



الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

كلية طب الأسنان

قسم جراحة الفم والفكين

دراسة تأثير القوى الخارجية الراضة في آلية وتوضعات كسور الفك السفلي باستخدام
تقنية تحليل العناصر المنتهية
(دراسة مخبرية)

**Study Of The External Traumatic Forces Effect On The
Mechanism And Locations Of The Mandibular Fractures
Using The Finite Element Analysis
(In Vitro study)**

أطروحة قدمت إلى جامعة دمشق لنيل درجة الماجستير في علوم طب الأسنان
بإختصاص جراحة الفم والفكين

إعداد الباحث

رواد الغزي

المشرف المشارك

المدرس الدكتور محمد بسام أبو حرب

إشراف

الأستاذ المساعد الدكتور ياسر المدلل

1436 هـ / 2015 م

تصريح

" لا يوجد أي جزء من هذه الأطروحة تم أخذه بالكامل من عمل آخر أو أنجز للحصول على شهادة أخرى في هذه الجامعة أو في أي جامعة أخرى أو أي معهد تعليمي "

الإهداء

إلى مَنّلي الأعلى قدوتي في الحياة... من أصبو إلى أن أكون مثله يوماً

والدي الغالي

إلى القلب الحنون ... والعين الساهرة على راحتي ... واليد المعطاءة

أمي الغالية

إلى زميلة الدراسة، رفيقة دربي، من سرنا سويةً خطوةً بخطوة على طريق الأمل والنجاح

زوجتي الحبيبة

إلى من تقاسمت معها أجمل ذكريات الطفولة ومن كبرنا سويةً في مسيرة الحياة

أختي العزيزة

إلى من أرى في براءة عينيه أُملي في الدنيا، من أسمع في ضحكاته لحن الحياة

ولدي الغالي

كلمة شكر

في البداية الشكر والحمد لله عز وجل

كما أتقدم بجزيل الشكر إلى أساتذتي الكرام.

وأخص بخالص الشكر أستاذي المشرف الأستاذ المساعد الدكتور **ياسر المدلل**، نائب عميد كلية طب الأسنان للشؤون الإدارية- جامعة دمشق، أستاذ جراحة الفم والفكين في كلية طب الأسنان من تعجز كل كلمات الشكر وعبارات الثناء عن الوفاء بحقه. له الشكر على ما منحني إياه من الوقت والجهد والاهتمام والثقة، ولم يتوان عن دعمي خلال إنجاز هذا العمل منذ البداية. من كان لي عظيم الشرف أن أضع اسمه الكبير على أطروحتي العلمية.

كما أتوجه بجزيل الشكر والامتنان إلى المشرف المشارك المدرس الدكتور **محمد بسام أبو حرب** المدرس في كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية على ما قدمه من مساعدة ووقت ثمين لإتمام إنجاز هذا العمل وتذليل ما واجهته من صعوبات.

والشكر موصول للأستاذ المساعد الدكتور **خلدون درويش** الأستاذ في قسم جراحة الفم والفكين، من كان نعم المعلم وكان لي الشرف بالعمل تحت إشرافه في معظم الحالات خلال مرحلة الدراسات العليا، من أشرف في تفضله بقبول تحكيم هذا البحث.

والشكر الجزيل للمدرس الدكتور **محمد فتحي غنمة** مدير البحث العلمي في جامعة دمشق والمدرس في كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية لتفضله بقبول تحكيم هذا البحث.

وعميق الشكر إلى رئاسة قسم جراحة الفم والفكين ممثلةً بالأستاذ الدكتور **مازن زيناتي** الذي منحني خلال المرحلة الجامعية الأولى ومرحلة الدراسات العليا ثقةً ودعمًا أتمنى أن أكون قد وُفِّقت بأن أكون جديرًا بهما والشكر موصول لأساتذة القسم الكرام.

وأوجه شكري واحترامي إلى إدارة كلية طب الأسنان ممثلةً بالأستاذة الدكتورة **رزان خطاب** - عميدة كلية طب الأسنان والأستاذ الدكتور **إياد شعراني** - نائب العميد للشؤون العلمية.

