

Univerzita Karlova v Praze

1. lékařská fakulta

Studijní program: Doktorský

Studijní obor: Experimentální chirurgie



MUDr. MUDr. Jiřina Nieblerová

Zhodnocení stability osteosyntézy po sagitální osteotomii větve dolní čelisti

Evaluation of the stability of osteosynthesis of mandibular ramus sagittal split osteotomy

Dizertační závěrečná práce

Školitel: prof. MUDr. Jiří Mazánek, DrSc.

Školitel konzultant: doc. MUDr. René Foltán, PhD.

Praha, 2012

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem řádně uvedla a citovala všechny použité prameny a literaturu. Současně prohlašuji, že práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu

Souhlasím s trvalým uložením elektronické verze mé práce v databázi systému meziuniverzitního projektu Theses.cz za účelem soustavné kontroly podobnosti kvalifikačních prací.

V Praze, 31.1.2012

MUDr. MUDr. Jiřina Nieblerová

Podpis

Identifikační záznam:

NIEBLEROVÁ, Jiřina. *Zhodnocení stability osteosyntézy po sagitální osteotomii větve dolní čelisti.* [Comparison of the stability of osteosyntesis of sagital split of mandibular ramus]. Praha, 2012. 101 s., 1 příl. Dizertační práce (PhD). Univerzita Karlova v Praze, 1. lékařská fakulta, Stomatologická klinika, školitel Mazánek Jiří, Foltán René

Poděkování

Ráda bych poděkovala všem kolegům a přátelům, kteří mne během doktorského studia podporovali a od kterých jsem se naučila mnoho nového.

Jmenovitě děkuji mému konzultantovi doc. MUDr. René Foltánovi, PhD za uvedení do problematiky ortognátní chirurgie a každodenní odborné vedení a mému školiteli prof. MUDr. Jiřímu Mazánkovi, DrSc. za podporu a cenné rady během celé doby doktorského studia.

Dále panu Otakaru Moravcovi, majiteli Řeznictví – uzenářství Moravec, Tylovo nám. 645/2, Praha 2 za bezplatné poskytování čerstvých prasečích dolních čelistí, na kterých byl pokus prováděn a firmě Prospan s.r.o., Jiřího Voskovce 3206, Kladno, za výrobu měřicí soupravy.

Dík patří též mým rodičům prof. ing. Karlu Hoffmannovi, CSc. a MUDr. Jiřina Hoffmannové a manželovi dipl. phys. Gabrielu Nieblerovi za cenné technické a jazykové připomínky i neúnavnou podporu a trpělivost, bez které by studium a sepsání práce nebylo možné.

Obsah

Abstrakt.....	str. 3
Shrnutí cílů práce	str. 5
1. Úvod.....	str. 6
1.1. Vady obličejového skeletu.....	str. 6
1.1.1. Dentální vady	str. 6
1.1.2. Skeletální vady	str. 8
1.1.2.a. Klasifikace skeletálních vad dle Obwegesera	str. 10
1.1.2.b. Klasifikace skeletálních vad dle Ackermana a Proffita	str. 11
1.1.3. Dentoalveolární kompenzační mechanismus	str. 13
1.2. Otevřený skus a jeho léčba	str. 15
1.2.1. Příčiny vzniku otevřeného skusu	str. 15
1.2.2. Charakteristika a dělení otevřeného skusu	str. 16
1.2.3. Terapie otevřeného skusu	str. 18
1.2.3.a. Intruzní terapie	str. 20
1.2.3.b. Intruzní terapie s kortikotomiemi	str. 22
1.2.3.c. Ortognátní operace	str. 26
1.3. Operační metody v ortognátní chirurgii	str. 26
1.3.1. Osteotomie Le Fort I	str. 29
1.3.2. Bilaterální sagitální osteotomie	str. 30
1.3.3. Pooperační péče	str. 34
2. Faktory ovlivňující relaps u sagitální osteotomie mandibuly	str. 35
2.1. Dentální relaps	str. 36
2.2. Skeletální relaps	str. 36
2.2.1. Časný relaps	str. 36
2.2.2. Pozdní relaps	str. 38
2.2.2.a. Rizikové faktory na straně pacienta	str. 39
2.2.2.b. Rizikové faktory v souvislosti s ortognátní operací	str. 43
3. Fixační metody v ortognátní chirurgii	str. 45
3.1. Rigidní intermaxilární fixace	str. 46
3.2. Osteosutura drátem	str. 46

3.3. Rigidní osteosyntéza	str. 48
3.3.1. Rigidní osteosyntéza bikortikálními šrouby	str. 48
3.3.2. Rigidní osteosyntéza pomocí minidlah	str. 49
3.3.2.a. Rigidní osteosyntéza dlahami v traumatologii	str. 49
3.3.2.b. Rigidní osteosyntéza minidlahami v ortognátní chirurgii	str. 54
3.4. Semirigidní osteosyntéza biodegradabilními materiály	str. 55
3.4.1. Vlastnosti biodegradabilních materiálů	str. 55
3.4.2. Biodegradabilní materiály v ortognátní chirurgii	str. 58
3.5. Distrakční osteogeneze	str. 60
3.5.1. Princip distrakční osteogeneze	str. 60
3.5.2. Distrakční osteogeneze v maxilofaciální chirurgii	str. 62
3.5.3. Stabilita distrakční osteogeneze u předsunu dolní čelisti	str. 63
4. Experimentální část	str. 64
4.1. Hypotézy a cíle práce	str. 64
4.2. Materiál a metodika	str. 65
4.2.1. Experimentální skupiny	str. 65
4.2.2. Popis měřicí soupravy	str. 66
4.2.3. Registrace výsledků a statistická metoda	str. 71
4.3. Výsledky	str. 71
4.3.1. Skupina A	str. 71
4.3.2. Skupina B	str. 74
4.3.3. Skupina C	str. 75
4.3.4. Grafický přehled výsledků	str. 77
4.4. Diskuse	str. 79
5. Závěr	str. 86
6. Použitá literatura	str. 87

Abstrakt

Ortognátní chirurgie se zabývá nápravou vrozených i získaných dentoalveolárních a skeletálních vad obličeje. Anteriorně otevřený skus je obličejová vada, která vzniká v důsledku nepříznivé růstové rotace čelistí a/nebo nadměrnou erupcí laterálních úseků chrupu. Vyznačuje se prodlouženou dolní třetinou obličeje, mezerou mezi řezáky při maximálním dokousnutí a velkým mandibulárním úhlem.

Korekce ortognátních vad se provádí pomocí osteotomie (nejčastěji osteotomie horní čelisti v linii Le Fort I a bilaterální sagitální osteotomie větve dolní čelisti -BSSO), ostektomie a distrakční osteogeneze. K fixaci se používá osteosyntetický materiál na bázi titanu nebo vstřebatelné materiály ve formě minidlah a monokortikálních šroubů nebo bikortikální šrouby.

Hlavním předpokladem úspěchu operace je stabilita postavení čelistí v nové pozici. Při relapsu dochází ke ztrátě okluze, poruše funkce a estetiky. Na relapsu se podílí složka dentální i skeletální. Skeletální relaps rozdělujeme na časný a pozdní. Chirurgická léčba otevřeného skusu pomocí BSSO s counter-clockwise (CCW) rotací je ze všech typů ortognátních vad z hlediska stability považována za nejproblematičtější. Jako jedno z řešení byla navržena fixace fragmentů dvěma minidlahami na každé straně, k tomuto postupu jsme však nenalezli vědecký důkaz.

Provedli jsme studii na prasečích dolních čelistech, ve které jsme porovnali primární stabilitu ve vertikálním i transverzálním směru u prostého předsunutí mandibuly (skupina A), předsunutí mandibuly s CCW rotací fixovaného 1 minidlahou (skupina B) a 2 minidlahami (skupina C). Dvě minidlahy statisticky signifikantně zvýšili mechanickou odolnost k vertikálním žvýkacím silám. Medián výchylky při zatížení 100N byl 0.53 mm ve skupině A; 0.46 mm ve skupině B; a jen 0.23 mm ve skupině C. Medián transverzální výchylky při zatížení 100N byl -0,04 mm ve skupině A; 0.04 mm ve skupině B; a jen -0.02 mm ve skupině C. Rozdíly v transverzálním směru nebyly statisticky signifikantní zřejmě díky 3 měřením s extrémní dislokací. Zvýšení stability v transverzálním směru je zásadní ke snížení rizika dlouhodobého relapsu. Použití 2 minidlah lze doporučit u velkých posunů nebo u CCW rotace, neboť signifikantně zvyšuje stabilitu v nejvíce namáhaném směru.

Klíčová slova: ortognátní chirurgie, anteriorně otevřený skus, stabilita, relaps, fixace, distrakční osteogeneze, sagitální osteotomie větve dolní čelisti, BSSO, mandibulární advancement, counter-clockwise rotace, minidlahy, prasečí mandibula

Abstract

Orthognatic surgery deals with congenital and acquired dentoalveolar or skeletal deformities of the face. An unfavourable downward rotation of a mandible and posterior vertical maxillary excess cause an anterior open bite, which is characterized by excessive anterior facial height in the lower third, a gap between the incisors in maximal occlusion and a large mandibular angle.

Osteotomy (mainly Le Fort I osteotomy or bilateral sagittal split osteotomy of the mandibular ramus - BSSO), ostectomy or distraction osteogenesis are performed to correct the orthognatic deformities. Osteosynthetic materials based on titanium or bioresorbable materials are used in the form of miniplates with monocortical screws, or bicortical screws are utilized to fix the bony fragments.

Stability of the new jaws position is the main criterion for success. Relapse causes a loss of occlusion and consequently functional and aesthetic disorders. Relapse consists of skeletal and dental factors. Skeletal relapse is usually divided into early and long-term relapse.

BSSO with counter-clockwise (CCW) rotation of the occlusal plane alone was traditionally considered to be the least stable treatment method. Some authors suggest the use of two miniplates on each side of the osteotomy, but we have not found scientific proof of the benefits of this fixation.

We designed a study to compare early vertical and transversal stability of a simple mandibular advancement (group A), mandibular advancement with (CCW) stabilized with one miniplate (group B) and two miniplates (group C) on minipig mandibles. Two miniplates significantly increased resistance to vertical bite forces. On a 100-N load, a dislocation of 0.53 mm was achieved in group A; 0.46 mm in group B; and only 0.23 mm in group C. In transversal direction on a 100-N load, a dislocation of -0,04 mm was achieved in group A; 0.04 mm in group B; and only -0.02 mm in group C. The results of transversal displacement were not statistically significant probably due to 3 cases of extreme dislocation. The increase of transversal stability is crucial in long-term relapse prevention. The use of two miniplates in larger shifts increases the stability in the vertical direction.

Key words: orthognatic surgery, anterior open bite, stability, relaps, fixation, distraction osteogenesis, mandibular ramus sagittal split osteotomy, BSSO, mandibular advancement, counter-clockwise rotation, miniplate, pig mandible

Shrnutí závěrů práce

Práce postihuje problematiku stability osteosyntézy po sagitální osteotomii větve dolní čelisti. Teoretická část práce popisuje rozdělení jednotlivých obličejových vad a podrobně rozebírá možnosti léčby otevřeného skusu, která je z hlediska stability v ortognátní chirurgii nejproblematictější. Dále se zabývá jednotlivými faktory ovlivňujícími relaps a možnostmi fixace osteotomie.

Experimentální část zkoumá časnou stabilitu osteosyntézy sagitální osteotomie dolní čelisti s předsunutím distálního fragmentu a s předsunutím kombinovaným s counter-clockwise (CCW) rotací. Tento postup je využíván při léčbě anteriorně otevřeného skusu.

Cílem experimentu bylo zjistit, zda změna vektoru sil působícího na minidlahy po CCW rotaci způsobí signifikantně nižší stabilitu osteosyntézy a zda použití dvou minidlah výrazně zvýší stabilitu osteosyntézy ve vertikálním a transverzálním směru. Dalším úkolem bylo sledovat vliv dvou minidlah na transverzální dislokaci hlavice temporomandibulárního kloubu. Tato dislokace je jednou z příčin pozdního relapsu.

Změna vektoru sil působícího na minidlahy po CCW rotaci na modelu in vitro, který nezahrnoval působení suprahyoidních svalů, nebyla přímou příčinou nižší stability counter-clockwise rotace. Použití dvou minidlah signifikantně zvýšilo stabilitu fixace ve vertikálním směru. Dvě minidlahy zajistily též vyšší odolnost vůči transversální dislokaci, ale výsledky nebyly statisticky signifikantní. Přítomnost druhé minidlahy v několika případech způsobila transverzální dislokaci proximálního fragmentu, která se při zatěžování jen zvětšovala.

Transverzální dislokace je jednou z příčin pozdního relapsu, neboť vyvolává resorpci hlavice temporomandibulárního kloubu. Při fixaci fragmentů je nutno dbát na pasivní usazení proximálního fragmentu.

Použití 2 minidlah je vhodné ve všech klinických případech, kdy dochází k většímu posunu fragmentů, očekáváme prodlouženou dobu hojení a potřebujeme tedy zajistit dostatečnou stabilitu i v pozdních fázích vyzrávání kosti

1. Úvod

Ortogonátní chirurgie je jedním z podoborů maxilofaciální chirurgie. Zabývá se nápravou vrozených i získaných dentoalveolárních a skeletálních vad obličeje. Obnovuje tak či výrazně zlepšuje funkci stomatognátního aparátu, a to ve smyslu dosažení stabilní okluze a funkce [1], i (mnohdy výrazným) zlepšením estetiky obličeje [2]. V některých případech mohou být techniky a přístupy známé z tohoto oboru použity i při resekcích nádorů, v traumatologii nebo např. v léčbě obstrukčního spánkového apnoického syndromu [3-5].

Obecně se ke korekci vad používají metody známé z ortopedie jako osteotomie, ostektomie a distrakční osteogeneze. K fixaci kostních fragmentů se stejně jako v ortopedii používá nejčastěji osteosyntetický materiál na bázi titanu nebo vstřebatelné materiály, dříve využívaná osteosutura drátem je dnes spíše výjimkou.

V současné době jsou pacienti se skeletální vadou obličeje léčeni v rámci multidisciplinárních týmů. Maxilofaciální chirurgové spolupracují velmi úzce především s ortodontisty, dále s praktickými zubními lékaři, anesteziology, fyzioterapeuty, pedostomatology, protetiky, genetiky, interními lékaři, neurology, revmatology, pediatry, otolaryngology, foniatry a dle potřeby i dalšími specialisty.

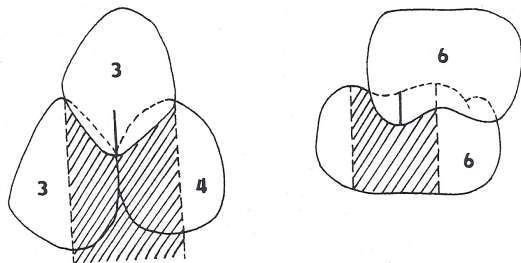
Úzká spolupráce s ortodontisty spočívá především v diagnóze skeletální vady, v předoperační přípravě pacienta tzv. dekompenzací zubních oblouků pomocí fixních aparátů a v pooperačním doléčení – finishingu.

1.1. Vady obličejového skeletu

V naprosté většině případů se vady obličejového skeletu projeví vadným postavením dolního a horního zubního oblouku, klinicky hovoříme o vadě skusu.

1.1.1. Dentální vady

Vzájemný vztah zubních oblouků je možno popisovat mnoho způsoby. Nejpřehlednější a dodnes celosvětově používanou klasifikaci zavedl **Angle** [6]. Podle vzájemného vztahu prvních molárů nebo špičáků rozdělil vady skusu do 3 možných tříd. *Obr. 1*

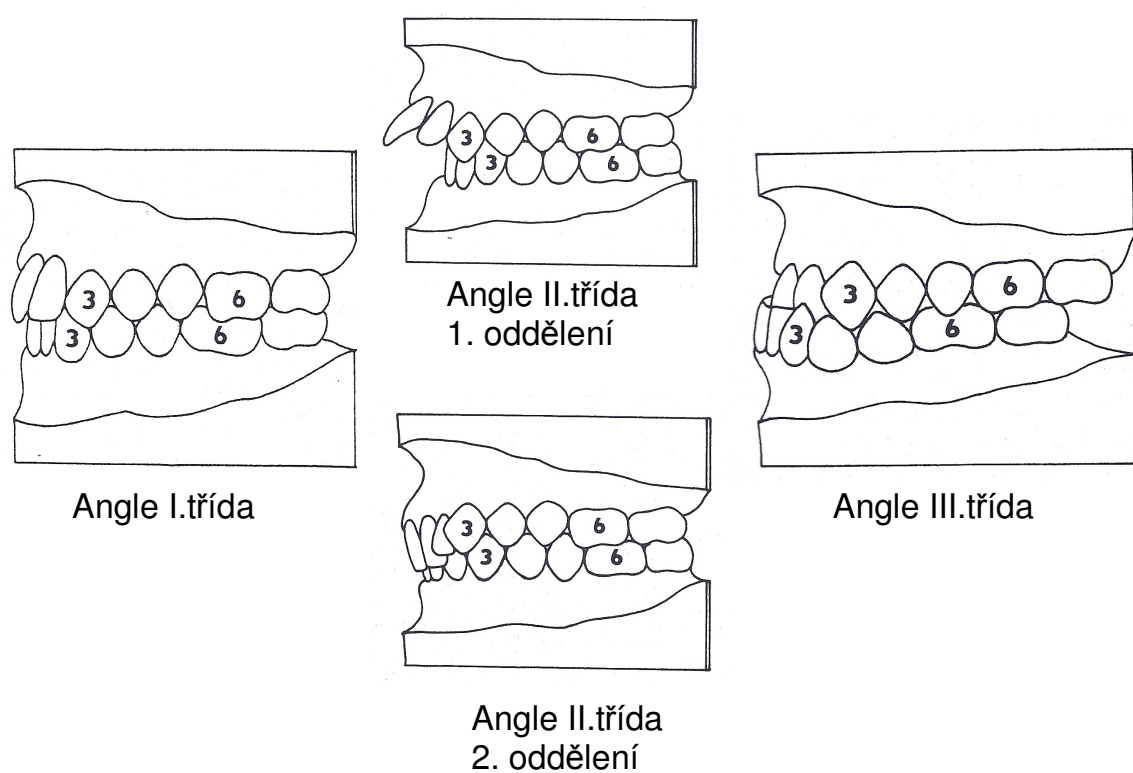


Obr. 1: Klíč ke stanovení okluze dle Angela (Převzato z: Kamínek M. Štefková M. Ortodoncie I. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2001, str. 21)

U **I. třídy**, tzv. normookluze nacházíme při maximální interkuspidaci projekci horního špičáku mezi dolní špičák a premolár a dále meziobukální hrbolek horního prvního moláru mezi meziobukálním a distobukálním hrbolkem moláru dolního. *Obr. 2*

II. třída, tedy distookluze je charakterizována relativním posunutím dolního zubního oblouku dorsálně oproti normě I. třídy. Rozlišujeme v ní 2 oddělení. U 1. oddělení jsou horní řezáky v protruzi. U 2.oddělení jsou horní střední řezáky v retruzi, laterální řezáky mohou být v protruzi i retruzi a vada je obvykle kombinována s hlubokým skusem. *Obr. 2*

V Anglově **III. třídě**, meziokluzi, nacházíme relativní posunutí dolního zubního oblouku ventrálně. Důsledkem je obrácený skus nebo skus hrana na hranu v oblasti řezáků. *Obr. 2*



Obr. 2: Okluze dle Angela (Převzato z: Kamínek M. Štefková M. Ortodontie I. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2001, str. 21-24)

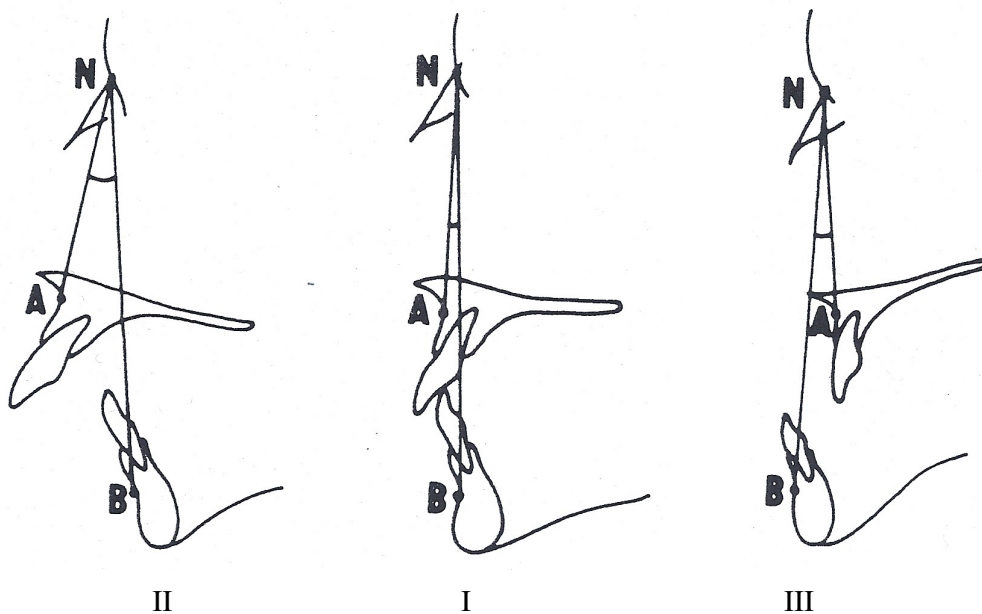
Angelova klasifikace mluví pouze o ventrodorzálním vztahu zubních oblouků. Vada skusu ale může mít svoji složku horizontální a stranovou. Mezi nejčastější horizontální odchylky patří **hluboký skus**, u kterého dochází k většímu překrývání řezáků a dále **otevřený skus**, kde nacházíme při maximální interkuspidaci vertikální mezeru mezi skupinami minimálně dvou sousedních zubů. Otevřený skus se vyskytuje jak v oblasti frontální, tak v oblasti laterální. Z transverzálního pohledu patří mezi nejčastější vady **zkřížený skus** charakterizovaný pozicí bukalních hrbolků horních zubů mezi bukalními a lingválními hrbolky dolních zubů,

v extrémním případě pak hovoříme o laterální nonokluzi.

Doposud popsané odchylky ve vztahu zubních oblouků, které lze zjistit pomocí klinického vyšetření, mohou být výsledkem pouze špatného postavení jednotlivých zubů. V tom případě hovoříme o ortodontických vadách dentálních.

1.1.2. Skeletální vady

U části pacientů je však tento stav zapříčiněn špatným postavením skeletální báze jedné nebo obou čelistí. Tyto vady pak definujeme jako vady skeletální. Jsou podmíněny odchylkou ve velikosti a ve vzájemném vztahu mandibuly a maxily a to jak vůči sobě navzájem, tak i vzhledem k bázi lební [6]. Tradiční diagnostickou metodou vhodnou k určování skeletálních i dentálních vztahů je telorentgenový snímek nazývaný v zahraniční literatuře laterální cefalogram. Dle ventro-dorzálního vztahu čelistí na něm určujeme **I., II. a III. skeletální třídu**. Existuje mnoho různých analýz k zařazení do skeletálních tříd. K nejčastěji používaným kritériím patří hodnota **úhlu ANB**. Bod A představuje nejzadnější bod na přední komisuře horního alveolárního výběžku, N (nasion) bod nejvíce vpředu na frontonazální sutuře a bod B nejzadnější bod na přední komisuře dolního alveolárního výběžku. *Obr. 3*



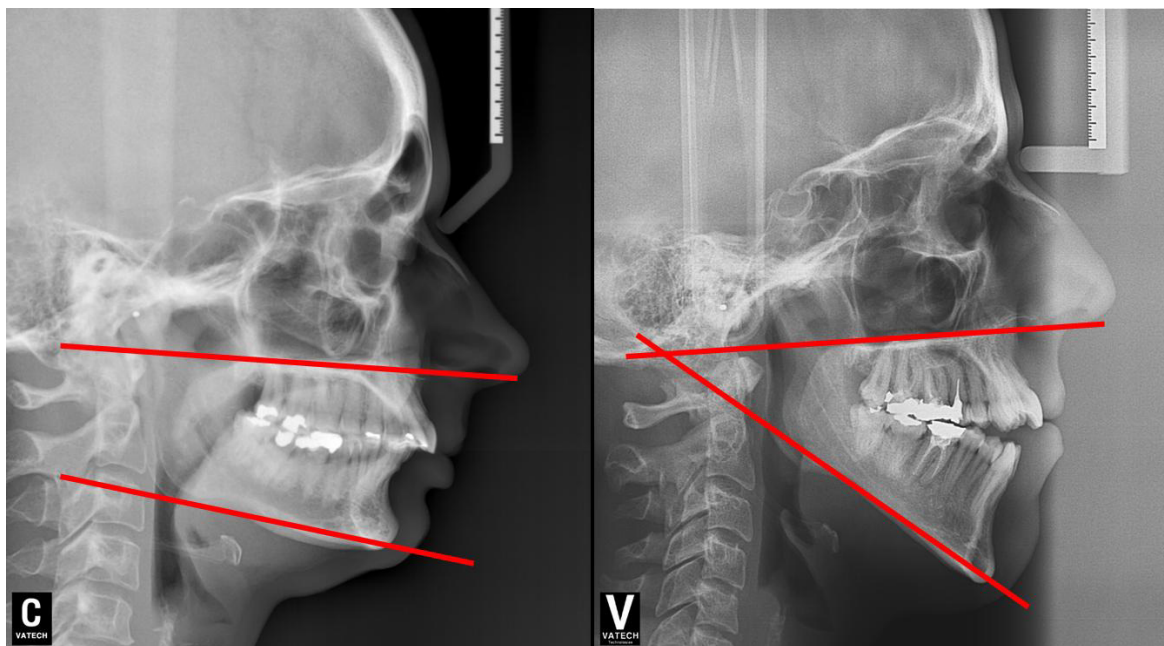
Obr. 3: Poloha maxily a mandibuly u I, II a III skeletální třídy. (Převzato z: Kamínek M. Štefková M. Ortonocie I. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2001, str. 27)

Za normu považujeme I. skeletální třídu, u které se hodnota úhlu ANB pohybuje v rozmezí -1° až 5° . II. skeletální třída je charakterizována polohou dolní čelisti relativně dorzálně oproti čelisti horní, ANB je větší než $+5$. Příčinou může být větší horní čelist, menší dolní čelist či kombinace obojího. U III. skeletální třídy nacházíme dolní čelist relativně

ventrálně oproti horní. Hodnota ANB je menší než -1° . Stav může být opět způsoben větší dolní čelistí, menší horní čelistí nebo kombinací obou.

Druhým často používaným rozměrem je hodnota **WITS** (zkráceně podle názvu univerzity v Witwatersran v Africe) [6]. WITS vyjadřuje hodnotu vzdálenosti mezi kolmicemi z bodu A a bodu B spuštěnými na okluzní linii. Okluzní linie je definována jako spojnice v polovině výšky incizních hran horních a dolních řezáků s meziálními hrbolky dolních prvních stálých molárů. Za normální je považována hodnota WITS mezi -2 až $+2$ mm. Hodnoty více záporné nasvědčují pro III. skeletální třídu, naopak hodnoty větší než 2 značí II. skeletální třídu. Zvláště u pacientů s velkým mandibulárním úhlem jsou patrné značné rozdíly při hodnocení skeletální třídy dle úhlu ANB a dle WITS [7]. Při plánování terapie je proto nutné zohlednit komplexní vyšetření pacienta (viz dále).

Z vertikálního pohledu můžeme nalézt dvě základní skupiny odchylek. U **skeletálně hlubokého skusu** svírají rovina patra a rovina dolní hrany mandibuly relativně malý úhel a naopak u **skeletálně otevřeného skusu** je tento úhel velký. *Obr. 4*



Obr. 4: Telerentgen pacienta se skeletálně hlubokým (C), a otevřeným (V) skusem. Čáry naznačují rovinu patra a dolní hrany mandibuly.

Při pohledu en face se můžeme setkat s **laterogenií**, u které dochází k nepoměru růstu obou polovin mandibuly. Na horní čelisti bývá tato vada často kombinována s odklonem maxily od horizontály. Alveolární výběžek se tak na jedné straně dostává níže než na straně druhé. Mezi další skeletální odchylky obličejového skeletu řešitelné ortognátní chirurgií patří rotace maxily, komprese maxily či mandibuly a samozřejmě kombinace výše zmíněných vad.

Všechny uvedené stavy jsou charakterizovány různými druhy úhlových nebo velikostních odchylek při zachování standardní anatomické skladby, nazýváme je proto **obličejové vady**. Naproti nim stojí skupina vrozených stavů, které se klinicky mohou projevat stejně, ale mimo velikostních odchylek chybí standardní anatomické uspořádání. Hovoříme proto o **obličejových anomáliích**, mezi které patří např. vady na podkladě vrozených syndromů nebo například cheilognathopalatoschisis.

1.1.2.a. Klasifikace skeletálních vad dle Obwegesera

Vzhledem ke komplikovanosti obličejových vad a existenci mnoha různých terminologií navrhl v roce 1993 Obwegeser [8] přehlednou klasifikaci, která má za cíl zjednodušit komunikaci mezi jednotlivými odborníky. Vychází z příčiny skeletální vady a napovídá tak, v které části obličeje je nutno provést korekci.

Jako normální obličej definuje ten, který je dle pacienta i chirurga v harmonickém vztahu k celému habitu pacienta. **Normomaxilismem** nazývá stav s normální šířkou, délkou a pozicí báze maxily vůči ostatnímu obličejovému skeletu, stejný stav dolní čelisti označuje jako **normomandibulismus**. O **normogenismu** mluví v případě správné projekce brady co se týče šířky, výšky a pozice vůči mandibule i zbytku obličeje.

Z maxilárních abnormalit rozlišuje **retromaxilismus** s bází horní čelistí postavenou relativně vzadu, **antemaxilismus** v případě, kdy se nachází relativně vpředu. U **micromaxilismu** popisuje zmenšení maxilární báze co do její délky i šířky, u **macromaxilismu** naopak zvětšení ve všech směrech. U **maxilární asymetrie** je horní čelist v délce a šířce nesymetrická, příkladem může být hemifaciální mikrosomie. U **laretomaxilismu** je horní čelist normálních rozměrů posunuta laterálně, v případě maxilární rotace je otočena oproti bázi lebni v mediolaterálním směru.

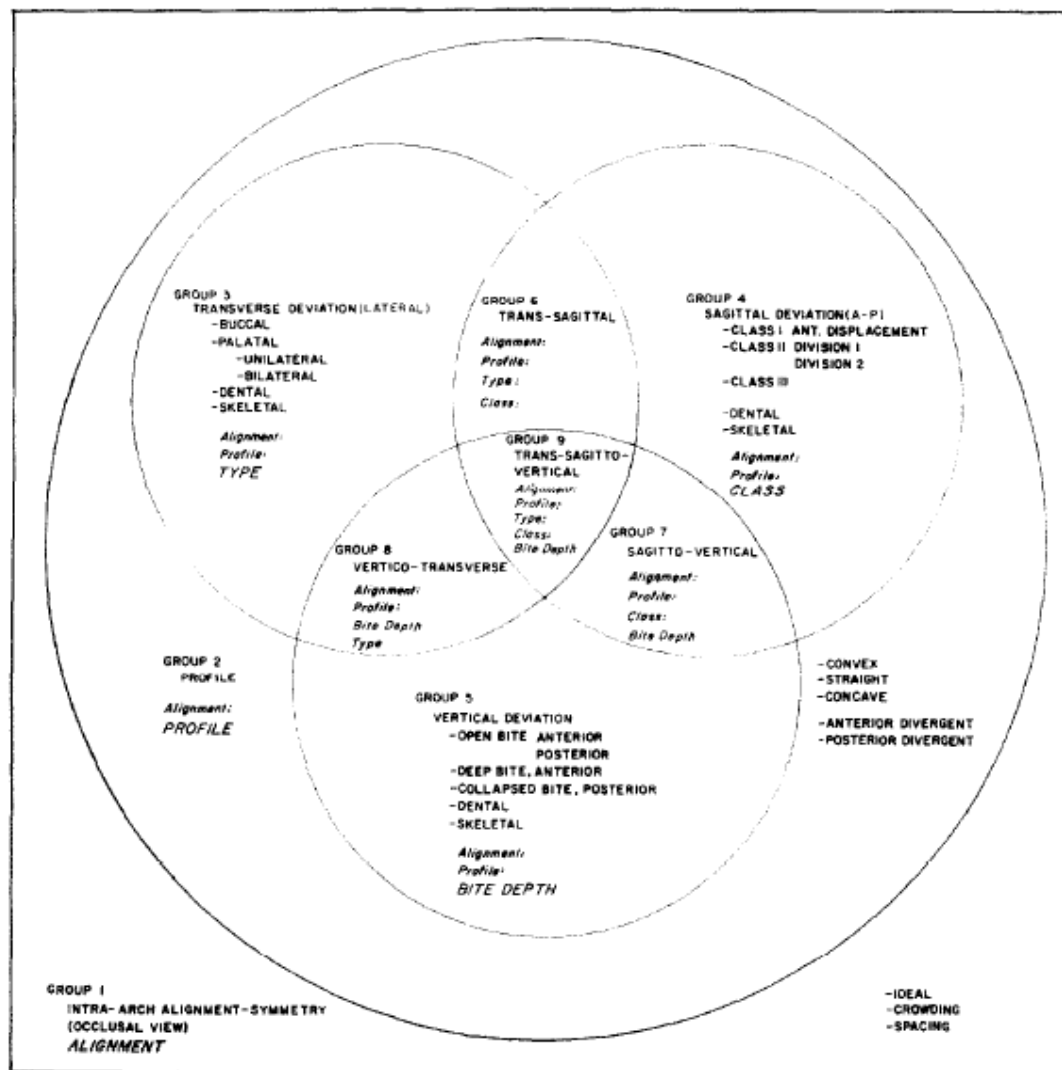
Retromandibulismus znamená posunutí těla mandibuly posteriorně, u **antemandibulismu** anteriorně. Oproti tomu u **micromandibulismu** popisuje zmenšení mandibuly ve všech směrech, stejně tak jako zvětšení v případě **makromandibulismu**. U **mandibulární asymetrie** si neodpovídají obě poloviny mandibuly, u **lateromandibulismu** je báze mandibuly posunuta na jednu stranu, ale obě poloviny jsou stejně velké.

Stejným způsobem je popsáno zvětšení, zmenšení a asymetrie brady a také alveolárních výběžků a jejich pozice vůči bázím čelistí. Diskrepance mezi bází maxily a mandibuly nazývá **dlouhým nebo krátkým obličejem**. Dle příčiny je opět rozděluje na maxilárně dlouhý/krátký obličej v případě prodloužené/zkrácené maxilární báze, horního alveolárního výběžku a nebo obou. V případě, že je za odchylku odpovědná zvětšená/zmenšená mandibula a/nebo dolní alveolární báze, používá název mandibulárně dlouhý/krátký obličej. Pokud při maximální okluzi

zůstává vertikální mezera mezi zuby, používá se název **otevřený skus**, který se dle lokalizace dělí na anteriorní, posteriorní a laterální (pokud se nedotýkají zuby na jedné straně) a dále na maxilární či mandibulární podle toho, který alveolární výběžek není ve správné pozici.

1.1.2.b. Klasifikace skeletálních vad dle Ackermana a Proffita

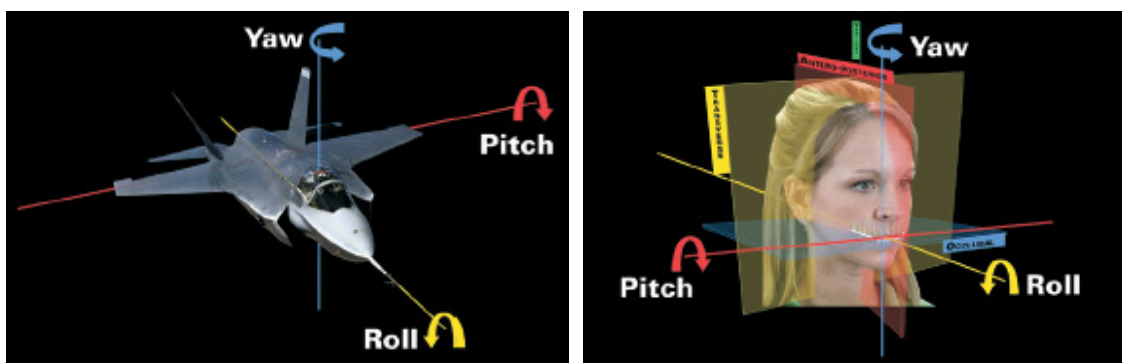
Ještě dále šli ve specifikaci možných vad američtí autoři Ackerman a Proffit, kteří již v 60 letech 20. století vytvořili systém pětistupňové klasifikace pomocí které byli schopni popsat veškeré eventuality obličejových vad [9]. *Obr. 5*



Obr. 5: Klasifikace malokluze dle systému navrženého Ackermanem a Proffitem. Skupina (group) 1-5 odpovídá jednotlivým krokům klasifikace. Skupiny 6-9 reprezentují kombinace různých vad, které lze popsat opět pouze pomocí 5 základních kritérií. (Převzato z: Ackerman JL, Proffit WR. The characteristics of malocclusion: a modern approach to classification and diagnosis. Am J Orthod, 1969, 56:443-454.)

První stupeň rozlišuje postavení a symetrii zubů v zubních obloucích („**alignment**“) a dělí ho na ideální, s mezerami či se stěsnáním. Protože vada skusu ovlivňuje profil („**profile**“), popisují ho autoři v druhém kroku klasifikace, a to jako anteriorně divergentní (u prominující mandibuly) nebo posteriorně divergentní (v případě ustupující mandibuly). Dále se zaměřují na postavení rtů vzhledem k nosu a bradě a rozlišují pozici konvexní (prominující rty), rovnou nebo konkávní. Třetím pilířem klasifikace („**type**“) je bukolingvální vztah zubů horního a dolního zubního oblouku a popisují různé typy zkříženého skusu. Rozlišují příčinu dentální, skeletální a kombinaci obou. Za čtvrté hodnotí anterioposteriorní vztah zubních oblouků („**class**“) a využívají Angelovy klasifikace. Podle laterálního cefalogramu opět určují, zda se jedná o skeletální, dentoalveolární nebo kombinovanou vadu. Pátým, posledním bodem klasifikace je určení hloubky skusu („**bite depth**“), konkrétně zda se jedná o anteriorně otevřený skus, posteriorně otevřený skus, posteriorně kolabovaný skus či hluboký skus nebo zda patologie není přítomna. Kombinací těchto pěti klasifikačních kroků byli autoři schopni popsat veškeré ortodontické vady i jejich prolínání.

Mezitím co v době vzniku původní klasifikace se za cíl ortodontické léčby považovalo srovnání zubů, dnes musí mít ortodontista výrazně více na paměti celkovou harmonii obličeje, měkkých i tvrdých tkání. Původní klasifikace není dostačující. Stejní autoři proto zavedli další kritéria k diagnostice malokluze [10]. Za zásadní považují zhodnocení tzv. estetické křivky dentice (the esthetic line of the dentition), kterou definují jako spojnicí vestibulárních povrchů zubů horní čelisti. K popisu průběhu této křivky používají termíny využívané k popisu orientace letadla v prostoru: „pitch, roll, yaw“. Obr. 6



Obr. 6: Termíny používané v současné ortodoncii k popisu rotace hlavy, čelistí i zubních oblouků odpovídají termínům používaným při řízení letadla. (Převzato z: Ackerman JL, Proffit WR, Sarver DM, Ackerman MB, Kean MR. Pitch, roll, and yaw: describing the spatial orientation of dentofacial traits. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2007, 131:305-310.)

