 79(7): OP 49–57. German. PMID: 11005102.
183. *Pearl RM, Johnson D.* The vascular supply to the skin: an anatomical and physiological reappraisal – part II. *Ann Plast Surg.* 1983; 11: 196–205.
184. *Pennington M, Pelly A.* The rectus abdominis myocutaneous free flap. *Br J Plast Surg.* 1980; 33: 277.
185. *Pickarel KL, Baker HM, Collins JP.* Reconstructive surgery of the chest wall. *Surg Gynecol Obstet.* 1947; 84: 465.
186. *Pontén B.* The fasciocutaneous flap: its use in soft tissue defects of the lower leg. *Br J Plast Surg.* 1981; 34: 215–220.
187. *Popov Doncho G, Trichkova Pavka I.* A new technique for end-to-side anastomoses in microvascular surgery. *Plastic and Reconstructive Surgery.* 1977; 59 (3): 444–445.
188. *Ragbir M, Brown JS, Mehanna H.* Reconstructive considerations in head and neck surgical oncology: United Kingdom National Multidisciplinary Guidelines. *The Journal of Laryngology and Otology.* 2016; 130 (Suppl 2): S191–S197.
189. *Ramasastri SS, Granick MS, Futrell J.* Clinical anatomy of the internal oblique muscle. *J Reconstr Microsurg.* 1986; 2: 117.
190. *Ratner BD, Hoffman AS, Schoen FJ, Lemons JE.* Biomaterials science: an introduction to materials in medicine. 2<sup>nd</sup> ed. San Diego, CA: Elsevier Academic Press, 2004.

191. *Reazul Hag Abdul Hag*, Mohd Saidin Bin Wahab, Norul Ilmie Jaimi. Fabrication process of polymer nano composite filament for fused deposition modeling. *Appl Mech Mater.*, 2014, 465, 8–12.
192. *Reid CD*, Moss AL H. One stage repair with vascularized tendon grafts in a dorsal hand injury using the „Chinese“ forearm flap. *Br J Plast Surg.*, 1983, 36, 473.
193. *Reuther JF*, Steinger H, Wagner R. Reconstruction of large defects in the oropharynx with a revascularized intestinal graft: an experimental and clinical report. *Plast Reconstr Surg.*, 1984, 73, 345–356.
194. *Riediger D*. Restoration of masticatory function by microsurgically revascularized iliac crest bone grafts using enosseous implants. *Plast Reconstr Surg.*, 1988; 81: 861.
195. *Ring TA*. Ceramic powder synthesis. *Fundamentals of ceramic powder processing and synthesis*. Elsevier, 1996, 81–83.
196. *Roberts PR*. The production of PREP titanium powder, advances in powder metallurgy. In: *Proceeding of the 1989 powder metallurgy conference & exhibition, metal powder industries federation*. 1989, 427–38.
197. *Romansky R*, Sveshtarov V, Petrov V, Ugrinov R, Evstatiev D. Plastic reconstruction of defects in head and neck region through microsurgical free flaps. *Khirurgiia (Sofia)*, Jan 2008.
198. *Romansky R*, Sharkov E, Komitski S. Unusual pattern of partial failure of preexpanded free parascapular flap for neck reconstruction, *International Journal of Burns and Trauma*, October 2018; 8(5): 114–116.
199. *Romansky R*, Naydenov E, Komitski S. A Rare Case of Parietal Skull Fibrosarcoma: Reconstruction with Free Myocutaneous Flap and Infrared Thermography Monitoring, *Journal of Neurological Surgery. Part A: Central European Neurosurgery*, June 2019; 80(5), DOI:10.1055/s-0039-1688688.
200. *Rose EH*, Norris MS, Rosen JM. Application of high-tech three-dimensional imaging and computer-generated models in complex facial reconstructions with vascularized bone grafts. *Plast Reconstr Surg*, 1993; 91: 252.
201. *Rowsell A*, Davies M, Eisenberg N, Taylor GI. The anatomy of the subscapular thoracodorsal arterial system: study of 100 cadaver dissections. *Br J Plast Surg.*, 1984; 37: 374.
202. *Roy S*, Khutia N, Das D, Das M, Balla VK, Bandyopadhyay A et al. Understanding compressive deformation behavior of porous Ti using finite element analysis. *Mater Sci Eng C*, 2016; 64, 436–43.
203. *Sadove R*, Luce E, McGralh P. Reconstruction of the lower lip and chin with the composite radial forearm-palmaris longus free flap. *Plast Reconstr Surg.*, 1991; 88, 209.
204. *Sago JA*, Newkirk JW, Brasel GM. Rapid mechanical alloying for metal powder production. *Adv Powder Metall Part Mater.*, 1997, 2, 1–3–11–15. **203**