والشكر الجزيل لزملائي طلاب الدراسات العليا في قسم جراحة الفم والفكين وأخص بالذكر الدكتور **شادي يازجي** والدكتور **محمد يامن الشرجي المزيك** والدكتور **فادي مخول**.

1.....	List of contents قائمة المحتويات
5.....	قائمة الجداول
8.....	قائمة الأشكال التوضيحية
12.....	قائمة الاختصارات
13.....	المقدمة
14.....	هدف البحث
15.....	1.الباب الأول: المراجعة النظرية Literature Review
16.....	1.1 لمحة تشريحية
16.....	1.1.1 الوجه الخارجي للفك السفلي
18.....	2.1.1 الوجه الداخلي للفك السفلي
19.....	3.1.1 الرأد
21.....	4.1.1 المفصل الفكي الصدغي
23.....	5.1.1 العضلات الماضغة
26.....	2.1 تواتر كسور الفك السفلي
26.....	3.1 أسباب كسور الفك السفلي
27.....	4.1 تصنيف كسور الفك السفلي
27	1.4.1 التصنيف العام
28.....	2.4.1 التصنيف حسب موقع الكسر

31.....	3.4.1 التصنيف حسب شد العضلات.....
31.....	5.1 الميكانيك الحيوي.....
31.....	1.5.1 بنية العظم
33.....	2.5.1 الخواص الميكانيكية للعظم
37.....	3.5.1 أسباب كسر العظم
38.....	4.5.1 الميكانيك الحيوي الخاص بكسور الفك السفلي
40.....	6.1 تحليل العناصر المنتهية.....
41.....	1.6.1 تاريخ تقنية تحليل العناصر المنتهية.....
43.....	7.1 برامج التصميم المساعد بالحاسوب وتحليل العناصر المنتهية
43.....	1.7.1 برنامج Mimics®.....
43.....	2.7.1 برنامج Geomagic studio®.....
44.....	3.7.1 برنامج Powershape ®.....
44.....	4.7.1 برنامج Unigraphics ®.....
44.....	5.7.1 برنامج Ansys®.....
46.....	الباب الثاني: مواد وطرائق البحث Materials and Methods
46	1.2 تصميم الدراسة Study design.....
46	2.2 عينة الدراسة Sample.....
46.....	1.2.2 معايير اختيار عينة الدراسة.....
46.....	2.2.2 مجموعات الدراسة.....

48.....	3.2. المواد والأدوات Materials
49.....	4.2. الطرائق Methods ..
49	1.4.2 تصميم النموذج ثلاثي الأبعاد.....
56.....	2.4.2. مرحلة المعالجة الأولية للبيانات.....
61.....	3.4.2 مرحلة التحليل.....
62.....	الباب الثالث: النتائج Results
63	1.1.3 دراسة الصدمة الأفقية في منطقة زاوية الفك السفلي
65	2.1.3 دراسة الصدمة الشاقولية في منطقة زاوية الفك السفلي.....
67	3.1.3 دراسة الصدمة الأفقية في منطقة جسم الفك السفلي.....
69	4.1.3 دراسة الصدمة الشاقولية في منطقة جسم الفك السفلي.....
71	5.1.3 دراسة الصدمة الأفقية في منطقة نظير الارتفاق.....
73.....	6.1.3 دراسة الصدمة الشاقولية في منطقة نظير الارتفاق.....
75.....	7.1.3 دراسة الصدمة الأفقية في منطقة الارتفاق.....
76.....	8.1.3 دراسة الصدمة الشاقولية في منطقة الارتفاق.....
78.....	9.1.3 دراسة الصدمة في منطقة اللقمة.....
80.....	10.1.3 دراسة الصدمة الأفقية في مناطق زاوية الفك السفلي وجسم الفك السفلي ونظير الارتفاق معاً.....
82.....	11.1.3 دراسة الصدمة الشاقولية في مناطق زاوية الفك السفلي وجسم الفك السفلي ونظير الارتفاق معاً.....
85.....	12.1.3 دراسة الصدمة الأفقية ثنائية الجانب في منطقتي زاويتي الفك السفلي.....