Termín „**pitch**“ popisuje sklon maxily ve směru předozadním, při hodnocení laterálního cefalogramu mu odpovídá sklon okluzní roviny. Z hlediska klinického popisuje kraniokaudální pozici horních zubů vzhledem k rtům a tvářím. „**Roll**“ znamená orientaci estetické linie vůči linii

spojující oba ústní koutky. Za normu se považuje paralelní průběh. Erudovaný stomatolog je aspekci schopen rozeznat rozdíl o 1mm, laici většinou až rozdíl o 3mm [11]. Klinicky hodnotíme paralelitu estetické křivky k bipupilární linii. „Yaw“ vyjadřuje rotaci maxily kolem pomyslné vertikální osy a projeví se posunem střední čáry zubů do strany. Klinicky je potřeba odlišit „yaw“ od prostého posunu zubů, způsobeného například jednostranným stěsnáním nebo chyběním zubů. Kromě klinického vyšetření, modelů chrupu a 2D RTG zaujímá v poslední době důležitou roli i tzv. **Cone beam CT (CB-CT)**, tedy rentgenové vyšetření schopné vytvořit 3D obraz obličejového skeletu a měkkých tkání, pomocí kterého lze hodnotit zmíněné odchylky skeletu i postavení zubů výrazně přesněji.

1.1.3. Dentoalveolární kompenzační mechanismus

Vzájemnou polohu zubních oblouků ovlivňuje dále i dentoalveolární kompenzační mechanismus [6]. Rozumíme jím soubor funkčních vlivů, které jsou zodpovědné za co optimální vztah zubních oblouků jak u lidí bez skeletální vady, tak u lidí se skeletálními odchylkami. Ve směru sagitálním je kompenzován nepoměr čelistí pomocí sklonu dolních řezáků a horních alveolárních výběžků. Nápadně je toto vidět na příkladu retruze dolních řezáků u pacientů s progenií. *Obr. 7* Ke transverzální kompenzaci dochází lingválním sklonem laterálních zubů dolní čelisti a v horní čelisti větším či menším sklonem laterálních zubů vestibulárně. Je-li nepoměr mezi malou šířkou horní čelisti a velkou bází dolní čelisti natolik velký, že není možno dosáhnout normální okluze, vzniká spontánně zkřížený skus. Ve směru vertikálním kompenzuje vztah mezi bázemi čelistí výška alveolárních výběžků. *Obr. 7*



Obr. 7: Dentoalveolární kompenzační mechanismus u pacienta s progenií a zúženou maxilou. Dochází ke zkříženému skusu a retruzi dolních řezáků.

Mezi faktory zodpovědné za dentoalveolární kompenzační mechanismus počítáme tlak jazyka, tváří a rtů, dále vliv artikulace antagonistů, kontaktu sousedních zubů a také tzv. normální erupční schopnost zubů. Ta je způsobena tahem šikmo probíhajících periodontálních vláken podmíněným kontrakcí kolagenu v průběhu jeho zrání [6].

U pacientů se skeletálními vadami dochází díky silám dentoalveolárního kompenzačního mechanismu k více či méně úspěšnému maskování vady. Mezitím co samostatná ortodontická monoterapie znamená podpořit dentoalveolární kompenzační mechanismus k dosažení nejlepší možné okluze, ortodontická příprava před ortognátní operací má cíl přesně obrácený. Úkolem ortodontisty je v každé čelisti zvláště postavit zuby ve všech třech rovinách tak, aby stály v co nejideálnějším postavení ke skeletální bázi čelistí a hmotě alveolární kosti, což vede v některých případech k přechodnému zhoršení skusu. Teprve po chirurgickém zákroku bude artikulace přesná. Konkrétně tato tzv. **dekompensace** zahrnuje odstranění rotací zubů, vyrovnaní jejich sklonů, upravení poměru zubní hmoty a čelistí, což v některých případech obnáší extrakce zubů či zábrusy šířky korunek. Dále v případě, kdy se neplánuje chirurgická úprava šířky skeletálních bází čelistí, je potřeba zajistit korespondující šířku horního a dolního zubního oblouku a také dosáhnout žádané anteroposteriorní a vertikální polohy řezáků. Těchto změn je ortodontista schopen dosáhnout pouze pomocí fixního ortodontického přístroje. Ortodontická příprava je dnes standardním požadavkem před každou ortognátní operací [12]. V posledních letech se však začíná uplatňovat i přístup obrácený, tzv. „**surgery first**“, u kterého je nejprve provedena ortognátní operace s již nasazenými fixními aparátky a pak následuje ortodontická léčba [13]. S výhodou ho lze použít u pacientů, u kterých je třeba provést pouze minimální ortodontickou přípravu. Konkrétně se jedná o situace s malým stěsnáním ve frontálním úseku, s rovnou nebo pouze lehce prohloubenou Speeovou křivkou a s nevýraznými vestibulárními nebo orálními sklony řezáků. Tento přístup je využitelný ale i v případech, kdy je nutná výraznější dekompenzace. Speciálně z něj profitují pacienti s těžkou progenií, u kterých předoperační dekompenzace díky zvětšení podkusu výrazně zhorší estetiku obličeje i ztíží příjem potravy. Kromě estetiky je výhodou tohoto přístupu výrazné zkrácení doby ortodontické léčby pravděpodobně díky fenoménu lokálního zrychlení metabolismu kosti (viz dále) a zřejmě i díky vyloučení nepříznivého tlaku měkkých tkání [14]. *Obr. 8* Přístup „surgery first“ je však v porovnání s klasickým postupem náročnější z hlediska ortodontického plánování. Ortodontista musí dopředu určit, do jakého skusu mají být čelisti při operaci postaveny, aby bylo po dokončení ortodontické léčby dosaženo optimální okluze. Zohledňuje tedy někdy výrazné ortodontické posuny plánované až pooperačně.



Obr. 8: Předoperační (vlevo) a pooperační (vpravo) foto pacientky léčené přístupem „surgery first“.

1. 2. Otevřený skus a jeho léčba

Otevřený skus je jednou z možných vad skusu, která má široké možnosti terapie. Chirurgickou léčbou otevřeného skusu se zabývá experimentální část práce, proto tuto vadu popisujeme podrobně.

1.2.1. Příčiny vzniku otevřeného skusu

Otevřený skus vzniká v důsledku nepříznivé růstové rotace čelistí a/nebo nadměrnou erupcí laterálních úseků chrupu, která může být způsobena velkým množstvím různých etiologických faktorů. Dědičnost zapříčiňuje chybný růst, konkrétně menší růst větve čelisti způsobující posteriorotaci mandibuly. Dále také nedostatečný růst střední jámy lebni, která je pak vzhledem k přední jámě uložena výše a výše se tak dostává i temporomandibulární kloub. I při normálním tvaru mandibuly tak dochází k rotaci mandibuly a otevření skusu. Příčinou může být i nedostatečný vertikální růst alveolárního výběžku ve frontální oblasti. Z prenatálních faktorů jmenujme například působení teratogenů. V době postnatální ovlivňují vývoj čelistí zlovyky (dumláním dudlíku, prstů, tváře, déle než 6 hod denně), funkce jazyka (makroglosie nebo atypické polykání s protlačováním jazyka, které samo vadu nezpůsobuje, ale udržuje). Také ústní dýchání při obstrukci horních dýchacích cest způsobené adenoidními vegetacemi, alergickou

rýmou nebo chronickými infekcemi dýchacích cest vyvolává změnu držení hlavy a oddálení čelistí. Jazyk tak přestává tlačit na patro, vzniká chabý retní uzávěr a protruze řezáků. Traumata obličejového skeletu v dětském věku způsobující narušení růstového centra mandibuly a tedy i vývoje dolní čelisti. Mezi další příčiny patří: svalová dysfunkce, hemimandibulární hypertrofie, rachitis, juvenilní revmatoidní arthritida postihující temporomandibulární kloub, degenerativní onemocnění kloubní hlavice TMK, idiopatická resorpce kloubní hlavice TMK, parodontitis nebo nechtěná extruze molárů a zvýšení skusu při ortodontické terapii [12,15-19].

1.2.2. Charakteristika a dělení otevřeného skusu

Klinicky se pacienti s frontálně otevřeným skusem vyznačují prodlouženou výškou dolní třetiny obličeje (tzv. **syndromem dlouhého obličeje** („long-face“)). Při maximální relaxaci často nacházíme mezeru mezi horním a dolním rtem (tzv. **insuficientní retní uzávěr**), horní ret bývá zkrácený a při dokousnutí horní řezáky nepřekrývají dolní (**overbite** – míra překusu řezáků, se pohybuje v negativních hodnotách) a bývá přítomen tzv. **gummy smile**, tedy výrazné odhalení dásní nad horními frontálními zuby při úsměvu. *Obr. 9* Častěji též vidíme stěsnání zubů v dolním frontálním úseku a zúženou maxilu [6,12,17-20].



Obr. 9.: Insuficientní retní uzávěr a gummy smile u pacientky s otevřeným skusem.

Při analýze kefalometrického snímku jsou za známky skeletálně otevřeného skusu nejčastěji označovány: krátká větev dolní čelisti spolu s velkým mandibulárním úhlem a vertikálním zvětšením postranní části horní čelisti nebo s její rotací směrem kaudálním. Okluzní roviny horní a dolní čelisti jsou vzájemně divergentní. Ve frontálním úseku jako součást dentální kompenzace naopak dochází k spontánní extruzi zubů a někdy též opět v rámci kompenzace ke zvýšení alveolárního výběžku [12,18].

Dle ventrodorzálního vztahu čelistí, tedy úhlu ANB, může být otevřený skus kombinovaný s I., II. nebo III. skeletální třídou. V případě kombinace s I. skeletální třídou nacházíme vertikální zvětšení maxily v laterálních úsecích, rotaci mandibuly po směru hodinových ručiček (tzv. clockwise), zvětšenou interlabiální mezeru a výraznější expozici horních řezáků, maxila je často zúžena. V některých případech může u III. skeletální třídy díky distorotaci mandibuly dojít k jejímu „zamaskování“ do třídy I. *Obr. 10*



Obr. 10: Anteriorně otevřený skus, I. skeletální třída

II. skeletální třída s otevřeným skusem se od I. liší sníženou výškou obličeje, zmenšenou mandibulou a retropozicí brady. Někdy dochází k posunu I. třídy do II. jen díky distorotaci mandibuly, když je jinak velikost mandibuly správná. Tato vada jeví nejvýraznější tendenci k pozdní recidivě vzhledem k největší tendenci k resorpci kloubní hlavice. *Obr. 11*



Obr. 11: Anteriorně otevřený skus, II. skeletální třída

III. skeletální třída se vyznačuje výrazně zvětšenou mandibulou v anterioposteriorním směru, která je někdy skryta opět díky distorotaci mandibuly. Maxila bývá zúžená a prodloužená na výšku hlavně v distálních partiích, kde dochází ke zkříženému skusu. Skus je v Anglově III. třídě [18]. *Obr. 12*



Obr. 12: Anteriorně otevřený skus, III. skeletální třída

1.2.3. Terapie otevřeného skusu

Terapie otevřeného skusu může probíhat buď jen ortodonticky nebo kombinovaně ortodonticko-chirurgicky. Z ortodontických metod, pomineme-li vestibulární clony a různé další aparátky využívané v dočasném a smíšeném chrupu, se nabízí:

1. ortodontická extruze frontálních zubů
2. extrakční terapie
3. intruze postranních zubů spojená s autorotací mandibuly

Ve spolupráci s chirurgem je možno provést:

4. intruzi postranních úseků po kortikotomii a aplikaci intruzních sil ke skeletální fixaci nejčastěji ve formě zygomatických závěsů podle metody popsané Sugawarou [21].
5. ortognátní operaci.

Při rozhodování o typu terapie musíme brát do úvahy několik kritérií. Za nejzásadnější lze považovat celkovou estetiku obličeje. U pacientů s výrazně **prodlouženou dolní třetinou** obličeje v kombinaci se skeletální vadou **II. nebo III. třídy nebo s laterogenií a/nebo sklonem okluzní roviny** při frontálním pohledu budeme volit terapii chirurgickou. Obr. 13

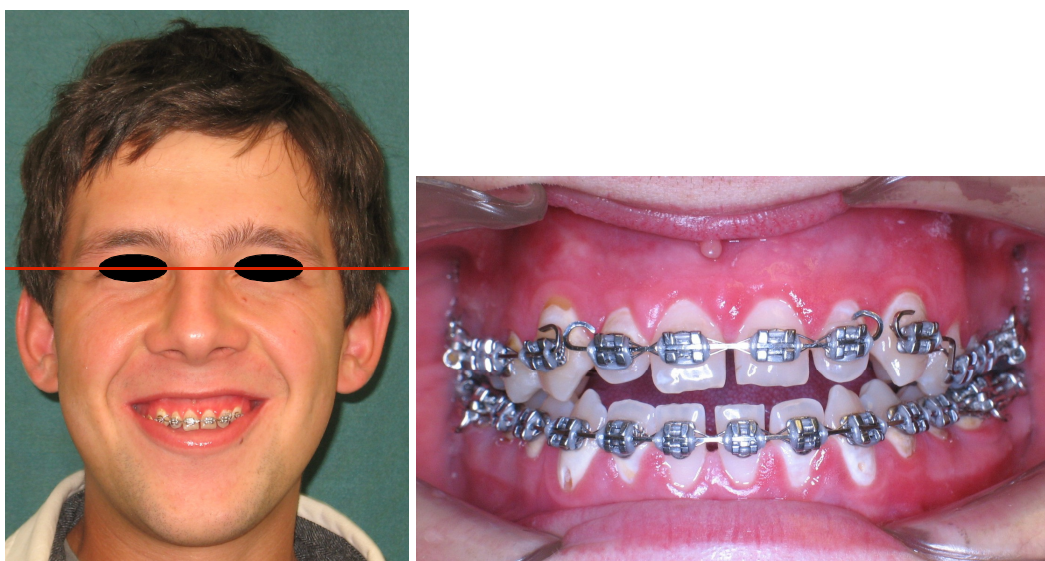


Obr. 13: Laterogenie je jednou z indikací k ortognátní operaci v terapii otevřeného skusu.

Naopak u pacientů, u kterých je dolní třetina obličeje prodloužena jen mírně a není přítomna jiná závažná skeletální vada, zvolíme postup spíše ortodontický.

Mezi další důležitá kritéria patří **expozice horních řezáků**. Za ideální považujeme stav, kdy při úsměvu vidíme celou korunku horních řezáků, případně ještě 2mm dásně nad ní. Tato hodnota je důležitá jednak v prevenci neestetické extruze horních řezáků k uzávěru otevřeného skusu a dále určuje vhodnost chirurgické intervence v případě výrazného **gummy smile**. Nedostatečnou expozici řezáků často spojenou s III skeletální třídou řešíme také chirurgicky.

S expozicí horních řezáků souvisí také **sklon okluzní roviny** v horní a dolní čelisti ve smyslu „roll“ [17]. Pokud je okluzní rovina horní čelisti a s ní spojená vertikální pozice horních řezáků nevyhovující, bude se terapie ubírat chirurgickým směrem. *Obr. 14*



Obr. 14: Výrazný gummy smile a sklon okluzní roviny ve smyslu „roll“ je indikací k chirurgické léčbě.

V úvahu bereme i **autorotaci mandibuly**. Při intruzi laterálního úseku dochází k autorotaci mandibuly a ve frontálním úseku tak k uzavírání skusu [22]. Vzhledem k tomuto pohybu se však dostává dopředu brada, což považujeme za výhodné u pacientů s II. skeletální třídou. Naopak u pacientů s III. skeletální třídou způsobuje autorotace zhoršení estetiky výsledného stavu.

Terapeutický přístup se také liší dle **věku pacienta**. U rostoucích pacientů je cílem terapie modifikovat růst pomocí kontroly prořezávání laterálních horních a pokud možno i dolních molárů. Doporučujeme proto rychlou maxilární expanzi za pomoci hyraxu k rozšíření maxily nebo také tonsilektomii a odstranění adenoidních vegetací ke změně dechových návyků.

Ortodontická extruze frontálních zubů je obecně pohyb málo stabilní, protože dochází k napínání periodontálních vláken, které táhnou zub zpět do lůžka. Extrakce premolárů a retruze horních frontálních zubů je indikována v pečlivě vybraných případech, u kterých retruzí

frontálních zubů dosáhneme estetického výsledku. V případě špatné indikace dochází ke ztrátě opory pro horní ret a obličej opticky „zestárne“ [11]. Princip uzávěru otevřeného skusu spočívá také v posunu laterálních zubů tvořících okluzní překážku meziálně do extrakční mezery. Při posunu je nutné zabránit současné extruzi. V době před maximálním růstovým spurtem, kdy ještě očekáváme spontánní extruzi laterálních zubů není tato metoda doporučována [23].

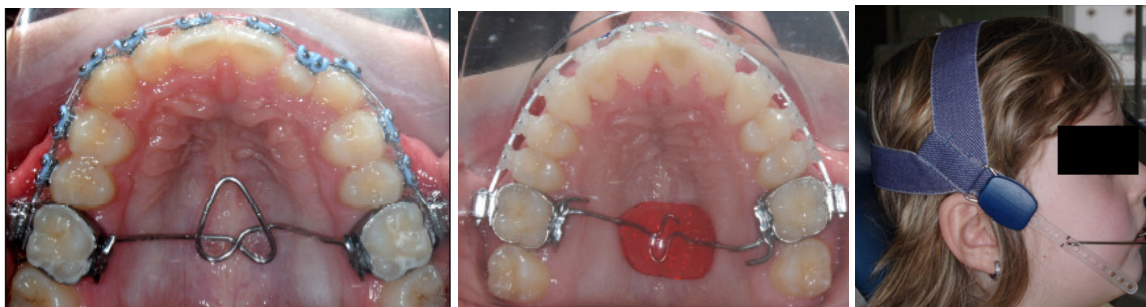
U pacientů dospělých máme jen dvě možnosti, používáme buď intruzi laterálních úseků nebo přistupujeme k chirurgické korekci.

1.2.3.a. Intruzní terapie

Intruzní terapií rozumíme pohyb zubu směrem do kosti, při kterém musí být splněny 3 základní podmínky. Jednak musí dojít k pohybu zubu, který je měřitelný k některé stabilní struktuře obličeje. Dále musí být definována velikost a směr ortodontické síly působící na zub a musí dojít k opravdovému zanoření zubu do kosti, nikoliv jen k nežádoucí resorpci kořene. Tato kritéria, stanovená Dellingerem již v r. 1967, byla ověřena experimentálně a histologicky na opicích Macaca [24]. Intruze je dnes rozdělována na tzv. relativní a pravou [17]. U relativní intruzí míníme jednak zadržování růstu molárů během vertikálního růstu laterálních úseků alveolárního výběžku při růstovém spurtu a také intruzi zubů spojenou s reciproční extruzí těch zubů, na kterých je kotven ortodontický aparát. Nově se zavedením skeletálních dočasných kotevních prvků můžeme dosáhnout i intruze pravé, která je využitelná v každém věku. Při intruzi laterálních úseků chrupu o 1 mm dosáhneme díky autorotačnímu pohybu mandibuly ve frontálním úseku uzavření otevřeného skusu o 3mm [22].

K vlastní intruzi mají ortodontisté velké množství různých technik.

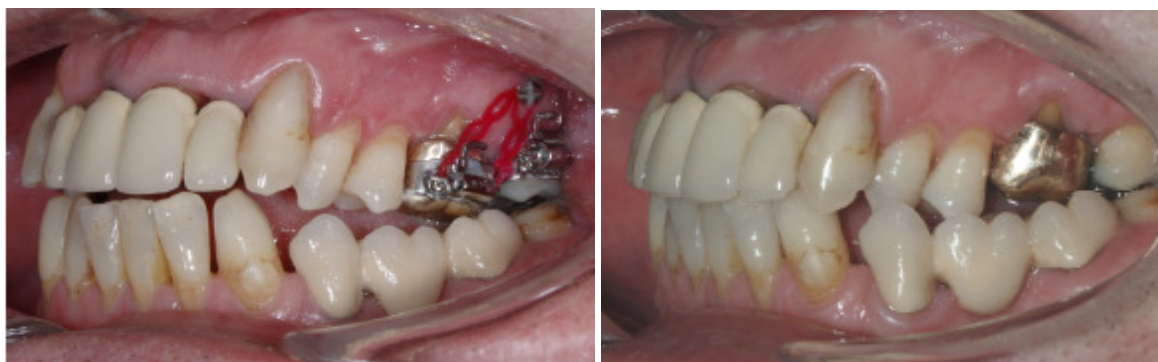
U rostoucích pacientů se jedná o **extraorální tahy**, které se připojují na nákusné dlahy na laterální zuby. Erupci molárů dokáží bránit **transpalatinální oblouky s plošným zásobníkem** – smyčkou z ortodontického drátu nebo **s intruzní destičkou** na patře. Přes kroužky je transpalatinální oblouk kotven na první horní moláry. Při pohybu jazyka dochází k tlačení na intruzní destičku či na plošný zásobník na patře a k přenosu této síly na zuby. *Obr. 15*



Obr. 15: Transpalatinální oblouky s plošným zásobníkem a extraorální tah. (Převzato z: Kučera J. Možnosti a indikace molárové intruze. Atestační práce. Stomatologická klinika ILF UK a VFN Praha: Karlova Univerzita, 2009:1-161.)

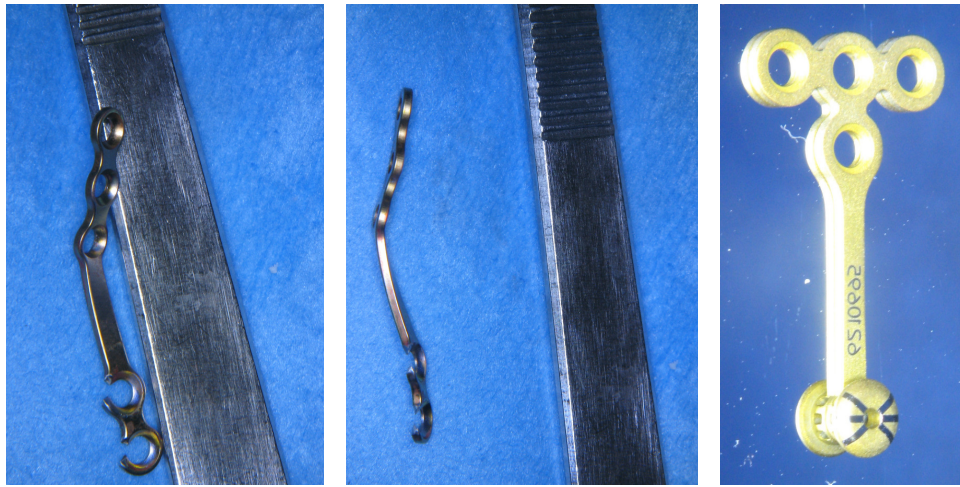
Další možností je využití nákusných dlah, které mohou být kombinovány s magnety či elastickými moduly.

Pravé intruze využitelné v terapii frontálně otevřeného skusu u dospělých dosahuje ortodontista pomocí dočasných kotevních prvků. Jedná se buď o **kotevní šrouby** zaváděné do kosti alveolárního výběžku nebo o **kotevních minidlahy** aplikované chirurgem [25]. *Obr. 16, 17, 18*

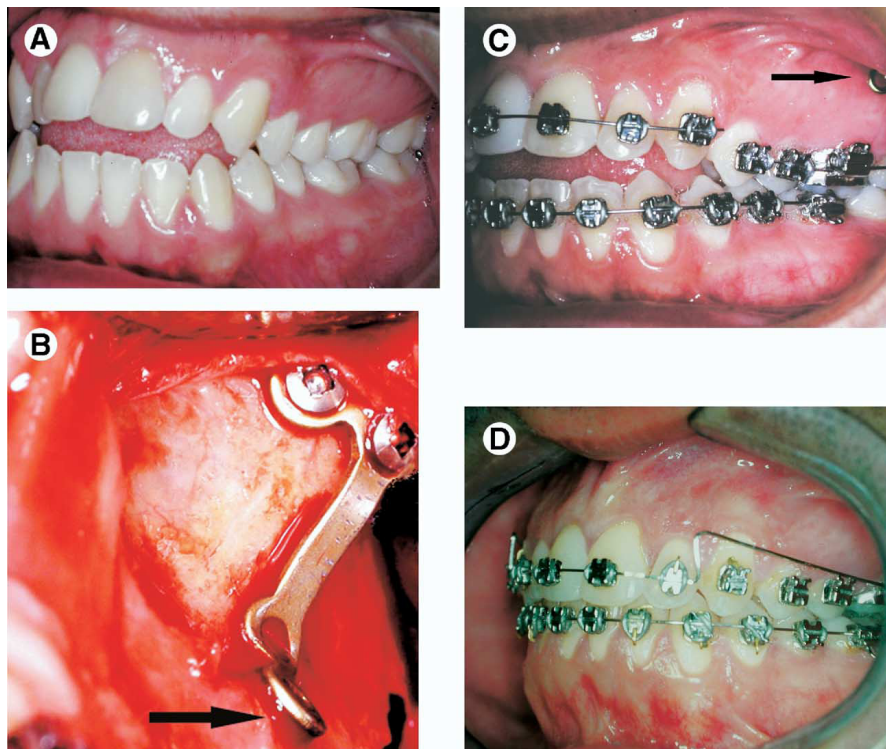


Obr. 16: Kotevní šrouby užitě k uzávěru otevřeného skusu pomocí molárové intruze. Na začátku terapie otevřeného skusu intruzí molárů za pomoci kotevního šroubu a stav po 5 měsících. (Převzato z: Kučera J. Možnosti a indikace molárové intruze. Atestační práce. Stomatologická klinika ILF UK a VFN Praha: Karlova Univerzita, 2009:1-161.)

Minidlahy nebo speciálně továrně vyráběné dlahy se využívají převážně v případech, kdy anatomické podmínky (*sinus maxilaris* nebo *canalis mandibulae*) neumožňují zavedení kotevního šroubu [17]. Nejčastěji se aplikují do oblasti těla kosti lící. Jedná se o výkon proveditelný v lokální anestézii, kdy se po odklopení mukoperiostálního laloku minidlahy adaptuje dle tvaru kosti a k ní přišroubuje. Jedno očko minidlahy nebo prefabrikovaný trn továrně vyráběné ortodontické dlahy pak po uzavření rány ční skrz sliznici do dutiny ústní a slouží k umístění ortodontických tahů, které se připevňují mezi minidlahu a zámky na zubech. Tato technika umožňuje pravou intruzi u dospělých jedinců a díky následné autorotaci mandibuly uzavření otevřeného skusu i v těch případech, kde dříve přicházela v úvahu jediné ortognátní chirurgie. Doba intruze molárů u dospělých jedinců trvá řádově měsíce [25].



Obr. 17: Kotevní minidlaha užívaný na našem pracovišti a továrně vyráběná dlaha k pravé intruzi



Obr. 18: Uzávěr otevřeného skusu pomocí intruze molárů s použitím kotevní minidlaha. (Převzato z: Sherwood and Burch. Miniplate Supported Orthodontic Anchorage. J Oral Maxillofac Surg 2005.)

1.2.3.b. Intruzní terapie s kortikotomiemi

Ke zkrácení ortodontické terapie se s velkou výhodou používají kortikotomie. Poprvé tuto metodu popsal Kole v r. 1959 [26-28], který přišel s myšlenkou (v dnešní době opět uznávanou – viz dále), že strukturou nejvíce bránící pohybu zubu je kortikální kost. Navrhl proto interdentální kortikotomie z vestibulární i lingvální/palatinální strany spolu s řezem vedeným

subapikálně. Předpokládal, že bude docházet k posunu celých kostních bloků, nikoliv zubů uprostřed kosti, zuby tak nebudou ohroženy resorpcí kořenů a dojde ke zkrácení ortodontické terapie i retenční fáze. Vzhledem k značné invazivnosti se metoda významněji nerozšířila [29].

V posledních letech Wilcko et al. [30] na základě CT studií tvrdí, že ke zrychlení ortodontické léčby po kortikotomiích dochází díky lokálnímu výraznému zrychlení procesu demineralizace/remineralizace kosti jako reakce na kostní trauma způsobené kortikotomií, nikoliv díky posunu uvolněných kostních bloků. Tento již dříve známý „regional acceleratory phenomenon (RAP)“ - **fenomén lokálního zrychlení metabolismu kosti** byl v případě kortikotomií potvrzen histologicky na modelu krysy [31]. V těsné blízkosti kortikotomie došlo k současnému extrémnímu nárůstu katabolických (resorpčních) a anabolických (neoformačních) procesů v periodonciu. Zvýšený kostní metabolismus byl však lokalizován jen do těsné blízkosti inzultu.

Wilcko et al. [32] na základě této teorie zavedli novou techniku nazývanou „Accelerated osteogenic orthodontics (AOO) technique“ – zrychlená osteogenická ortodoncie nebo „Periodontálně zrychlená osteogenická ortodoncie (PAOO)“. Spočívá v „kostní aktivaci“, tedy selektivních kortikotomiích, ostektomiích a zeslabením kosti nad kořenem v místě plánovaného pohybu, dále v augmentaci alveolárního výběžku kostním augmentačním materiálem a v ortodontické terapii. Léčba typicky probíhá ve spolupráci mezi ortodontistou a chirurgem. Začíná pečlivým naplánováním terapie, tedy určením, které zuby podstoupí kostní aktivaci, které budou sloužit ke kotvení a zda bude nutno využít dočasné kostní kotvící prvky (minišrouby nebo minidlahy), zvážením indikace extrakcí zubů, ortognátní chirurgie i protetických prací. Pohyb zubu se odehrává ve výrazně osteopenické kostní matrix. Fixní ortodontické aparátky se většinou nasazují v týdnu před operací a samotná ortodontická terapie se zahajuje ihned po chirurgickém výkonu. Kortikotomie je možné provést v lokální anestézii většinou v kombinaci s analgosedací. Výkon je zahájen odklopením mukoperiostálního laloku na vestibulární i lingvální/palatinální straně řezem vedeným marginálně. Následují vertikální nářezy kortikalis na vestibulární i palatinální/lingvální straně, které jsou apikálně od kořenů zubů spojeny vertikálním nářezem [29]. Cílem je vytvoření tenké vrstvy kosti (cca 1,5mm) u kořene zubu ve směru, kterým se zub má pohybovat. Kortikotomie jsou dále doplněny návrty do ostatních částí kortikalis tak, aby začala krváčet. Na takto připravenou kost se nanáší augmentační kostní materiál, který může být namočen do roztoku antibiotik nebo do plasy obohacené o krevní destičky [30]. Augmentační materiál může být tvořen 100% demineralizovaným za mrazu sušeným kostním alograftem (100% demineralized freeze-dried bone allograft (DFDBA)), jeho směsí s bovinní kostí nebo mineralizovaným za mrazu sušeným kostním alograftem [30]. Augmentační materiál je fixován ve správné pozici pomocí zpětně přiklopeného a nevstřebatelnými stehy přiřitého

mukoperiostálního laloku. Stehy se ponechávají 2-3 týdny. Po zahájení ortodontického pohybu se zuby pohybují skrze výrazně osteopenickou kost a posun je tak výrazně rychlejší. Po skončení posunu dochází ve zdravé kosti díky normálnímu hojení ke zpětné remineralizaci.

Metoda kortikotomií je často využívána k terapii stěsnání chrupu, ale byla popsána i v terapii otevřeného skusu. U dospělých pacientů je popisována k výraznému zrychlení terapie otevřeného skusu po extrakcích prvních premolárů u pacientů s bi-alveolární protruzí [33,34] a dále k intruzi laterálních úseků chrupu [21,34]. *Obr. 19*

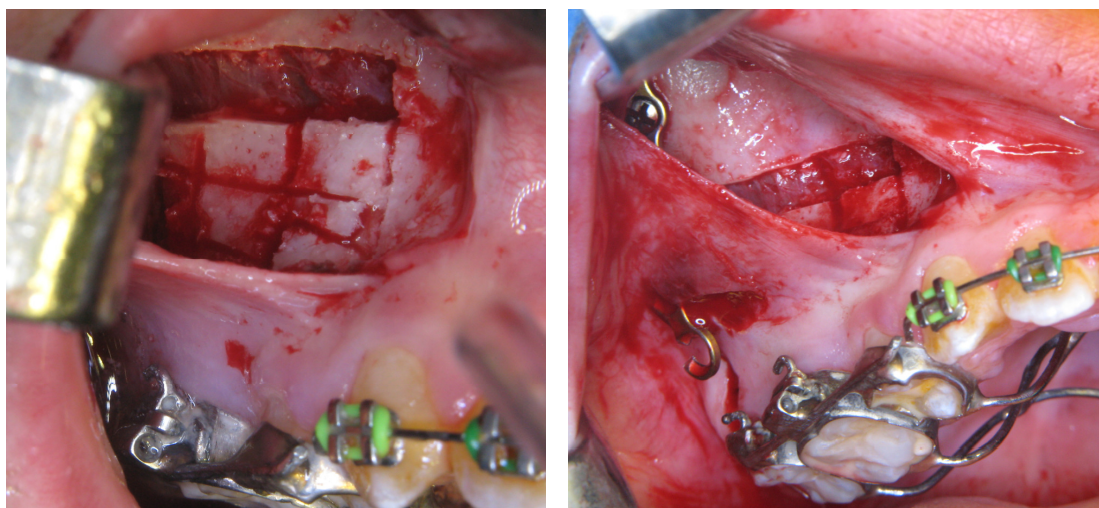


Obr. 19: Uzávěr otevřeného skusu pomocí kortikotomií technikou dle Wilcko. 1) předoperační snímky, 2) intraoperační snímky A+B palatinálně, C+D vestibulárně, 3) po dokončení ortodontické terapie. Převzato z: Ali S. Aljhania and Abdullah M. Aldreesb, The Saudi Dental Journal, Volume 23, Issue 2, April 2011, 99-106

Vedle klasické kortikotomie popsali italští autoři [35] jiný přístup **mikrochirurgické ortodoncie** využitelný nejvíce u dospělých pacientů. Vychází z klasického ortodontického pohybu, jehož principem je komprese periodontálních vláken ve směru pohybu zubu. Tato komprese vyvolává histologické a biomolekulární změny startující intraalveolární kostní resorpci

na straně pohybu zubu a naopak na opačné straně vede díky distrakci periodontálních vláken k apozici kosti. U dospělých pacientů je pohyb často výrazně zpomalován a někdy i znemožněn díky velké denzitě alveolární kosti. Zvyšování ortodontické síly nevede k nastartování plánované intraalveolární resorpce, ale k ischémii parodontálních vláken. Ta jsou pak organismem rozeznávána jako cizorodý materiál a zahajují proces extraalveolární resorpce, jehož největším rizikem je resorpce kořene zubu [36]. Jednou z možností jak obejít tento problém je tzv. mikrochirurgická ortodoncie popsaná Vercellottim et al. [35]. Spočívá v naříznutí kortikalis na straně pohybu zubu pomocí Piezosurgery (Mectron Medical Technology, Italy) – ultrazvukového mikrovibračního nástroje, který řeže selektivně tvrdé tkáně. Pomocí speciálních koncovek (OT8, OT3 Piezosurgery) vyřezává autor ploténku kortikalis na straně pohybu zubu odpovídající tvaru posunovaného kořene a ihned aplikuje ortodontickou sílu. Při pohybu zubu tak zcela odpadá komprese periodontálních vláken na straně pohybu, ale zůstává zachována distrakce parodontu na straně opačné. Postup je vhodný pro pacienty s výraznou resorpcí parodontu, zubního kořene, a také k urychlení ortodontické terapie. Autoři sami však nemají zkušenosti s jeho využitím k intruzi molárů k uzávěru otevřeného skusu [36].

Na našem pracovišti využíváme kombinaci obou přístupů právě k terapii pacientů s otevřeným skusem. Výše zmiňované kortikotomie provádíme pomocí ultrazvukového nože Piezosurgery na vestibulární straně alveolu a na *crista infrazygomatika* zavádíme minidlahu, která slouží k zachycení elastických tahů k intruzi. Kortikotomie doplňujeme odstraněním části vestibulární kompakty apikálně od kořene odpovídajícím výškou požadované intruzi. *Obr. 20*



Obr. 20: Kortikotomie a ektomie části kosti se zachováním Schneideriánské membrány pomocí Piezosurgery a kotevní minidlahy sloužící k molárove intruzi.

Historicky je tato metoda podobná ortognátní operaci dle Schucharda, která spočívala v oboustranné mobilizaci postranních částí maxily pomocí horizontálního řezu a oddělení

fragmentů od pterygoidních výběžků a v jejich kraniálním zasunutí. Schuchard prováděl operaci ve dvou dobách, nejprve z palatinálního přístupu a za 3-4 týdny ve stejném rozsahu z přístupu vestibulárního. Vzhledem k technické náročnosti se metoda moc nerozšířila. Častěji používaná se stala až Kufnerova modifikace, která pak spočívala v provedení operace v jedné době pouze z vestibulárního přístupu [37,38].

1.2.3.c. Ortognátní operace

V dnešní době v případě těžkého skeletálně otevřeného skusu, pokud není možné dosáhnout uspokojivého funkčního a estetického výsledku pouze pomocí ortodontické léčby, přistupujeme v případě zájmu pacienta ke kombinované ortodonticko-chirurgické intervenci [39].

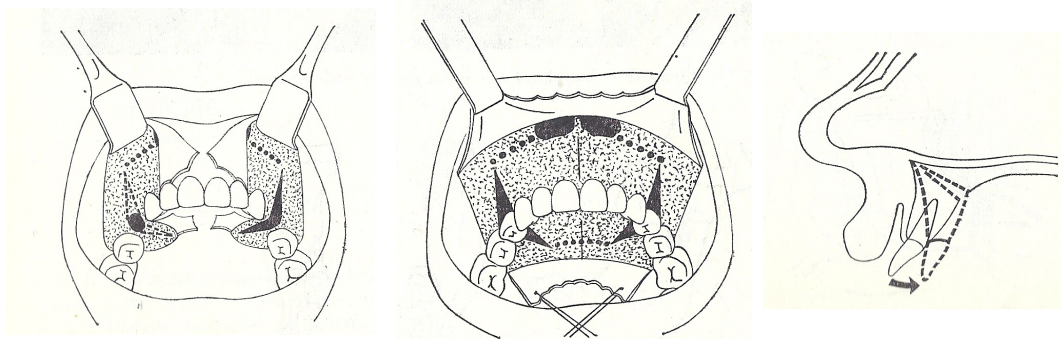
Ortodontická část léčby spočívá jednak v předlčení před operací, tzv. dekompenzací a následně v dokončení terapie po operaci. Ortodontista má za úkol upravit zubní oblouky v každé čelisti zvlášť do ideálního tvaru. V horní čelisti nachází buď jednu nebo 2 roviny okluze. V případě 2 rovin okluze nivelizuje zubní oblouky po segmentech, nejčastěji zvlášť laterální úseky a zvlášť zuby v premaxile. Operace maxily pak probíhá po segmentech. Druhým podstatným krokem je určení, zda v rámci ortodontické přípravy extrahovat či neextrahovat zuby. Rozhodnutí záleží jednak na eventuálním stěsnání zubů a vzájemném poměru zubní hmoty vzhledem k objemu alveolární kosti (jinak taky označované jako velikost apikální báze čelisti), a dále na vzájemném anterioposteriorním postavení frontálních zubů horní a dolní čelisti. V případě, že operace probíhá jen na maxile, bude vzájemné pooperační postavení řezáků ovlivněno též autorotací mandibuly.