205. *Salibian A*, Rappaport I, Furnas D, Achauer B. Microvascular reconstruction of the mandible. *Am J Surg.*, 1980; 140: 499.
206. *Salibian A*, Rappaport I, Allison G. Functional oromandibular reconstruction with the microvascular composite groin flap. *Plast Reconstr Surg.*, 1985; 76: 819.
207. *Sanders R*, Mayou B. A new vascularized bone graft transferred by microvascular anastomosis as a free flap. *Br J Surg.*, 1979; 66: 787.
208. *Sanger J*, Ye Z, Yousif N, Malloub H. The brachioradialis forearm flap: anatomy and clinical application. Presented at the 8<sup>th</sup> Annual Meeting of the American Society for Reconstructive Microsurgery. Scottsdale, Arizona, November 8, 1992.
209. *Schmauss D*, Haeberle S, Hagl C, Sodian R. Three-dimensional printing in cardiac surgery and interventional cardiology: a single-centre experience. *Eur J Cardiothorac Surg.*, 2015; 47: 1044–52.
210. *Seifi M*, Salem A, Beuth J, Harrysson O, Lewandowski JJ. Overview of materials qualification needs for metal additive manufacturing. *JOM*, 2016, 68: 747–64.
211. *Serafin D*. Atlas of microsurgical composite tissue transplantation. W. B. Saunders, Philadelphia, 1996, 513–691.
212. *Serafin D*, Villarreal-Rios A, Georgiade N. Fourteen free groin transfers. *Plast Reconstr Surg.*, 1976; 57: 707–715.
213. *Shirna H*, Ohno K, Michi K et al. An anatomical study on the forearm vascular system. *J Craniomaxillofac Surg.*, 1996; 24: 293–299.
214. *Shirna H*, von Luedinghansen M, Ohno K et al. Anatomy of microvascular anastomosis in the neck. *Plast Reconstr Surg.*, 1998; 101: 33–41.
215. *Shusterman MA*, Recce GP, Miller MJ, Harris S. The osteocutaneous free fibula flap: is the skin paddle reliable? *Plast Reconstr Surg.*, 1992; 90: 787–793.
216. *Singh S*, Ramakrishna S, Singh R. Material issues in additive manufacturing: A review *Journal of Manufacturing Processes*, 2017; 25: 185–200.
217. *Sisson G*, Bytell D, Becker S. Mediastinal dissection – 1976: indications and newer technique. *Laryngoscope*.1977; 87: 751.
218. *Song R*, Gao Y. The forearm flap. *Clin Plast Surg.*, 1982; 9: 21–28.
219. *Song YG*, Chen GZ, Song YL. The free thigh flap: a new flap concept based on the septocutaneous artery. *Br J Plast Surg*, 1984; 37: 149.
220. *Soutar D*. Radial forearm flaps. – In: S. Baker, ed. *Microsurgical Reconstruction of the Head and Neck*, New York: Churchill Livingstone, 1989.

221. *Soutar DS, McGregor IA.* The radial forearm flap in intraoral reconstruction: the experience of 60 consecutive cases. *Plast Reconstr Surg.*, 1986; 78: 1.
222. *Soutar DS, Schecker LR, Tanner NSB, McGregor IA.* The radial forearm flap: a versatile method for intraoral reconstruction. *Br J Plast Surg.*, 1983; 36: 1.
223. *Soutar DS, Widdowson WP.* Immediate reconstruction of the mandible using a vascularized segment of the radius. *Head Neck Surg.*, 1986; 39: 176.
224. *Sun P, Fang ZZ, Xia Y, Zhang Y, Zhou C.* A novel method for production of spherical Ti-6Al-4V powder for additive manufacturing. *Powder Technol*, 2016; 301: 331-5.
225. *Swartz WM, Banis JC (eds.).* Head and Neck Microsurgery. Williams & Wilkins, Baltimore, USA, 1992; 275 pp.
226. *Swartz W, Banis J, Newton D, Ramasastry S, Jones N, Acland R.* The osteocutaneous scapular flap for mandibular and maxillary reconstruction. *Plast Reconstr Surg.*, 1986; 77: 530.
227. *Takada K, Sugata T, Yoshiga K, Miyamoto Y.* Total upper lip reconstruction using a free radial forearm flap incorporating the brachioradialis muscle: report of a case. *J Oral Maxillofac Surg.*, 1987; 45 (11): 959-962.
228. *Tanzini I.* Sopra il mio nuovo processo di amputazione della mammella. *Gazetta Medica Italiana*, 1906; 57: 141.
229. *Tappa Karthik and Udayabhanu Jammalamadaka.* Novel Biomaterials Used in Medical 3D Printing Techniques. *J. Funct. Biomater.*, 2018; 9(17): 1-16; doi:10.3390/jfb9010017).
230. *Taylor GI, Miller DH, Ham FJ.* The free vascularized bone graft: a clinical extension of microvascular techniques. *Plast Reconstr Surg.* 1975; 55: 533.
231. *Taylor GI, Townsend P, Corlett R.* Superiority of the deep circumflex iliac vessels as the supply for free groin flaps: experimental work. *Plast Reconstr Surg.* 1979; 64: 595-604.
232. *Thankappan K, Trivedi NP, Subash P, Pullara SK, Peter S, Kuriakose MA, Iyer S.* Three-dimensional computed tomography-based contouring of a free fibula bone graft for mandibular reconstruction. *J Oral Maxillofac Surg.* 2008; 66: 2185.
233. *Todorov Georgi, Nikolov Nikolay, Sofronov Yavor, Gabrovsky Nikolay, Laleva Maria, Gavrilov Todor.* Computer Aided Design of Customized Implants Based on CT-Scan Data and Virtual Prototypes. – In book: Future Access Enablers for Ubiquitous and Intelligent Infrastructures, September 2019; (pp.339-346), DOI:10.1007/978-3-030-23976-3\_30.
234. *Todorov Georgi, Nikolov Nikolay, Sofronov Yavor, Gabrovsky Nikolay, Laleva Maria, Gavrilov Todor.* Additive/Subtractive Computer Aided Manufacturing of Customized Implants Based on Virtual Prototypes. – In