88.....	13.1.3 دراسة الصدمة الشاقولية ثنائية الجانب في منطقتي زاويتي الفك السفلي
91.....	الباب الرابع: المناقشة Discussion
100.....	الباب الخامس: الاستنتاجات Conclusions
102.....	الباب السادس: المقترحات والتوصيات Suggestions & Recommendations
104.....	الباب السابع: المراجع References
110.....	الملخص
112.....	Abstract

قائمة الجداول

الرقم	الموضوع	الصفحة
1	توصيف أجزاء النموذج المدروس من خلال خاصيتي Young modulus و Poisson ratio	58
2	الشروط الحدية لعمل العضلات الماضغة	59
3	القيم الخاصة بالصدمات المسببة لكسور الفك السفلي حسب مكان تطبيق الصدمة	60
4	توزيع إجهادات Von-Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية في منطقة زاوية الفك السفلي	63
5	توزيع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية في منطقة زاوية الفك السفلي	64
6	توزيع إجهادات Von-Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في منطقة زاوية الفك السفلي	65
7	توزيع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في منطقة زاوية الفك السفلي	66
8	توزيع إجهادات Von-Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية في منطقة جسم الفك السفلي	67
9	توزيع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية في منطقة جسم الفك السفلي	68
10	توزيع إجهادات Von-Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في منطقة جسم الفك السفلي	69
11	توزيع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في منطقة زاوية الفك السفلي	70
12	توزيع إجهادات Von-Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية في منطقة نظير الارتفاق	71
13	توزيع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة	72

	الأفقية في منطقة نظير الارتفاع	
73	توزع إجهادات Von-Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في منطقة نظير الارتفاع	14
74	توزع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في منطقة نظير الارتفاع	15
75	توزع إجهادات Von-Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية في منطقة الارتفاع	16
76	توزع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية في منطقة الارتفاع	17
77	توزع إجهادات Von-Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في منطقة الارتفاع	18
77	توزع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في منطقة الارتفاع	19
78	توزع إجهادات Von-Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة في منطقة اللقمة	20
79	توزع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة في منطقة اللقمة	21
80	توزع إجهادات Von-Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية في مناطق زاوية الفك السفلي وجسم الفك ونظير الارتفاع معاً	22
81	توزع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية في مناطق زاوية الفك السفلي وجسم الفك ونظير الارتفاع معاً	23
83	توزع إجهادات Von-Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في مناطق زاوية الفك السفلي وجسم الفك ونظير الارتفاع معاً	24
84	توزع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في مناطق زاوية الفك السفلي وجسم الفك ونظير الارتفاع معاً	25

85	توزع إجهادات Von-Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية ثنائية الجانب في منطقتي زاويتي الفك السفلي	26
87	توزع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية ثنائية الجانب في منطقتي زاويتي الفك السفلي	27
88	توزع إجهادات Von-Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشافولية ثنائية الجانب في منطقتي زاويتي الفك السفلي	28
89	توزع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشافولية ثنائية الجانب في منطقتي زاويتي الفك السفلي	29

قائمة الصور والأشكال التوضيحية

الرقم	الموضوع	الصفحة
1	صورة الفك السفلي - مظهر خارجي	18
2	صورة الفك السفلي - الوجه الداخلي	21
1	البنية التشريحية للمفصل الفكي الصدغي - مقطع سهمي	22
2	العضلات (الماضغة - الصدغية)	24
3	العضلات (الجناحية الأنسية - الجناحية الوحشية)	25
4	أقسام الفك السفلي ومناطق توزع الكسور فيه	29
5	تصنيف كسور اللقمة	30
6	بنية العظم (العظم القشري - العظم الاسفنجي)	32
7	منحني الحمل - الانزياح	34
8	منحني الإجهاد - الانفعال	36
9	الصدوع وتطور كسر العظم	38
10	انتقاء المقاطع المرغوبة من صورة CBCT باستخدام برنامج Mimics	50
11	الأقنعة ثنائية الأبعاد الخاصة بالعناصر التشريحية مع قيم Hu	52
12	الأقنعة ثلاثية الأبعاد المبنية باستخدام برنامج Mimics	53
13	إزالة الشوائب وتنعيم الربط الشبكي من خلال برنامج Geomagic	55
14	دمج الرقع والمناطق المقطعة من خلال برنامج Unigraphics	56
15	الربط الشبكي من خلال برنامج Ansys	58
16	الشروط الحدية للمجسم المدروس	60
17	مكان تطبيق الصدمة الأفقية في زاوية الفك	63