Z chirurgického pohledu můžeme upravit skus a estetiku obličeje pomocí monomaxilární operace osteotomií v linii Le Fort I v jedné nebo více částech [40] se sklopením maxily [41,42] nebo operací na obou čelistech [43,44], dále je možno použít samostatného mandibulárního advancementu či set-backu s CCW rotací distálního segmentu. (viz dále)

1.3. Operační metody v ortognátní chirurgii

Chirurgické metody ortognátní chirurgie prošly v posledních desetiletích výrazným vývojem. V horní čelisti se používaly metody ektomické (Wassmundova, Spanierova, Cohn–Stockova), při kterých docházelo k vytnutí části alveolárního výběžku v oblasti premolárů a sklopení frontálního úseku do žádoucí polohy, či ostektomie v laterálních úsecích maxily k terapii otevřeného skusu (metoda dle Schuchardta, Kufnera). *Obr. 21* Dále osteotomie v linii Le Fort I, II nebo III a následný posun celého horního zubního oblouku maxily a eventuálně i dalších kostí do žádoucí polohy.

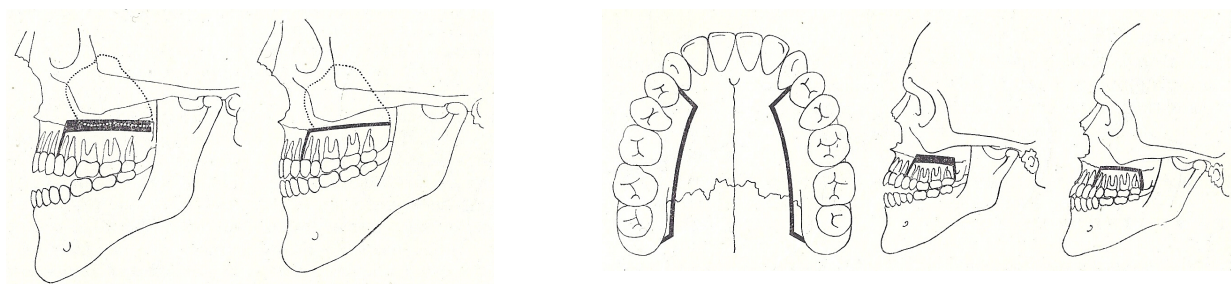
Operace na maxile



Dle Wassmunda

Modifikace dle Spaniera

Dle Cohn-Stocka



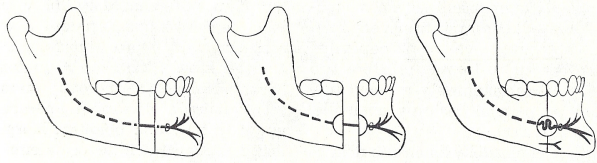
Dle Schuchardta

Dle Kufnera

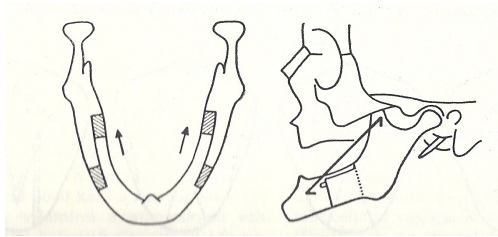
Obr 21: Korekční operace prováděné na maxile (Převzato z: Toman J. Anomálie čelistí. Ústní a čelistní chirurgie. Praha: Avicenum, 1976:361, 383)

Také na dolní čelisti byly popsány různé metody terapie ortognátních vad. Postupy ektomickými (Dingmanův, Tomanův) se vytěním části těla dolní čelisti při uchování nervově cévního svazku léčila prognie. Postupy tomické sloužily jak k léčbě hypoplasie mandibuly (operace na větvi dle Immenkampa, a na těle dolní čelisti dle Pichlera a Kazanjiana, Hofera a různé další typy stupňovité osteotomie těla dolní čelisti), tak k terapii prognie (tomie větve dolní čelisti dle Kostečky) [38]. *Obr. 22* Kombinace těchto a dalších metod sloužily též ke korekci vad vertikálních (otevřený skus) i laterogenií.

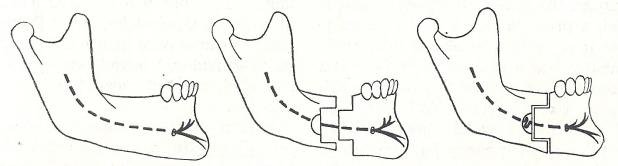
Operace na mandibule – ostektomie



Dle Dingmana

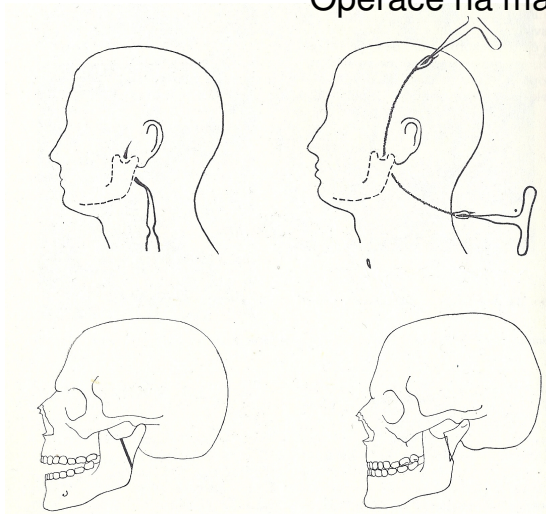


Dle Šády

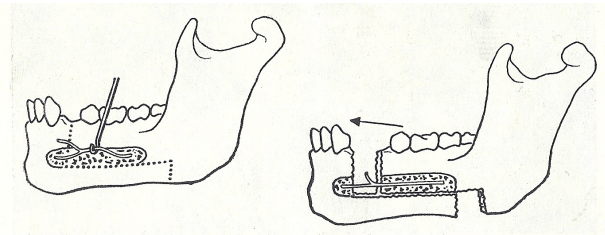


Dle Tomana

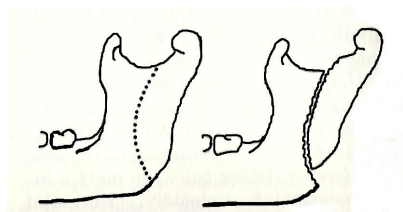
Operace na mandibule – osteotomie



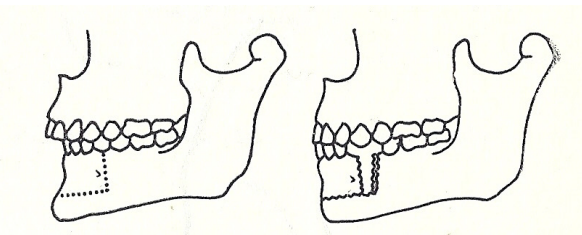
Dle Kostěčky



Dle Pichlera a Kazanjiana



Dle Immenkampa



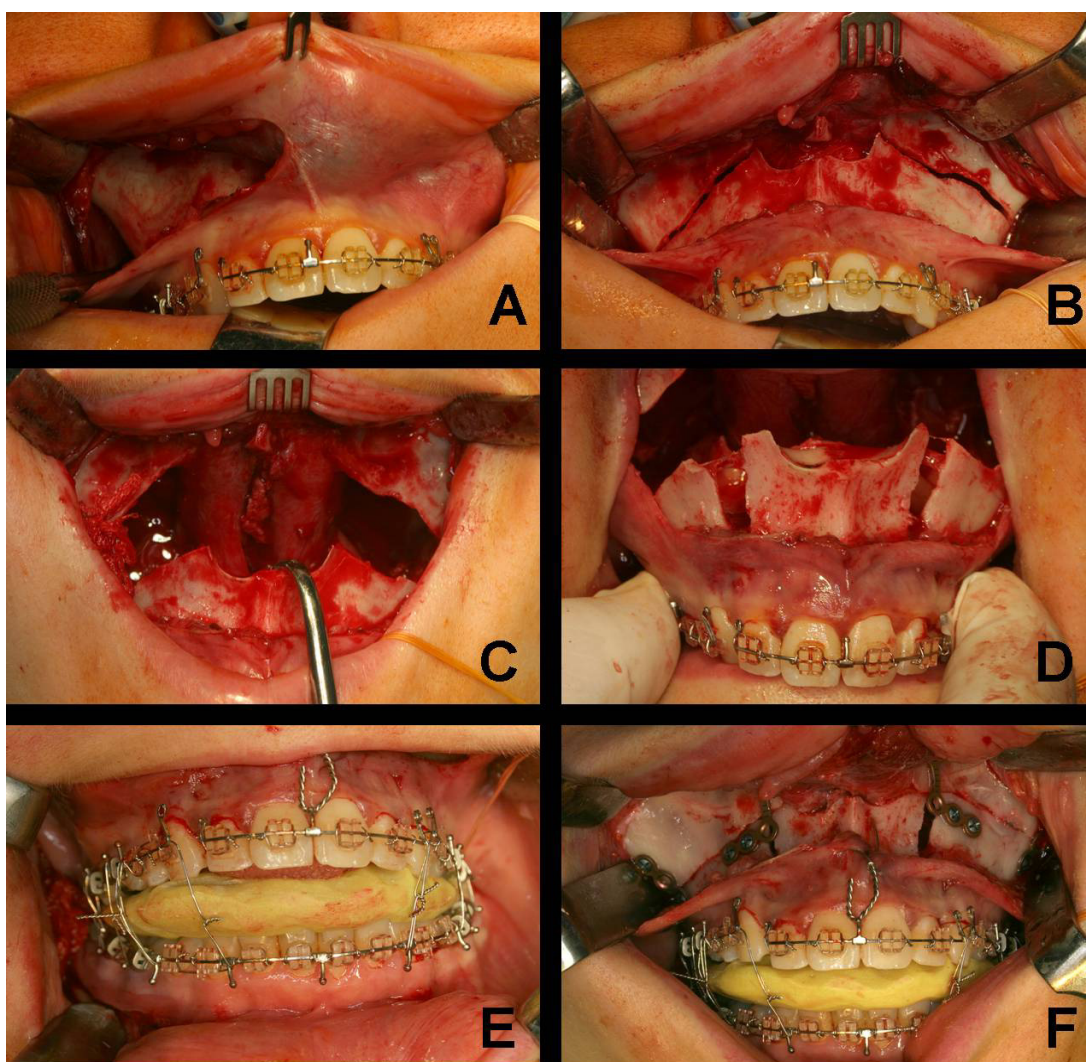
Dle Hofera

Obr. 22: Korekční operace na mandibule (Převzato z: Toman J. Anomálie čelistí. Ústní a čelistní chirurgie. Praha: Avicenum, 1976:363-381)

V dnešní době mezi nejčastěji používané techniky operace patří v horní čelisti osteotomie v linii Le Fort I a v dolní čelisti bilaterální sagitální osteotomie.

1.3.1 Osteotomie Le Fort I

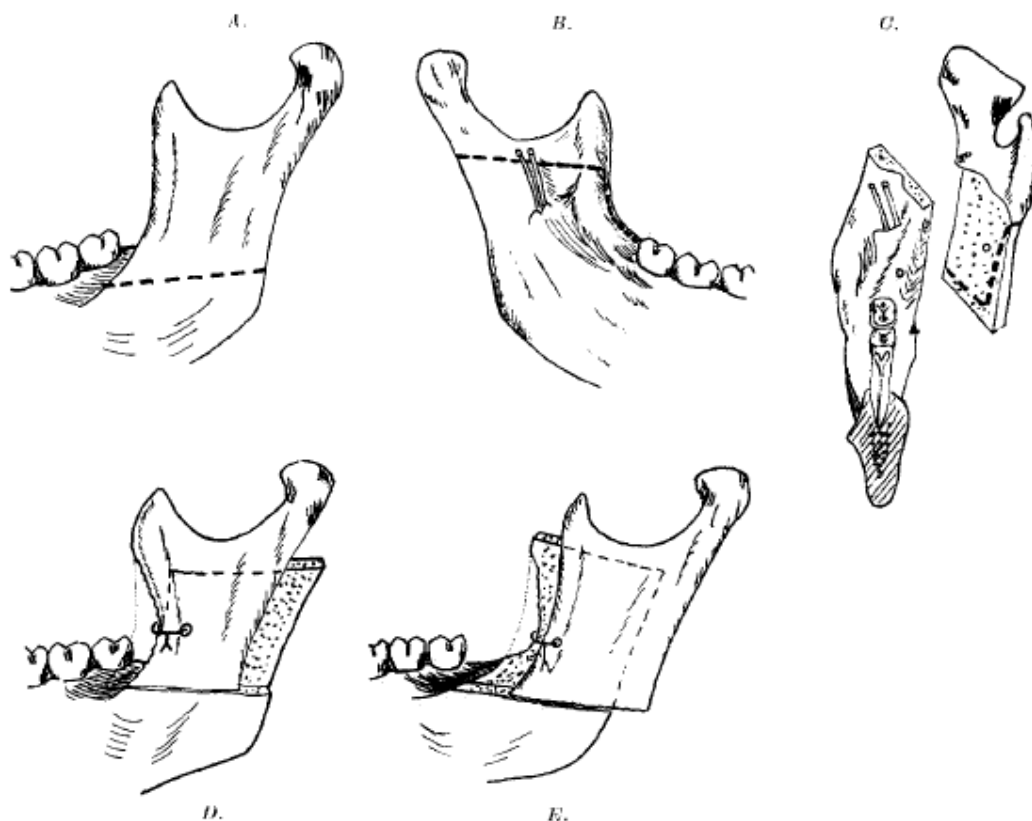
Osteotomie Le Fort I se ke korekci obličejových deformit začala používat téměř současně jak v Evropě, tak v USA v 70. letech 20. století [45]. Spočívá v odklopení mukoperiostálního laloku vestibulárně v rozsahu 15-25 a obnažení těla maxily. Následně je provedena osteotomie přední stěny maxily 5 mm nad apexy zubů a maxila je oddělena od nosní přepážky laterálních stěn nosu a distálně od pterygoidních výběžků. Po mobilizaci je celý fragment posunut do plánované pozice a fixován na obou stranách pomocí 1 minidlahy paranasálně a 1 minidlahy v oblasti *crista infrazygomatica*. Dle typu vady může být maxila po mobilizaci ještě rozdělena na několik segmentů, tohoto postupu se využívá nejvíce v případech, kdy nekoresponduje šířka horního a dolního zubního oblouku a také při léčbě otevřeného skusu z důvodu zvýšení stability operace [16,46]. Obr. 23



Obr. 23: Osteotomie Le Fort I. A: odklopení mukoperiostálního laloku a obnažení těla maxily. B: osteotomie v linii Le Fort I, oddělení od nosní přepážky, laterálních stěn nosu a pterygoidních výběžků. C: sklopení maxily, následně mobilizace. D: rozdělení maxily na segmenty. E: posunutí do plánované okluze pomocí operačního splintu. F: fixace maxily 2 minidlahami paranasálně a 2 na *crista infrazygomatica*

1.3.2. Bilaterální sagitální osteotomie

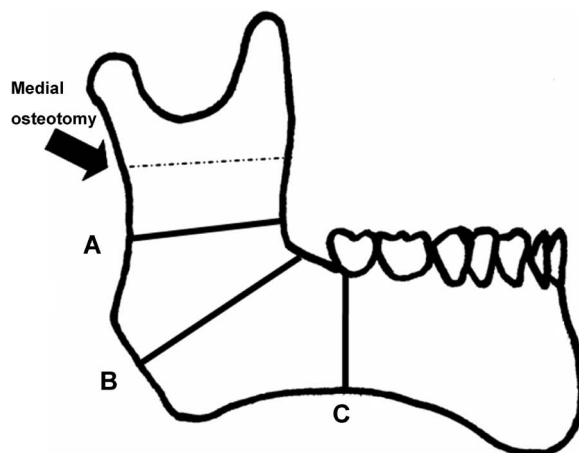
Bilaterální sagitální osteotomie dolní čelisti (BSSO) byla poprvé popsána roku 1957 Traunerem a Obwegeserem [47-49]. Obr. 24



Obr 24: Bilaterální sagitální osteotomie dolní čelisti (BSSO) dle Traunera a Obwegesera. (Převzato z: Trauner R, Obwegeser H. *The surgical correction of mandibular prognathism and retrognathia with consideration of genioplasty. I. Surgical procedures to correct mandibular prognathism and reshaping of the chin. Oral Surg Oral Med Oral Pathol, 1957, 10:677-689*)

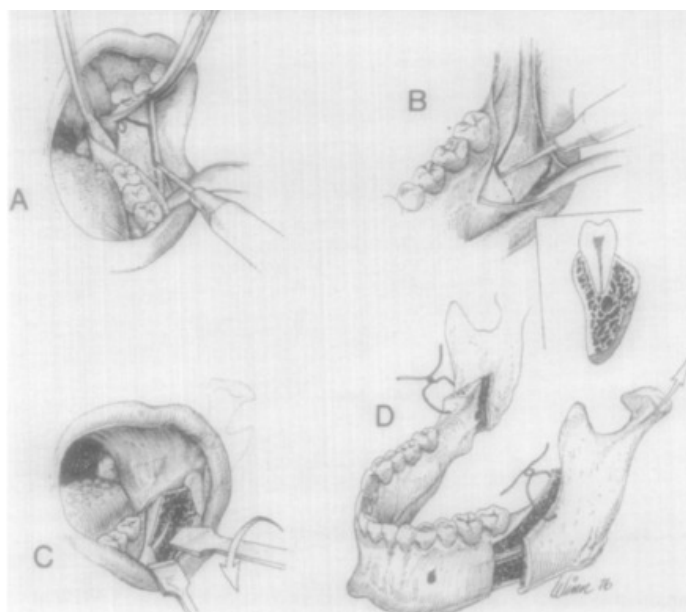
Spočívala v schodovitém rozštěpení větve dolní čelisti v sagitální rovině z intraorálního přístupu. Po protěti periostu a obnažení větve mandibuly se Lindemannovou frézou vedl monokortikální řez na bukální straně mandibuly těsně nad rovinou úhlu a lingválně v oblasti pod incisurou. Řezy byly spojeny vertikálně na margo anterior mandibulae a rozštípnutí větve dokončeno pomocí dlát. *Nervus alveolaris inferior* byl chráněn retraktorem a zůstával součástí distálního fragmentu. Tento fragment byl následně zasunut dorzálně v případě terapie mandibulární prognie a nebo naopak předsunut anteriorně u terapie hypoplasie mandibuly. Oba fragmenty byly spojeny osteosuturou, jedinou tehdy dostupnou fixační metodou a čelisti fixovány pomocí rigidní intermaxilární fixace. Široká kostní raná plocha umožňovala dobré zhojení.

Následný vývoj operační metody [50] naznačuje *Obr. 25*. Původní Trauner-Obwegeser linie osteotomie (A) vedla horizontálně ve výšce molárů, následná Obwegeserova modifikace (B) ji posunula šikmo do oblasti úhlu mandibuly a Dal Pont (C) ji prováděl vertikálně v oblasti 2. moláru.



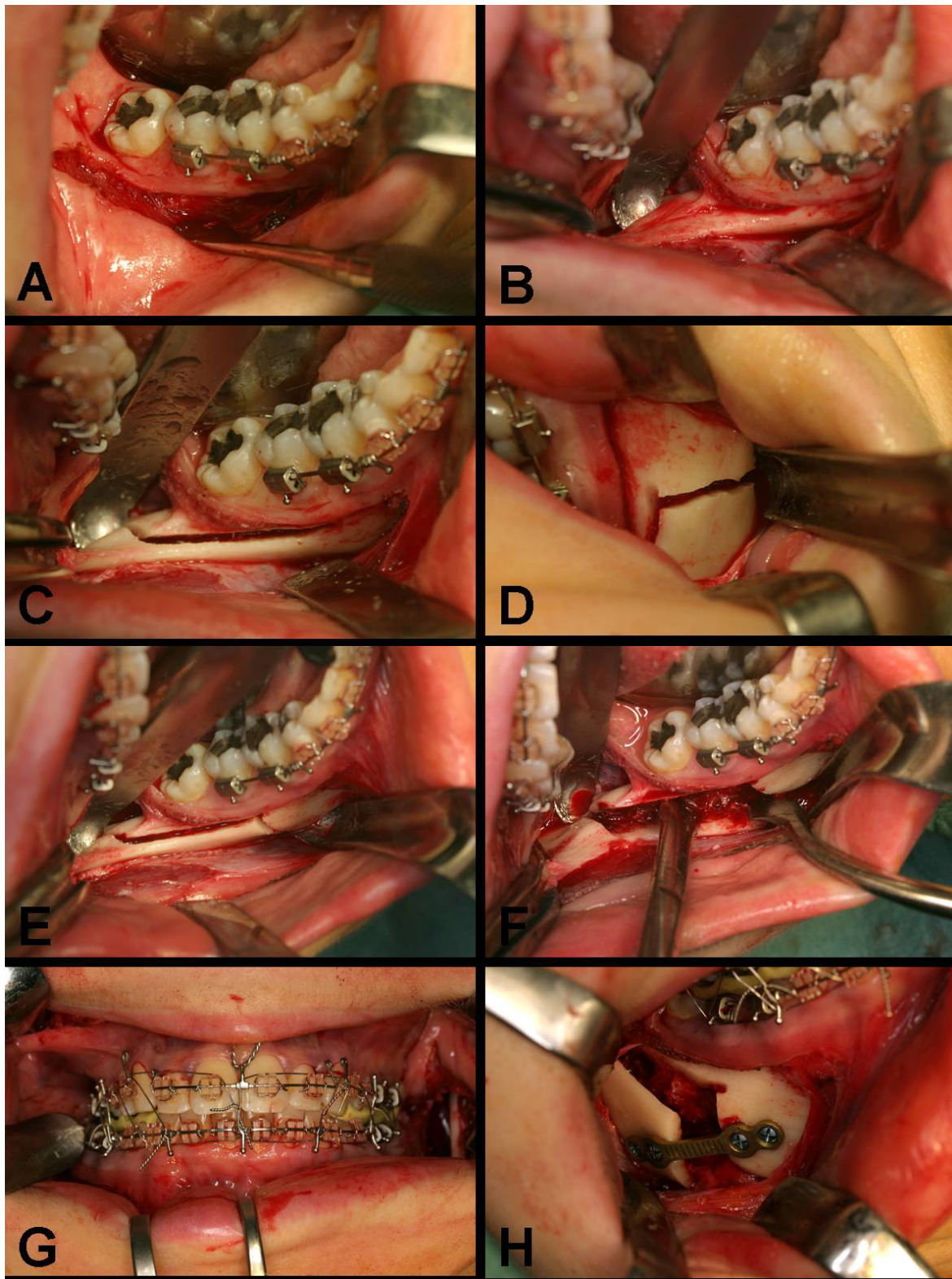
Obr 25: Modifikace původní Trauner-Obwegeserovy osteotomie. Mediální řez je veden v oblasti pod incisurou ve všech třech případech. Laterální řez: A – Trauner Obwegeser, B – Obwegeser, C – Dal Pont. (Převzato z: Takahashi H, Moriyama S, Furuta H, et al. Three lateral osteotomy designs for bilateral sagittal split osteotomy: biomechanical evaluation with three-dimensional finite element analysis. Head Face Med, 2010, 6:4.)

Za nejzásadnější modifikaci je považována Epkerova et al. [51]. Vychází z Dal Pontovi modifikace, ale tomie na mediální straně mandibuly na rozdíl od ostatních postupů zasahuje jen do oblasti linguly. *Obrázek 26* převzatý z autorova originálního díla ukazuje ještě fixaci pomocí osteosutury, dnes se standardně používá osteosyntéza.



Obr 26: Epkerova modifikace sagitální osteotomie mandibuly. (Převzato z: Epker BN, Wolford LM, Fish LC. Mandibular deficiency syndrome. II. Surgical considerations for mandibular advancement. Oral Surg Oral Med Oral Pathol, 1978, 45:349-363.)

Výkon v současné době probíhá v celkové anestézii po aplikaci lokální anestézie Articain + Adrenalin 1:200000. Operujeme výhradně z intraorálního přístupu. Pomocí elektrokauteru provádíme incisi sliznice a submukózního vaziva ve směru *linea obliqua externa mandibulae* délky cca 2 cm a pokračujeme vestibulárně přibližně 0,5cm pod hranicí připojené gingivy až do oblasti 2. premoláru. Následně protínáme periost, tupá disekce pokračujeme kraniálně podél *margo anterior ramus mandibulae*. Na mediální straně větve dolní čelisti ve výšce linguly odpreparováváme měkké tkáně tak, abychom lingulu vizualizovali a přitom kost co nejméně deperiostovali. Obnažený nervově cévní svazek chráníme pomocí speciálních retraktorů navržených Obwegeserem. Osteotomii začínáme nad lingulou na mediální straně větve dolní čelisti do poloviny její tloušťky, pokračujeme po přední hraně větve kaudálně a po *linea obliqua* se dostáváme vestibulárně do místa druhého moláru, kde řez stáčíme o 90° směrem k dolní hraně mandibuly. Tomii provádíme pouze v kortikalis, abychom neporanili *nervus alveolaris inferior* a kořeny zubů. Na dolní hraně těla mandibuly protínáme pečlivě celou tloušťku kortikalis. Za pečlivého chránění měkkých tkání pomocí retraktorů se frézou dostáváme až na lingvální stranu mandibuly. Pomocí dlátek, kladívka, pák a případně dalších nástrojů za neustálé vizuální kontroly nervově cévního svazku ležícího uprostřed osteotomie dolomíme kortikalis na lingvální straně, a tím dokončíme oddělení obou fragmentů mandibuly. Od distálního fragmentu (jehož součástí jsou zuby) oddělíme zbytky snopců *musculus pterygoideus medialis*, abychom odstranily jeden z možných faktorů přispívajících k relapsu. Stejným způsobem postupujeme na druhé straně. Distální fragment posuneme do předem naplánované pozice. Přesnosti umístění dosahujeme pomocí operačního splintu vyrobeného zubním laborantem předoperačně na základě plánu operace a modelů chrupu. Distální fragment přechodně zafixujeme v plánované okluzi drátěnou mezičelistní fixací a oboustranně ho fixujeme k mediálním a laterálním fragmentům (nesoucím kloubní kondyly) pomocí osteosyntetického materiálu (viz dále). Během fixace dbáme na přesnost umístění hlavičky temporomandibulárního kloubu v jamce. Po rozvolnění mezičelistní fixace, kontrole okluze a anatomického postavení kloubní hlavičky v jamce uzavíráme rány vstřebatelným pokračujícím stehem. Obr. 27



Obr. 27: BSSO. A: rozsah incise. B: vizualizace linguly. C: Osteotomie na mediální straně mandibuly a sagitálně po větví s přechodem na laterální stranu těla mandibuly. D: vertikální osteotomie vestibulární lamely kortikalis a protnutí kortikalis při dolní hraně mandibuly. E: pohled na celý rozsah sagitální tomie dle Epkera, F: dokončení tomie pomocí dlát. G: posunutí distálního fragmentu mandibuly do plánované okluze. H: osteosyntéza pomocí minidlah.

BSSO umožňuje nejen posun dolní čelisti dopředu a dozadu, ale současně i její rotaci. V kombinaci s dalšími osteotomiemi můžeme upravit i transversální rozměr mandibuly. V případě hypoplastické mandibuly provádíme po sagitální osteotomii Epkerovou modifikaci předsunutí distálního fragmentu anteriorně (v odborné literatuře je tento posun běžně nazýván mandibulární advancement).

U mandibulární progenie zkracujeme vestibulární kortikalis proximálního segmentu o takovou délku, jaká odpovídá velikosti dorzálního zasunutí distálního segmentu (tzv. set-back). To nám umožní pasivní uložení obou fragmentů. Mandibulární set-back většinou doplňujeme též osteotomií maxily v linii Le Fort I a jejím předsunutím anteriorním směrem. Zabráníme tak zbytečně velkému zasouvání mandibuly, které je někdy neestetické a dále může způsobit zúžení horních cest dýchacích a zapříčinit obstrukční spánkovou apnoe [4].

Na profilový telerentgenový snímek se vždy díváme tak, že nos směřuje doprava. U pacientů s otevřeným skusem pak na tomto snímku rotujeme předsunutý či zasunutý distální segment proti směru hodinových ručiček, anglicky countre-clock wise (CCW), proto se tak tento směr pohybu obecně pojmenovává. Osa otáčení je v proximální části distálního segmentu. V případě biplanární okluzní roviny v horní čelisti někdy spojené i se zúženou maxilou doplňujeme CCW rotaci distálního segmentu mandibuly též tomií maxily ve tvaru písmene Y nebo H, což nám umožní sklopení premaxily kaudálně, vyrovnáme tak biplanární okluzi a zajistíme dostatečný překus. Dále můžeme peroperačně rozšířit horní zubní oblouk a tím odstranit zkřížený skus v laterálních segmentech. Tvar a počet segmentů, na které maxilu rozdělujeme, závisí na transversálním poměru obou čelistí.

1.3.3. Pooperační péče

K zajištění dobrého hojení nasazujeme na závěr operace elastickou mezičelistní fixaci na dobu 6 týdnů pomocí ortodontických gumových tahů síly 1,3N. Gumičky fixujeme na operační trny, které jsou součástí operačního oblouku nasazeného ortodontistou předoperačně do fixního ortodontického aparátu. Směr tahu odpovídá směru korekce skeletální vady. U pacientů operovaných pro otevřený skus používáme taktéž tzv. skeletální fixaci. Ta spočívá v umístění elastických tahů buď na šrouby nebo drátěné smyčky fixované přímo do kosti maxily a mandibuly ve frontální části. Skeletální fixace na rozdíl od gumiček nasazených na operační trny eliminuje dentální extruze, které by byly po sejmutí ortodontického aparátu zdrojem relapsu. Vzhledem k přímému působení na kost spočívá její účinek v distrakci peroperačně uvolněné premaxily. Na našem pracovišti též používáme zevní náplastovou fixaci, která díky mírné kompresi zmenšuje pooperační otok. Vzhledem k možné alteraci horních cest dýchacích otokem a k možnému pooperačnímu krvácení monitorujeme pacienta intenzivně prvních 24 hod na

pooperačním oddělení. Peroperačně a následně prvních 24 hod po operaci aplikujeme kortikoidy nitrožilní cestou (dexametazon 8 mg á 8 hod, celkem 4 dávky). Těsně před výkonem zahajujeme intravenózní antibiotickou terapii, kterou pokračujeme do 2. pooperačního dne, kdy pacienta převádíme na perorální antibiotika. Po zpravidla 7-10 dnech antibiotickou terapii ukončujeme. U nealergických pacientů používáme ampicilin 1g á 6 hod s převedením na amoxicilin 500mg á 8 hod v perorální formě (s případnou modifikací dávky dle váhy pacienta). U pacientů alergických na penicilinová antibiotika používáme skupinu linkosamidů. K zajištění dobrého zhojení fragmentů je v pooperačním období bezpodmínečně nutná tekutá dieta po dobu 3 týdnů, která je následována 3 týdenním obdobím diety kašovitě. Náplast'ovou fixaci snímáme 3 pooperační den, elastickou mezičelistní fixaci si pacient denně mění, což mu též umožňuje dokonalou hygienu dutiny ústní. V případě operace na horní čelisti zakazujeme pacientům prvních 14 dnů smrkat, aby si nezpůsobili emfyzém měkkých tkání obličeje. Po cca 6 týdnech od operace pokračuje ortodontická léčba, jejíž cílem je doladění přesné artikulace, tzv. finishing. Skeletální fixaci, která ortodontické terapii nebrání, ponecháváme na noc na dobu 6 měsíců.

Ortognátní operací výrazně měníme nejen statické, ale i dynamické postavení dolní čelisti a síly přenášené na čelist, jak přímým tahem svalových skupin, tak i nepřímo při mastikaci. Hlavním předpokladem k úspěchu je proto stabilita postavení čelistí v nové pozici. Relaps jako opak stabilního výsledku je v některých případech předpověditelný a ovlivnitelný, v jiných situacích je velmi nečekaný, což se týká především dlouhodobého relapsu [52-55]. V případě výrazného relapsu dochází ke ztrátě okluzy a následně k poruše funkce a estetiky.

2. Faktory ovlivňující relaps u sagitální osteotomie mandibuly

Stabilitu BSSO ovlivňuje způsob fixace kostních segmentů, typ skeletální vady, kvalita ortodontického předléčení, velikost a směr posunu kostních fragmentů, změna sklonu okluzní roviny, tah měkkých tkání, předoperační postižení temporomandibulárního kloubu, pooperační retenční fáze a věk pacienta v době operace. Za nepříznivý faktor se obecně považuje větší rozdíl mezi přední a zadní výškou obličeje, dále velký mandibulární úhel, větší posun mandibuly a speciálně posuny mandibuly měnící sklon okluzní roviny ve směru countre clockwise (CCW), a dále ženské pohlaví.

Na relapsu se podílí jednak složka skeletální a jednak složka dentální. Panuje obecná shoda, že skeletální relaps považujeme za klinicky významný při hodnotě 2mm a více, neboť menší lze lehce kompenzovat dentálně [19,40,52-56].

2.1. Dentální relaps

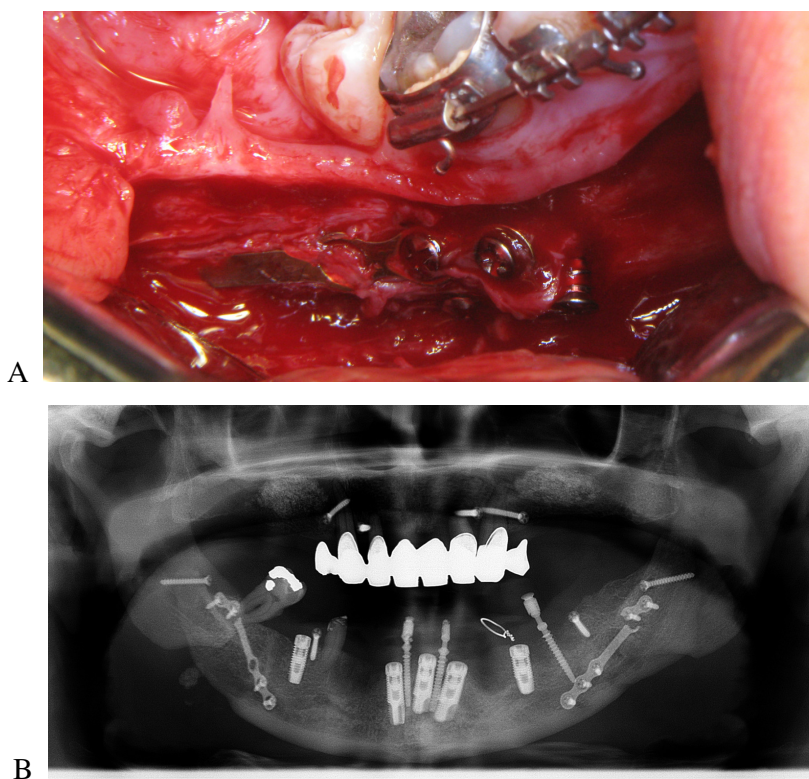
Dentální relaps je způsoben nerovnováhou mezi tlakem měkkých tkání (jazyk, rty, svaly) a tahem elastických gingiválních vláken. Díky tomu dochází k pohybu zubů směrem do polohy před zahájením terapie [57].

2.2. Skeletální relaps

Skeletální relaps po BSSO je rozdělován na časný a pozdní [56,58].

2.2.1. Časný relaps

Časný relaps je zapříčiněn hlavně pohyby v linii osteotomie (tzv. osteotomy slippage). Pooperačně před zhojením kostních fragmentů na ně působí dva vektory sil. Napnuté paramandibulární měkké tkáně (kůže, podkoží, svaly a periost) mají tendenci vychýlit distální fragment do původní polohy. Proti těmto silám působí síla fixačního materiálu, případná skeletální fixace, tah elastické mezičelistní fixace a také opora kloubního výběžku. Pokud tyto síly nejsou v rovnováze, což nastává v situaci nedostatečně pevné fixace a/nebo peroperačního umístění kloubní hlavice v jamce tak, že neposkytuje dostatečnou oporu, dochází v prvních 6-8 týdnech k časnému relapsu [59]. *Obr. 28* dokumentuje selhání osteosyntetického materiálu vyžadujícího reoperaci.



Obr. 28: Zlomená minidlaha vyžadující reoperaci. A: pacient s BSSO advancementem a CCW rotací, B: pacient s předsunutím atrofické dolní čelisti z protetických důvodů. .

Modifikací operační techniky (tzv. short split pattern), která ponechává úpon m. pterygoideus medialis na fragmentu s kloubní hlavicí (proximální segment) můžeme rovnováhu posunout ve směru vyšší stability [59].

Časný relaps vzniká také jako následek špatné hojení kosti v místě osteotomie. Kost je jednou z mála v těle přítomných tkání, která je schopna zhojit se bez přítomnosti jizvy. Po proběhlém traumatu se kost začíná hojit ihned, a to buď přímou nebo nepřímou osifikací [60].

Nepřímá osifikace zahrnuje enchondrální i desmogenní osifikaci a typicky probíhá v případech, kdy není zajištěna přesná repozice fragmentů zlomeniny spolu se stabilní fixací. Její zdárný průběh je podporován mikropohyby a přiměřeným zatěžováním, avšak přílišný pohyb nebo zátěž během hojení vyústí v prodlouženou dobu hojení či dokonce nezhojení. Ihned po traumatu dochází ke vzniku hematomu, který se za pomoci akutní zánětlivé reakce přestavuje na granulační tkáň s vysokým obsahem fibrinu. Hlavní zodpovědnost za tento děj nesou faktory vylučované zánětlivými buňkami, konkrétně tumor necrosis factor α , interleukin 1, 6, 11 a 18. Na koncích fragmentů zlomeniny a vně od periostu ve tkáni vzniká chrupavčitá tkáň. Tento měkký svalek je dle studií na zvířatech utvořen 7-9 den po traumatu [60]. Ve stejné době dochází díky desmogenní osifikaci subperiostálně v těsné blízkosti proximálního a distálního konce zlomeniny ke vzniku tvrdého kostěného svalku. Po propojení obou konců tvrdého svalku dochází ke vzniku semirigidní struktury, která dovoluje částečné zatěžování fraktury. Vznik tkáně svalků je zcela závislý na přítomnosti mezenchymálních kmenových buněk z okolních měkkých tkání, kosti, periostu, kostní dřeni i na mobilizaci kmenových buněk ze vzdálených lokalit. Molekulární kaskáda dále pokračuje produkcí kolagenu I a II. V řízení enchondrální osifikace hraje důležitou roli transforming growth factor β . Proliferace buněk při desmogenní osifikaci je koordinována pomocí různých proteinů v anglické literatuře označovaných jako „bone morphogenic proteins“ (BMP). V chrupavčité tkáni následně dochází jednak k vrůstání cév z periostu (řízené angiopoetinem 1 a 2) a dále za přítomnosti vaskulárního endoteliálního růstového faktoru ke shlukování a proliferaci endoteliálních mezenchymových buněk, které pak formují nové vaskulární plexy. Primární měkký chrupavčitý svalek se následně přestavuje v tvrdý kostní svalek. Mitochondrie chondrocytů vycytávají kalciové ionty, které vznikají v hypoxickém prostředí zlomeniny. Granule vápníku jsou následně vylučovány do cytoplasmy, kde precipitují s fosfátovými ionty a vytvářejí tak jádro pro vznik apatitových krystalů. Dochází k apoptóze chondrocytů a kalcifikovaná chrupavka je následně přeměněna na vláknitou kost. Na zvířecích modelech trvá tento proces 14 dnů. K obnovení všech biomechanických vlastností normální kosti je však potřeba ještě další přestavby, která začíná dle studií jak na zvířecích modelech, tak u lidí, 3-4 týdny od traumatu a může trvat až několik let. Ke správné remodelaci dochází díky rovnováze mezi vstřebáváním kostěného svalku osteoklasty a tvorbou lamelární

kostí osteoblasty. Impulsem pro remodelaci je přítomnost elektrické polarity vznikající v důsledku působení tlaku na krystalové prostředí. U dlouhých kostí způsobuje axiální zatížení na konkávním povrchu elektropozitivní náboj a na konvexním elektronegativní. Díky tomu je vnější část svalku přestavována na lamelární kost a ve vnitřní části kosti vzniká dřevná dutina. Aby mohl celý proces hojení proběhnout správně, je nezbytné zajištění dostatečného krevního zásobení a dále kontinuální zvyšování mechanické stability. V případě dobrého krevního zásobení ale nestabilní fixace dochází sice ke vzniku chrupavčitého svalku, ten se však dále nepřestavuje na kostěný svalek, nýbrž vzniká pseudoarthrosa nebo hypertrofické nezhojení kosti.