- book: Future Access Enablers for Ubiquitous and Intelligent Infrastructures, September 2019; (pp.347-360), DOI:10.1007/978-3-030-23976-3\_31.
235. *Urken ML*. Composite free flaps in oromandibular reconstruction; review of the literature. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 1991; 117: 724.
  236. *Urken ML*, *Biller HF*. A new bilobed design for the sensate radial forearm flap to preserve tongue mobility following significant glossectomy. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.*, 199; 120: 26–31.
  237. *Urken Mark L*. Free Flaps. Fascial and Fasciocutaneous. Flaps Radial Forearm. Chapt. 11 in: *Multidisciplinary Neck Reconstruction: A Defect-Oriented Approach*. Lippincott-Williams, Philadelphia, PA, 864 pp. 2009; 149–167.
  238. *Van Loon JP*, *Verkerke GJ*, *de Vries MP*, *de Bont LG*. Design and wear testing of a temporomandibular joint prosthesis articulation. *J Dent Res*. 2000; 79: 715–721.
  239. *Vaughan ED*. The radial forearm free flap in orofacial reconstruction. *J Craniomaxillofac Surg.*, 1990; 18: 2.
  240. *Wolff KD*, *Hölzle F*. Raising of microvascular flap. A systematic approach Textbook, Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2005.
  241. *Wang X*, *Gong X*, *Chou K*. Review on powder-bed laser additive manufacturing of Inconel 718 parts. *Proc IMechE Part B: J Eng Manuf.*, 2016; 1–14 (<http://dx.doi.org/10.1177/0954405415619883>).
  242. *Wannomae KK*, *Micheli BR*, *Lozynsky AJ* and *Muratoglu OK*. A new method of stabilizing irradiated UHMWPE using Vitamin E and mechanical annealing. 56<sup>th</sup> Annual Meeting of the Orthopedic Research Society. 2010; 2290.
  243. *Wei FC*, *Chen HC*, *Chuang CC*, *Noordhoff MS*. Fibular osteoseptocutaneous flap: anatomic study and clinical application. *Plast Reconstr Surg*. 1986; 78: 191–199.
  244. *Wei F*, *Scah C*, *Tsai Y*, *Liu S*, *Tsai M*. Fibula osteoseptocutaneous flap for reconstruction of composite mandibular defects. *Plast Reconstr Surg*. 1994; 93: 294.
  245. *Wei FC*, *Jain V*, *Celik N*, *Chen HC*, *Chuang DC*. *Lin CH* Have we found the ideal soft-tissue flap? An experience with 672 anterolateral thigh flaps. *Plast Reconstr Surg*. 2002; 109: 2227.
  246. *Wolford LM*. Factors to consider in joint prosthesis systems. *Proc (Bayl Univ Med Cent)*. 2006; 19: 232–238.
  247. *Wong KV*, *Hernandez A*. A review of additive manufacturing. *ISRN Mech Eng*. 2012; 1–10.
  248. *Yang G*, *Chen B*, *Gao Y*, *Liu X*, *Li J*, *Jiang S*, *He S*. Forearm free skin transplantation. *Natl Med J China*. 1981; 61: 139.

249. Yoo S, Thabit O, Kim E, Ide H, Dragulescu A, Seed M, Grosse-Wortmann L, Van Arsdell G. 3D printing in medicine of congenital heart diseases. *3D Print Med*. 2016; 2: 3.
250. *Yoshimura M*, Shimada T, Hosokawa M. The vasculature of the peroneal tissue transfer. *Plast Reconstr Surg*. 1990; 85: 917–921.
251. *Yovchev D*, Stanimirov P, Mihaylova. Lower Jaw Reconstruction Using Prototype from Cone-Beam Computed Tomography Data. *IJSR*, December 2014; 3(12): 57–59. ISSN: 2319-7064. [https://www.ijsr.net/get\\_abstract.php?paperid=SUB\\_14305](https://www.ijsr.net/get_abstract.php?paperid=SUB_14305).
252. *Yukimasa T*, Takemori S. A review of metal powder production. *Metall Rev MMIJ*. 1989; 6: 38–53.
253. *Zein I*, Hutmacher DW, Tan KC, Teoh SH. Fused deposition modeling of novel scaffold architectures for tissue engineering applications. *Biomaterials*. 2002; 23(4): 1169–85.