64	توزع إجهادات Von-Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية في منطقة زاوية الفك السفلي	18
65	توزع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية في منطقة زاوية الفك السفلي	19
65	مكان تطبيق الصدمة الشاقولية في منطقة زاوية الفك	20
66	توزع إجهادات Von-Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في منطقة زاوية الفك السفلي	21
67	توزع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في منطقة زاوية الفك السفلي	22
67	مكان تطبيق الصدمة الأفقية في منطقة جسم الفك	23
68	توزع إجهادات Von-Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية في منطقة جسم الفك السفلي	24
69	توزع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية في منطقة جسم الفك السفلي	25
69	مكان تطبيق الصدمة الشاقولية في منطقة جسم الفك	26
70	توزع إجهادات Von-Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في منطقة جسم الفك السفلي	27
71	توزع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في منطقة جسم الفك السفلي	28
71	مكان تطبيق الصدمة الأفقية في منطقة نظير الارتفاق	29
72	توزع إجهادات Von-Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية في منطقة نظير الارتفاق	30
73	توزع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية في	31

	منطقة نظير الارتفاع	
73	مكان تطبيق الصدمة الشاقولية في منطقة نظير الارتفاع	32
74	توزع إجهادات Von-Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في منطقة نظير الارتفاع	33
74	توزع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في منطقة نظير الارتفاع	34
75	مكان تطبيق الصدمة الأفقية في منطقة الارتفاع	35
75	توزع إجهادات Von-Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية في منطقة الارتفاع	36
76	توزع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية في منطقة الارتفاع	37
76	مكان تطبيق الصدمة الشاقولية في منطقة الارتفاع	38
77	توزع إجهادات Von-Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في منطقة الارتفاع	39
78	توزع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في منطقة الارتفاع	40
78	مكان تطبيق الصدمة في منطقة اللقمة	41
79	توزع إجهادات Von-Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة في منطقة اللقمة	42
79	توزع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة في منطقة اللقمة	43
80	مكان تطبيق الصدمة الأفقية في مناطق الزاوية والجسم ونظير الارتفاع معاً	44
81	توزع إجهادات Von-Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية في مناطق زاوية الفك وجسم الفك و نظير الارتفاع معاً	45

46	توزع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية في مناطق زاوية الفك وجسم الفك و نظير الارتفاق معاً	82
47	مكان تطبيق الصدمة الشاقولية في مناطق الزاوية والجسم ونظير الارتفاق معاً	82
48	توزع إجهادات Von-Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في مناطق زاوية الفك وجسم الفك و نظير الارتفاق معاً	84
49	توزع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في مناطق زاوية الفك وجسم الفك و نظير الارتفاق معاً	85
50	توزع إجهادات Von-Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية ثنائية الجانب في منطقتي زاويتي الفك السفلي	86
51	توزع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية ثنائية الجانب في منطقتي زاويتي الفك السفلي	88
52	توزع إجهادات Von-Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية ثنائية الجانب في منطقتي زاويتي الفك السفلي	89
53	توزع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية ثنائية الجانب في منطقتي زاويتي الفك السفلي	90

قائمة الاختصارات

الاختصار	المصطلح	
TMJ	Temporomandibular joint	المفصل الفكي الصدغي
FEA	Finite Element Analysis	تحليل العناصر المنتهية
CAD	Computer Aided Design	التصميم المساعد بالحاسوب
CBCT	Cone Beam Computed Tomography	التصوير المقطعي المحوسب ذو الحزمة المخروطية

المقدمة

تُعدّ الكسور الوجهية الفكّية من الحالات الأكثر شيوعاً ومصادفةً بالنسبة لأخصائي جراحة الفم والوجه والفكين، وتأتي كسور الفك السفلي في المرتبة الثانية من حيث تواتر هذه الكسور (Barrera and Batuello 2012) (Ellis 3rd 1995)، وتتجلى أهميتها في اعتبار العمل الجراحي الخاص بها سهلاً ممتعاً. فعندما يحيط الطبيب الجراح علماً بكامل المعلومات حول الكسر المصادف من تشريح وميكانيك حيوي؛ فإن آلية العمل الجراحي بهدف المعالجة بحد ذاتها تبقى ضمن الروتين الممارس بشكل يومي.