Vedle nepřímého kostního hojení je popisováno i **přímé kostní hojení**, které spočívá v přímém vzniku lamelární kosti, Haverských kanálků a krevních cév bez tvorby svalku. Nezbytnou podmínkou tohoto procesu je jednak repozice fragmentů do přesné anatomické pozice a jednak rigidní osteosyntéza. Přímé kostní hojení je cílem osteosyntetické terapie fraktur. Může probíhat jako tzv. kontaktní hojení nebo hojení s mezerou. U **kontaktního hojení** nesmí mezera mezi fragmenty přesáhnout 0,01mm a odklon fragmentů 2%. V tom případě mohou na konci osteomů vznikat kužele, které se skládají z osteoklastů spojujících obě strany fraktury a tvořících dutinu, kterou osteoblasty následně vyplní kostí. Díky tomu dochází k současnému spojení kosti i vzniku Haverských kanálků, které tak umožňují vstup cév. Ke zhojení tedy není třeba přítomnosti periostálního svalku. **Hojení s mezerou** se od kontaktního hojení liší pouze tím, že ke spojení kosti a vznik Haverského systému dochází postupně. Mezera mezi fragmenty nesmí být větší než 1 mm a opět platí podmínka rigidní osteosyntézy. Mezera zlomeniny je tak vyplněna lamelární kostí, která je však kolmá k průběhu osy dlouhé kosti. Po 3-8 týdnech dochází k přestavbě kosti kaskádou stejnou jako u kontaktního hojení [60].

Ke správnému hojení kostí je tedy třeba správné interakce mezi 4 faktory, a to: přítomností populace osteogenních buněk, osteoinduktivních stimulů (veškeré signální proteiny), osteokonditivní matrix a správného mechanického prostředí [60,61]. Ortognátní operace je ze své podstaty lékařem řízenou dislokovanou frakturou. Hojení fragmentů tedy probíhá nepřímě. Nedostatečně pevná fixace umožňující předčasné nebo nadměrné zatížení hojící se zlomeniny bude mít za následek nezhojení fragmentů a jejich posun do jiné než původně plánované polohy. Zmiňované mikropohyby nutné ke správnému hojení zajišťujeme pooperačně pomocí elastické mezičelistní fixace.

2.2.2. Pozdní relaps

Pozdní relaps je způsoben resorpcí kloubní hlavičky temporomandibulárního kloubu (TMK), čímž rozumíme změnu tvaru kondyly a ztrátu výšky větve dolní čelisti. Dochází k němu v rozmezí 6-60 měsíců pooperačně [19,52-54,56,58,62]. Jednoznačné vysvětlení nemáme.

Riziko případné resorpce tvoří jednak faktory na straně pacienta a jednak faktory mechanické. Odpověď tkání TMK na stejný podnět může být u různých pacientů odlišná. Mezitím co u jednoho dojde k funkční remodelaci, tedy adaptaci na nové poměry pomocí drobné resorpce a apozice bez ztráty výšky větve dolní čelisti, u jiného pacienta způsobí stejný stimul překročení adaptačních mechanismů kloubní hlavice a dojde k resorpci spojené s relapsem [63,64].

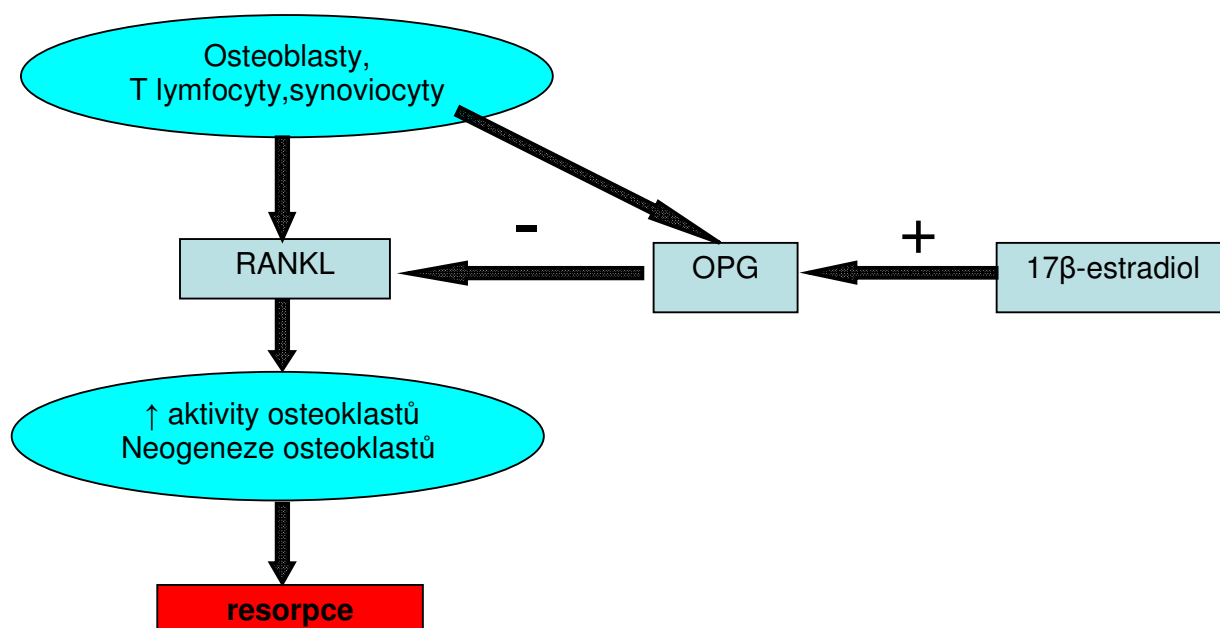
2.2.2.a. Rizikové faktory na straně pacienta

Mezi rizikové faktory na straně pacienta zařazujeme:

Věk a s ním spojená zralost kloubu [63]. K vyžívání kortikální vrstvy začíná docházet v 15 - 16 letech. Zralý kloub má při tomografickém vyšetření jasnou konturu kortikální vrstvy.

Metabolismus kloubu mohou ovlivnit **celková onemocnění**. Mezi ně patří systémové a autoimunní poruchy (revmatoidní arthritida, psoriáza postihující klouby, sklerodermie, systémový lupus erythematosus, Sjögrenův syndrom a spondylitis ankylosa) [63], endokrinní (hyperparathyreoidismus a vysoká hladina kortikoidů [65,66] a prolaktinu), poruchy výživy (anorexie), poruchy metabolismu, kardiovaskulární onemocnění, krevní patologie a nadměrný psychický stres. V důsledku zhoršení krevního zásobení kloubní hlavice, vzniku volných radikálů a autoimunitních procesů tak dochází k poškození kloubu [12,15,65,67]. Relaps může dále způsobit přímé poškození kloubu osteoartritidou, reaktivní arthritidou, avaskulární nekrózou, infekcí či traumatem [63]. Určité cytokiny mohou stimulovat syntézu kloubní matrix degradujících enzymů lokálními buňkami. Tyto enzymy pravděpodobně vyvolávají resorpci kloubní hlavice [12,15,65,67].

Gunson et al. [66] prokázali souvislost s **deficiencí 17 β -estradiolu** a kondylární resorpcí. *Obr. 29* Aktivita osteoklastů a osteoblastů je regulována poměrem mezi 2 cytokiny, tzv. Nuclear factor κ B ligand (RANKL) a osteoprotegerin (OPG). Oba jsou produkovány osteoblasty, T lymfocyty a synoviocyty jako odpověď na působení hormonů, dalších cytokinů a přímého stresu. RANKL podporuje kostní resorpci mezitímco OPG jeho aktivitu blokuje a tím kost lokálně chrání. 17 β estradiol potencuje uvolňování OPG, snižuje aktivitu osteoklastů a naopak zvyšuje aktivitu osteoblastů. Gunson et al. [66] pozoroval skupinu 27 žen bez autoimunitního onemocnění s výraznou kondylární resorpcí, která si vyžádala ortognátní operaci. U 8 z nich prokázal vrozenou deficienci produkce 17 β estradiolu, zbylých 19 užívalo hormonální antikoncepci na bázi ethinyl estradiolu a progestinu. Všechny 19 pacientek pozorovalo vznik otevřeného skusu a retruzi brady po té, co zahájily užívání hormonální antikoncepce. Aktivní syntetický analog estradiolu zřejmě nepůsobí na koncových receptorech stejným způsobem jako přirozený estradiol a zároveň snižuje jeho produkci. Vzhledem k nepřítomnosti estrogenových receptorů na TMK komplexu u mužů jsou ženy resorpcí ohroženy více.

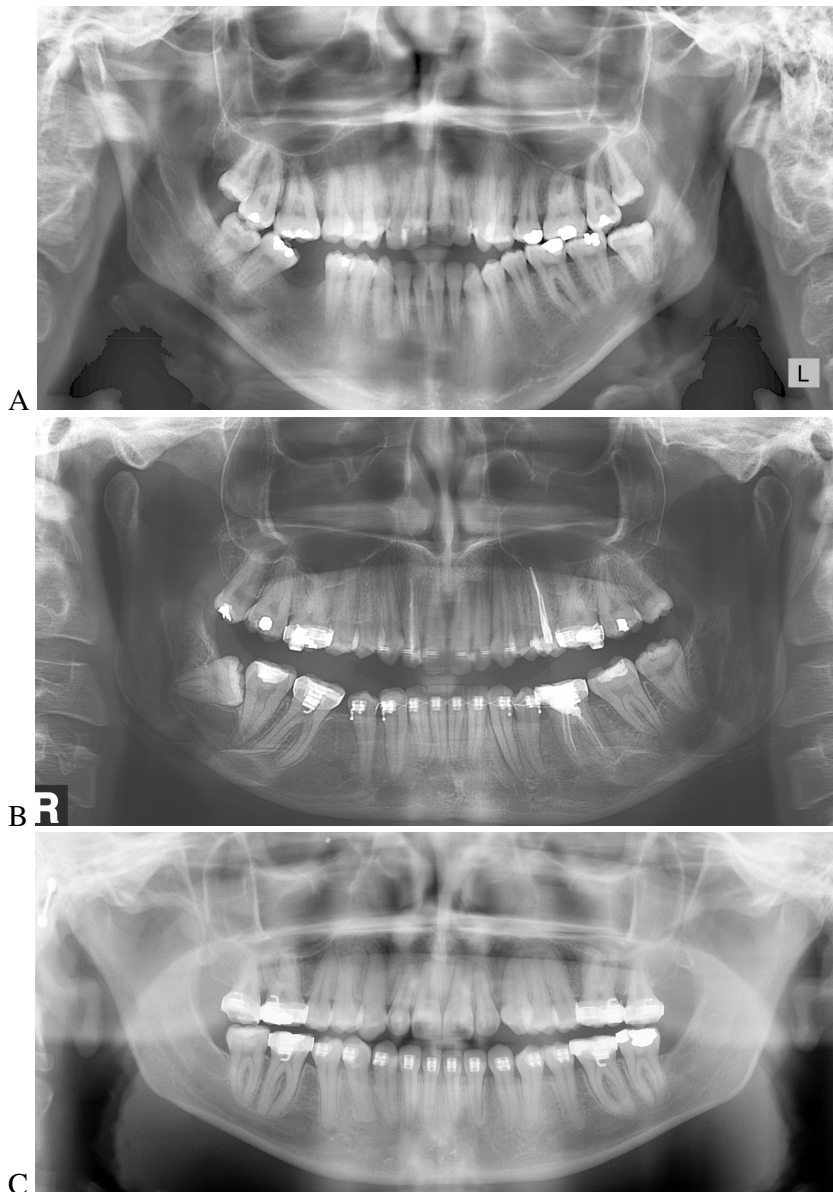


Obr 29: Schéma působení 17β estradiolu na kloubní resorpci. RANKL: Nuclear factor κ B ligand, OPG: osteoprotegerin

Z předoperačních rizikových faktorů pro resorpci kloubní hlavice a následné recidivy jsou dále označovány např. velký úhel bázi čelistí a skeletální II. třída, krátká zadní obličejová výška, malý poměr zadní a přední obličejové výšky [40,52,54,67] a u některých pacientů neschopnost žvýkacích svalů adaptovat se na novou pozici čelistí [68].

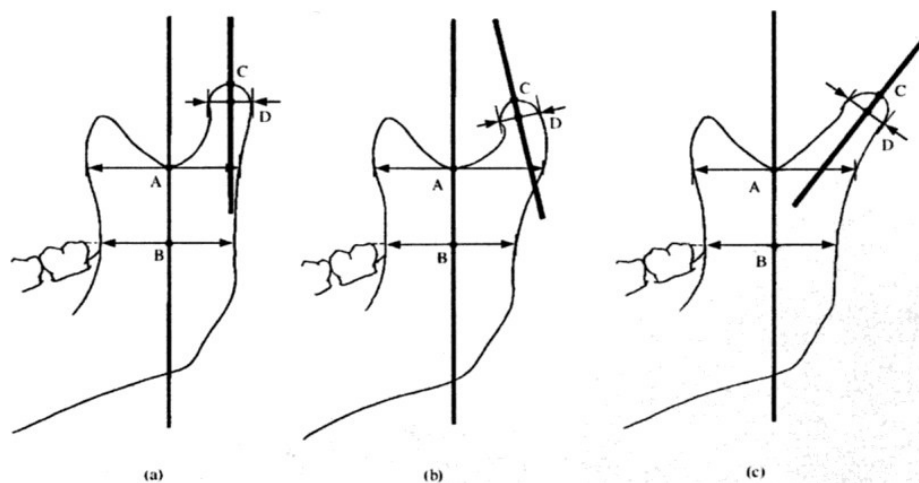
Také morfologie kloubní hlavice patří k důležitým faktorům. Velké kloubní hlavice obecně nejsou náchylné k celkové remodelaci a jsou méně citlivé ke stlačení. Vzhledem k pevnému pouzdru a odpovídající velikosti jamky a hlavice se považují za odolnější proti dislokacím.

Malé kloubní hlavice jsou často přítomny u pacientů s II. skeletální třídou. Jsou náchylné k celkové remodelaci, citlivé ke stlačení a jsou jednoduše dislokovatelné, protože hlavice velikostí neodpovídá jamce [69]. Obr. 30



Obr. 30: A) malá kloubní hlavice u pacienta s výrazně otevřeným skusem, B) kloubní hlavice pacienta s II. Skeletální třídou neodpovídá velikosti jamky a je lehce dislokovatelná, C) velká kloubní hlavice odolnější vůči dislokaci.

Hwang et al. [54] považují za podstatný rizikový faktor též i posteriorní inklinaci kondylu. *Obr. 31* Na základě retrospektivní klinické studie prokázali větší resorpci kloubní hlavice u pacientů po ortognátní operaci, kteří měli distálně skloněný krček. Většinou se jednalo o operaci otevřeného skusu pomocí counter-clockwise rotace dolní čelisti. Resorpce byla zaznamenána na antero-superiorní části. V roce 1984 O’Ryan a Epker [70] vyslovili předpoklad, že u II. skeletální třídy s otevřeným skusem je kloubní hlavice, obzvláště na své anteriorní a superiorní části, zatížená méně, než u II. skeletální třídy s hlubokým skusem. U pacientů se skeletálním otevřeným skusem byla v této oblasti kost méně denzní [53,54].



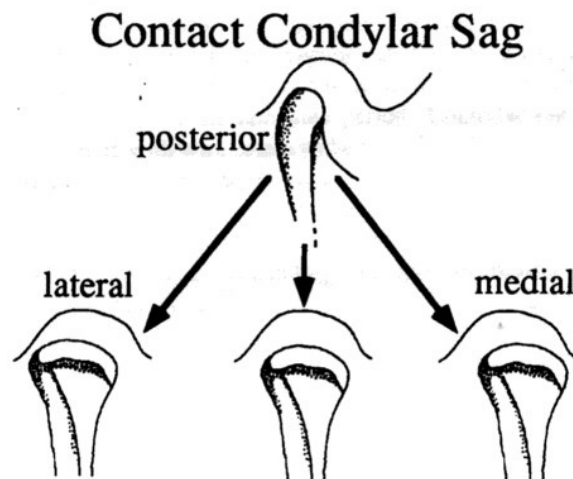
Obr. 31: Sklon krčku kloubního výběžku dolní čelisti. (a) Vertikální, (b) skloněný ventrálně, (c) skloněný distálně. (Převzato: Hwang, S-J.; Haers, P.; Sailer, H.: *The role of posteriorly inclined condylar neck in condylar resorption after orthognatic Surgery. Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery. 2000, 28, s.85-90.*)

Tendenci k relapsu též ovlivňuje složení žvýkacích svalů, konkrétně exprese mRNA kódující jednotlivé isoformy těžkých řetězců myosinu. Myosinové řetězce nesou největší zodpovědnost za kontrakci svalových vláken. Ve žvýkacích svalech, konkrétně v *musculus masseter*, rozlišujeme větší množství typů řetězců, než je tomu u posturálních svalů [71]. Jedná se o pomalá vlákna typu I (gen MYH 7), dále rychlá vlákna typu IIa (gen MYH 2) a IIx (MYH 1). Navíc zde nacházíme vlákna „alpha cardiac” (gen MYH 6) vyskytující se normálně v srdečním svalu a potom vývojové formy těžkých řetězců myosinu (gen MYH 3 and 8), které normálně mizí brzy po narození. Výzkum proporcionálního zastoupení jednotlivých vláken v závislosti na skeletální vadě je v současné době velmi intenzivní stejně jako změny, ke kterým dochází po ortognátní operaci nebo ortodontické léčbě. Rowlerson et al. [72] zkoumali histologicky zastoupení jednotlivých isoform myosinu a prokázali výrazně menší procento myosinu typu II u pacientů s otevřeným skusem. Maricic et al. [68] odebírali vzorky z *musculus masseter* před a 6 měsíců po ortognátní operaci a prokázali pooperačně signifikantní snížení v expresi myosinu I ve prospěch myosinu IIa zodpovědných za velkou žvýkací sílu. Hunt et al. [71] popisují větší množství vývojových forem řetězců u pacientů s malým množstvím okluzních kontaktů. Díky nevyvážené okluzi předpokládají častá mikrotraumata žvýkacích svalů a možnost regenerace vláken typu I a II z vývojových řetězců. Na malé skupině pacientů s otevřeným skusem léčených bimaxilární operací prokázali pooperačně přeměnu vývojových forem řetězců ve vyzrálé. U pacientů, u kterých pozorovali relaps, udávají předoperačně signifikantně menší množství vývojových forem myosinových řetězců než u pacientů stabilních.

2.2.2.b. Rizikové faktory v souvislosti s ortognátní operací

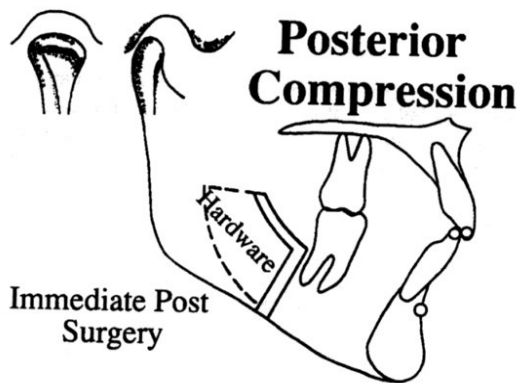
Z faktorů mechanických k relapsu přispívá: peroperační komprese kondylu proti kloubní jamce, dislokace disku, narušení cévního zásobení během operace, zvýšení intraartikulárního tlaku při zatížení kloubu [55], nestabilní okluze [59,65,67] a hlavně změna pozice kondylu v jamce během operace ve smyslu mediolaterální extruze či posteriorní dislokace kondylu [52,58,73,74].

Arnett [59] popisuje jednak kompresi posteriorní (Posterior Condyle Compression dále jen PCC) a dále kompresi mediální či laterální (Medial-Lateral Condylar Compression dále jen MLCC). *Obr. 32*



Obr. 32: CCS (contact condylar sag) - kloubní hlavice je lokalizována kaudálně a dorzálně a současně může být dislokována i laterálně nebo mediálně. (Převzato: Arnett, W.: A redefinition of bilateral sagittal osteotomy (BSO) advancement relapse. Amer. J. Orthod. Dentofacial Orthop. 1993, 104, č. 5, s. 506-515.)

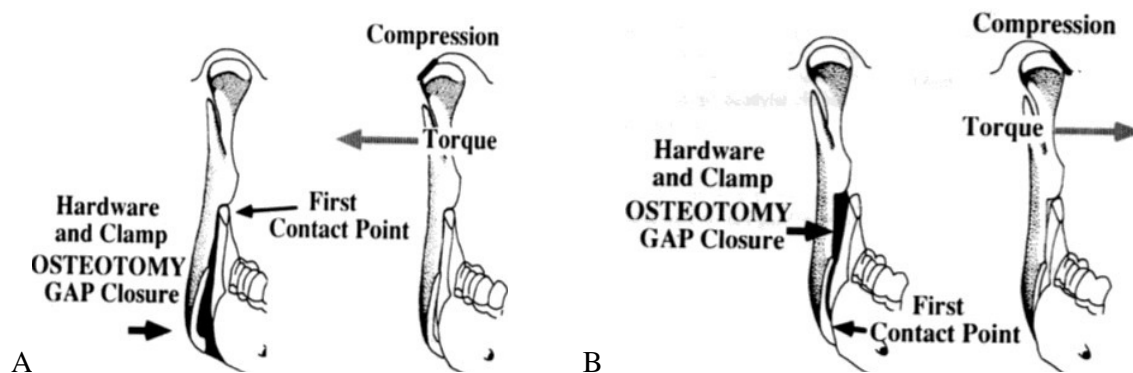
PCC vzniká v důsledku změny polohy kloubní hlavice při operaci jejím posteriorním stlačením. *Obr. 33* V průběhu 9-18 měsíců dochází k remodelaci nebo resorpci kloubních struktur. Následkem resorpce se kloubní hlavice posouvá kranálně a dochází k pozdní skeletální recidivě doplněné často i recidivou dentální a to i několik měsíců po sejmutí fixního aparátu. Skeletální a dentální recidiva nastávají současně. Vzhledem k postupnému vzniku skeletální recidivy nejsou dentální kompenzace možné.



Obr. 33: Posteriovní komprese kloubní hlavice, nastává při dislokaci kloubní hlavice v průběhu operace směrem dorzálním a kaudálním buď chirurgem, nebo použitou osteosyntézou. Z hlediska stability zajistí výbornou stabilitu v časném období při použití rigidní osteosyntézy, ale může se projevit právě pozdním relapsem. (Převzato: Arnett, W.: A redefinition of bilateral sagittal osteotomy (BSO) advancement relapse. Amer. J. Orthod. Dentofacial Orthop. 1993, 104, č. 5, s. 506-515.)

Podobně také MLCC vede k pozdní skeletální recidivě. Je způsobena medio-laterálního peroperační malpozicí kondylu, který je také označován jako torze kondylárního fragmentu.

Obr. 34 Dochází k ní v případě, že během fixace proximálního a distálního fragmentu není zajištěna naprostá pasivita rigidní osteosyntézy. Tedy pokud operatér použije bikortikální šrouby ve smyslu kompresní osteosyntézy nebo nepředehne minidlahy tak, aby umožnily pasivní uložení fragmentů a nebo pokud k přechodné fixaci fragmentů v plánované pozici použije svorky ve snaze zajistit co největší plošný kontakt mezi oběma fragmenty. Celý proximální segment se tak rotuje a kloubní hlavice se dostává do kontaktu s laterální stěnou kloubní jamky. Toto následně vede ke kontaktní remodelaci či resorpci kloubní hlavice a eventuálně k pozdní recidivě [15,59].



Obr. 34: Laterální (A) a mediální (B) sklon kloubní hlavice. Při předsunutí distálního segmentu nad nebo pod místem prvního kontaktu vzniká spára. Při sblížení okrajů spáry k sobě a fixaci rigidní osteosyntézou dochází ke sklánění kloubní hlavice (rotaci kolem místa prvního kontaktu), která se pak dostává do kontaktu s mediální nebo laterální stěnou jamky. (Převzato: Arnett, W.: A redefinition of bilateral sagittal osteotomy (BSO) advancement relapse. Amer. J. Orthod. Dentofacial Orthop. 1993, 104, č. 5, s. 506-515.)

Též Wolford et al. [19] na skupině pacientů s II. skeletální třídou, často s otevřeným skusem a s předoperačními obtížemi z TMK uvádějí zhoršení stavu a pozdní relaps zapříčiněný kondylární resorpcí. Autoři předpokládají předoperační dislokaci disku, která se výkonem jen zhorší. Avšak tento názor je na odborném poli ojedinělý, práce vycházející z jiných pracovišť tuto hypotézu nepotvrzují [75,76]. Důležitost zabránění mediolaterálních extruzí kloubu z jamky během fixace jako jednoho z faktorů ovlivňujících dlouhodobý relaps prokázali i Ueki et al. [77]. Porovnali skupinu pacientů s mandibulárním set-backem, u kterých byla fixace provedena pomocí 1 rovné minidlahy na každé straně se skupinou, která po stejné operaci obdržela minidlahu předechnutou tak, že respektovala původní úhel dlouhé osy kondylu. U skupiny s rovnou minidlahou došlo během operace k rotaci kondylu směrem mediálně. Po roce skupina s předechnutou minidlahou vykazovala statisticky výrazně menší procento pacientů se symptomy v temporomandibulárním kloubu než skupina druhá.

Co se pooperační situace týče, zmiňují Borstlap et al. [52], že bolest v preaurikulární krajině či lupání v kloubu v prvních pooperačních měsících může předcházet pozdějším resorpčním změnám. Oproti tomu dokazují, že předoperační potíže s TMK riziko pooperačních změn na kloubu nezvyšují.

Ke stejnému závěru dospěli i Panula et al. [2] při porovnání skupiny pacientů s dysfunkcemi TMK, kteří podstoupili léčbu ortognátní chirurgií, (vždy s rigidní fixací, ale vždy bez rigidní intermaxilární fixace) se skupinou bez léčby. U většiny pacientů došlo po průměrně 29 měsících pooperačně k ústupu potíží. Nové symptomy se rozvinuly jen u 6.7 % pacientů, což odpovídá normální situaci v populaci. U žádného z operovaných nedošlo k novým morfologickým změnám na kloubním výběžku. Riziko vzniku nových TMK obtíží u pacientů léčených ortognátní chirurgií považují tedy za nízké. Z léčby nejvíce profitovali pacienti starší 30ti let.

Všechny dostupné studie se shodují v tom, že k pozdnímu relapsu dochází. Zvláště u pacientů se zmíněnými rizikovými faktory je proto potřeba s ním počítat a pacienta o riziku řádně informovat. U pacientů ohrožených kloubní resorpcí doporučují Arnett et al. předoperačně zahájit léčbu tvrdými nákusnými dlahami, rehabilitačním cvičením a stabilizační kloubní medikací [78].

3. Fixační metody v ortognátní chirurgii

V ortognátní chirurgii, stejně jako v ortopedii, známe 4 druhy fixace kostních úlomků :

Rigidní intermaxilární fixace

Osteosutura drátem

Rigidní osteosyntéza (kovové minidlahy s monokortikálními šrouby či bikortikální šrouby)

Fixace pomocí biodegradabilního materiálu (semirigidní fixace)

Dále čím dál tím častěji jako alternativní metodu operace a fixace využíváme v indikovaných případech distrakční osteogenezi.

3.1. Rigidní intermaxilární fixace

Rigidní intermaxilární fixace (RIF) se v dnešní době používá pouze v kombinaci s osteosuturou. V historické literatuře je při samostatném použití zmiňován až 90 % skeletální relaps [74,79]. Tím, že kostní úlomky nebyly nijak fixovány, podléhaly tahům měkkých tkání vyplývajících z nové pozice mandibuly. Naopak na zuby působila RIF jako ortodontický aparát a způsobovala jejich extruzi. Po odstranění RIF se dentální složka vracela do své původní pozice a k časnému skeletálnímu relapsu se přidával i dentální [74]. K následnému pozdnímu relapsu pak přispívalo omezení pohybu v kloubu během IMF, který je esenciální při výměně synoviální tekutiny a tím k výživě kloubní chrupavky [55]. Chrupavka degenerovala, zkracovala se větev a mohlo dojít k relapsu vady ve smyslu ústupu dolní čelisti dozadu a otevření skusu. Mezi další nevýhody, které vedly k eliminaci užívání rigidní mezičelistní fixace na většině pracovišť, patřilo též omezení funkce stomatognátního aparátu, které působilo na pacienta psychologicky výrazně negativně a snižovalo kvalitu jeho života [80,81].

Williams et al. [80] a Kohno et al. [81] prokázali, že RIF výrazně zvyšuje odpor v horních dýchacích cestách (FEV_1 – objem usilovného výdechu za 1 sekundu je snížen o 22.9% a PEF - vrcholový výdechový průtok o 52.1%), což je zvlášť závažné u pacientů s chronickou plicní obstrukční chorobou, astmatem nebo bronchiální hypersekrecí. Pokud byla RIF komplikována třeba katarrem horních cest dýchacích, mohl tento stav vyústit až v syndrom respirační tísně dospělých, který ohrožuje pacienta na životě. Zmenšení vitální plicní kapacity dále snižovalo celkovou výkonnost organismu a omezovalo běžnou aktivitu pacienta.

Pooperační RIF také omezovala funkci sluchové trubice, neboť zabraňovala zívání, jež pomáhá k odvádění sekretů tvořených ve sluchové trubici a středním uchu [82]. Omezení ústní hygieny se vznikem prekariezních lézí skloviny a poškození parodontu představovalo další negativní vlivy. Stejně tak bylo nutné počítat s hmotnostními změnami souvisejícími s omezením příjmu potravy [83].

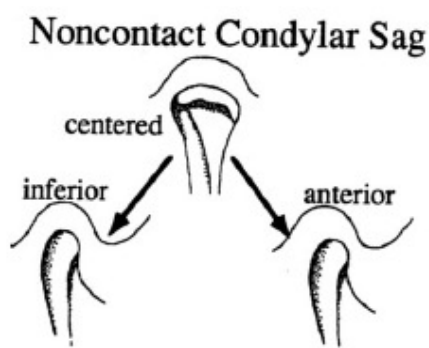
3.2. Osteosutura drátem

Osteosutura dráty z nerezavějící oceli se tradičně využívala k fixaci kostních segmentů před nástupem rigidní osteosyntézy. V ortognátní chirurgii tím rozumíme smyčku při horním či dolním okraji mandibuly, steh tvaru 8 či cirkummandibulární steh okolo větve či těla dolní čelisti [84]. V literatuře je popsán horizontální relaps hypoplastické mandibuly korigované BSSO s předsunutím mandibuly mezi 20-50% [73], a proto byla osteosutura doplňována RIF či

přídavnou skeletální fixací.

Příčinu nestability vysvětlují Watzke et al. [74] tak, že po sagitální osteotomii mandibuly dochází v rámci reakce na operační trauma ke zkracování žvýkacích svalů. Tyto svaly (*musculus masseter*, *musculus pterygoideus medialis* a *musculus temporalis*) zůstávají přichyceny pouze k proximálním segmentům nesoucích kloub a rotují je kraniálně a ventrálně. Osteosutura těmto pohybům neodolává dostatečně, dovoluje lokální adaptaci v linii osteotomie [62], a proto dochází pooperačně ke změně pozice kondylu v kloubní jamce, přestože při operaci byla správná.

Jako druhou příčinu nestability osteosutury udávají Arnett et al. [59] tzv. „noncontact condylar sag“ (nekontaktní poklesnutí kondylu). V případě, že při operaci dojde k dislokaci kloubní hlavičky v jamce, ať už kaudálně nebo kaudo-ventrálně Obr. 35, dochází v časné pooperační době k návratu hlavičky do předoperační pozice v jamce a nastává recidiva mandibuly distálním směrem. Reálně se spíše než o recidivě hovoří o chirurgickém posunu (surgical displacement).



Obr. 35: Chirurgický posun, který je příčinou časného relapsu: - kloubní hlavice je ve frontálním pohledu uprostřed kloubní jamky. V sagitální rovině je kloubní hlavice posunuta kaudálně nebo kaudálně a ventrálně. (Převzato: Arnett, W.: A redefinition of bilateral sagittal osteotomy (BSO) advancement relapse. *Amer. J. Orthod. Dentofacial Orthop.* 1993, 104, č. 5, s. 506-515.)

Osteosutura tomuto pohybu nezabrání. V počátcích se tento relaps nemusí projevit, protože vzhledem k mezičelistní fixaci dochází ke kompenzaci dentální složkou. Relaps je zřetelný až po rozvolnění mezičelistní fixace či sejmutí ortodontických aparátů [59].

Dolce et al. [73] sledovali stabilitu osteosutury po dobu 5 let od mandibulárního advancementu. Z 34 pacientů zařazených do studie našel klinicky významný relaps u poloviny z nich. Velikost relapsu byla průměrně 2,2 mm, tedy 40% advancementu. Vždy k němu došlo v době do dvou let od operace.

Také studie provedená Bergerem et al. [56] s 54 pacienty uvádí statisticky signifikantní relaps, který však u nikoho nedosáhl klinicky významné hodnoty.

Oproti tomu Watzke et al. [74] považují osteosuturu za dostatečně stabilní. Rok po

operaci udává relaps pouze o 15% operačního posunu. Jedná se ale o ojedinělou práci s takto nízkou hodnotou, navíc zatíženou značnou nesourodostí měření.

Ve studii Politihio et al. [62] u 20 pacientů s progenií, kteří podstoupili maxilární advancement kombinovaný s mandibulárním set backem a měli kostní úlomky fixovány osteosuturou, dosáhl průměrný skeletální horizontální relaps 48% a byl kompenzován dentální složkou.

3.3. Rigidní osteosyntéza

Rigidní osteosyntéza postupně začala v ortognátní chirurgii nahrazovat drátěnou osteosuturu v 80. letech 20. století [85,86]. Její zastánci tvrdili, že změna kostní hojení a eliminuje relaps [86-88]. Studie dokládají, že rigidní osteosyntéza sice zvýšení stability přinesla, avšak nikoliv tak výrazně, jak se původně očekávalo. Mezi její hlavní výhody proto patří možnost úplného vyloučení rigidní intermaxilární fixace. Namísto ní se dnes používá elastická mezičelistní fixace pomocí ortodontických gumiček poprvé popsána Krekmanovem et al. [84]. Tah gumiček odpovídá směru repozice fragmentů při operaci a má za cíl jednak doladit eventuelní drobné nepravidelnosti pozice fragmentů a navést čelisti do správné okluze.

U osteosutury můžeme očekávat spíše časný relaps, který je způsobený pohyby v linii osteotomie. Naopak u rigidní osteosyntézy hraje větší roli relaps pozdní způsobený resorpčními změnami kondylu TMK.

Pod pojmem rigidní osteosyntéza rozumíme dva rozdílné chirurgické postupy fixace kostních segmentů a to buď pomocí kovových minidlah s monokortikální fixací šrouby nebo naopak použití pouze bikortikálních šroubů. Dříve se osteosyntetický materiál vyráběl z antikorozi oceli, dnes z titanu a jeho slitin. Přestože se jedná o metodu velmi osvědčenou a stabilní, má některé nevýhody: osteosyntetický materiál je hmatný, při dlouhém pobytu v chladném prostředí je tkáň okolo více citlivá, ovlivňuje MRI a CT vyšetření [89], může docházet k hromadění korozivních produktů v okolních tkáních i ve vzdálených lokalizacích [89], adherenci bakterií, přizpůsobení mikrostruktury kosti „opore“ v podobě rigidního materiálu [79,89,90]. Tyto nevýhody lze odstranit pouze vyjmutím fixace při druhé operaci nebo použitím vstřebatelných materiálů. V dolní čelisti po BSSO je možné kostní segmenty spojit na každé straně jedním nebo více osteosyntetickými minidlahami fixovanými monokortikálně 4-6 šrouby nebo 2 či 3 bikortikálními stabilizačními šrouby.

3.3.1. Rigidní osteosyntéza bikortikálními šrouby

Osteosyntéza bikortikálními šrouby u BSSO je známa od 70. let 20. století [91]. Její stabilitu dokládá mnoho prací [73,74,82,87,92-94]. Nejčastěji užívané šrouby mají průměr 2 mm

a jsou aplikovány v pozici obráceného L, tedy dva šrouby nad nervově cévním svazkem a jeden pod ním. Dle Maurerovy studie metodou konečných prvků [94] tato pozice odolává nejvyšším žvýkacím silám. Ke stejnému závěru došli opět metodou konečných prvků i Ekrmenn et al. [95,96] a Chuong et al. [92], a to jak u mandibulárního set-backu, tak advancementu.

Časnou stabilitu dokázali Hoffmann et al. [87], kteří rok od operace nepopsali klinicky významný relaps u žádného ze skupiny 15 pacientů s předsunutím dolní čelisti. Dolce et al. [73] našli klinicky významný pozdní relaps u 23% z 91 pacientů sledovaných po dobu 5ti let. V prvním půlroce pozorovali malý přechodný pohyb symfýzy mandibuly ventrálně, což vysvětlují kompenzací peroperačního zatlačení kloubu. Poté se však čelist vrátila zpět a kolem 5 roku se zastavila v původní pooperační pozici. Pozorovaná změna pooperační hodnoty incizálního schůdku byla způsobena dentálními změnami, nikoliv skeletálním relapsem.

Mezi hlavní rizika této fixace patří možnost poranění n. alveolaris inferior [52,82,88], nepříjemná je i nutnost zavádění šroubů pomocí extraorálního přístupu. Ochs et al. [88] bikortikální šrouby nedoporučují u malého překryvu kostních segmentů, u velkých či asymetrických posunů, při přítomnosti impaktovaných třetích molárů. Borstlap et al. a další studie [15,19,52,59,65,67,77,97] za hlavní nevýhodu považují změnu rotace kondylů způsobenou kompresí proximálních segmentů mandibuly při fixaci. Proto se bikortikální šrouby nepoužívají typicky jako v ortopedii, kdy slouží ke spojení kostí s výraznou kompresí fragmentů, ale spíše jen jako stabilizační prvky (lag screws).

3.3.2. Rigidní osteosyntéza pomocí minidlah

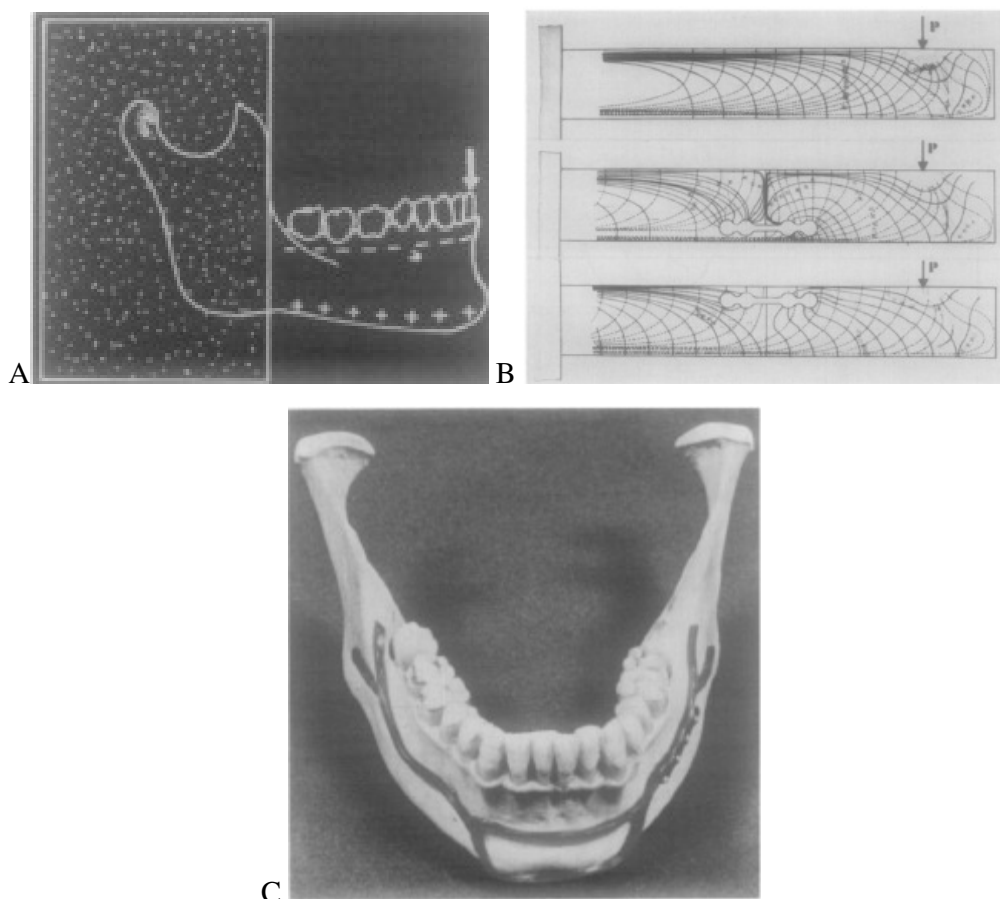
3.3.2.a. Rigidní osteosyntéza dlahami v traumatologii

Historie osteosyntézy [98] pomocí dlah sahá do konce 19. století. Chirurg Hansmann v roce 1886 jako první provedl a popsal proceduru podkožní fixace zlomeniny pomocí kovových pásků potažených niklem s otvory pro ocelové šroubky potažené opět niklem. Dlahy i šrouby vyčnívaly z rány a byly odstraněny za 4-8 týdnů po operaci. Hansmann použil tuto metodu u 21 fraktur a pseudoartróz. U dvou pacientů se jednalo o frakturu mandibuly, a tak se stal prvním, kdo provedl osteosyntézu mandibuly. O 7 let později použil stejnou metodu i Sir William A. Lane. Tvar a velikosti děr v jeho dlahách již přesně odpovídali hlavičkám šroubků. O dva roky později pak popsal korozi materiálu vznikající během hojení zlomeniny. Za otce moderní osteosyntézy je považován belgický chirurg Lambotte. Jako první zavedl termín „osteosyntéza“, dále vynalezl zevní fixátor a do praxe zavedl různé tvary šroubků a dlah z hliníku, mědi, stříbra a mosazi. Následně Sherman v 2. desetiletí 20.století použil šrouby se samořezným závitem, které umožnily zavádění bez předvrtávání. Často popisované komplikace jako koroze, metalické skvrny, uvolnění šroubků a zlomení dlažek vycházely z mechanicko-chemických charakteristik

tehdy dostupných materiálů. V roce 1937 byla poprvé použita slitina Vitallia, která vykazovala výrazně nižší korozi. Všechny tyto systémy však zajišťovali pouze retenci fragmentů v dané poloze bez možnosti komprese kostních fragmentů. V případech, kdy se fragmenty nedotýkali, popsal Brandt v r. 1937 zvětšení mezery zlomeniny a nekrózu. V polovině 20. století pak vznikla myšlenka kompresivní osteosyntézy. Dlahy s oválnými děrami, které umožnily kompresi fragmentů po zavedení šroubů, popsali Collins (1920) a Eggers a Roosth (1959). První kompresivní dlahy jako takové byla popsána dánským chirurgem Danisem v r. 1949. Díky axiální kompresi a rigidní fixaci pozoroval tzv. „primární“ hojení kosti, u kterého, na rozdíl od „sekundárního“ hojení, nedocházelo k formaci svalku vznikajícího u konzervativní terapie zlomenin. Významným krokem vpřed při rozvoji osteosyntézy bylo založení Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen/Association for the Study of Internal Fixation (AO/ASIF), díky které došlo k zavedení myšlenky axiální komprese do běžné praxe. Luhr začal používat k osteosyntéze fraktur mandibuly kompresivní plate tvaru poloviny trubky umístěné na dolní hranu mandibuly. Díry pro šrouby byly excentrické a při dotahování docházelo k axiální kompresi fragmentů. Vzhledem k velikosti dlahy a nutnosti zavedení šroubů bikortikálně nebylo možné umístit ji jinam než na mechanicky nevýhodnou dolní hranu mandibuly. Někteří chirurgové již v té době znali práce o umístění silových trajektorií, které prokazují existenci kompresivních sil na dolní hraně mandibuly a na druhou stranu tahových sil způsobujících oddalování fragmentů v oblasti alveolárního výběžku [99,100]. Proto kompresivní dlahu kombinovali ještě se Sauerovou dlahou, drátěnou osteosuturou nebo další monokortikálně umístěnou dlažkou v oblasti alveolárního výběžku mandibuly. Kompresivní osteosyntéza se postupně zlepšovala vznikem nových tvarů otvorů pro šrouby a změnou úhlů otvorů umožňujících zavedení šroubků ve směru 45° [101]. Dalším krokem ve vývoji osteosyntézy bylo vyvinutí rekonstrukčních dlah, které díky zcela minimálnímu pohybu mezi kostí a dlahou umožnily osteosyntézu kominutivních fraktur, infikovaných fraktur a nebo atrofických mandibul. Používány byly i k překlenutí defektu po resekcii mandibuly pro nádor, i když v tomto případě docházelo ke komplikacím vyžadujícím předčasné odstranění dlahy až v 2/3 případů [102]. Výrazný pokrok přineslo zavedení rekonstrukčních plate THORP (Titanium-coated Hollow Screw and Reconstruction Plate System). Obr. 38 Šrouby měli v hlavičce otvor s vnitřním závitem, do kterého se po zašroubování šroubu do kosti zavedl ještě malý šroubek, který velký šroub přitlačil k dlaze [103]. Zvýšení stability bylo dosaženo nezávisle na přesném přiložení a kompresi dlahy ke kosti. Od 90. let 20. století byl tento systém postupně nahrazen systémem UniLOCL 2.4, kde byl malý šroubek nahrazen vnitřním závitem přímo v rekonstrukční dlaze [98].

Paralelně s kompresivní osteosyntézou se rozvíjela i druhá škola zdůrazňující

dynamickou kompresi. Za nejpodstatnější je považován přínos Champyho et al. [99,100] , kteří na dvojdimenzionálních modelech mandibuly simulovali rozložení tahových a tlakových sil na mandibule při žvýkání. Obr. 36



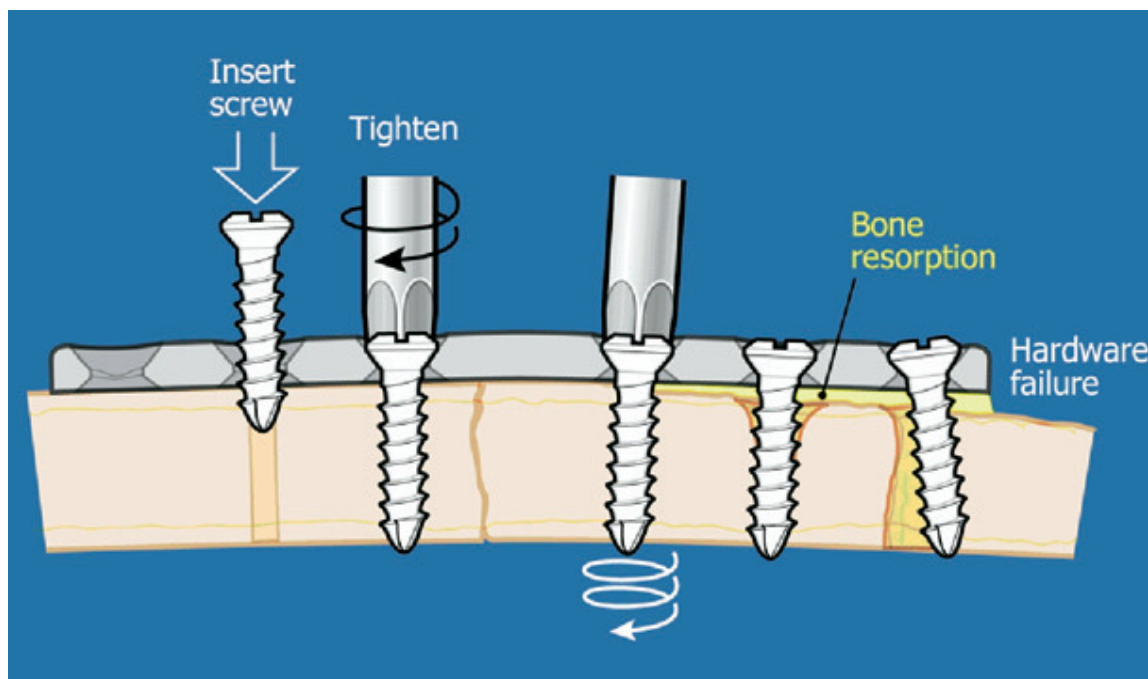
Obr. 36: A Tahové síly (-) podél alveolárního výběžku mandibuly a tlakové síly (+) na dolní hraně, B Fotoelasticita modelu aralditu před a po osteosyntéze, C linie ideálního umístění monokortikálních minidlah při osteosyntéze fraktury mandibuly. (Převzato z: Champy M., Loddi~ J. P., Schmitt R., Jaeger J.H., Muster D., J. max.-fac. Surg. 6 (1978) 14-21, Mandibular Osteosynthesis by Miniature Screwed Plates Via a Buccal Approach)

Dlahy umístili do oblasti alveolárního výběžku a fixovali je monokortikálně. Tahová síla se tak přenášela na dolní hranu mandibuly, kde docházelo ke kompresi a tím zvýšení stability. Dlahy musely být odolné pouze vůči tahovým silám, a proto mohly mít malé rozměry. V oblasti mezi *foramina mandibularia* se k tahovým silám přidala ještě síla torzní, proto bylo frakturu nutno fixovat dvěma paralelně uloženými minidlahami.

V roce 1991 publikovali Kroon et al. [104] in vitro 3D studii osteosyntézy u fraktur mandibuly a prokázal rozdílné rozložení tlakových a tahových sil oproti 2D modelu, díky kterému dochází k otevírání lomné linie v oblasti úhlu mandibuly. Proto v případě osteosyntézy fraktury úhlu mandibuly doporučili použití 2 minidlah, jednoho na *linea obliqua* a jednoho o něco kaudálněji. Klinické studie porovnávající procento komplikací v případě 1 a 2 minidlah

však vykazují rozdílné výsledky. Mezitím co ve studii Levyho et al. [105] převládá vyšší procento komplikací u 1 minidlahy (26%/2%), Ellis et al. [106] popisují 2,5% komplikací u 1 minidlahy a 23% komplikací u 2 minidlah. Schierle et al. [107] provedli prospektivní klinickou a laboratorní studii, ve které porovnávali procento komplikací u zlomenin úhlu mandibuly ošetřených 1 a 2 minidlahami. Mezitím co v laboratorních studiích jasně prokázali větší stabilitu a neutralizaci rotačních sil v oblasti úhlu u 2 minidlah, klinické studie měly stejné procento komplikací (6,3% u 1 minidlahy a 6,7% u 2 minidlah). Vždy se jednalo o infekci, která však nezpůsobila nezhojení zlomeniny. Schierle et al. zdůraznili nutnost nedívat se na osteosyntézu jen z pohledu mechaniky, ale také v kontextu operačního traumatu, nutnosti deperiostování kosti, doby operace a tedy expozice deperiostované kosti vůči vnějšímu prostředí i rizika vzniku hematomu. U kominutivních, infikovaných zlomenin nebo u atrofických mandibul, kde je rigidita fixace kruciální, proto doporučili použití 2 minidlah, v případě jednoduchých zlomenin považovali za dostačující 1 minidlahu na *linea obliqua*.

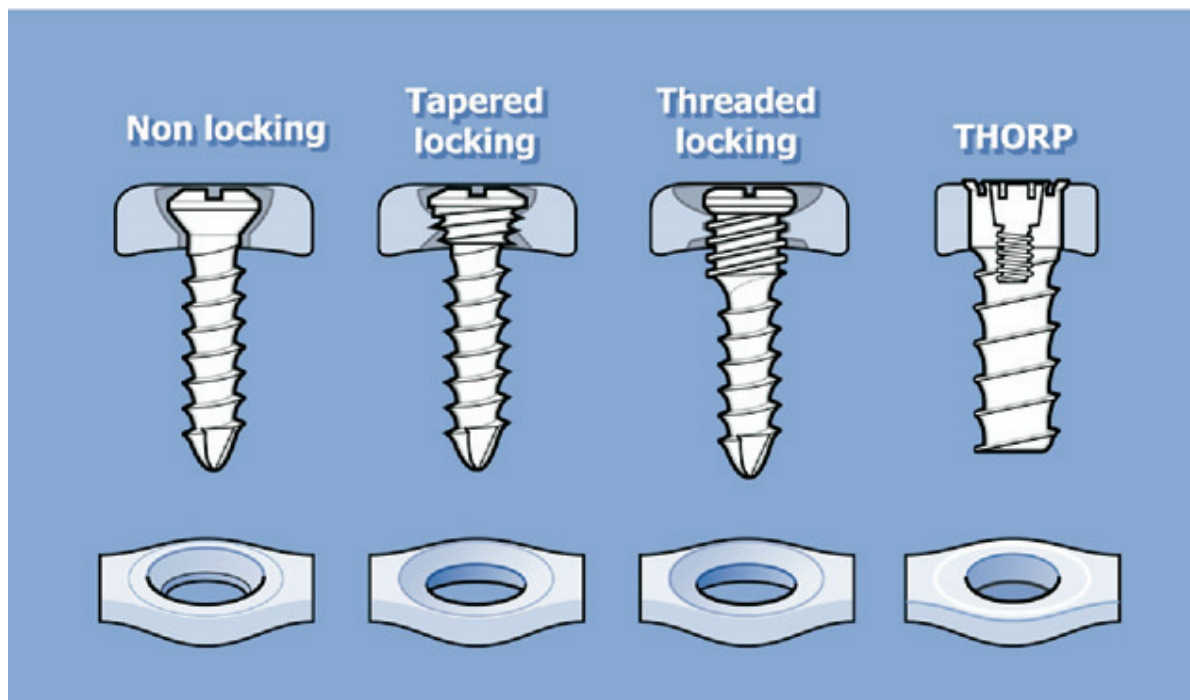
V posledních 2 desetiletích byly na trh uvedeny minidlahy se samozamykacím systémem (Locking system, self-locking system).



Obr 37: Vznik tlakové nekrózy kosti v okolí šroubu a následné selhání fixace. (Převzato z : Coletti et al. Locking Reconstruction Plate Comparisons. J Oral Maxillofac Surg 2007.)

Za jejich podstatnou výhodu je považováno vytvoření tzv. „vnitřního-zevního“ fixátoru. Díky uzamčení šroubku do minidlahy vzniká pevná konstrukce, která je schopna stabilizovat frakturu i v případě, že dlaha není naprosto přesně pasivně adaptována na tvar kosti.. Za druhou nespornou výhodu je považováno významné snížení rizika tlakové nekrózy kosti pod šroubem, ke kterému u standardních minidlah dochází v důsledku výrazné komprese minidlahy na kost

v momentě dotažení šroubu. Nekróza pak způsobuje kostní resorpci a může být i příčinou selhání fixace [108]. Obr. 37 V současné době jsou na trhu k dispozici 2 základní typy samozamykatelných minidlah a to jednak dlahy se závitem („threaded plates“) a dále kónicky ztenčené dlahy („tapered plates“), které umožňují zaříznutí se šroubku do dlahy pomocí posledního závitu šroubku [108].



Obr. 38: Typy šroubů používaných k fixaci minidlah (viz text) (Převzato z: Coletti et al. Locking Reconstruction Plate Comparisons. J Oral Maxillofac Surg 2007.)

„Tapered plates“ mají oproti „threaded plates“ umožňovat při umístění šroubu odklon do 10° od kolmice na osu dlahy a zachovávat přitom vlastnosti samozamykatelného systému. Colletti et al. porovnávali oba systémy a dospěli k závěru, že oba systémy jsou schopny odolat síle otáčivého momentu nutné k fixaci šroubku. Prokázali, že u „tapered plates“ dochází ve větším procentu (43,8% oproti 23% u „threaded plate“) k ohnutí minidlahy či malé dislokaci fragmentů. Na druhou stranu „threaded screw“ vykazovaly větší procento prokluzování šroubku než u druhého systému. Volba jednoho nebo druhého systému tedy záleží nejvíce na preferencích chirurga a konkrétní klinické situaci.

Z hlediska přenosu zátěže rozlišujeme 2 základní typy osteosyntetických dlah [58]. Minidlahy umístěné v místě ideálních linií osteosyntézy i kompresní dlahy kombinované s minidlahami mají za úkol stabilizovat zlomeninu. Mechanickou zátěž pak dlahy sdílí dohromady s kostí, anglicky se proto nazývají „load-sharing“ a používají u jednoduchých neinfikovaných zlomenin. Větší dlahy, v některých systémech označované jako makrodlahy

nebo maxidlahy, snesou mechanickou zátěž i bez podpory kosti. Nazývají se proto „load-bearing“. Jsou indikovány v případech infikovaných či kominutivních fraktur, dále u atrofické mandibuly nebo při defektech kontinuity dolní čelisti.

3.3.2.b. Rigidní osteosyntéza minidlahami v ortognátní chirurgii

Stoelinga et al. [86] v historickém přehledu užívání minidlahy v ortognátní chirurgii uvádějí, že ke stabilizaci sagitální osteotomie mandibuly byly minidlahy poprvé použity v roce 1987 chirurgem McDonalodem a následně Rubensem et al. [109]. Pravděpodobně o cca 10 let dříve byly minidlahy v ortognátní chirurgii popsány chirurgy Micheletem et al. [85], ale jejich francouzsky publikované články jsou méně známé. Hlavním důvodem pro použití minidlah byl předpoklad pevnější fixace než jen kostní steh u horního či dolního okraje mandibuly. V tu dobu byli chirurgové zvyklí na asi 30% relaps operačního pohybu, a proto při mandibulárním advancementu předsouvali běžně čelist o to více. První minidlahy byly fixovány pouze 1 šroubem v proximálním segmentu a pacient měl stále rigidní mezičelistní fixaci. Následně se začali používat dlahy s minimálně 4 šrouby a pacient již nedostal rigidní mezičelistní fixaci.

Dnes je nejčastěji užívána 1 minidlahy na každé straně mandibuly fixovaná monokortikálně [52,86,88,93]. V umístění minidlah se běžně vychází z Champyho modelu, nejlepší stabilitu v této pozici i u BSSO potvrdili Takahashi et al. [50]. Někteří autoři však doporučují v případě větších posunů použití 2 minidlah na každé straně. Vzhledem k novým 3D studiím tento požadavek můžeme považovat za oprávněný. Časnou stabilitu fixace minidlahami jsme prokázali na skupině 21 našich pacientů, kteří podstoupili BSSO set-back průměrně o 4,9 mm [3].

Scheerlinck et al. [110] v jedné z doposud nejrozsáhlejších studií prokázali dostatečnou dlouhodobou stabilitu při použití minidlah k fixaci mandibulárního advancementu na skupině 103 pacientů. Dlouhodobou stabilitu prokázali Borstlap et al. [52], kteří rozdělili 222 pacientů po přesunutí dolní čelisti na skupinu bez relapsu (horizontální relaps do 1mm) a s relapsem. Skupinu stabilní s průměrnou velikostí předsunu 5.2 mm a relapsem 0.4 mm tvořilo 84 % pacientů, ve skupině s relapsem byl posun průměrně o 7.8 mm a relaps se pohyboval v rozmezí 1.8-3.3 mm.

Ueki et al. [77] prohlásili na základě studie s 20ti pacienty, kteří podstoupili mandibulární setback průměrně o 6,7 (+-3,2) mm, fixaci minidlahami za dostatečně stabilní. Doporučili používání předtvarovaných minidlah, u kterých dochází k menší rotaci kloubní hlavice a následně menšímu riziku postižení temporomandibulárního kloubu.

Stoelinga et al. [86] porovnávali klinické využití minidlah a bikortikálních šroubů a za výhodu použití minidlah na místo bikortikálních šroubů považují nepřítomnost viditelných jizev,

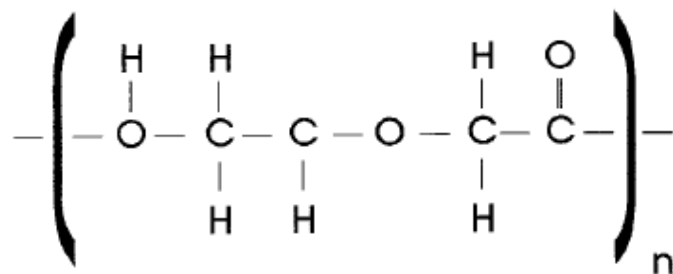
jednodušší opravu případné malpozice distálního segmentů i jednoduché odstranění minidlah.

Otázka, zda pro fixaci kostních úlomků používat bikortikální šrouby či minidlahy, zůstává nedořešena. Mezitím, co in vitro provedené studie pomocí FEA jasně dokazují, že bikortikální šrouby odolávají větším žvýkacím silám [92,93,95,96,111], měření in vivo [59,86] výraznější relaps u minidlah neprokazují. Maurer et al. [112] to vysvětlují tím, že žvýkací síly v prvních 6 týdnech po operaci nedosahují více než 65±43N. Rozhodnutí pro jeden nebo druhý způsob fixace tedy mnohdy záleží na preferencích chirurga.

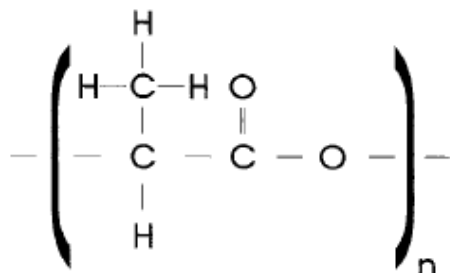
3.4. Semirigidní osteosyntéza biodegradabilními materiály

3.4.1. Vlastnosti biodegradabilních materiálů

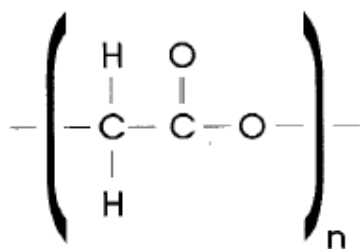
První práce popisující použití vstřebatelných materiálů na zvířecích modelech sahají dle Suuronen [113] do 70. let minulého století. Chemicky se jedná o 3 základní možné makromolekulární látky. Polydioxanone (PDS) je krystalický průhledný polymer, který je při pokojové teplotě tažný a ohebný, pevnost získává až při -16°C. V současné době se používá jako šicí materiál a v ortopedii k výrobě hřebů a šroubů. V maxilofaciální chirurgii je jeho využití k osteosyntéze vzácné.



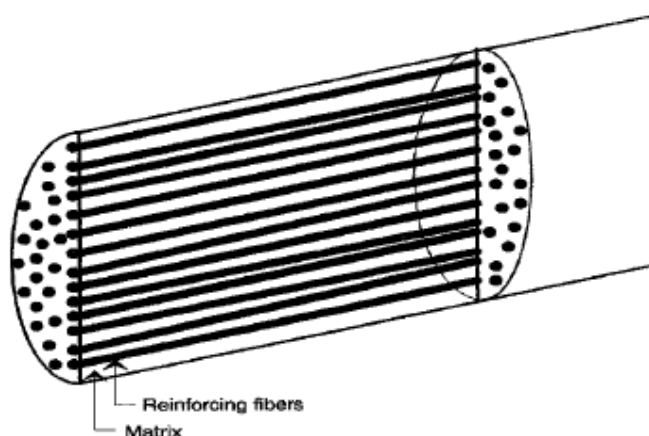
Polymer kyseliny mléčné - polylactic acid (PLA) se využívá výrazně více. Jedná se o opákní semikrystalický polymer, který tvrdne při teplotě nižší než 53°C. Existuje ve 4 různých formách v závislosti na poměru D a L konfigurace. V literatuře [91,111-122] se setkáváme se zkratkami PLLA (L forma polymeru kyseliny mléčné), PDLA (D forma) a také např. PLDLA 70/30 značící často používaný polymer obsahující 70% L konfigurace polymeru kyseliny mléčné a 30% D konfigurace.



Velké využití našel i polymer kyseliny glykolové - polyglycolic acid (PGA), který je pevný od 36°C níže.



PLA i PGA je možno upravit do tzv. samovyztužené formy (self-reinforced, zkratka SR uváděná před názvem molekuly, např. SR-PLA), ve které jsou vlákna materiálu pospojovaná amorfní matrix stejného chemického složení. Díky tomu se zvýší pevnost materiálu a také je možno dlahy ohýbat bez nutnosti nahřívání [116]. *Obr. 39, 40*



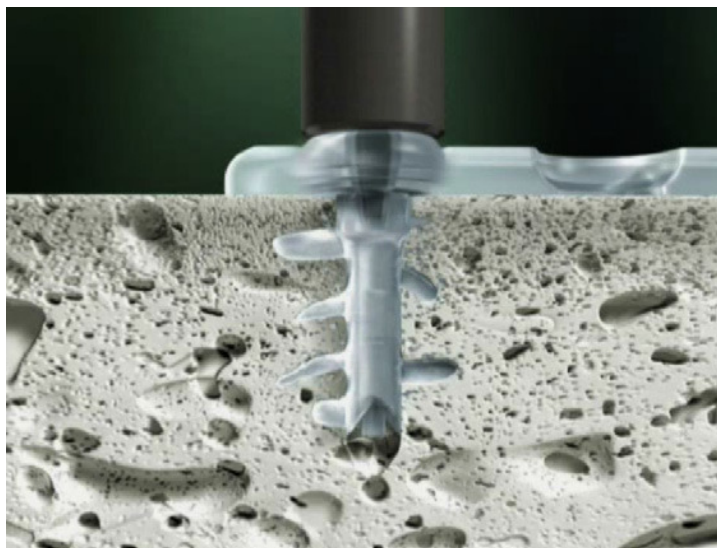
Obr. 39: Samovyztužená forma vstřebatelných materiálů. (Převzato z: R. Suuronen: Biodegradable fracture-fixation devices in maxillofacial surgery. Int. J. Oral Maxillofac. Surg. 1993; 22: 50-57.)



Obr. 40: Možnost ohýbání samovyztužené minidlahy bez nutnosti nahřívání. (Převzato z: Bioabsorbable Plates and Screws for Fixation of Mandibulotomies in Ablative Oral Cancer Surgery, Tanja Ketola-Kinnula, Riitta Suuronen, Risto Kontio, Pekka Laine, and Christian Lindqvist, J Oral Maxillofac Surg 68:1753-1762, 2010)

Oba materiály jsou metabolizovány na vodu a oxid uhličitý [114,115]. Jelikož k degradaci přispívají i buněčné enzymy, dochází k ní rychleji in vivo než in vitro. PLA je resorbována pomaleji než PGA, což je z klinického pohledu výhodné. Díky pomalejší resorpci a tedy delší době dostatečující mechanické odolnosti osteosyntetického materiálu je možné minidlahy i šrouby zmenšit. Postupná degradace také snižuje rozsah sterilní zánětlivé reakce v okolí na minimum. PLA a PGA mohou být kombinovány, a tak vytvářet kopolymery s různými mechanickými i chemickými vlastnostmi, čehož se využívá při výrobě minidlah a šroubů. Vzhledem k jiným požadavkům na mechanickou pevnost šroubu a minidlahy jsou využívány jiná procentuální zastoupení jednotlivých kopolymerů. Doba degradace PGA je několik měsíců, PLLA 5 let, kombinací PLDLA se dosahuje degradace za cca 2 roky [120].

Z hlediska klinického používání je však práce se vstřebatelnými materiály složitější než s titanem. Otvory pro šrouby v kosti je nutno předvrtat a následně v nich vytvořit závit pro pasivní zachycení šroubu, což prodlužuje operační dobu [122]. Po zašroubování šroubu se odstraní jeho hlavička z důvodu zmenšení celkového množství materiálu, které je nutno resorbovat. Druhou možností je použití systému, u kterého dochází k zanoření celé hlavičky do minidlahy [123]. Nevýhody spojené se zaváděním vstřebatelných šroubů řeší piny, které jsou bez závitů. Zavedou se do předvrtaného otvoru a následně se zahřejí ultrazvukem, čímž dojde k jejich expanzi. K mechanické stabilitě, dokonce výrazně větší než při použití šroubu, dochází díky zatečení materiálu pinu do okolní spongiosy i jeho spojením s dlahou [124]. *Obr. 41*



Obr. 41: Pin fixovaný v kosti. (Převzato z: Pilling E, Meissner H, Jung R, et al. An experimental study of the biomechanical stability of ultrasound-activated pinned (SonicWeld Rx+Resorb-X) and screwed fixed (Resorb-X) resorbable materials for osteosynthesis in the treatment of simulated craniosynostosis in sheep. Br J Oral Maxillofac Surg, 2007, 45:451-456.)

3.4.2. Biodegradabilní materiály v ortognátní chirurgii

Dostupné studie dokazují dobrou stabilitu výsledku BSSO při použití biodegradabilních fixačních materiálů [91,111,112,114,117-122].

Mechanické vlastnosti biodegradabilních materiálů in vitro zkoumali Maurer et al. [94,111]. Na modelu sagitální osteotomie mandibuly pomocí FEA dokázali, že všechny jimi zkoumané bikortikální šrouby (PLLA s průměrem 2.7mm, Isoorb s průměrem 3.5mm, BioSorbFX s průměrem 2.4mm a Lactosorb s průměrem 2.5mm) je možné v praxi použít, neboť dokázali neutralizovat vyšší žvýkací síly, než jaké jsou prokázány v prvních pooperačních týdnech.

Stabilitu výsledku BSSO při použití biodegradabilních fixačních materiálů hodnotí většina dostupných studií pouze klinicky [114,115,117,118,122]. Žádný z autorů nepozoroval pooperační pohyblivost v linii osteotomie a v období 2-24 měsíců od operace nedošlo k výraznějšímu relapsu. K fixaci byly použity bikortikální šrouby většinou v konfiguraci obráceného L. U malého procenta pacientů však došlo k selhání fixace. Turvey et al. [121] ho popsali u 3 pacientů ze 74. Dvakrát se jednalo o pacienta se syndromem, u třetího došlo k selhání materiálu při urgentní reintubaci pro laryngospasmus.

V posledních letech bylo publikováno i několik studií, které stabilitu dokládají rentgenologicky. Mathews et al. [89] porovnali 11 pacientů s předsunutím mandibuly o 3-8 mm a fixací 3 bikortikálními vstřebatelnými šrouby (SR-PLLA) s podobnou skupinou, u které byly použity titanové bikortikální šrouby. Mezi oběma skupinami nenašli 12 měsíců po operaci statisticky signifikantní rozdíl v relapsu. Ferreti et al. [125] v prospektivní studii obsahující 20 pacientů s BSSO advancementem a fixací titanovými bikortikálními šrouby a 20 pacientů ošetřených pomocí bikortikálních šroubů z PLL/PGA 82/18 nenašli signifikantní rozdíl v relapsu. Ani Kallela et al. [91] ve studii obsahující 25 pacientů s předsunutím mandibuly o maximálně 7mm a fixací SR-PLLA bikortikálními šrouby nepozorovali relaps větší než je obvyklý u tohoto typu operace. Ke stejnému závěru došli Ueki et al. [97], kteří srovnali výsledky mandibulárního setbacku u pacientů s fixací titanovými minidlahami a pacientů s biodegradabilními minidlahami. Ani u jedné skupiny nedošlo 1 rok po operaci ke skeletálnímu relapsu.

Velmi dobré výsledky při použití biodegradabilních materiálů publikovala také skupina jihokorejských autorů [126]. U 120 pacientů podstupujících ortognátní chirurgii použili vstřebatelné minidlahy Biosorb FX (Conmed Linvatec, Tampere, Finland) a porovnávali je s 152 pacienty, u kterých osteosyntézu provedli pomocí titanových minidlah. Vznik otevřeného skusu pozorovali u 3 pacientů s titanovými minidlahami a u 7 s biodegradabilními. Naopak množství

obtíží s temporomandibulárním kloubem bylo vyšší u použití titanových minidlah (10 pacientů oproti 7). Lokální zánětlivou reakci popsali v 5 případech u biodegradabilních minidlah, a také u 3 pacientů pozorovali chirurgický relaps. I když z článku není jasné, jaký typ ortognátní vady byl zastoupen v jakém procentu, jestli se jedná o studii prospektivní či retrospektivní a na základě jakého klíče byl volen typ osteosyntetického materiálu, jedná se o první klinickou studii popisující zkušenosti s použitím biodegradabilních minidlah k fixaci sagitální osteotomie mandibuly u velkého množství pacientů.

Zatím nejrozsáhlejší prospektivní studii týkající se stability biodegradabilních minidlah publikovali v roce 2010 finští autoři [120]. 101 pacientů podstupujících ortognátní chirurgii randomizovaně rozdělili do dvou skupin, u první použili standardní titanové minidlahy, u druhé kopolymer kyseliny mléčné (PLDLA 70/30). Z operačních výkonů bylo zastoupeno 55 bilaterálních sagitálních osteotomií, 28 osteotomií Le Fort I a u 18 pacientů byla provedena bimaxilární operace. Medián rentgenologické pooperační kontroly byl 18,3 měsíce (rozmezí 5.1–64.7) a klinické kontroly 6,3 roku s rozmezím 4.8–7.5let. Autoři prokázali, že velikost relapsu v případě použití biodegradabilních materiálů odpovídá velikosti relapsu u titanových minidlah a šroubů. K osteosyntéze mandibuly byly v obou případech použity bikortikální šrouby. Celkově došlo ke 3 zánětlivým komplikacím, které si vyžádali odstranění osteosyntetického materiálu, ve 2 případech šlo o titan, v 1 případě o PLDLA.

Biokompatibilita a degradace materiálu in vivo je dalším přísně sledovaným kritériem. Ewards et al. [115] na souboru 12 pacientů zjistili, že ke kompletnímu vstřebání PLLA/PGA 82/12 minidlah i šroubů (Lactosorb) došlo v 69% operovaných do 2 let. Na RTG snímcích nebylo rozpoznatelné místo, kam byl materiál původně implantován. U dvou pacientů, kteří souhlasili s revizí původní operační rány 2 roky po operaci nebyly nalezeny žádné zbytky materiálu. U jednoho dobrovolníka byla provedena biopsie z místa původní implantace šroubu. Histologickým vyšetřením autoři prokázali trabekulární kost.

Avšak ne všechny studie jsou takto optimistické. Norholt et al. [127] zmiňují u 2 pacientů z 30 zánětlivou reakci na cizí těleso při použití 2,0mm LactoSorb šroubů a minidlah.

Své desetileté zkušenosti se biodegradabilními materiály použitými u 745 pacientů publikovali Turvey et al. [122]. Používali PLLDL materiály od dvou různých dodavatelů. V 94% případů popisují bezproblémové hojení, u 2% došlo ke zlomení šroubu použitého v mandibule, a to vždy u pacienta s vyšším rizikem, tedy konkrétně syndromového, obézního nebo neschopného dodržet pooperační instrukci jíst měkkou stravu. Později přestal první autor u těchto pacientů biodegradabilní materiály používat a k dalšímu selhání fixace nedošlo. Ve 4% případů pozorovali zánětlivou reakci. Vždy se jednalo o materiál umístěný v maxile nebo na spodině očné. Autoři se domnívají, že toto souvisí s malým množstvím kosti a také tenkou vrstvou

měkkých tkání nad relativně silným minidlahou. V případě fixace mandibuly, kde byly šrouby kryty silnou vrstvou musculus masseter k zánětlivé reakci nedošlo. 31 pacientů ze všech vyžadovalo chirurgické odstranění materiálu vzhledem k přetrvávajícímu chronickému zánětu, u všech byla nalezena již zhojená kost. V případě použití biodegradabilních minidlah k fixaci maxily popisují autoři mobilitu maxily, která časem ustoupí, ale nedá se srovnat s rigiditou titanových minidlah. Nepovažují ji za výrazný problém, neboť naopak umožňuje eventuelní doladění pozice maxily pomocí elastických tahů.

Biodegradabilní materiály nabízejí možnost odstranění některých nevýhod kovových osteosyntetických materiálů jako hmatnost minidlah či šroubů v obličeji, hypersenzitivitu na studené, rušení obrazu při vyšetření CT či MRI, hromadění korozivních produktů v okolních tkáních i ve vzdálených lokalizacích, adherenci bakterií a přizpůsobení mikrostruktury kosti „opore“ v podobě rigidního materiálu. Tím eliminují potřebu druhé operace. Na druhou stranu se jedná o materiály relativně nové, u kterých se autoři shodují na nutnosti dalšího zkoumání jak biologických vlastností, tak dlouhodobé stability.

3.5. Distrakční osteogeneze

Metoda distrakční osteogeneze je známá od počátku 20. století. Jejím principem je novotvorba kosti i měkkých tkání působením tahových sil.