ونظراً لصعوبة تفسير السلوك الميكانيكي الحيوي للفك السفلي في حالات التعرض للصدمات الراضة المسببة للكسر بالاكتهاء بالدراسات المطبقة على الحيوانات أو الجثث البشرية، وبفضل التطور التقني والعلمي وظهور تقنية تحليل العناصر المنتهية التي تسمح بالحصول على نتائج رقمية وتفسيرية وتحليلية لحالات تحاكي الواقع تماماً دون الوقوع في شباك أخلاقيات البحث العلمي (Vollmer, Meyer et al. 2000)، جاءت فكرة هذا البحث في دراسة تأثير القوى المسببة لكسور الفك في آلية وتوضعات هذه الكسور.

لا يخفى على أحد أن مرحلة التشخيص الدقيق تعد الخطوة الأولى في طريق المعالجة الصحيحة والمتكاملة؛ فعند الإحاطة بموضوع رد فعل عظم الفك السفلي تجاه مسببات الكسر ميكانيكياً وحيوياً تتبلور خطة العلاج المتكاملة بدءاً من التشخيص ووصولاً إلى مرحلة المعالجة الجراحية أو المحافظة، لاسيّما أنّ إصابة الفك السفلي بالكسر تكون في أكثر من مكان بعد تلقي الصدمة، وهذا يعود إلى الخواص الميكانيكية لعظم الفك السفلي أولاً، وإلى خواص القوة الراضة المسببة للكسر ثانياً (Turner 2006).

هدف الدراسة : Aim of study

يهدف هذا البحث إلى:

- 1- دراسة آلية تأثير القوى الخارجية الرافعة في إحداث كسور الفك السفلي.
- 2- دراسة العلاقة بين مكان تطبيق الصدمة ومناطق توزع كسور الفك السفلي.
- 3- تصميم نموذج ثلاثي الأبعاد دقيق يحاكي البنية التشريحية للفك السفلي.

الباب الأول

المراجعة النظرية

Literature Review

1.1.1. لمحة تشريحية Anatomic preview:

يُعد عظم الفك السفلي أحد أكبر العظام الموجودة في الجمجمة وهو العظم الوحيد المتحرك فيها، يكون هذا العظم عند معظم الثدييات عبارة عن نصفين منفصلين؛ في حين أنه عند الإنسان يلاحظ التحام نصفي الفك السفلي في مرحلة الطفولة في الخط الناصف تماماً مشكلاً بنية واحدة. (Steele 1988)

يحتضن الفك السفلي أسنان القوس السنية السفلية ويعد منطقة ارتكاز لعدد من العضلات بما يخدم وظيفة المضغ و حركة الشفاه. وهو يتكون من جسم أفقي مقوس بشكل نعل الفرس وجزأين شاقوليين يدعى كل منهما الرأد يتجهان نحو الخلف والأعلى. (Steele 1988)

يرتبط الفك بالجمجمة عبر مجموعة من الأربطة ثنائية الجانب والعضلات التي بدورها تحدد مدى الحركة وفي الوقت نفسه فإنها تساهم في مجموعة من حركات الفك السفلي التي تتضمن: الفتح – الإغلاق – الحركة الأمامية- الحركة الخلفية – الانزلاق الجانبي – درجة محددة من الدوران. (Hiatt 2010)

يمتلك الفك السفلي وجهين: خارجي و داخلي.

1.1.1.1. الوجه الخارجي للفك السفلي:

يُظهر جسم الفك السفلي ذو شكل نعل الفرس خطَّ التحام في الخط الناصف بين القواطع السفلية وهو ما يُعرف بالارتفاق الذقني mental symphysis أو ارتفاق الفك السفلي mandibular symphysis.