3.5.1. Princip distrakční osteogeneze

Z hlediska biologického jsou mezi distrakční osteogenezí a hojením zlomenin (tedy i osteotomií) 2 zásadní rozdíly. U distrakční osteogeneze používáme kontrolovanou formu mikrotraumatu, která podporuje samoregenerační schopnosti organismu a dále při ní dochází k membranósní (jinde nazývané desmogenní) osifikaci [128]. Fraktura je traumatem větším a kromě desmogenní osifikace u ní v případě nedostatečného krevního zásobení či nedostatečné imobilizace probíhá osifikace i enchondrálně [60,129]. Samotný proces distrakce se skládá ze čtyř kroků. Využívá se při něm jedinečné vlastnosti primárního kostního svalku: jeho poměrně velké natažitelnosti a schopnosti přeměnit se i v tomto nataženém stavu v kost. V první, chirurgické fázi je provedena osteotomie – tzv. distrakční mezera, ve které celý proces distrakce probíhá. Následuje druhá fáze - latence sloužící k vytvoření primárního kostěného svalku. Ilizarov doporučoval dobu 5-7 dnů, v oblasti orofaciální soustavy vzhledem k desmogenní osifikaci a bohatému krevnímu zásobení doporučují někteří tuto dobu zkrátit [128]. Podstatným faktorem je věk pacienta, například u dětí zahajujeme distrakci již za tři dny. Fáze samotné distrakce je třetím krokem a skládá se z postupného natahování primárního kostního svalku a tím i přiléhajících měkkých tkání. Používáme k tomu speciální přístroje – distraktory. Distraktor se skládá z dvou fixačních komponent, každé upevněné na jedné straně distrakční mezery, a

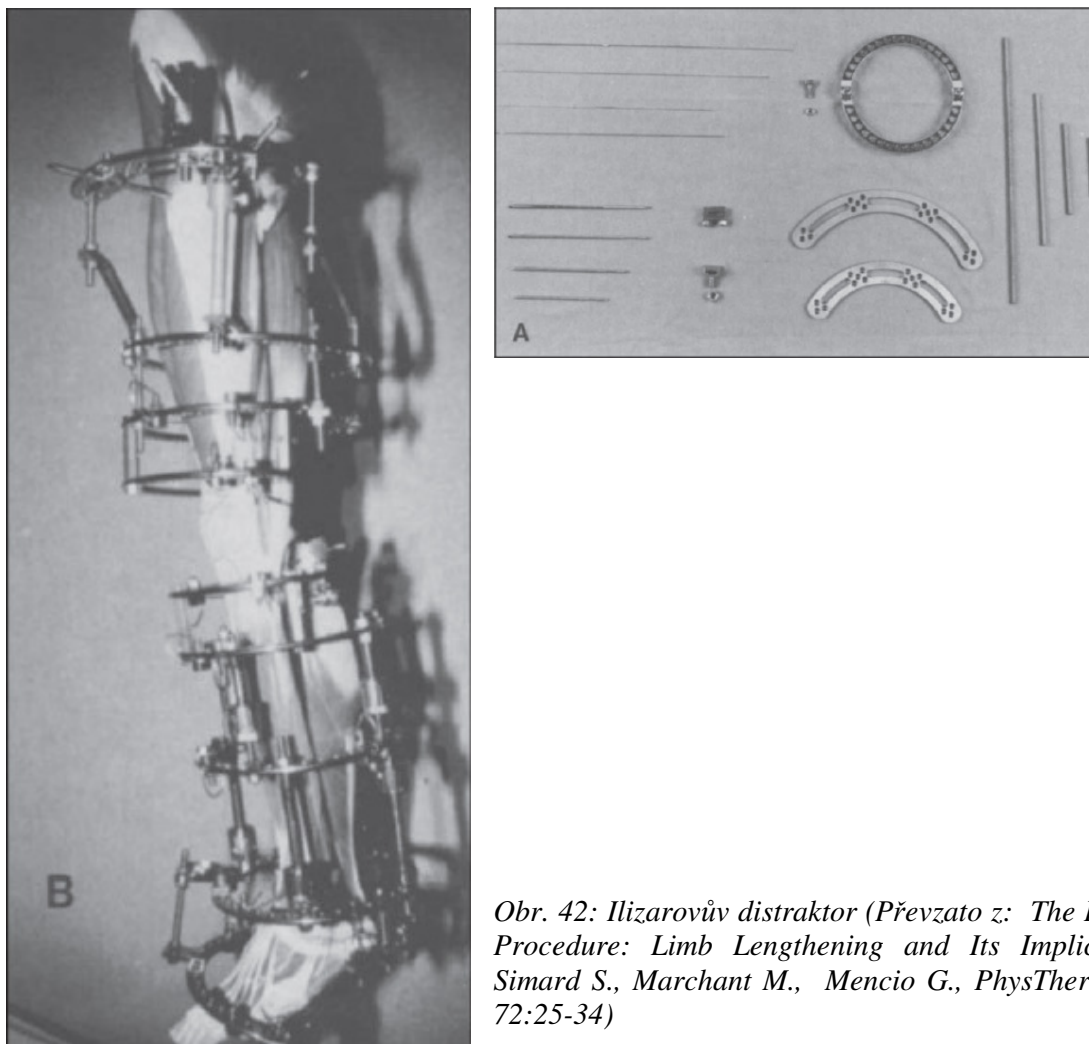
roztlačného šroubu, který komponenty spojuje. Otáčením šroubem se dosahuje postupného oddalování komponent a tím natahování kostního svalku. Rychlost distrakce se obecně doporučuje 0,25 mm 4x denně, celkem tedy 1mm denně [128,130-132]. Existují však i práce popisující roztahování o 0,5mm 2x denně [133,134] či rychlost 3mm denně a podáním IGF-1, doposud se však jedná o animální modely [135]. Naopak v případě horizontální distrakce alveolárního výběžku je u rychlosti větší než 0,5mm za 24 hod uváděno vyšší riziko nedostatečné formace kosti [136]. Meyer et al. provedli několikero studií na krysách, při kterých dokázali důležitost správné síly působící na kostěný svalek. Vzhledem k různým fyzikálním vlastnostem jednotlivých tkání v nově tvořeném svalku (jak kostěném tak měkkotkáňovém) považují za nejpřehlednější převedení této síly na poměr prodloužení svalku oproti jeho původní délce, tzv. „strain“ [137-139]. V případě jednorázového protažení svalku o 0,3%-2% získali novotvorbu kosti, při silách menších došlo k předčasné mineralizaci, při silách větší došlo naopak k tvorbě fibrózní tkáně a k buněčným apoptózám. Dle jejich studií je za nejpodstatnější považován faktor jednorázového protažení svalku, na frekvenci nezáleží. Proto je možno distrahovat i 10x denně, avšak vzdálenosti, o které je možno distrahovat, jsou extrémně malé. Na začátku distrakce můžeme předpokládat délku svalku zhruba 2mm, dodržení maximálně 2% protažení znamená 0.04mm.

V poslední konsolidační jinak retenční fázi distrakční osteoneogeneze se inaktivní distraktor využívá ke stabilizaci nově vzniklé kosti a jejímu vyvrání. Tato fáze trvá obecně 4-12 týdnů [128], doporučován je dvojnásobek doby po kterou se distrahovalo [130,132].

Celý proces novotvorby kosti je řízen kaskádou mnoha růstových faktorů, cytokinů a proteinů extracelulární matrix, jejichž hodnota v průběhu procesu různě kolísá. Základní roli v zahájení procesu distrakční osteogeneze má insulin-like grow factor (IGF-1) [135]. Kromě chemických faktorů se v současné době intenzivně zkoumá i vliv faktorů fyzikálních. Z dosavadních studií vyplývá, že pozitivní vliv na kvalitu nově vznikající kosti může mít i pravidelná stimulace novotvořené kosti ultrazvukem [128].

V roce 1905 publikoval Codivilla první práci o prodloužení femuru pomocí využití axiálních sil. Za rozšíření distrakční osteogeneze do klinické praxe však vděčíme až profesorovi G. A. Ilizarovovi, který jí důkladně propracoval v období po druhé světové válce. Většina jeho publikovaných článků byla v ruštině, a proto se metoda do „západní“ části Evropy šířila jen pomalu [133,140]. Ilizarov potvrdil, že při stabilní fixaci, dobrém cévním zásobení a kontrolované distrakci dochází k neoformaci kosti v linii osteotomie. Dále identifikoval správné období latence, rychlost distrakce i dobu konsolidace a vynalezl distraktor *Obr. 42* skládající se z kovových kruhů, tyček a drátů, který je dodnes hojně využíván v ortopedii. Metodu využíval ke korekci vrozených deformit, ale hlavně k léčbě válečných ztrátových poranění, infikovaných

či zastaralých fraktur a to v éře ještě před zavedením antibiotik [130,133].



Obr. 42: Ilizarovův distraktor (Převzato z: *The Ilizarov Procedure: Limb Lengthening and Its Implications*. Simard S., Marchant M., Mencia G., *PhysTher.* 1992; 72:25-34)

3.5.2. Distrakční osteogeneze v maxilofaciální chirurgii

V oblasti maxilofaciální chirurgie byla distrakční osteogeneze poprvé použita v roce 1927 německým chirurgem Rosenthalem [131]. Do běžné praxe byla ale postupně zavedena až od roku 1992 po té, co McCarthy publikoval 4 případy odoperovaných pacientů.

V maxilofaciální chirurgii máme k dispozici několik typů distraktorů. Užívají se jednak distraktory extraorální, u kterých je tělo distraktoru umístěno vně obličeje. Své uplatnění nacházejí hlavně při korekci velkých deformit, např. distrakci v linii Le Fort III, hemifaciální microsómii, mandibulofaciální dysosotoze, Pierre-Robinovu syndromu, kraniosynostózách a u velkých posttraumatických stavů nebo onkologických poresekčních výkonech [133,141].

Častěji se užívají distraktory intraorální [141,142]. Obr. 42 Mezi jejich indikace patří jednak vady obličejového skeletu a dále také zvýšení výšky alveolárního výběžku před zavedením implantátů nebo uzávěr kostěných defektů u pacientů s rozštěpy [136,143]. Dle typu

kotvení distraktoru je rozdělujeme na fixované ke kosti (bone-borne), k zubům (tooth-borne) a nebo k oběma tkáním (hybrid). Podle směru distrakce mluvíme o distraktorech monovektoriálních a multivektoriálních [128,144]. U všech typů je však za zásadní považováno umístění distraktoru paralelně k ose distrakce [142,144,145].



Obr. 42: Intraorální distraktor použitý k léčbě hypoplazie maxily

Za výhody distrakční osteogeneze v maxilofaciální chirurgii jsou považovány: relativně jednoduchá technika, nižší operační zátěž ve srovnání s ortognátní chirurgií, využití vlastních reparativních sil organismu, nahrazení nejen deficientní kostí tkáně ale též měkkých tkání a také možnost jejího využití v kterémkoliv věku pacienta včetně velmi raného. U některých pacientů s extrémní hypoplazií mandibuly, například u syndromů Franceschetti nebo Tricher Collins tak umožňují předejít tracheostomii [133].

3.5.3. Stabilita distrakční osteogeneze u předsunu dolní čelisti

Původně se předpokládalo, že metoda zaručí lepší dlouhodobou stabilitu u pacientů z rizikových skupin, tedy u těch, kde je nutno provést předsun mandibuly o více než 7 mm nebo CCW rotaci. Důvodem by mohlo být postupné napínání měkkých tkání, odklápění menší části periostu a umístění linie osteotomie distálně od pterygomasseterické smyčky [146]. Doposud je množství studií porovnávajících stabilitu BSSO advancementu a distrakční osteogeneze minimální. V literatuře jsme našli 2 randomizované studie, z nichž ani jedna hypotézu vyšší dlouhodobé stability distrakční osteogeneze nepotvrdila. V obou případech je ale množství sledovaných pacientů malé (14 v jedné studii [147], 53 ve druhé [131]) a doba

sledování je krátká (12 měsíců v prvním případě, 10-49 v případě druhém) Také články shrnující a porovnávající výsledky všech doposud dostupných relevantních studií stability BSSO a dále stability distrakční osteogeneze u skeletální II. třídy se shodují v tom, že rozdíly v relapsu mezi oběma skupinami nejsou při předsunutí mandibuly o 6-10 mm statisticky signifikantní [131,146-148]. Při nutnosti korekce délky těla mandibuly o více než 10mm u pacientů s nízkým nebo normálním mandibulárním úhlem byly dosaženy lepší výsledky při distrakci [146]. U pacientů s velkým mandibulárním úhlem, kteří jsou v případě BSSO s CCW rotací zatíženi nejvyšším rizikem relapsu, existuje toto riziko i v případě distrakční osteogeneze [134,146]. Mezitím co u BSSO je tento relaps často způsoben resorpcí kondylu, Van Strijen et al. [134] u žádného z 10 pacientů s relapsem po distrakci změny na kondylu neprokázali. V případě velkého mandibulárního úhlu za příčinu relapsu tedy považují napětí měkkých tkání, pozici jazyka a rtů. Zajímavé jsou studie finských autorů [149,150], kteří zkoumali skupiny králíků ozářených vysokou a nízkou dávkou energie a porovnávali je se skupinou neozářenou. Jejich cílem bylo ověřit využitelnost distrakční osteogeneze u pacientů, kteří prošli z různých důvodů radioterapií. V každé skupině provedli jednostrannou distrakci mandibuly o pro králíky extrémní hodnotu 14mm. Prokázali, že radioterapie výrazně poškozuje reparační schopnosti kloubní chrupavky. Na distrahované straně docházelo k větší degeneraci než na straně neoperované. Terapie v hyperbarické komoře sice následky zmírnila, ale nedokázala jim předejít. Oproti tomu ve skupině neozářených králíků sice došlo k histologickým změnám ve stavbě kloubní chrupavky, ale nebyly nijak významné.

Distrakční osteogeneze na rozdíl od BSSO vykazuje menší procento pacientů postižených hypestezií *nervus alveolaris inferior* a také menší riziko resorpce temporomandibulárního kloubu. Za nevýhody distrakční osteogeneze je považováno výraznější zatížení pacienta terapií z důvodu nutnosti pravidelné aktivace distraktoru, dále přítomnost distraktoru v dutině ústní, nutnost druhé operace k jeho odstranění a v neposlední řadě též cena distraktoru [2,147,148].

4. Experimentální část

4.1. Hypotézy a cíle práce

Ze všech typů ortognátních vad je kombinovaná ortodonticko chirurgická terapie otevřeného skusu považována za nejproblematictější. Rotace distálního fragmentu mandibuly ve smyslu CCW je považována za nejméně stabilní, přestože některé práce dokládají dobré výsledky [151]. CCW rotace přispívá k rozšíření dýchacích cest a je využívána v terapii obstrukční spánkového apnoického syndromu [4,5,152]. Stabilita výsledku je tedy velmi žádoucí, a proto jsme se rozhodli zaměřit na ni naši práci. Navrhli jsme experimentální studii, ve které jsme sledovali jeden z faktorů ovlivňující celkový úspěch terapie a to konkrétně časnou

stabilitu osteosyntetického materiálu. Porovnávali jsme pevnost osteosyntézy prostého předsunutí mandibuly a předsunutí spojeného s CCW rotací. Prvním cílem bylo zjistit, zda pouhá změna úhlu distálního segmentu a tedy změna vektoru síly přenášeného na minidlahu způsobí nižší stabilitu. Druhým vytyčeným úkolem bylo ověřit, zda přítomnost dvou minidlah signifikantně zvýší stabilitu. Kromě toho jsme sledovali vliv dvou minidlah na transversální extruze kondylu temporomandibulárního kloubu.

Samostatná sagitální osteotomie mandibuly spojená s countre clockwise rotací distálního segmentu je však považována tradičně za nejméně stabilní operační techniku. Jako příčinu udávají Arnett et al. [59] větší napínání suprahyoidních a infrahyoidních svalů a vznik výrazné a dlouhodobé tendence posteriorotovat distální fragment mandibuly. V případě nedostatečně rigidní fixace může dojít k výraznému časnému relapsu. K prevenci časného relapsu proto doporučují fixovat fragmenty mandibuly na každé straně 2 minidlahami. Tento názor je obecně přijat mnoha chirurgy, ale v literatuře chybí důkaz, že použití 2 minidlah zvyšuje stabilitu pooperačního výsledku.

Také riziko dlouhodobého relapsu je u těchto pacientů vyšší. Hwang et al. [53] předpokládají nižší denzitu trabekulární kosti na anteriosuperiorním povrchu kondylu díky dlouhodobě nižší zátěži. Po CCW rotaci se tato část kondylu začíná zatěžovat výrazně více a proto je možné, že mechanické stimuly překročí adaptační kapacitu kloubu, dojde k aseptickému zánětu a posléze k resorpci. Důležitost zabránění mediolaterálních extruzí kloubu z jamky během fixace jako jednoho z faktorů ovlivňujících dlouhodobý relaps prokázána Uekim et al. byla již zmíněna [77].

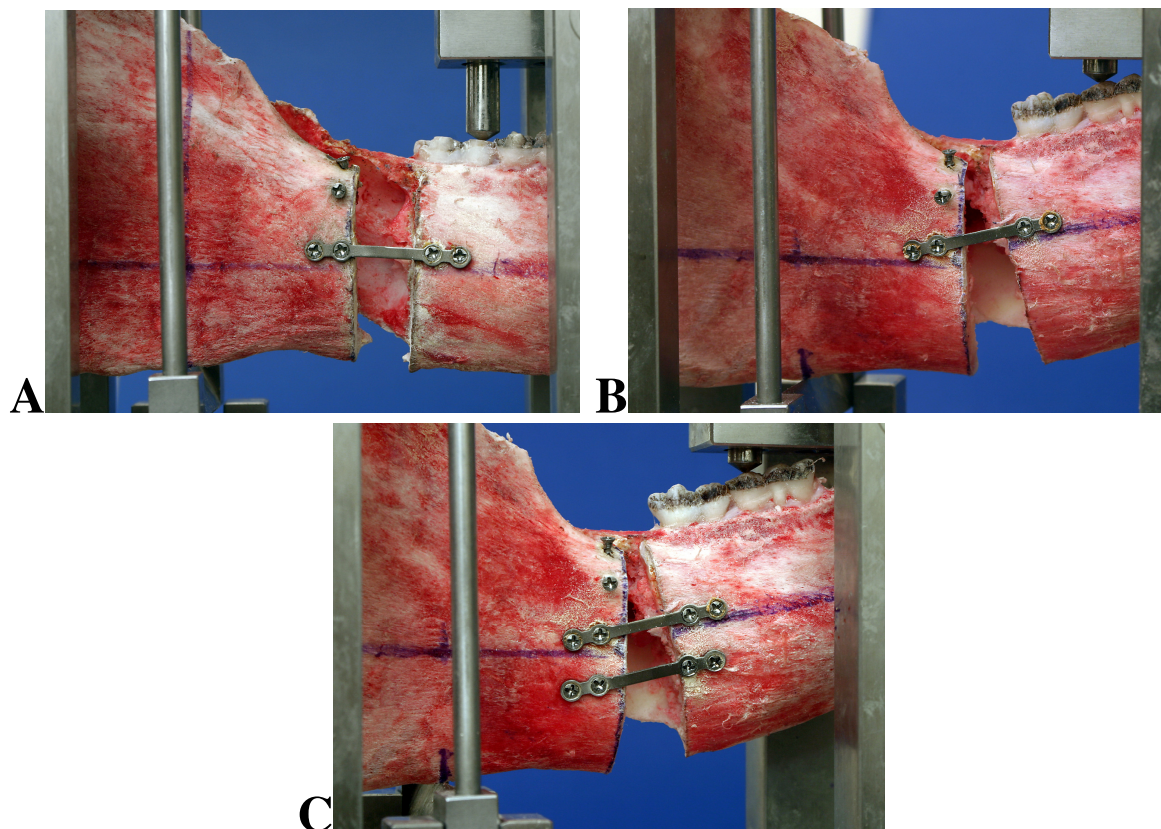
4.2. Materiál a metodika

4.2.1. Experimentální skupiny

Provedli jsme experimentální studii na modelech prasečích mandibul. Čerstvé mandibuly jsme získávali ve spolupráci s Řeznictvím – uzenářstvím Moravec, Tylovo nám. 645/2 120 00 Praha – Vinohrady. Po provedení pokusu byly zlikvidovány spolu s biologickým odpadem. Při vybírání mandibul jsme dbali na to, aby všechny byly stejné velikosti. Výška těla mandibuly v místě prvního moláru, tedy centra okluze byla přibližně 25mm, tloušťka laterální kortikalis se pohybovala okolo 6mm. Použili jsme 63 čerstvých prasečích mandibul přepůlených ve střední čáře, na kterých jsme měřili vertikální i horizontální odchylky proximálního (ozubeného) segmentu po zatížení.

Mandibuly jsme rozdělili do 3 experimentálních skupin. Na každé polovině jsme provedli sagitální osteotomie v Hunsuck-Epkerově modifikaci [153] a fragmenty jsme fixovali pomocí 2.0 Le Forte® minidlah a 8mm dlouhých šroubů (Jeil Medical Corporation, Korea).

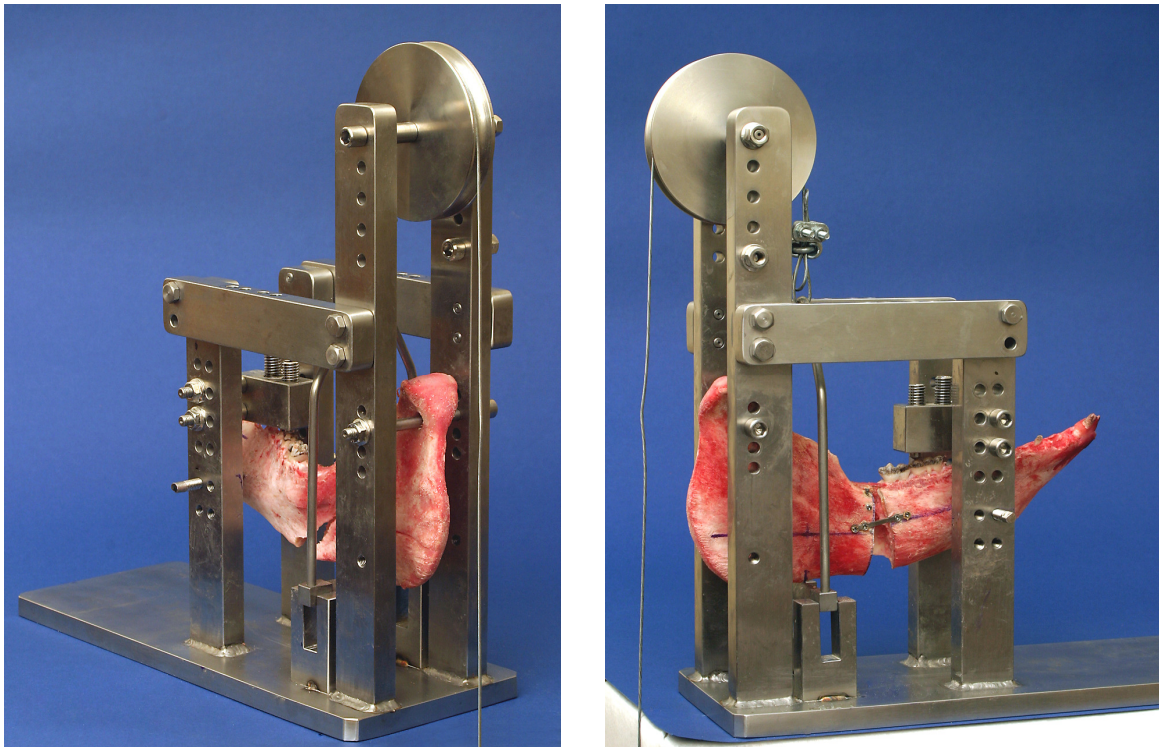
Ve skupině A jsme simulovali prosté předsunutí mandibuly velikosti 10 mm a fixaci pomocí 1 minidlahy. Ve skupině B jsme ozubený segment po předsunutí o 1 cm rotovali o 20° (což odpovídalo anteriorně otevřenému skusu 15 mm) a fixovali opět jednou minidlahou. V experimentální skupině C jsme provedli stejný posun co do velikosti a směru jako ve skupině B, ale segmenty jsme fixovali dvěma rovnoběžně nad sebou uloženými minidlahami ve vzdálenosti 10 mm. Obr. 43



Obr 43: Jednotlivé experimentální skupiny.

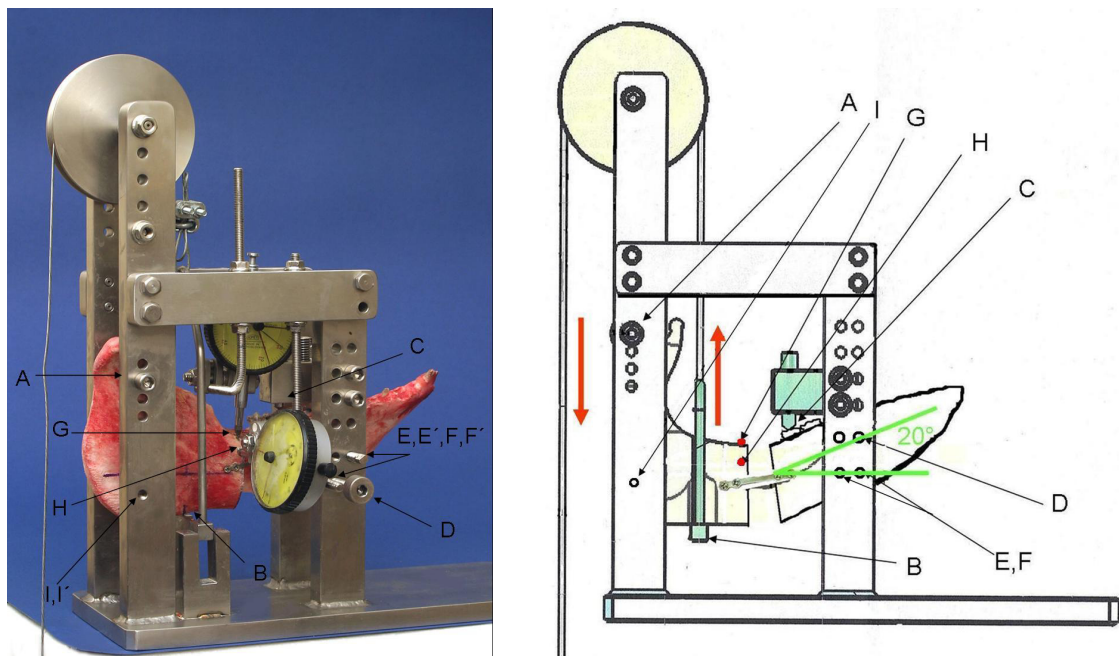
4.2.2. Popis měřící soupravy

K vlastnímu měření jsme použili individuálně navrženou soupravu, vyrobenou ve spolupráci s firmou ProSpon spol. s.r.o., sídlem Jiřího Voskovce 3206, Kladno, Česká Republika. Obr. 44



Obr. 44: Měřicí souprava

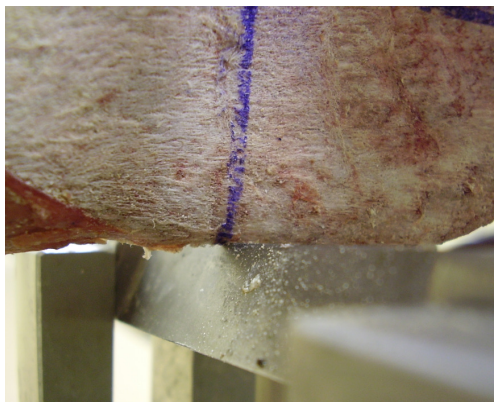
Měřicí souprava se skládala z ocelové horizontální desky zajišťující stabilitu přístroje. Z ní vybíhaly 4 vertikální nosné tyče. 2 tyče v dorzální části přístroje nesly kladku sloužící k simulaci pterygomasseterické smyčky, tedy svalů zodpovědných za žvýkací síly. Dále sloužily k fixaci horizontální tyčky o průměru 5 mm, která procházela kondylárním výběžkem mandibuly simulujícím temporomandibulární kloub. Druhé 2 tyče v frontální části přístroje sloužily k upevnění ozubeného fragmentu mandibuly a nesly okluzní zarážku umístěnou v pozici reprezentující první stálý molár, tedy centrum okluzních sil [154,155]. Vzdálenosti mezi temporomandibulárním kloubem, úponem pterygomasseterické smyčky a prvním stálým molárem jsme získali jako průměr vzdáleností naměřených na 30 náhodně vybraných panoramatických snímcích zhotovených u dospělých jedinců bez ortognátní vady, ošetřených na našem pracovišti. Panoramatické snímky byly zhotoveny na přístroji Orthopantomograph OP100®, Instrumentarium Imaging, Tuusula, Finland. Naměřené vzdálenosti jsme zmenšili o 29%, což odpovídá zvětšení přístroje.



Obr. 45: Jednotlivé části měřicí soupravy (popis viz text, šipky naznačují směr působení sil)

Vlastní mandibula byla fixována ve 4 bodech. Obr. 45 Bod A reprezentoval temporomandibulární kloub. Tyč o průměru 5 mm procházela otvorem provrtaným do kondylárního výběžku mandibuly. Velikost otvoru byla 5mm ve středu a postupně se rozbíhala směrem k mediální a laterální ploše mandibuly. Tvar otvoru tak umožňoval jednak rotaci proximálního segmentu kolem osy tyčky a jednat vychýlení proximálního segmentu laterálně stejně tak, jak je tomu u lidského kloubu.

V bodě B Obr. 46 byl kondylární segment mandibuly podepírán ostrým břitem reprezentující pterygomasseterickou smyčku, vzdáleným 4 cm od kolmice spuštěné ze středu otvoru pro kloub.



Obr. 46: Břit reprezentující pterygomasseterickou smyčku



Obr.47: Bod C

Ozubený segment mandibuly se v bodě C opíral o hrot zarážky v pozici prvního stálého moláru, v místě považovaném za centrum okluzních sil [154,155]. *Obr. 47* Vzdálenost zarážky od kolmice spuštěné ze středu otvoru pro kloub byla stanovena na 7.6 cm. Bod D zajišťoval uchycení ozubeného segmentu mandibuly v měřicí soupravě a zároveň bránil v laterálních pohybech, čímž mu poskytoval oporu, kterou u člověka zajišťuje druhá polovina mandibuly a druhý temporomandibulární kloub.

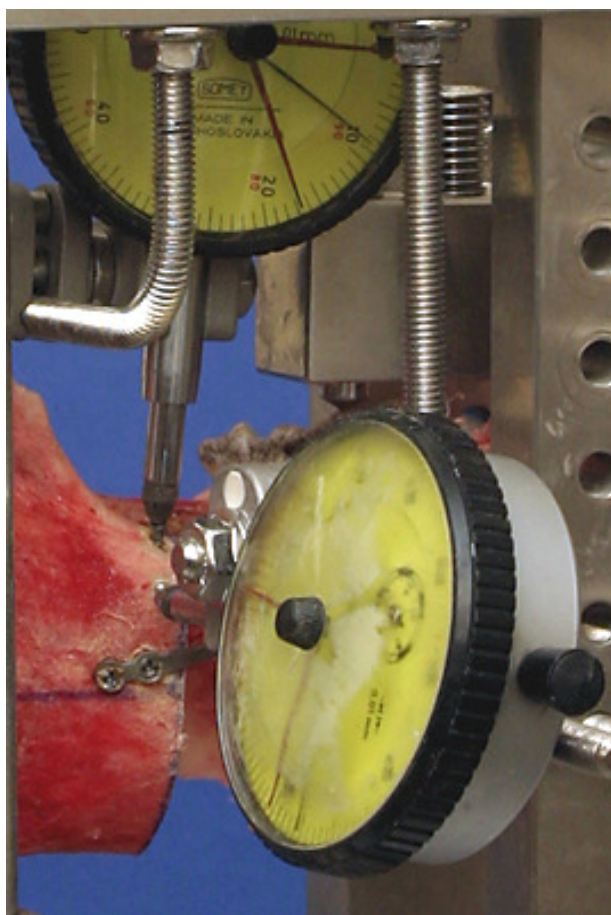
Po provedení osteotomie byl proximální segment zafixován v soupravě a distální posunut do pozice dané protokolem, kde byl též zafixován a oba segmenty byly spojeny jedním nebo dvěma minidlahami. Nechtěné rotaci posunovaného ozubeného segmentu kolem vlastní osy jsme zabránili změnění velikosti kolmice spuštěné z náhodně zvoleného bodu na mediální a laterální ploše ozubeného segmentu mandibuly na vertikální rovinu tvořenou vnitřními plochami svislé tyče před posunem a kontrolou, že tato velikost zůstala po posunu zachována. V reálné situaci u pacienta tento problém řešit nemusíme, neboť vždy posouváme nerozdělený oblouk mandibuly. Vychýlení kostí během navrtávání a fixace minidlah jsme předcházeli pomocí dalších zarážek v bodech E, E', F, F' na distálním segmentu a též dvou zarážek (I, I') na proximálním segmentu. Před zahájením měření jsme tyto zarážky uvolnili. 2 horizontální tyče v horní části přístroje sloužily k upevnění měřících přístrojů a dále k zajištění pevnosti celé soupravy.

Na počítačovém modelu (COSMOSXpressStudy) jsme ověřili, že při zatěžování modelu bude docházet jen k zcela zanedbatelnému průhybu celé soupravy (hodnoty nepřesahovaly 0,009mm), který nemůže zkreslit výsledky měření.

Postupným přidáváním závaží na tyč, která byla přes kladku drátem spojená s břitem reprezentujícím pterygomasseterickou smyčku, jsme simulovali zátěž žvýkací silou v rozsahu 10-100 N. *Obr. 48*



*Obr. 48: Měřící souprava se závažími
Somet*



Obr. 49: Měřící šrouby a měřící přístroj

Na segmentu mandibuly s kondylem ve vzdálenosti 2mm proximálně od linie řezu byly umístěny 2 měřící šrouby. *Obr. 49* Jeden na nejvyšším bodě těla mandibuly (bod G) sloužící k registraci vertikální výchylky, druhý (bod H) ve vzdálenosti 1 cm od horního okraje mandibuly na laterální ploše sloužící k registraci mediolaterálních výchylek. Pozici šroubů jsme zvolili v místě, ve kterém jsme očekávali největší amplitudu výchylky.

V první fázi vývoje měřící soupravy jsme měření prováděli přímo v sídle firmy Prospan v Kladně pomocí přístroje Crysta-Plus M, Mitutoyo, USA schopného registrovat velikost výchylky s přesností na 0,001mm. Po zkušebních měřeních jsme však viděli, že naměřené hodnoty se pohybují v řádu 0,01-1,0 mm a zároveň nebyly konzistentní ve směru výchylky, jak jsme při navrhování pokusu očekávali. Při snaze o identifikování problému jsme zjistili, že i při největší snaze o zašroubování měřícího šroubu přesně kolmo do kosti nelze odhalit odklon šroubu od plánované pozice v řádu tisícín milimetru. Dále vzhledem k senzitivitě a ceně přístroje bylo nutno senzor před jakoukoliv manipulací s měřící soupravou (tedy i přidáním závaží) od měřícího bodu oddálit a následně po ustálení pohybů vrátit zpět. Často se pak nepodařilo senzor

přiložit na přesně stejné místo jako při předchozím měření a tak spíše než pohyb v linii osteotomie byla registrována jiná pozice čidla při každém měření udávaná v souřadnicích vzhledem k základní poloze nastavené před měřením. V případě většího pohybu proximálního segmentu jako reakce na zatížení pak senzor spíše než laterální výchylku proximálního segmentu registroval odchylku v kolmosti zašroubování šroubu. Proto jsme přistoupili ke změně měřícího přístroje. Měřicí přístroj značky Somet (EN ISO 46325), měřil odchylky přesností měření na 0,01mm. Měřicí rameno zůstalo celou dobu měření v kontaktu s pinem, a tak se snížila nepřesnost měření. Velikost výchylky byla odečítána ve vertikálním i horizontálním směru po 1 minutě od přidání každého dalšího závaží.

4.2.3. Registrace výsledků a statistická metoda

Výsledky měření jsme zaznamenávali jednotlivě pro každou skupinu a též pro oba směry. Velikost výchylky 0,01 mm odpovídala v tabulce hodnotě 1. Při měření ve vertikálním směru jsme pozorovali vychylování proximálního segmentu pouze kraniálně. Oproti tomu u měření transversálních pohybů došlo k pohybu segmentu na obě strany. Výchylku laterálně jsme zaznamenávali jako kladnou, pohyb mediálně byl označen hodnotou zápornou.

Naměřené hodnoty byly statisticky vyhodnoceny pomocí Kruskal-Wallisova statistického testu, v kterém byla porovnány všechny měřené skupiny navzájem. Hladinu statistické významnosti jsme stanovili na hodnotě $p < 0,05$.

4.3. Výsledky

4.3.1. Skupina A

Medián výchylky ve vertikálním směru u skupiny A s prostým předsunutím mandibuly dosahoval hodnoty 0,25 mm při zatížení silou 50N a při zatížení silou 100N 0,41 mm.

Hodnoty vertikální výchylky jednotlivých měření ve skupině A. Zvýrazněna jsou chybná měření, která byla z dalšího zpracování dat vyřazena.

Síla (N) měření	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1	0	1	6	16	28	30	33	36	39	42
2	0	8	26	48	55	70	95	113	123	130
3	0	4	11	14	18	23	25	27	30	31
4	0	3	6	9	12	14	18	21	23	24
5	0	8	20	23	26	30	33	37	40	42
6	0	5	16	35	38	41	45	47	49	51
7	0	9	19	27	28	31	33	35	37	39
8	0	6	14	19	24	28	32	35	37	38
9	0	1	3	11	16	19	22	25	26	29
10	0	16	37	45	57	68	75	80	84	88
11	0	5	17	19	21	23	25	26	28	29
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	4	9	15	21	34	43	50	57	63
14	0	27	48	53	56	59	60	62	63	63
15	0	7	9	13	17	21	26	31	34	38
16	0	19	34	46	65	76	84	91	95	98
17	0	5	11	18	25	33	39	45	51	57
18	0	10	20	33	40	46	52	56	60	65
19	0	17	42	55	60	64	70	74	78	82
20	0	2	9	14	15	17	18	20	22	23
21	0	4	8	13	18	26	28	32	34	35
22	0	47	66	74	83	88	93	99	102	106

Medián výchylky v transversálním směru dosahoval hodnoty -0,02 mm při zatížení silou 50N a při zátěži o velikosti 100N došlo k pohybu o -0,04 mm. U 7 měření jsme pozorovali výchylku měřícího bodu na proximálním segmentu laterálním směrem, v 11 případech došlo k pohybu mediálně. U dvou měření zůstal měřící bod v mediolaterálním směru zcela bez pohybu.

Hodnoty transverzální výchylky jednotlivých měření ve skupině A. Zvýrazněna jsou chybná měření, která byla z dalšího zpracování dat vyřazena.

Síla (N)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
měření										
1	0	1	2	-2	-3	-3	-3	-1	0	1
2	0	0	7	11	12	17	24	32	35	39
3	0	0	-24	-28	-39	-51	-59	-63	-68	-70
4	0	12	14	16	17	22	36	45	52	55
5	0	-8	-23	-27	-27	-26	-28	-29	-29	-28
6	0	-18	-19	-19	-19	-19	-19	-19	-19	-19
7	0	18	27	29	30	32	34	37	39	41
8	0	0	0	1	3	4	6	8	11	12
9	0	-5	-11	-19	-26	-35	-39	-45	-51	-62
10	0	-12	-20	-26	-29	-31	-33	-35	-37	-38
11	0	-1	-15	-22	-23	-28	-33	-36	-40	-44
12	0	-22	-39	-49	-60	-68	-80	-84	-96	-107
13	0	17	18	21	28	36	53	57	61	68
14	0	26	15	13	11	8	4	-1	-6	-14
15	0	13	17	23	28	28	28	28	28	47
16	0	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-5	-5	-6
17	0	0	0	-1	-4	-8	-11	-12	-13	-12
18	0	0	0	-12	-15	-15	-15	-15	-15	-15
19	0	0	0	0	0	0	-2	-2	-2	-2
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	20	34	34	42	50	55	58	59	63

Dvě měření jsme z výsledků vyřadili. Hodnoty naměřené v měření číslo 1 dosahovali střídavě kladných a záporných hodnot, u měření číslo 14 se proximální segment nejprve skokem pohnul laterálně, ale pohyb se následně postupně změnil v mediální. Charakter těchto výsledků se zásadně lišil od ostatních a proto jsme předpokládali, že se jedná o chybu měření.

Medián výsledků skupiny A ukazuje tabulka (Q3-Q1 udává mezikvartilové rozpětí)

Síla (N)	Vertikální výchylka (0,01mm)	(Q3-Q1)	Transverzální výchylka (0,01mm)	(Q3-Q1)
10	0	(0-0)	0	(0-0)
20	5,5	(9,25-4)	0	(3-(-3,5))
30	15	(21,5-9)	0	(8,75-(-16))
40	19	(37,5-13,75)	-0,5	(12,25-(-19,75))
50	24,5	(43,75-17,75)	-1,5	(13,25-(-23,75))
60	30,5	(50,5-22,5)	-1,5	(18,25-(-26,5))
70	33	(56,5-25)	-2,5	(25-(-29,25))
80	36	(60,5-26,75)	-3,5	(29-(-30,5))
90	38,5	(64,5-29,5)	-3,5	(29,75-(-31))
100	40,5	(69,25-30,5)	-4	(39,5-(-30,5))

4.3.2. Skupina B

Medián výchylky ve vertikálním směru u skupiny s předsunutím mandibuly a CCW rotací fixované 1 minidlahou dosahoval průměrně hodnoty 0,28 mm při zatížení silou 50N a při zatížení 100N dosáhl hodnoty 0,43 mm. Před statistickým zpracováním jsme z důvodu chyby měření v mediolaterálním směru z výsledků vyřadili měření číslo 3, 11 a 14.