وتتوضع إلى الأسفل منه مباشرةً الناشزة الذقنية mental protuberance ذات الشكل المثلثي.

يُطلق اسم الحفيرة القاطعة incisive fossa على الانخفاض الضحل المتوضع بين القواطع السفلية والناشزة الذقنية.

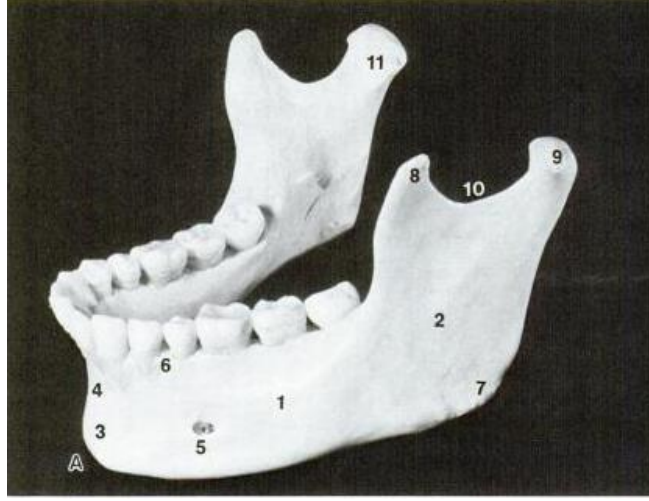
يشاهد على السطح الوحشي لل فك السفلي في منطقة الضواحك ثقبه تتوضع بين جذور الضاحك الأول والثاني تفتح إلى الخلف ليخرج منها العصب الذقني والأوعية المرافقة ويطلق عليها اسم الثقبه الذقنية mental foramen. (Hiatt 2010)

يمتد الخط المنحرف الظاهر external oblique line من الناشزة الذقنية حتى الحافة الأمامية للرأ ويكون خفياً وسطحياً حتى منطقة الرحي الأولى حيث يصبح بارزاً، وفي سوية الرحي الثانية يبدأ بالتقوس باتجاه الخلف والأعلى ليتمادى مع الحافة الأمامية الحادة للرأ.

يلاحظ انخفاض ضحل إلى الأنسي من الخط المنحرف الظاهر والوحشي والخلف من الرحي الثالثة يدعى الحفيرة خلف الرحوية retromolar fossa وإلى الأنسي من هذه الحفيرة يوجد انخفاض آخر مثلثي ضحل يدعى المثلث خلف الرحوي retromolar triangle. (Snow, Wackym et al. 2009)

تكون الحافة الوحشية للمثلث خلف الرحوي متمادية مع قنزعة العظم السنخي الدهليزية، في حين تكون الحافة الأنسية متمادية مع قنزعة العظم السنخي الأنسية للرحي الثالثة

السفلية وتتابع هاتان القنزعتان مسيرهما إلى الأمام مشكّلتين الصفيحتين السنخيتين الدهليزية واللسانية لعظم الفك السفلي. (Snow, Wackym et al. 2009)



صورة (1) الفك السفلي -مظهر خارجي (Steele 1988)

1.جسم الفك 2.الرأس 3.الناشزة الذقنية 4.الحفرة القاطعة 5.الثقب الذقنية 6.الناتئ السنخي

7.زاوية الفك 8.الناتئ المنقاري 9.اللحمة 10.الثلثة السينية

11.مكان ارتكاز العضلة الجناحية الوحشية

2.1.1. الوجه الداخلي للفك السفلي :

تبدي المنطقة المتوسطة الأمامية وجود حديبتين أو أربع حديبات عظمية.

تكون الحديبتان العلويتان مستمريتين وتدعى كلّ منهما الشوكة الذقنية genio spine

(كما تشير مراجع أخرى إلى تسميتها بالشوكة العلوية للفك السفلي superior

mandibular spine) وتعد الشوكتان العلويتان منشأ العضلة الذقنية اللسانية، في حين

تعد الشوكتان السفليتان منشأ العضلة الذقنية اللامية.

يُظهر السطح الداخلي لجسم الفك السفلي حافةً عظميةً تدعى الخط الضرسى اللامي mylohyoid line الذي يمتد من ارتفاع الذقن إلى منطقة الرحى الثالثة السفلية، وهو يعد منشأ العضلة الضرسية اللامية، وإلى الأعلى والأمام من هذا الخط توجد حفيرة ضحلة تدعى الحفيرة تحت اللسانية sublingual fossa، في حين تتوضع الحفرة تحت الفك السفلي submandibular fossa خلفياً أسفل هذا الخط . (Flint, Cummings et al. 2010)

3.1.1. الرأد :

يتوضع الرأد ramus إلى الخلف من جسم الفك السفلي. أما منطقة اتصال الحافة الخلفية للرأد مع الامتداد الخلفي لقاعدة الفك السفلي؛ هي منطقة زاوية الفك السفلي mandibular angle. يتميز الوجه الخارجي للرأد بوجود حديبات وانخفاضات تشير إلى مكان ارتباط العضلة الماضغة.

ويوجد إلى الأمام تماماً من مكان ارتكاز العضلة الماضغة ثلم دقيق وضيق وقلما يكون واضحاً في جسم الفك السفلي هو ثلم الشريان الوجهي، الذي يشير إلى المسار المنحني للشريان باتجاه الأعلى داخلاً الوجه. (Hiatt 2010)

يتناهى الامتداد العلوي للرأد في كل جهة إلى الناتئ المنقاري coronoid process في الأمام و الناتئ اللقيمي condylar process في الخلف.

يساعد الشكل المسطح والمثلثي للنتائ المنقاري على ارتكاز العضلة الصدغية عليه. كما يشغل ارتكاز هذه العضلة الحافة الأمامية للرأد في قسمه الأنسي.

يتوسع الناتئ اللقي وينتهي بتشكيله سطحاً متمفصلاً، حيث تتمفصل لقمة الفك السفلي condyle of the mandible مع العظم الصدغي عن طريق المفصل الفكي الصدغي (TMJ) temporomandibular joint.

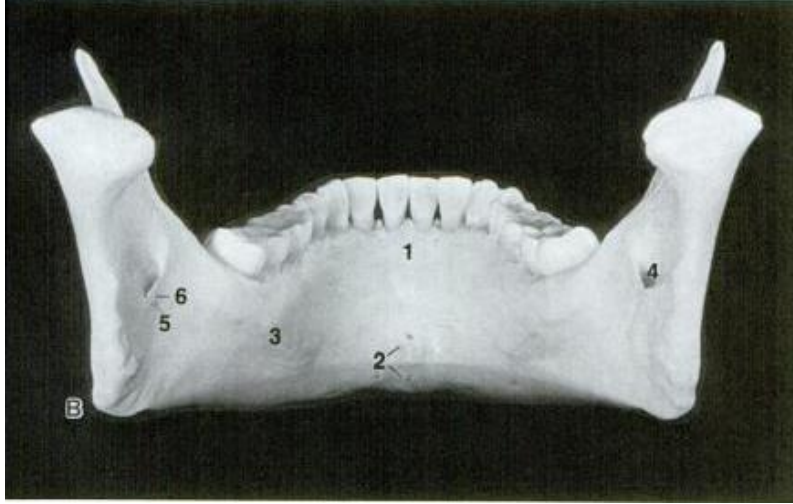
تسمى المنطقة الواقعة أسفل اللقمة تماماً؛ عنق لقمة الفك السفلي condyle neck ، وتتدخل في قسمها الأنسي ألياف العضلة الجناحية الوحشية ضمن انخفاض صغير يدعى النقرة الجناحية pterygoid fovea . (James, Fredrickson et al. 1981)

يشكل مكان التقاء الناتئ اللقي والناتئ المنقاري منطقة مقوسة تعرف بثلمة الفك السفلي mandibular notch أو الثلمة السينية sigmoid notch، والتي يمر عبرها العصب الماضغ والأوعية الماضغية باتجاه العضلة الماضغة.