Hodnoty vertikální výchylky jednotlivých měření ve skupině B. Zvýrazněna jsou chybná měření, která byla z dalšího zpracování dat vyřazena. Zeleně střídání kladných a záporných hodnot, žlutě extrémní pohyb v transversálním směru ihned po přidání 1. závaží

Síla (N)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
měření										
1	0	8	16	25	29	33	36	38	40	44
2	0	6	15	21	28	34	40	43	47	51
3	0	2	5	16	18	26	30	32	34	36
4	0	6	10	14	18	21	24	27	30	33
5	0	5	8	20	25	29	31	34	36	39
6	0	8	18	29	40	41	44	47	49	51
7	0	11	27	39	41	42	43	43	45	48
8	0	6	19	29	35	37	39	40	41	43
9	0	6	16	18	20	22	24	27	28	30
10	0	11	22	25	28	30	32	34	35	37
11	0	14	27	32	35	38	40	42	44	47
12	0	3	6	11	14	16	18	23	24	25
13	0	8	13	31	36	42	46	51	52	56
14	0	33	50	62	65	65	61	61	62	61
15	0	5	19	27	22	22	23	24	24	23
16	0	12	23	29	37	41	52	58	61	66
17	0	2	18	40	62	76	86	97	111	121
18	0	12	26	44	52	58	63	67	70	74
19	0	3	10	13	16	18	21	23	26	28
20	0	13	18	21	23	24	24	25	27	27

Medián výchylky ve transversálním směru u skupiny s předsunutím mandibuly a CCW rotací fixované 1 minidlahou dosahoval 0 mm při zatížení silou 50N a při zatížení 100N došlo k pohybu o 0,04 mm. U 7 měření jsme pozorovali výchylku měřícího bodu na proximálním segmentu laterálním směrem, v 8 případech došlo k pohybu mediálně. U dvou měření zůstal měřící bod v mediolaterálním směru zcela bez pohybu. Tři měření jsme z výsledků vyřadili jako chybové. Hodnoty získané v měření číslo 3 dosahovaly střídavě kladných a záporných hodnot, u měření číslo 11 a 14 došlo k extrémnímu pohybu hned po zatížení prvním závažím, který se zásadně lišil od ostatních měření.

Hodnoty transverzální výchylky jednotlivých měření ve skupině B. Zvýrazněna jsou chybná měření, která byla z dalšího zpracování dat vyřazena. Zeleně střídání kladných a záporných hodnot, žlutě extrémní pohyb ihned po přidání 1. závaží

Síla (N) měření	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	15
2	0	-1	-1	-3	-5	-6	-7	-8	-10	-11
3	0	0	2	-1	-1	-1	0	3	5	7
4	0	0	2	2	3	6	8	10	13	14
5	0	0	3	9	14	19	21	24	25	31
6	0	0	0	0	0	-2	-2	-2	-2	-2
7	0	-4	-26	-27	-28	-28	-28	-28	-28	-28
8	0	-6	-12	-13	-14	-16	-18	-19	-20	-19
9	0	19	26	26	26	25	24	24	24	24
10	0	5	8	10	10	9	8	7	3	1
11	0	-96	-166	-171	-175	-181	-189	-192	-196	-200
12	0	0	1	1	1	3	7	14	15	17
13	0	-2	-42	-48	-55	-60	-66	-71	-73	-76
14	0	-158	-215	-238	-256	-283	-325	-335	-354	-360
15	0	0	0	-2	-21	-21	-21	-21	-21	-42
16	0	0	0	0	2	2	4	7	7	7
17	0	0	0	0	-1	1	2	4	4	4
18	0	0	0	3	4	5	6	6	6	6
19	0	0	1	2	3	4	7	10	11	13
20	0	-7	-8	-14	-18	-21	-23	-23	-23	-23

Medián výsledků ukazuje tabulka (Q3-Q1 udává mezikvartilové rozpětí)

Síla (N)	Vertikální výchylka (0,01mm)	(Q3-Q1)	Transverzální výchylka (0,01mm)	(Q3-Q1)
10	0	(0-0)	0	(0-0)
20	6	(11-5)	0	(0-(-1))
30	18	(19-13)	0	(1-(-1))
40	25	(29-20)	0	(2-(-3))
50	28	(37-22)	0	(3-(-14))
60	33	(41-22)	1	(5-(-16))
70	36	(44-24)	2	(7-(-18))
80	38	(47-27)	4	(10-(-19))
90	40	(49-28)	3	(11-(-20))
100	43	(51-30)	4	(14-(-19))

4.3.3. Skupina C

Medián výchylky ve vertikálním směru u skupiny s předsunutím mandibuly a CCW rotací fixované 2 minidlahami dosahoval hodnoty 0,12 mm při zatížení silou 50N a při zatížení 100N došlo k pohybu o 0,18 mm. Před statistickým zpracováním jsme z důvodu chyby měření v mediolaterálním směru z výsledků vyřadili měření číslo 4,5,9 a 14.

Hodnoty vertikální výchylky jednotlivých měření ve skupině C. Zvýrazněna jsou chybná měření, která byla z dalšího zpracování dat vyřazena. Zeleně střídání kladných a záporných hodnot, žlutě extrémní pohyb v transverzálním směru ihned po přidání 6. závaží

Síla (N) měření	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1	0	1	3	4	4	5	6	7	8	9
2	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2
3	0	2	6	12	17	22	28	31	34	37
4	0	3	5	6	7	8	9	10	11	12
5	0	2	12	16	22	32	40	47	52	57
6	0	8	13	18	23	29	34	40	51	57
7	0	6	13	16	18	19	21	19	16	14
8	0	4	9	12	18	20	21	22	25	26
9	0	5	14	22	30	39	42	45	47	49
10	0	0	0	3	5	5	6	6	6	5
11	0	0	0	0	1	2	3	4	4	5
12	0	1	2	7	11	12	14	16	17	18
13	0	2	9	11	12	14	14	14	14	14
14	0	7	19	24	29	54	59	72	75	77
15	0	4	13	22	29	39	46	52	56	64
16	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
17	0	7	17	25	32	37	42	48	52	58
18	0	3	3	8	11	14	16	21	25	28
19	0	3	5	9	13	16	19	21	23	25
20	0	4	6	9	13	15	17	18	20	22
21	0	1	1	2	2	2	2	2	2	2

Medián výchylky ve transverzálním směru u skupiny s předsunutím mandibuly a CCW rotací fixované 2 minidlahami dosahoval hodnoty -0,01 mm při zatížení silou 50N a při zatížení 100N došlo k průměrně k pohybu -0,02 mm. U 6 měření jsme pozorovali výchylku měřícího bodu na proximálním segmentu laterálním směrem, v 9 případech došlo k pohybu mediálně. U dvou měření zůstal měřící bod v mediolaterálním směru zcela bez pohybu. Čtyři měření jsme z výsledků vyřadili jako chybové. Hodnoty získané v měření číslo 4,5,9 dosahovaly střídavě kladných a záporných hodnot, u měření číslo 14 došlo k extrémnímu skoku po zatížení šestým závažím.

Hodnoty transversální výchylky jednotlivých měření ve skupině C. Zvýrazněna jsou chybná měření, která byla z dalšího zpracování dat vyřazena. Zeleně střídaní kladných a záporných hodnot, žlutě extrémní pohyb ihned po přidání 6. závaží

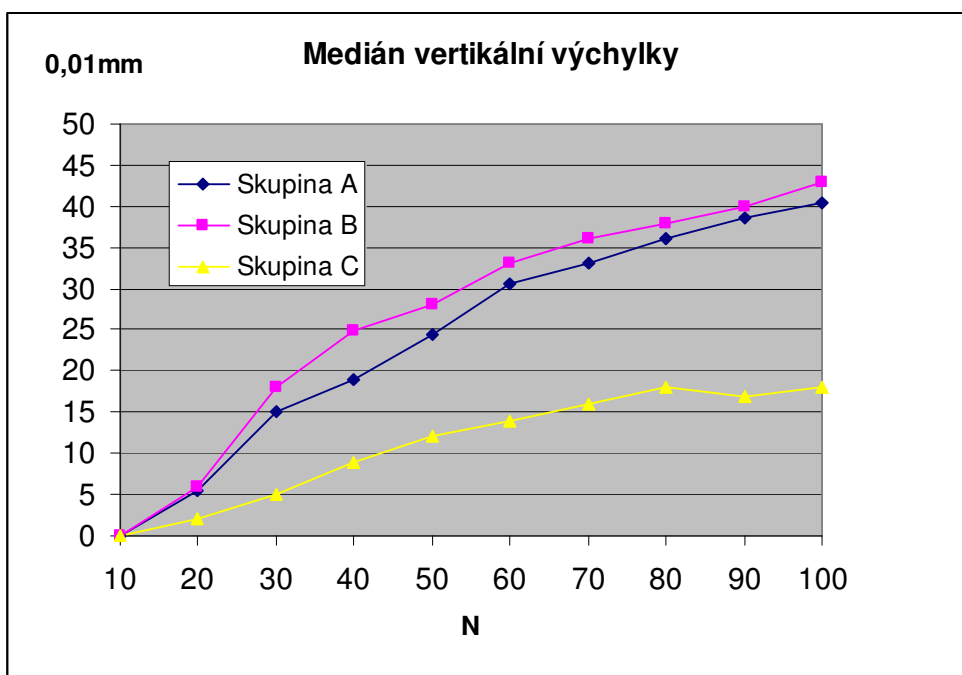
Síla (N) měření	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	3	4	11	17	20	24	29	32	35
3	0	6	7	8	9	11	13	14	16	17
4	0	6	8	8	7	6	3	1	-1	-4
5	0	1	-2	-2	-5	-5	-4	-4	-3	-1
6	0	17	44	48	49	50	52	53	55	56
7	0	-1	-3	-6	-9	-18	-27	-48	-69	-86
8	0	16	32	35	53	55	57	58	61	62
9	0	-3	-10	-7	4	6	7	7	8	25
10	0	-32	-52	-82	-103	-122	-145	-164	-192	-202
11	0	-48	-59	-70	-86	-98	-109	-120	-131	-146
12	0	-1	-5	-17	-24	-27	-31	-37	-41	-44
13	0	-3	-51	-80	-97	-117	-130	-145	-154	-173
14	0	2	2	6	6	118	132	221	234	238
15	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-2	-2	-2
16	0	-1	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2
17	0	2	-18	-21	-21	-21	-21	-21	-21	-21
18	0	1	2	2	2	2	2	4	8	10
19	0	0	0	5	9	20	26	32	37	45
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	-2	-13	-24	-29	-30	-37	-37	-38	-39

Medián výsledků ukazuje tabulka (Q3-Q1 udává mezikvartilové rozpětí)

Síla (N)	Vertikální výchylka (0,01mm)	(Q3-Q1)	Transverzální výchylka (0,01mm)	(Q3-Q1)
10	0	(0-0)	0	(0-0)
20	2	(4-1)	0	(2-(-1))
30	5	(9-2)	0	(2-(-13))
40	9	(12-3)	-1	(5-(-21))
50	12	(18-4)	-1	(9-(-24))
60	14	(20-5)	-1	(11-(-27))
70	16	(21-6)	-1	(13-(-31))
80	18	(22-7)	-2	(14-(-37))
90	17	(25-8)	-2	(16-(-41))
100	18	(28-9)	-2	(17-(-44))

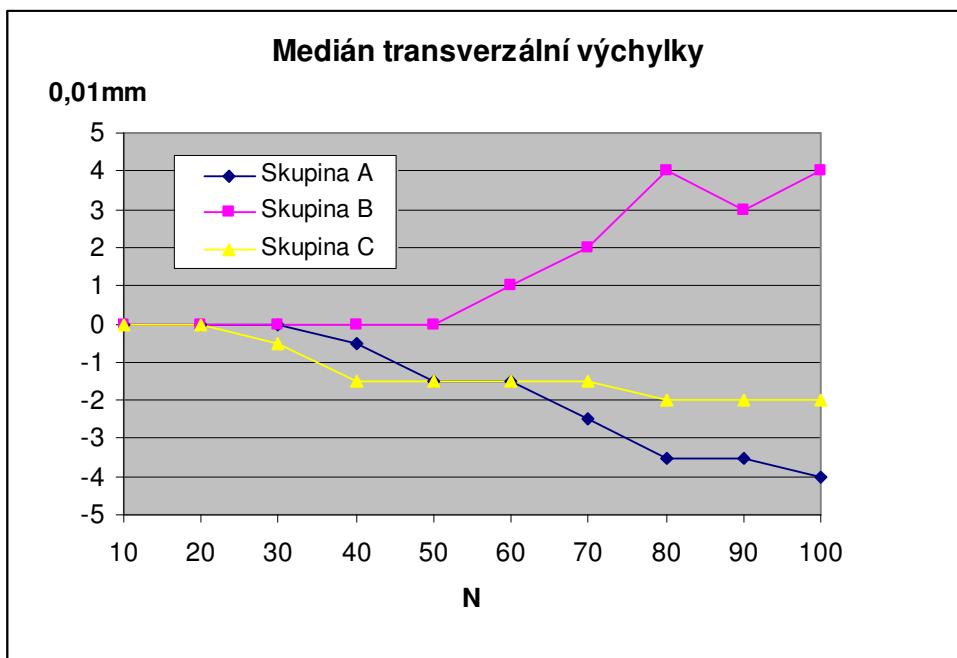
4.3.4. Grafický přehled výsledků

Po zpracování výsledků statisticky jsme zjistili, že skupina A a skupina B vykazovala statisticky signifikantně nižší stabilitu ve vertikálním směru než skupina C. Hladina statistické signifikance byla menší než 0,01. Rozdíly mezi skupinou A a B ve vertikálním směru nebyly statisticky signifikantní. Graf 1



Graf 1: Medián vertikální výchylky

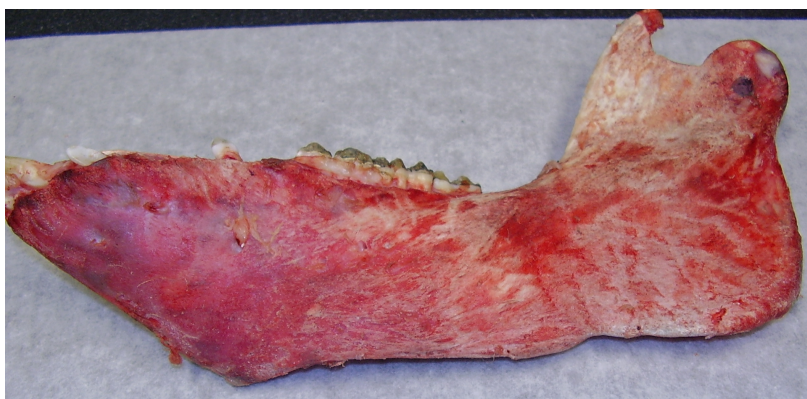
Souhrnný graf hodnot výchylek v transversálním směru ukazuje, že 2 minidlaha jsou v transversálním směru výrazně více stabilní, než minidlaha jedna. Tyto rozdíly však nebyly statisticky významné. Graf 2



Graf 2: Medián transversální výchylky

4.4. Diskuse

Pevnost fixačního materiálu, nezbytná podmínka dlouhodobě stabilního výsledku sagitální osteotomie mandibuly, byla na polovinách zvířecích dolních čelistí ověřována již předchozími autory [156]. V našem experimentu jsme pro studii zvolili prasečí dolní čelisti. Prasata jsou podobně jako lidé všežravci, mají silné moláry. Velmi podobný je též pohyb v temporomandibulárním kloubu, přenos žvýkacích sil, histologické i biochemické složení disku a jeho odpověď na mechanické stimuly [157]. V neposlední řadě se jedná o materiál v naší zemi lehce dostupný. Prasečí dolní čelist má oproti lidské výrazně protáhlejší tvar. *Obr. 50* Naše měření probíhalo pouze v její tvarově podobné proximální části, a proto bylo možné výsledky interpretovat i pro čelist lidskou.



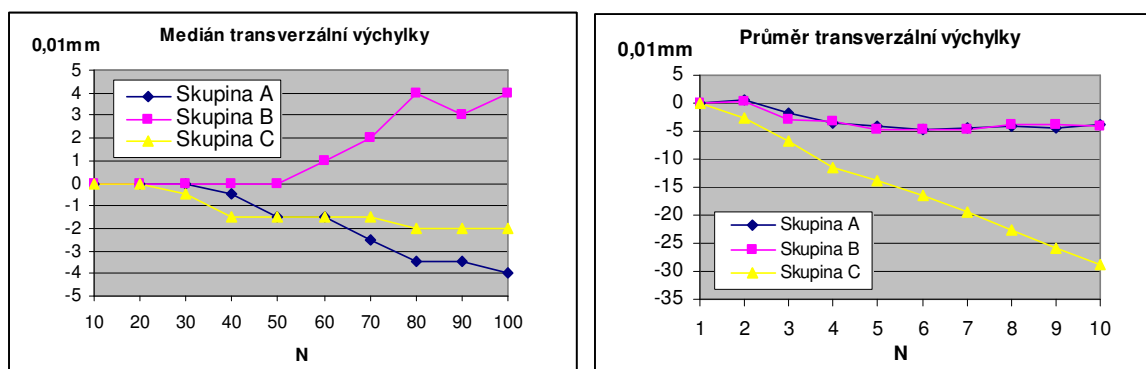
Obr. 50: Prasečí dolní čelist je výrazně protáhlejšího tvaru než lidská

Hodnotu rozsahu zátěže jsme stanovili dle studií popisujících velikosti žvýkacích sil v prvních 6 pooperačních týdnech, tedy v době, kdy jsou kladeny nejvyšší nároky na stabilitu minidlah. Maurer et al. uvádí hodnotu 63 ± 43 N [93]. Nagai et al. [158] zjistili v klinické studii 4 týdny po operaci hodnotu 43 N u mužů a 22 N u žen. Oproti tomu Harada et al. [159] uvádí 2 týdny po operaci žvýkací síly velikosti 66 ± 33 N. Čtyři týdny pooperačně stoupají síly na 128 ± 53 N. V době 3-4 pooperačně či pouřazově dochází k přestavbě kostního svalku v lamelární kost, což přináší zvýšení stability celému systému [60]. Můžeme proto očekávat celkově nižší sílu

působící přímo na minidlahy. Naše testovací síla dosahovala 100N, a tak odpovídala hodnotám udávaným Maurerem a Nagaiem. Původní záměr počítal se zatížením experimentálních čelistí až do síly 200N, což by nám umožnilo spolehlivě otestovat i žvýkací síly udávané studií z Haradovi pracovní skupiny. Bohužel jsme testovací protokol museli změnit kvůli technickým podmínkám daným společností vyrábějící měřící přístroj.

Velikost posunu ozubeného segmentu dolní čelisti o 10mm jsme zvolili na základě klinických zkušeností tak, aby simuloval velké až extrémní posuny [160]. Rotace ozubeného segmentu o 20° odpovídá anteriorně otevřenému skusu přibližně 15mm. Vadu takového rozsahu bychom v klinické situaci nikdy neřešili pouze operací na dolní čelisti s CCW rotací. V našem experimentu jsme zvolili výraznou rotaci proto, abychom zjistili, zda změna úhlu distálního segmentu a tedy změna vektoru síly přenášené na minidlahu povede k signifikantnímu rozdílu v primární stabilitě.

Výsledky při základním otestování Kolmogorov-Smirnovým testem vykazovali statisticky nenormální rozložení hodnot. Výsledky ve skupině A, skupině B a skupině C se vzájemně neovlivňovaly, porovnávali jsme tedy vícero vzájemně nezávislých skupin, a proto jsme k vyhodnocení výsledků použili Kruskal-Wallisůvým statistický test. Jeho principem je porovnávání pořadí hodnot v jednotlivých skupinách. Při souhrnném hodnocení výsledků jsme použili medián namísto průměru opět z důvodu nenormálního rozložení hodnot, a také pro přítomnost ojedinělých odlehlých pozorování. V případě použití průměru by tato měření souhrnný výsledek výrazně zkreslovala. Zkreslení je nejvíce vidět na grafu 3 vytvořeného z průměru a z mediánu hodnot transversální výchylky.



Graf 3: Zkreslení výsledků při použití špatného statistického vyhodnocení.

V klinické praxi se k fixaci segmentů mandibuly po sagitální osteotomii používají buď bikortikální šrouby nebo jeden či dva minidlahy bilaterálně. Za mechanicky nejstabilnější je považována fixace pomocí tří bikortikálních šroubů umístěných v pozici obráceného L, tedy dva šrouby nad nervově cévním svazkem a jeden pod ním [95,96,112]. Avšak matematické modely

metodou konečných prvků nejsou schopny zachytit riziko dlouhodobého relapsu, ke kterému dle RTG studií dochází v rozmezí 1-5 let pooperačně [19,52-54,56,58,62]. Ten je zapříčiněn resorpcí kloubního výběžku, jež vyúsťuje ve změnu tvaru kondylu a ztrátu výšky větve dolní čelisti. Přesto mnoho klinických studií dokládá stabilitu osteosyntézy bikortikálními šrouby, většinou ale doba sledování pacientů nepřesáhla jeden rok [74,82,87,88]. Musíme proto připustit možnost, že k relapsu došlo až následně a studií nebyl zachycen. Joss et al. v přehledném článku shrnujícím většinu relevantních klinických studií týkajících se stability ortognátní chirurgie uvádějí dlouhodobý relaps v bodě B 2%-50,3% v případech použití bikortikálních šroubů, u minidlah pak jen 1,5% - 8,9% [161].

Alder et al. [162] dokazují, že při použití bikortikálních šroubů dochází díky kompresi segmentů mandibuly k vychýlení osy kondylu a to nejvíce laterálním směrem, což z dlouhodobého hlediska výrazně zvyšuje riziko resorpce kloubu a tím i relapsu [59,77,163]. Tuto nevýhodu lze odstranit použitím minidlah. Přestože Maurer et al. [93] metodou konečných prvků dokázali, že 1 minidlah na každé straně mandibuly zajišťuje dostatečnou pevnost spojení fragmentů v časně pooperační době, je nutné podotknout, že jejich model simuloval umístění minidlah na *linea obliqua* mandibuly bez jakéhokoliv posunu. V modelu tedy simulovali spíše léčbu zlomeniny dolní čelisti než BSSO advancement. Oproti tomu Chuong et al. [92] na modelu předsunutí dolní čelisti zdůraznili nedostatečnou pevnost monokortikálních šroubů fixujících minidlahy v odolávání jak horizontálním silám, které způsobily ohýbání dlahy, tak torzním silám způsobujícím uvolnění šroubku. V pokusu ale použili šroubky průměru 1,1mm a délky 5mm. Některé velké klinické studie [110,164] dokumentují dostatečnou stabilitu při použití jedné minidlahy u mandibulárního advancementu. Na druhou stranu jiné upozorňují na zvýšené riziko relapsu v případech posunů větších než 7mm [161] a v případech CCW rotace distálního segmentu [59]. Jako jedna z možných příčin bylo popsáno větší napětí paramandibulárních měkkých tkání a jejich tah distálního segmentu do původní pozice [59,164]. Arnett ve svých přednáškách u velkých posunů doporučuje použití 2 minidlah nad sebou. Pro tento názor jsme však v literatuře nenašli vědecký důkaz.

V naší studii jsme porovnávali mechanickou odolnost fixace fragmentů dolní čelisti po předsunutí s a bez countre clockwise rotace ozubeného segmentu. Zásadní inovaci v našem modelu vidíme v semirigním umístění mandibuly v místě kloubu, které dokázalo simulovat také jiné než pouze šarnýrové pohyby, což lépe napodobuje klinickou situaci.

Dokázali jsme, že použití 2 minidlah výrazně zvyšuje odolnost vůči silám působícím ve vertikálním směru. Při zatížení silou 100N byl medián dislokace měřícího pinu v těsné blízkosti osteotomie ve skupině A 0,41 mm. Podobnou hodnotu, 0,43 mm, jsme naměřili též ve skupině B. Rozdíl mezi těmito dvěma skupinami nebyl statisticky signifikantní. Oproti tomu medián

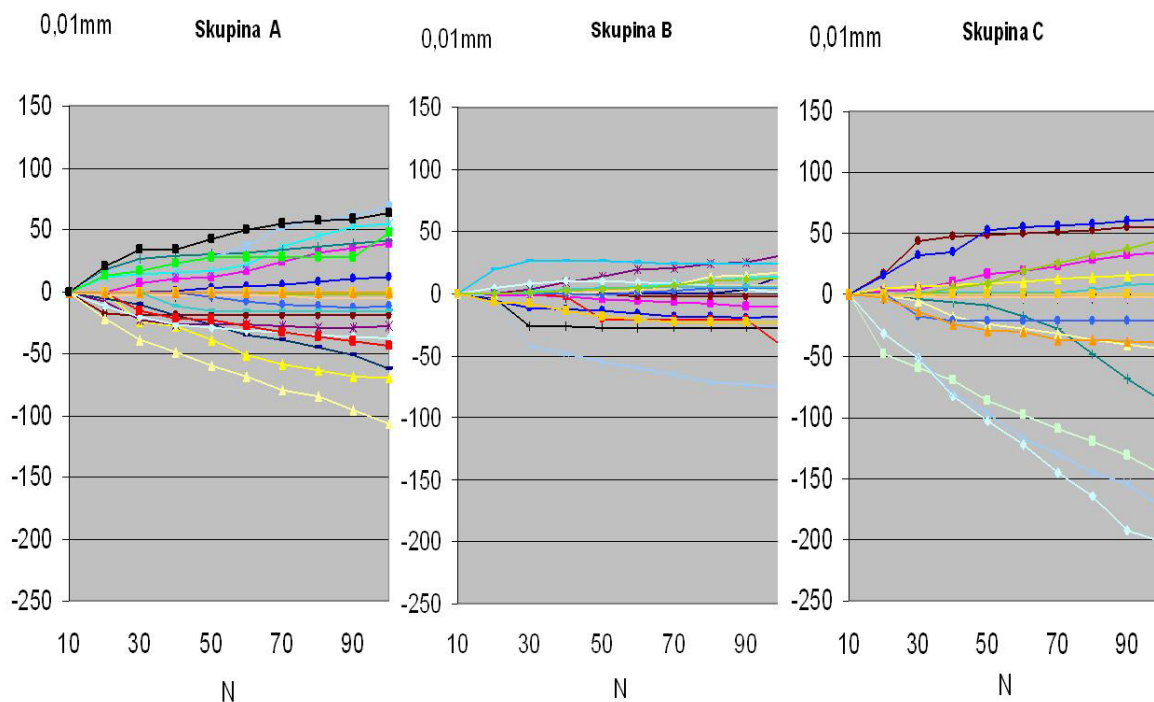
výchylky měřícího bodu u předsunutí s CCW rotací fixovaného 2 minidlahami byl jen 0.18mm. Tento výsledek byl statisticky signifikantní oproti skupinám s jednou minidlahou. Na základě našeho experimentu jsme neprokázali, že by při použití jedné minidlahy u CCW rotace docházelo k větší vertikální dislokaci než u prostého předsunutí dolní čelisti. K tomuto tvrzení by bylo nutné nalézt statisticky signifikantní rozdíl ve vertikální výchylce ve skupině A a B. Změna vektoru sil působícího na minidlahu tedy dle našeho experimentu není přímou příčinou časného vertikálního relapsu u CCW rotace. Přesto může být použití 2 minidlah a tak zvýšení mechanické stability výhodou u velkých posunů ozubeného segmentu. Arnett et al. udává [59] větší napínání suprahyoidních a potažmo i infrahyoidních skupin svalů a tedy vznik výrazné a dlouhodobé tendence posteriorotovat ozubený segment rozlomené mandibuly. Působení těchto sil náš experiment nezahrnoval.

Becktor et al. [163] porovnávali velikost transversální dislokace kloubní hlavičky při použití bikortikálních šroubů a minidlah s monokortikálními šrouby. Při použití bikortikálních šroubů docházelo k větší dislokaci, výsledky však nebyly statisticky signifikantní. Transversální dislokaci kloubní hlavičky po BSSO s Le Fort I osteotomií zkoumali také Angle et al. [165], kteří nenašli signifikantní závislost horizontálního relapsu po předsunutí dolní čelisti na dislokaci kloubu. Zásadním nedostatkem této studie je však krátká doba sledování pacientů, která končí ihned po dokončení ortodontické terapie. Oproti tomu Yamashita et al. [166] prokázali statisticky i klinicky signifikantní nárůst kloubních obtíží u pacientů fixovaných po BSSO bikortikálními šrouby v porovnání se skupinou těch, kteří dostali minidlahy. Obtíže spočívali v klikání, bolestech TMK při otevírání úst a viditelné laterální deviaci a vznikly až v pátém pooperačním roce.

V naší studii jsme fragmenty zatěžovali pouze ve vertikálním směru, přesto jsme pozorovali výchylky laterálním nebo mediálním směrem. Tento fakt můžeme vysvětlit pravděpodobnou přítomností velmi malé disparelity mezi vertikální osou větve mandibuly a ocelovým lanem, ke které došlo během umístění mandibuly do měřící soupravy. Síla přenášená na mandibulu tak mohla způsobit i mediální nebo laterální výchylku kondylu. Tento stav odpovídá klinické situaci, neboť síly působící na mandibulu při žvýkání také nejsou pouze přesně vertikální [167], a proto musí být osteosyntetický materiál dostatečně odolný i vůči torzním silám. Transversální výchylky jsme pozorovali jak u mandibulárního advancementu, tak u mandibulárního advancementu s counter-clockwise rotací distálního segmentu. Při použití 2 minidlah byl medián vychýlení kondylu menší než při použití 1 minidlahy, tyto výsledky však nebyly statisticky signifikantní. Hodnoty výchylky při maximálním zatížení ve skupině A se pohybovaly v rozmezí -1,07 mm až 0,68 mm, ve skupině B 0,31 mm až -0,42 mm s jednou hodnotou dosahující -0,76 mm, ve skupině C 0,62 mm až -2,02 mm. Při podrobném rozboru

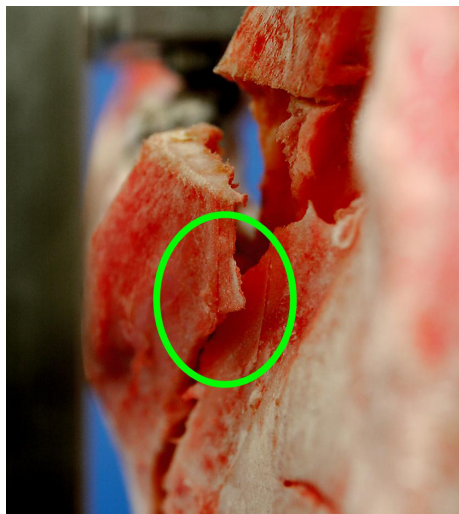
jednotlivých měření jsme si všimli tří měření ve skupině C, u kterých došlo k extrémní transversální dislokaci. Výchylku podobné velikosti jsme ve skupině A a B nepozorovali. S největší pravděpodobností došlo při fixaci druhé minidlahy k větší mediální výchylce proximálního segmentu, která byla během zátěže jen zvýrazněna.

Dále jsme ve skupině B v 52% měření našli na určité hladině zatížení (různé pro jednotlivá měření) zastavení transversálního pohybu kondylárního segmentu. Stejný jev jsme pozorovali ve skupině C v 22%, ve skupině A k němu nedošlo. Graf 4:



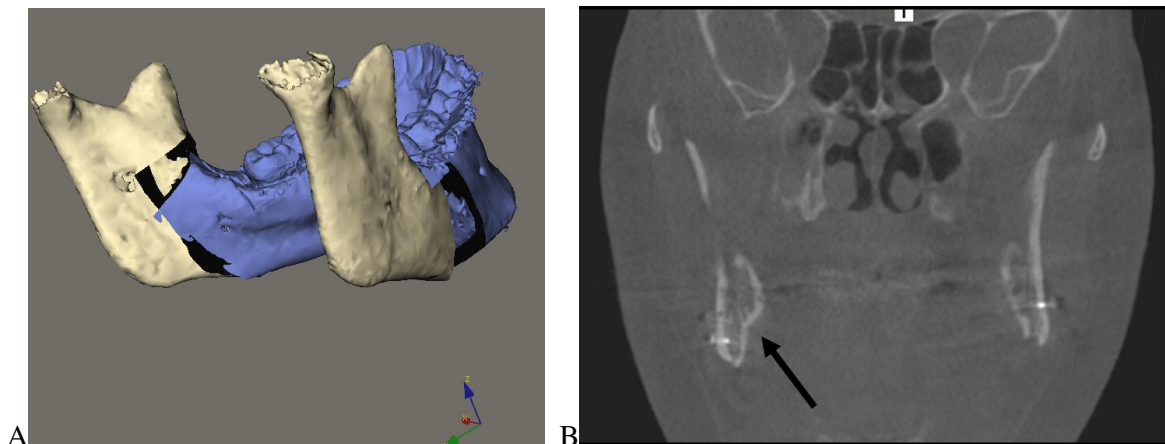
Graf 4: Hodnoty jednotlivých měření.

U odpovídajících měření jsme našli na mediální straně dolní čelisti v oblasti přibližně 1cm pod lingulou kontaktní bod mezi oběma segmenty. Obr. 51



Obr. 51: Kontaktní bod cca 1 cm pod lingulou

Na počítačovém programu Maxillim® (Medicim company, Mechelen, Belgium) jsme provedli modelaci sagitální osteotomie větve dolní čelisti s předsunutím a counter-clockwise rotací ozubeného segmentu, která sloužila k zobrazení a ověření laboratorních výsledků. Přítomnost kontaktního bodu jsme pozorovali taktéž. *Obr. 52A*



*Obr: 52A: Přítomnost kontaktního bodu na modelu sagitální osteotomie větve dolní čelisti s předsunutím a counter-clockwise rotací na počítačovém programu Maxillim®.
B: Šipka ukazuje místo kontaktu na CB-CT snímku u pacienta s BSSO advancementem a CCW rotací.*

U šesti našich pacientů, kteří podstoupili BSSO advancement s CCW rotací jsme provedli Cone Beam Computer Tomography (CB-CT) a u 3 z nich jsme našli určitý druh kontaktu mezi ozubeným a kondylárním segmentem na lingvální ploše mandibuly. U jednoho pacienta se jednalo o bilaterální kontakt, u jednoho vpravo a u jednoho vlevo. *Obr. 52B*

Plooi et al. [168] popisují na základě 3D modelů získaných z pooperačních CB-CT pacientů, kteří prodělali mandibulární advancement, různé typy lingválního splitu mandibuly. Z jejich studie je zřejmé, že průběh lomné linie na lingvální straně lze u konkrétního pacienta těžko předpovědět. Nemůžeme tedy vyloučit, že v případě linie lomu probíhající mandibulárním kanálem a CCW rotací ozubeného segmentu, se dvě původně paralelní hrany lingválního splitu protínají a dochází tak ke vzniku kontaktního bodu způsobujícího laterální extruzi kloubu, což je faktor přispívající k dlouhodobému relapsu. V případě, kdy u pacienta riziko interference obou fragmentů předpokládáme, provádíme doplňkovou vertikální osteotomii ozubeného fragmentu hned za posledním přítomným molárem, která pomůže k pasivnímu uložení obou fragmentů [169]. Tuto doplňkovou osteotomii jsme v našem laboratorním pokusu neprováděli. Vzhledem k tomu, že jsme kontaktní bod pozorovali až během zvyšování zátěže, kdy došlo k vertikálnímu vychýlení kondylárního fragmentu, dovolujeme si domnívat se, že vyšší vertikální mechanická stabilita 2 minidlah by mohla snižovat riziko vzniku tohoto kontaktního bodu a následného páčivého efektu na segmenty dolní čelisti.

I když je zajištění stability fragmentů v časné pooperační době zásadním předpokladem úspěšného hojení, Jagodzinski et al. [170] dokazují, že určitá forma mikropohybů (0,2-1mm) v linii lomu naopak podporuje tvorbu hypertrofického svalku, což je v ortognátní chirurgii velmi žádoucí. V našem experimentu jsme při zatížení silou 100N dosáhli maximální vertikální výchylky 1,07mm v případě 1 minidlahy a 0,64mm v případě použití 2 minidlah. Mikropohyby ale působí prospěšně jen v počáteční fázi hojení, v pozdějších fázích (tj. po 6 týdnech od osteosyntézy) je naopak nutno zlomenině zajistit klid. Za normálních okolností k tomu dochází díky zvyšující se pevnosti hojící se kosti. V případě větších posunů se však doba hojení může prodloužit. Po 6 týdnech od operace začíná pacient standardně jíst tuhou stravu a přestává nosit elastickou mezičelistní fixaci. Žvýkácké síly tak mohou přesáhnout pevnost minidlahy. Pokud v tom případě pacient začne namáhat ještě ne zcela zhojenou osteotomii plnou silou, dochází ke snížení density/pevnosti novotvořené kosti. Proto je u velkých posunů a u CCW vhodné použití 2 minidlah, které jednoznačně zvyšují pevnost ve vertikálním, nejvíce namáhaném směru. Stejnou či větší pevnost by zajistili i bikortikální šrouby [93], ale jejich nepříznivý vliv na TMK byl zmíněn.

Ellis et al. [169] popisují 3 případy pacientů s předsunutím dolní čelisti, u kterých došlo k selhání osteosyntetického materiálu, konkrétně k ohnutí minidlah. Příčinou byla změna mechanických vlastností minidlah od nového dodavatele. Z tohoto důvodu začali používat přídatný bikortikální šroub nebo silnější minidlahy. U pacientů operovaných na našem pracovišti v posledních 10 letech jsme zaznamenali 3 případy selhání fixace z 81 operovaných, kteří podstoupili BSSO advancement s CCW rotací. Všechny tyto případy si vyžádali reoperaci. Oproti tomu z 718 pacientů, kteří podstoupili prosté předsunutí dolní čelisti, došlo k selhání fixace jen jedenkrát a to v případě velkého posunu bezzubé dolní čelisti prováděné z protetických důvodů (tedy pro extrémní nepoměr čelistí a nemožnost zhotovení funkční zubní náhrady jiným způsobem). V současné době proto provádíme u všech pacientů s velkým posunem a/nebo s CCW rotací distálního segmentu dolní čelisti osteosyntézu 2 minidlahami anebo pomocí minidlahy a stabilizačního bikortikálního šroubu. Ten zavádíme až po umístění minidlahy, a tak zajišťujeme pasivní uložení obou fragmentů, které je prevencí transverzální dislokace kondylu. Z klinické praxe víme, že v ojedinělých případech pacientů, u kterých jsme nuceni minidlahy odstranit, nalézáme po 6 měsících zcela zhojenou linii osteotomie.

5. Závěr

Potvrdili jsme, že fixace 2 minidlahami u mandibulárního advancementu s CCW rotací neutralizuje lépe vertikální pohyby v linii osteotomie. Vertikální displacement při použití jedné minidlahy není na modelu in vitro, který nezahrnuje působení suprahyoidních svalů, přímou příčinou nižší stability counter-clockwise rotace, neboť hodnoty vertikálních výchylek u prostého advancementu a advancementu s CCW rotací byly velmi podobné. Přesto je použití 2 minidlah vhodné ve všech klinických případech, kdy dochází k většímu posunu fragmentů, očekáváme prodlouženou dobu hojení a potřebujeme tedy zajistit dostatečnou stabilitu i v pozdních fázích vyzrávání kosti.

Dvě minidlahy zajistily též vyšší odolnost vůči transversální dislokaci, ale výsledky nebyly statisticky signifikantní. Přítomnost druhé minidlahy byla v několika případech příčinou počáteční transversální dislokace proximálního fragmentu, která se při zatěžování jen zvětšovala. Transverzální dislokace je z dlouhodobého hlediska nepříznivá a může být příčinou pozdního relapsu z důvodu resorpce hlavice temporomandibulárního kloubu. Při fixaci fragmentů je nutno na toto riziko pamatovat a dbát na pasivní usazení proximálního fragmentu. Kontaktní bod na lingvální straně mandibuly způsobuje výrazně větší mechanickou stabilitu v mediolaterálním směru, a tak zcela zabraňuje možnosti eventuálního spontánního návratu kloubního výběžku do centrické pozice. Díky laterálnímu vychýlení kloubního výběžku dochází k zatěžování jiných částí kloubu, a to je jednou z příčin pooperační resorpce a dlouhodobého relapsu. O riziku vzniku kontaktního bodu je třeba vědět a v případě, kdy se nepodaří usadit fragmenty zcela pasivně, je nutno doplnit výkon přídatnou vertikální osteotomií distálního segmentu retromolárně.

K obsáhnutí mnoha dalších faktorů ovlivňujících relaps při léčbě otevřeného skusu je potřeba dalších klinických studií. Jedna z nich využívající i přesnější RTG dokumentace pomocí CB-CT právě probíhá na našem pracovišti.

6. Použitá literatura

1. Di Palma E., Gasparini G., Pelo S., Tartaglia G.M., Chimenti C.: Activities of masticatory muscles in patients after orthognathic surgery. *J Craniomaxillofac Surg.* 37: 417-420, 2009.
2. Panula K., Finne K., Oikarinen K.: Incidence of complications and problems related to orthognathic surgery: a review of 655 patients. *J Oral Maxillofac Surg.* 59: 1128-1136; discussion 1137, 2001.
3. Foltan R., Hoffmannova J., Donev F., Vlk M., Sedy J., Kufa R., Bulik O.: The impact of Le Fort I advancement and bilateral sagittal split osteotomy setback on ventilation during sleep. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 38: 1036-1040, 2009.
4. Foltan R., Hoffmannova J., Pavlikova G., Hanzelka T., Klima K., Horka E., Adamek S., Sedy J.: The influence of orthognathic surgery on ventilation during sleep. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 40: 146-149, 2011.
5. Foltan R., Pretl M., Donev F., Hoffmannova J., Vlk M., Sonka K., Mazanek J., Rambousek P.: Changing of facial skeleton for treatment of obstructive sleep apnoea syndrome. *Prague Med Rep.* 106: 149-158, 2005.
6. Kamínek M., Štefková M.: Klasifikace ortodontických anomálií. V:Ortodoncie I, Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 2001, 15-27.
7. Del Santo M., Jr.: Influence of occlusal plane inclination on ANB and Wits assessments of anteroposterior jaw relationships. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 129: 641-648, 2006.
8. Obwegeser H.L.: Descriptive terminology for jaw anomalies. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 75: 138-140, 1993.
9. Ackerman J.L., Proffit W.R.: The characteristics of malocclusion: a modern approach to classification and diagnosis. *Am J Orthod.* 56: 443-454, 1969.
10. Ackerman J.L., Proffit W.R., Sarver D.M., Ackerman M.B., Kean M.R.: Pitch, roll, and yaw: describing the spatial orientation of dentofacial traits. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 131: 305-310, 2007.
11. Proffit W.R., Fields H.W., Sarver D.M.: Contemporary Orthodontics, Mosby Elsevier, St.Louis, 2007.
12. Samsonyan L.: Ortodonticko-chirurgická léčba vertikálně otevřeného skusu a její stabilita. Atestační práce, Stomatologická klinika 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy, Praha, 2009.
13. Liou E.J., Chen P.H., Wang Y.C., Yu C.C., Huang C.S., Chen Y.R.: Surgery-first accelerated orthognathic surgery: orthodontic guidelines and setup for model surgery. *J Oral Maxillofac Surg.* 69: 771-780, 2011.
14. Yu C.C., Chen P.H., Liou E.J., Huang C.S., Chen Y.R.: A Surgery-first approach in surgical-orthodontic treatment of mandibular prognathism--a case report. *Chang Gung Med J.* 33: 699-705, 2010.

15. Arnett G.W., Mc Laughlin R.P. Diagnostika, plánování obličejové estetiky a léčby u ortodonticko-chirurgických pacientů. (Diagnostics, facial esthetics planning and therapy in orthodontics-surgical patients). Konference v Praze, Česká Republika, 1-2.10.2009.
16. Fish L.C., Wolford L.M., Epker B.N.: Surgical-orthodontic correction of vertical maxillary excess. *Am J Orthod.* 73: 241-257, 1978.
17. Kučera J.: Možnosti a indikace molárové intruze. Atestační práce, Stomatologická klinika 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy, Praha, 2009.
18. Reyneke J., P.: Essentials of orthognathic surgery. Quintessence Publishing Co, Inc, Carol Stream, 2003, 214-230.
19. Wolford L.M., Reiche-Fischel O., Mehra P.: Changes in temporomandibular joint dysfunction after orthognathic surgery. *J Oral Maxillofac Surg.* 61: 655-660; discussion 661, 2003.
20. Meibodi S.E., Fatahi Meybodi S., Samadi A.H.: The effect of posterior bite-plane on dentoskeletal changes in skeletal open-bite malocclusion. *J Indian Soc Pedod Prev Dent.* 27: 202-204, 2009.
21. Sugawara J.: Orthodontic reduction of lower facial height in open bite patients with skeletal anchorage system: beyond traditional orthodontics. *World J Orthod.* 6 Suppl: 24-26, 2005.
22. Sugawara J., Baik U.B., Umemori M., Takahashi I., Nagasaka H., Kawamura H., Mitani H.: Treatment and posttreatment dentoalveolar changes following intrusion of mandibular molars with application of a skeletal anchorage system (SAS) for open bite correction. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg.* 17: 243-253, 2002.
23. Aras A.: Vertical changes following orthodontic extraction treatment in skeletal open bite subjects. *Eur J Orthod.* 24: 407-416, 2002.
24. Dellinger E.L.: A histologic and cephalometric investigation of premolar intrusion in the *Macaca speciosa* monkey. *Am J Orthod.* 53: 325-355, 1967.
25. Sherwood K.H., Burch J.G.: Skeletally based miniplate supported orthodontic anchorage. *J Oral Maxillofac Surg.* 63: 279-284, 2005.
26. Kole H.: Surgical operations on the alveolar ridge to correct occlusal abnormalities. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 12: 515-529, 1959.
27. Kole H.: Surgical operations on the alveolar ridge to correct occlusal abnormalities. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 12: 413-420, 1959.
28. Kole H.: Surgical operations on the alveolar ridge to correct occlusal abnormalities. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 12: 277-288, 1959.
29. AlGhamdi A.S.T.: Corticotomy facilitated orthodontics: Review of a technique. *The Saudi Dental Journal.* 22: 1-5, 2010.
30. Wilcko M.T., Wilcko W.M., Pulver J.J., Bissada N.F., Bouquot J.E.: Accelerated osteogenic orthodontics technique: a 1-stage surgically facilitated rapid orthodontic technique with alveolar augmentation. *J Oral Maxillofac Surg.* 67: 2149-2159, 2009.

31. Sebaoun J.D., Kantarci A., Turner J.W., Carvalho R.S., Van Dyke T.E., Ferguson D.J.: Modeling of trabecular bone and lamina dura following selective alveolar decortication in rats. *J Periodontol.* 79: 1679-1688, 2008.
32. Wilcko W.M., Wilcko T., Bouquot J.E., Ferguson D.J.: Rapid orthodontics with alveolar reshaping: two case reports of decrowding. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 21: 9-19, 2001.
33. Ali S. Aljhani A.M.A.: Orthodontic treatment of an anterior openbite with the aid of corticotomy procedure: Case report *The Saudi Dental Journal*,. 23: 99-106, 2011.
34. Chung K.R., Kim S.H., Lee B.S.: Speedy surgical-orthodontic treatment with temporary anchorage devices as an alternative to orthognathic surgery. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 135: 787-798, 2009.
35. Bertossi D., Vercellotti T., Podesta A., Nocini P.F.: Orthodontic microsurgery for rapid dental repositioning in dental malpositions. *J Oral Maxillofac Surg.* 69: 747-753, 2011.
36. Podesta A. Ortodontická mikrochirurgie pro urychlenou léčbu dospělých pacientů. Konference Indent. Ostrava, 19.-21.5.2011.
37. Miloro M. G.G.E., Larsen E.P., Waite P.D.: Peterson's principles of oral and maxillofacial surgery, BC Decker Inc, London, 2004.
38. Toman J.: Anomálie čelistí. V:Ústní a čelistní chirurgie, Avicenum, Praha, 1976, 355-381.
39. Samsonyan L., Tycová H., Kučera J., Běláček J., Foltán R.: Stabilita chirurgické counter-clockwise rotace dolní čelisti. *Ortodoncie.* 4: 27-34, 2010.
40. Hoppenreijts T.J., van der Linden F.P., Freihofer H.P., Stoelinga P.J., Tuinzing D.B., Jacobs B.T., van 't Hof M.A.: Stability of transverse maxillary dental arch dimensions following orthodontic-surgical correction of anterior open bites. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg.* 13: 7-22, 1998.
41. Denison T.F., Kokich V.G., Shapiro P.A.: Stability of maxillary surgery in openbite versus nonopenbite malocclusions. *Angle Orthod.* 59: 5-10, 1989.
42. Proffit W.R., Bailey L.J., Phillips C., Turvey T.A.: Long-term stability of surgical openbite correction by Le Fort I osteotomy. *Angle Orthod.* 70: 112-117, 2000.
43. Ding Y., Xu T.M., Lohrmann B., Gellrich N.C., Schwestka-Polly R.: Stability following combined orthodontic-surgical treatment for skeletal anterior open bite - a cephalometric 15-year follow-up study. *J Orofac Orthop.* 68: 245-256, 2007.
44. Fischer K., von Konow L., Brattstrom V.: Open bite: stability after bimaxillary surgery--2-year treatment outcomes in 58 patients. *Eur J Orthod.* 22: 711-718, 2000.
45. Epker B.N., Schendel S.A.: Total maxillary surgery. *Int J Oral Surg.* 9: 1-24, 1980.
46. Epker B.N., Paulus P.J.: Surgical-orthodontic correction of adult malocclusions: single-tooth dento-osseous osteotomies. *Am J Orthod.* 74: 551-563, 1978.
47. Trauner R., Obwegeser H.: The surgical correction of mandibular prognathism and retrognathia with consideration of genioplasty. III. Operating methods for microgenia and

distocclusion. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 10: 899-909, 1957.

48. Trauner R., Obwegeser H.: The surgical correction of mandibular prognathism and retrognathia with consideration of genioplasty. II. Operating methods for microgenia and distocclusion. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 10: 787-792; contd, 1957.

49. Trauner R., Obwegeser H.: The surgical correction of mandibular prognathism and retrognathia with consideration of genioplasty. I. Surgical procedures to correct mandibular prognathism and reshaping of the chin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 10: 677-689; contd, 1957.

50. Takahashi H., Moriyama S., Furuta H., Matsunaga H., Sakamoto Y., Kikuta T.: Three lateral osteotomy designs for bilateral sagittal split osteotomy: biomechanical evaluation with three-dimensional finite element analysis. *Head Face Med.* 6: 4, 2010.

51. Epker B.N., Wolford L.M., Fish L.C.: Mandibular deficiency syndrome. II. Surgical considerations for mandibular advancement. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 45: 349-363, 1978.

52. Borstlap W.A., Stoelinga P.J., Hoppenreijs T.J., van't Hof M.A.: Stabilisation of sagittal split advancement osteotomies with miniplates: a prospective, multicentre study with two-year follow-up. Part III--condylar remodelling and resorption. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 33: 649-655, 2004.

53. Hwang S.J., Haers P.E., Sailer H.F.: The role of a posteriorly inclined condylar neck in condylar resorption after orthognathic surgery. *J Craniomaxillofac Surg.* 28: 85-90, 2000.

54. Hwang S.J., Haers P.E., Seifert B., Sailer H.F.: Non-surgical risk factors for condylar resorption after orthognathic surgery. *J Craniomaxillofac Surg.* 32: 103-111, 2004.

55. Nitzan D.W.: Intraarticular pressure in the functioning human temporomandibular joint and its alteration by uniform elevation of the occlusal plane. *J Oral Maxillofac Surg.* 52: 671-679; discussion 679-680, 1994.

56. Berger J.L., Pangrazio-Kulbersh V., Bacchus S.N., Kaczynski R.: Stability of bilateral sagittal split ramus osteotomy: rigid fixation versus transosseous wiring. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 118: 397-403, 2000.

57. Nanda R.: Biomechanics and esthetic strategies in clinical orthodontics, Elsevier Saunders, 2005.

58. Van Sickels J.E., Richardson D.A.: Stability of orthognathic surgery: a review of rigid fixation. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 34: 279-285, 1996.

59. Arnett G.W.: A redefinition of bilateral sagittal osteotomy (BSO) advancement relapse. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 104: 506-515, 1993.

60. Marsell R., Einhorn T.A.: The biology of fracture healing. *Injury.* 2011.

61. Giannoudis P.V., Einhorn T.A., Marsh D.: Fracture healing: the diamond concept. *Injury.* 38 Suppl 4: S3-6, 2007.

62. Politi M., Costa F., Cian R., Polini F., Robiony M.: Stability of skeletal class III malocclusion after combined maxillary and mandibular procedures: rigid internal fixation versus

- wire osteosynthesis of the mandible. *J Oral Maxillofac Surg.* 62: 169-181, 2004.
63. Gill D.S., El Maaytah M., Naini F.B.: Risk factors for post-orthognathic condylar resorption: a review. *World J Orthod.* 9: 21-25, 2008.
64. Moore K.E., Gooris P.J., Stoelinga P.J.: The contributing role of condylar resorption to skeletal relapse following mandibular advancement surgery: report of five cases. *J Oral Maxillofac Surg.* 49: 448-460, 1991.
65. Arnett G.W., Milam S.B., Gottesman L.: Progressive mandibular retrusion--idiopathic condylar resorption. Part I. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 110: 8-15, 1996.
66. Gunson M.J., Arnett G.W., Formby B., Falzone C., Mathur R., Alexander C.: Oral contraceptive pill use and abnormal menstrual cycles in women with severe condylar resorption: a case for low serum 17beta-estradiol as a major factor in progressive condylar resorption. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 136: 772-779, 2009.
67. Arnett G.W., Milam S.B., Gottesman L.: Progressive mandibular retrusion-idiopathic condylar resorption. Part II. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 110: 117-127, 1996.
68. Maricic N., Stieler E., Gedrange T., Schneider M., Tausche E., Harzer W.: MGF- and myostatin-mRNA regulation in masseter muscle after orthognathic surgery. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 106: 487-492, 2008.
69. Arnett W., McLaughlin R.: Facial and Dental Planning for Orthodontists and Oral Surgeons., Mosby, St. Louis, 2004.
70. O'Ryan F., Epker B.N.: Temporomandibular joint function and morphology: observations on the spectra of normalcy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 58: 272-279, 1984.
71. Hunt N., Shah R., Sinanan A., Lewis M.: Northcroft Memorial Lecture 2005: musculing in on malocclusions: current concepts on the role of muscles in the aetiology and treatment of malocclusion. *J Orthod.* 33: 187-197, 2006.
72. Rowlerson A., Raoul G., Daniel Y., Close J., Maurage C.A., Ferri J., Sciote J.J.: Fiber-type differences in masseter muscle associated with different facial morphologies. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 127: 37-46, 2005.
73. Dolce C., Hatch J.P., Van Sickels J.E., Rugh J.D.: Rigid versus wire fixation for mandibular advancement: skeletal and dental changes after 5 years. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 121: 610-619, 2002.
74. Watzke I.M., Turvey T.A., Phillips C., Proffit W.R.: Stability of mandibular advancement after sagittal osteotomy with screw or wire fixation: a comparative study. *J Oral Maxillofac Surg.* 48: 108-121; discussion 122-103, 1990.
75. Abrahamsson C., Ekberg E., Henrikson T., Bondemark L.: Alterations of temporomandibular disorders before and after orthognathic surgery: a systematic review. *The Angle orthodontist.* 77: 729-734, 2007.
76. Stavropoulos F., Dolwick M.F.: Simultaneous temporomandibular joint and orthognathic surgery: the case against. *J Oral Maxillofac Surg.* 61: 1205-1206, 2003.
77. Ueki K., Nakagawa K., Takatsuka S., Yamamoto E.: Plate fixation after mandibular

- osteotomy. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 30: 490-496, 2001.
78. Arnett G.W., McLaughlin R.P.: Facial and Dental Planning for Orthodontists and Oral Surgeons, Mosby, 2004.
 79. Iizuka T., Lindqvist C.: Rigid internal fixation of mandibular fractures. An analysis of 270 fractures treated using the AO/ASIF method. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 21: 65-69, 1992.
 80. Williams J.G., Cawood J.I.: Effect of intermaxillary fixation on pulmonary function. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 19: 76-78, 1990.
 81. Kohno M., Nakajima T., Someya G.: Effects of maxillomandibular fixation on respiration. *J Oral Maxillofac Surg.* 51: 992-996, 1993.
 82. Shepherd J.P., Dohvoma C.N., Harradine N.W.: Screw fixation after mandibular sagittal split osteotomy: an intra-oral approach. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 29: 325-329, 1991.
 83. Ritzau M.: Weight changes in patients with intermaxillary immobilization after jaw fractures. *Int J Oral Surg.* 2: 122-123, 1973.
 84. Krekmanov L., Lilja J., Ringqvist M.: Simultaneous correction of maxillary and mandibular dentofacial deformities without the use of postoperative intermaxillary fixation. A clinical and cephalometric study. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 17: 363-370, 1988.
 85. Michelet F.X., Benoit J.P., Festal F., Despujols P., Bruchet P., Arvor A.: [Fixation without blocking of sagittal osteotomies of the rami by means of endo-buccal screwed plates in the treatment of antero-posterior abnormalities]. *Rev Stomatol Chir Maxillofac.* 72: 531-537, 1971.
 86. Stoelinga P.J., Borstlap W.A.: The fixation of sagittal split osteotomies with miniplates: the versatility of a technique. *J Oral Maxillofac Surg.* 61: 1471-1476, 2003.
 87. Hoffman G.R., Moloney F.B.: The stability of facial osteotomies. 2. Mandibular advancement with bicortical screw fixation. *Aust Dent J.* 40: 213-219, 1995.
 88. Ochs M.W.: Bicortical screw stabilization of sagittal split osteotomies. *J Oral Maxillofac Surg.* 61: 1477-1484, 2003.
 89. Matthews N.S., Khambay B.S., Ayoub A.F., Koppel D., Wood G.: Preliminary assessment of skeletal stability after sagittal split mandibular advancement using a bioresorbable fixation system. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 41: 179-184, 2003.
 90. Lindquist C.: Bioactive materials in bone surgery, surgeon's view. III Tissue ingeneering symposium. Tampere, Finland, 2006.
 91. Kallela I., Laine P., Suuronen R., Iizuka T., Pirinen S., Lindqvist C.: Skeletal stability following mandibular advancement and rigid fixation with polylactide biodegradable screws. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 27: 3-8, 1998.
 92. Chuong C.J., Borotikar B., Schwartz-Dabney C., Sinn D.P.: Mechanical characteristics of the mandible after bilateral sagittal split ramus osteotomy: comparing 2 different fixation techniques. *J Oral Maxillofac Surg.* 63: 68-76, 2005.
 93. Maurer P., Knoll W.D., Schubert J.: Comparative evaluation of two osteosynthesis

- methods on stability following sagittal split ramus osteotomy. *J Craniomaxillofac Surg.* 31: 284-289, 2003.
94. Maurer P., Schubert J., Holweg S.: Finite element analysis of a tandem screw configuration in sagittal split osteotomy using biodegradable osteosynthesis screws. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg.* 16: 300-304, 2001.
95. Erkmen E., Simsek B., Yucel E., Kurt A.: Comparison of different fixation methods following sagittal split ramus osteotomies using three-dimensional finite elements analysis. Part 1: advancement surgery-posterior loading. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 34: 551-558, 2005.
96. Erkmen E., Simsek B., Yucel E., Kurt A.: Three-dimensional finite element analysis used to compare methods of fixation after sagittal split ramus osteotomy: setback surgery-posterior loading. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 43: 97-104, 2005.
97. Ueki K., Nakagawa K., Marukawa K., Takazakura D., Shimada M., Takatsuka S., Yamamoto E.: Changes in condylar long axis and skeletal stability after bilateral sagittal split ramus osteotomy with poly-L-lactic acid or titanium plate fixation. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 34: 627-634, 2005.
98. Sauerbier S., Schon R., Otten J.E., Schmelzeisen R., Gutwald R.: The development of plate osteosynthesis for the treatment of fractures of the mandibular body - a literature review. *J Craniomaxillofac Surg.* 36: 251-259, 2008.
99. Champy M., Wilk A., Schnebelen J.M.: Treatment of mandibular fractures by means of osteosynthesis without intermaxillary immobilization according to F.X. Michelet's technic. *Zahn Mund Kieferheilkd Zentralbl.* 63: 339-341, 1975.
100. Champy M. L.J.P., Schmitt R., Jaeger J.H., Muster D.: Mandibular Osteosynthesis by Miniature Screwed Plates Via a Buccal Approach. *J max-fac Surg.* 6: 14-21, 1978.
101. Niederdelmann H., Akuamo-Boateng E.: Internal fixation of fractures. *Int J Oral Surg.* 7: 252-255, 1978.
102. Austermann K.H., Becker R., Buning K., Machtens E.: Titanium implants as a temporary replacement of mandible. A report of 30 cases. *J Maxillofac Surg.* 5: 167-171, 1977.
103. Gellrich N.C., Suarez-Cunqueiro M.M., Otero-Cepeda X.L., Schon R., Schmelzeisen R., Gutwald R.: Comparative study of locking plates in mandibular reconstruction after ablative tumor surgery: THORP versus UniLOCK system. *J Oral Maxillofac Surg.* 62: 186-193, 2004.
104. Kroon F.H., Mathisson M., Cordey J.R., Rahn B.A.: The use of miniplates in mandibular fractures. An in vitro study. *J Craniomaxillofac Surg.* 19: 199-204, 1991.
105. Levy F.E., Smith R.W., Odland R.M., Marentette L.J.: Monocortical Miniplate Fixation of Mandibular Angle Fractures. *Archives of Otolaryngology-Head & Neck Surgery.* 117: 149-154, 1991.
106. Ellis E., 3rd: Treatment methods for fractures of the mandibular angle. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 28: 243-252, 1999.
107. Schierle H.P., Schmelzeisen R., Rahn B., Pytlik C.: One- or two-plate fixation of mandibular angle fractures? *J Craniomaxillofac Surg.* 25: 162-168, 1997.

108. Coletti D.P., Caccamese J.F., Jr., Norby C., Edwards S., von Fraunhofer J.A.: Comparative analysis of the threaded and tapered locking reconstruction plates. *J Oral Maxillofac Surg.* 65: 2587-2593, 2007.
109. Rubens B.C., Stoelinga P.J., Blijdorp P.A., Schoenaers J.H., Politis C.: Skeletal stability following sagittal split osteotomy using monocortical miniplate internal fixation. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 17: 371-376, 1988.
110. Scheerlinck J.P., Stoelinga P.J., Blijdorp P.A., Brouns J.J., Nijs M.L.: Sagittal split advancement osteotomies stabilized with miniplates. A 2-5-year follow-up. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 23: 127-131, 1994.
111. Maurer P., Holweg S., Knoll W.D., Schubert J.: Study by finite element method of the mechanical stress of selected biodegradable osteosynthesis screws in sagittal ramus osteotomy. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 40: 76-83, 2002.
112. Maurer P., Holweg S., Schubert J.: Finite-element-analysis of different screw-diameters in the sagittal split osteotomy of the mandible. *J Craniomaxillofac Surg.* 27: 365-372, 1999.
113. Suuronen R.: Biodegradable fracture-fixation devices in maxillofacial surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 22: 50-57, 1993.
114. Edwards R.C., Kiely K.D., Eppley B.L.: Fixation of bimaxillary osteotomies with resorbable plates and screws: experience in 20 consecutive cases. *J Oral Maxillofac Surg.* 59: 271-276, 2001.
115. Edwards R.C., Kiely K.D., Eppley B.L.: The fate of resorbable poly-L-lactic/polyglycolic acid (LactoSorb) bone fixation devices in orthognathic surgery. *J Oral Maxillofac Surg.* 59: 19-25, 2001.
116. Ketola-Kinnula T., Suuronen R., Kontio R., Laine P., Lindqvist C.: Bioabsorbable plates and screws for fixation of mandibulotomies in ablative oral cancer surgery. *J Oral Maxillofac Surg.* 68: 1753-1762, 2010.
117. Mazzonetto R., Paza A.O., Spagnoli D.B.: A retrospective evaluation of rigid fixation in orthognathic surgery using a biodegradable self-reinforced (70L:30DL) polylactide. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 33: 664-669, 2004.
118. Shand J.M., Heggie A.A.: Use of a resorbable fixation system in orthognathic surgery. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 38: 335-337, 2000.
119. Suuronen R., Laine P., Sarkiala E., Pohjonen T., Lindqvist C.: Sagittal split osteotomy fixed with biodegradable, self-reinforced poly-L-lactide screws. A pilot study in sheep. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 21: 303-308, 1992.
120. Tuovinen V., Suuronen R., Teittinen M., Nurmenniemi P.: Comparison of the stability of bioabsorbable and titanium osteosynthesis materials for rigid internal fixation in orthognathic surgery. A prospective randomized controlled study in 101 patients with 192 osteotomies. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 39: 1059-1065, 2010.
121. Turvey T.A., Bell R.B., Tejera T.J., Proffit W.R.: The use of self-reinforced biodegradable bone plates and screws in orthognathic surgery. *J Oral Maxillofac Surg.* 60: 59-65, 2002.

122. Turvey T.A., Proffit W.P., Phillips C.: Biodegradable fixation for craniomaxillofacial surgery: a 10-year experience involving 761 operations and 745 patients. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2010.
123. Jank S., Vaananen P., Kloss F.R., Nurmi J.T., Nuutinen J.P., Jakonen S., Happonen H.: Pullout strength of a biodegradable free form osteosynthesis plate. *J Craniomaxillofac Surg.* 38: 517-521, 2010.
124. Pilling E., Meissner H., Jung R., Koch R., Loukota R., Mai R., Reitemeier B., Richter G., Stadlinger B., Stelnicki E., Eckelt U.: An experimental study of the biomechanical stability of ultrasound-activated pinned (SonicWeld Rx+Resorb-X) and screwed fixed (Resorb-X) resorbable materials for osteosynthesis in the treatment of simulated craniosynostosis in sheep. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 45: 451-456, 2007.
125. Ferretti C., Reyneke J.P.: Mandibular, sagittal split osteotomies fixed with biodegradable or titanium screws: a prospective, comparative study of postoperative stability. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 93: 534-537, 2002.
126. Ahn Y.S., Kim S.G., Baik S.M., Kim B.O., Kim H.K., Moon S.Y., Lim S.H., Kim Y.K., Yun P.Y., Son J.S.: Comparative study between resorbable and nonresorbable plates in orthognathic surgery. *J Oral Maxillofac Surg.* 68: 287-292, 2010.
127. Norholt S.E., Pedersen T.K., Jensen J.: Le Fort I miniplate osteosynthesis: a randomized, prospective study comparing resorbable PLLA/PGA with titanium. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 33: 245-252, 2004.
128. Pereira M.A., Luiz de Freitas P.H., da Rosa T.F., Xavier C.B.: Understanding distraction osteogenesis on the maxillofacial complex: a literature review. *J Oral Maxillofac Surg.* 65: 2518-2523, 2007.
129. Povýšil C.: Speciální patologie III. díl. Nakladatelství Karolinum, Praha, 1999, 43, 53.
130. Simard S., Marchant M., Mencio G.: The Ilizarov procedure: limb lengthening and its implications. *Phys Ther.* 72: 25-34, 1992.
131. Vos M.D., Baas E.M., de Lange J., Bierenbroodspot F.: Stability of mandibular advancement procedures: bilateral sagittal split osteotomy versus distraction osteogenesis. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 38: 7-12, 2009.
132. Walker C.W., Aronson J., Kaplan P.A., Molpus W.M., Seibert J.J.: Radiologic evaluation of limb-lengthening procedures. *AJR Am J Roentgenol.* 156: 353-358, 1991.
133. Figueroa A.A., Polley, J.W.: Mandibular distraction osteogenesis. *Operative techniques in otolaryngology - head and neck surgery.* 13: 17-28, 2002.
134. Van Strijen P.J., Breuning K.H., Becking A.G., Tuinzing D.B.: Stability after distraction osteogenesis to lengthen the mandible: results in 50 patients. *J Oral Maxillofac Surg.* 62: 304-307, 2004.
135. Bouletreau P.J., Warren S.M., Longaker M.T.: The molecular biology of distraction osteogenesis. *J Craniomaxillofac Surg.* 30: 1-11, 2002.
136. Saulacic N., Zix J., Iizuka T.: Complication rates and associated factors in alveolar distraction osteogenesis: a comprehensive review. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 38: 210-217,

2009.

137. Meyer U., Kleinheinz J., Joos U.: Biomechanical and clinical implications of distraction osteogenesis in craniofacial surgery. *J Craniomaxillofac Surg.* 32: 140-149, 2004.
138. Meyer U., Meyer T., Wiesmann H.P., Stratmann U., Kruse-Losler B., Maas H., Joos U.: The effect of magnitude and frequency of interfragmentary strain on the tissue response to distraction osteogenesis. *J Oral Maxillofac Surg.* 57: 1331-1339; discussion 1340-1331, 1999.
139. Meyer U., Wiesmann H.P., Kruse-Losler B., Handschel J., Stratmann U., Joos U.: Strain-related bone remodeling in distraction osteogenesis of the mandible. *Plast Reconstr Surg.* 103: 800-807, 1999.
140. Hindle J.F., Plewes L.W.: Visits abroad: the treatment of pseudarthrosis in the Soviet Union. *Injury.* 6: 206-207, 1975.
141. Primrose A.C., Broadfoot E., Diner P.A., Molina F., Moos K.F., Ayoub A.F.: Patients' responses to distraction osteogenesis: a multi-centre study. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 34: 238-242, 2005.
142. Bell W.H., Gonzalez M., Samchukov M.L., Guerrero C.A.: Intraoral widening and lengthening of the mandible in baboons by distraction osteogenesis. *J Oral Maxillofac Surg.* 57: 548-562; discussion 563, 1999.
143. Saulacic N., Iizuka T., Martin M.S., Garcia A.G.: Alveolar distraction osteogenesis: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 37: 1-7, 2008.
144. Samchukov M.L., Cope J.B., Harper R.P., Ross J.D.: Biomechanical considerations of mandibular lengthening and widening by gradual distraction using a computer model. *J Oral Maxillofac Surg.* 56: 51-59, 1998.
145. Cope J.B., Samchukov M.L., Cherkashin A.M., Wolford L.M., Franco P.: Biomechanics of mandibular distractor orientation: an animal model analysis. *J Oral Maxillofac Surg.* 57: 952-962; discussion 963-954, 1999.
146. Schreuder W.H., Jansma J., Bierman M.W., Vissink A.: Distraction osteogenesis versus bilateral sagittal split osteotomy for advancement of the retrognathic mandible: a review of the literature. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 36: 103-110, 2007.
147. Ow A., Cheung L.K.: Bilateral sagittal split osteotomies versus mandibular distraction osteogenesis: a prospective clinical trial comparing inferior alveolar nerve function and complications. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 39: 756-760, 2010.
148. Ow A., Cheung L.K.: Skeletal stability and complications of bilateral sagittal split osteotomies and mandibular distraction osteogenesis: an evidence-based review. *J Oral Maxillofac Surg.* 67: 2344-2353, 2009.
149. Muhonen A., Peltomaki T., Hinkka S., Happonen R.P.: Effect of mandibular distraction osteogenesis on temporomandibular joint after previous irradiation and hyperbaric oxygenation. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 31: 397-404, 2002.
150. Muhonen A., Saamanen A.M., Peltomaki T., Happonen R.P.: The effect of irradiation and hyperbaric oxygenation (HBO) on extracellular matrix of the condylar cartilage after mandibular distraction osteogenesis in the rabbit. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 35: 79-87, 2006.

151. Bisase B., Johnson P., Stacey M.: Closure of the anterior open bite using mandibular sagittal split osteotomy. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 48: 352-355, 2009.
152. Mehra P., Downie M., Pita M.C., Wolford L.M.: Pharyngeal airway space changes after counterclockwise rotation of the maxillomandibular complex. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 120: 154-159, 2001.
153. Epker B.N.: Modifications in the sagittal osteotomy of the mandible. *J Oral Surg.* 35: 157-159, 1977.
154. Shinogaya T., Sodeyama A., Matsumoto M.: Bite force and occlusal load distribution in normal complete dentitions of young adults. *Eur J Prosthodont Restor Dent.* 7: 65-70, 1999.
155. Suda S., Matsugishi K., Seki Y., Sakurai K., Suzuki T., Morita S., Hanada K., Hara K.: A multiparametric analysis of occlusal and periodontal jaw reflex characteristics in young adults with normal occlusion. *J Oral Rehabil.* 24: 610-613, 1997.
156. Dolanmaz D., Uckan S., Isik K., Saglam H.: Comparison of stability of absorbable and titanium plate and screw fixation for sagittal split ramus osteotomy. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 42: 127-132, 2004.
157. Sindelar B.J., Edwards S., Herring S.W.: Morphologic changes in the TMJ following splint wear. *Anat Rec.* 266: 167-176, 2002.
158. Nagai I., Tanaka N., Noguchi M., Suda Y., Sonoda T., Kohama G.: Changes in occlusal state of patients with mandibular prognathism after orthognathic surgery: a pilot study. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 39: 429-433, 2001.
159. Harada K., Watanabe M., Ohkura K., Enomoto S.: Measure of bite force and occlusal contact area before and after bilateral sagittal split ramus osteotomy of the mandible using a new pressure-sensitive device: a preliminary report. *J Oral Maxillofac Surg.* 58: 370-373; discussion 373-374, 2000.
160. Rosen H.M.: Occlusal plane rotation: aesthetic enhancement in mandibular micrognathia. *Plast Reconstr Surg.* 91: 1231-1240; discussion 1241-1234, 1993.
161. Joss C.U., Vassalli I.M.: Stability after bilateral sagittal split osteotomy advancement surgery with rigid internal fixation: a systematic review. *J Oral Maxillofac Surg.* 67: 301-313, 2009.
162. Alder M.E., Deahl S.T., Matteson S.R., Van Sickels J.E., Tiner B.D., Rugh J.D.: Short-term changes of condylar position after sagittal split osteotomy for mandibular advancement. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 87: 159-165, 1999.
163. Becktor J.P., Rebellato J., Becktor K.B., Isaksson S., Vickers P.D., Keller E.E.: Transverse displacement of the proximal segment after bilateral sagittal osteotomy. *J Oral Maxillofac Surg.* 60: 395-403, 2002.
164. Borstlap W.A., Stoelinga P.J., Hoppenreijts T.J., van't Hof M.A.: Stabilisation of sagittal split advancement osteotomies with miniplates: a prospective, multicentre study with two-year follow-up. Part II. Radiographic parameters. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 33: 535-542, 2004.
165. Angle A.D., Rebellato J., Sheats R.D.: Transverse displacement of the proximal segment after bilateral sagittal split osteotomy advancement and its effect on relapse. *J Oral Maxillofac*

Surg. 65: 50-59, 2007.

166. Yamashita Y., Otsuka T., Shigematsu M., Goto M.: A long-term comparative study of two rigid internal fixation techniques in terms of masticatory function and neurosensory disturbance after mandibular correction by bilateral sagittal split ramus osteotomy. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 40: 360-365, 2011.

167. Rues S., Lenz J., Turp J.C., Schweizerhof K., Schindler H.J.: Forces and motor control mechanisms during biting in a realistically balanced experimental occlusion. *Arch Oral Biol.* 53: 1119-1128, 2008.

168. Plooij J.M., Naphausen M.T., Maal T.J., Xi T., Rangel F.A., Swennen G., de Koning M., Borstlap W.A., Berge S.J.: 3D evaluation of the lingual fracture line after a bilateral sagittal split osteotomy of the mandible. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 38: 1244-1249, 2009.

169. Ellis E., Esmail N.: Malocclusions resulting from loss of fixation after sagittal split ramus osteotomies. *J Oral Maxillofac Surg.* 67: 2528-2533, 2009.

170. Jagodzinski M., Krettek C.: Effect of mechanical stability on fracture healing--an update. *Injury.* 38 Suppl 1: S3-10, 2007.

Seznam publikací doktoranda:

1. publikace in extenso, které jsou podkladem dizertace

a) Časopisy s IF

Nieblerová J., Foltán R., Hanzelka T., Pavlíková G., Vlk M., Klíma K., Samsonyan L. Stability of Osteosynthesis of Sagittal Split Osteotomy used for treatment of anterior open bite – minipigs experimental study. *International Journal of Maxillofacial Surgery* 41: 482–488, 2012. **IF 1,302** (2011)

Foltán R., Hoffmannová J., Pavlíková G., Hanzelka T., Klíma K., Horká E., Adámek S., Šedý J. The influence of orthognatic surgery on ventilation during sleep. *International Journal of Maxillofacial Surgery* 40: 146-149, 2011 **IF 1,302, Citováno 1x**

Foltán R., Hoffmannová J., Donev F., Vlk M., Sedý J., Kufa R., Bulík O. The impact of Le Fort I advancement and bilateral sagittal split osteotomy setback on ventilation during sleep. *International Journal of Maxillofacial Surgery* 38: 1036-1040, 2009 **IF 1,444, Citováno 4x**

Foltán R., Pretl M., Donev F., Hoffmannová J., Vlk M., Šonka K. Maxillomandibular advancement v terapii obstrukčního spánkového apnoického syndromu. *Česká a Slovenská Neurologie a Neurochirurgie* 68/101: 412-418, 2005 **IF 0.070, Citováno 4x**

b) Časopisy s recenzním řízením

Hoffmannová J., Foltán R., Vlk M., Klíma K., Pavlíková G. Factors affecting the stability of bilateral sagittal split osteotomy of a mandible – review. *Prague Medical Report* 109: 284–295, 2008

Foltán R., Pretl M., Donev F., Hoffmannová J., Vlk M., Šonka K., Mazánek J., Rambousek P. Changing of facial skeleton for treatment of obstructive sleep apnoea syndrome. *Prague Medical Report* 106: 149-158, 2005

2. publikace in extenso bez vztahu k tématu dizertace

a) Časopisy s IF

Hoffmannová J., Foltán R., Vlk M., Sipos M., Horká E., Pavlíková G., Kufa R., Bulík O., Sedý J. Hemimandibulectomy and therapeutic neck dissection with radiotherapy in the treatment of oral squamous cell carcinoma involving mandible: a critical review of treatment protocol in the years 1994-2004. *International Journal of Maxillofacial Surgery* 39: 561-567, 2010 **IF 1,302 , Citováno 1x**

Foltan R., Hoffmannova J., Pretl M., Donev F., Vlk M. Genioglossus advancement and hyoid myotomy in treating obstructive sleep apnoea syndrome-A follow-up study. *Journal of Craniomaxillofacial Surgery* 35: 246-251, 2007 **IF 0.955, Citováno 9x**

Foltán R., Hoffmannová J., Donev F., Vlk M., Šonka K., Pretl M.

Advancement musculus genioglossus a závěs jazyky v terapii obstrukčního spánkového apnoického syndromu. *Česká a Slovenská Neurologie a Neurochirurgie* 69/102: 57-63, 2006 **IF 0.045, Citováno 2x**

b) Časopisy s recenzním řízením

Foltán, R., Machač, J., Donev, F., Hoffmannová, J. Použití laryngeální masky k zajištění dýchacích cest u pacientů s kolemčelistním zánětem. *Česká stomatologie* 106: 22-26, 2006

Foltán R., Pavlíková G., Klíma K., Hoffmannová J., Vlk M., Šedý J. Způsob náhrady kostních defektů v implantologii. *Stomatologický občasník (Součást Časopisu České Stomatologické Komory)* 1: 5-8, 2008