توجد ثقبية الفك السفلي mandibular foramen بالقرب من منتصف السطح الأنسي للرأ، وهي تفتح على قناة الفك السفلي التي يسكنها العصب الأوعية السنخية السفلية وتكون هذه الفتحة محمية بحافة عظمية حادة تُدعى اللسين lingula؛ حيث تتجه حافته الرأسية الحرة خلفاً باتجاه اللقمة، ويشكل اللسين منطقة ارتباط الرباط الوتدي الفكي. (Hiatt 2010)

يتوضع الثلم الضرسى اللامي mylohyoid groove إلى الأسفل من اللسين، ويكون ممتداً من ثقبية الفك السفلي سالكاً اتجاهأً أمامياً سفلياً ومشكلاً مسار العصب الضرسى اللامي.

تشكل زاوية الفك السفلي والمنطقة الواقعة خلف التلم الضرسى اللامي مظهراً خشناً ووعراً
ناتجاً عن اندخال ألياف العضلة الجناحية الأنسية. (Steele 1988)



صورة (2) الفك السفلي - الوجه الداخلي (Steele 1988)

1. الارتفاق الذقني 2. الأشواك الذقنية 3. الخط الضرسى اللامي

4. ثقب الفك السفلي 5. التلم الضرسى اللامي 6. لسين الفك السفلي

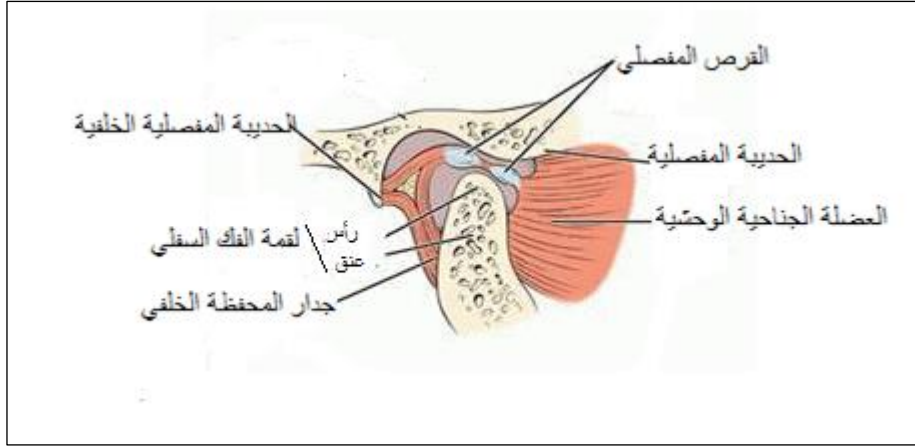
4.1.1. المفصل الفكي الصدغي (TMJ) TemporoMandibular Joint

يعتبر المفصل الفكي الصدغي مكاناً أو حيز التماس ما بين الفك السفلي والجمجمة،
تسمح الوظيفة ثنائية الجانب للمفصل الفكي الصدغي بفتح وإغلاق الفم وكذلك بإطباق
الأسنان على بعضها أثناء حركات المضغ.

يتألف المفصل الفكي الصدغي تشريحياً من:

- السطوح العظمية المفصليّة (اللقمة الفكية - التجويف المفصلي /العظم الصدغي/) -
- القرص المفصلي - المحفظة المفصليّة - الأربطة المفصليّة - العضلات. (Hiatt)

(2010)



شكل (1) البنية التشريحية للمفصل الفكي الصدغي - مقطع سهمي (Hiatt 2010)

تمتد الحديبة المفصليّة بشكل جدار عظمي مائل بين الجذر الخلفي للقوس الوجنية وحتى السطح الأنسي للمفصل، وتكون شديدة التحدّب في الاتجاه الأمامي الخلفي ومقعرة بشكل بسيط في الاتجاه الأنسي الوحشي.

أما الحفيرة المفصليّة فهي منطقة مقعرة يحدها من الأنسي جدار عظمي رقيق ومن الأمام المنحدر الخلفي للحديبة المفصليّة ومن الخلف التواء خلف العنابي الذي هو امتداد سفلي لصدفة العظم الصدغي ويقع مباشرة إلى الخلف من الجزء السفلي الوحشي للحفرة المفصليّة وإلى الأمام من مجرى السمع الظاهر. (Steele 1988)

بالنسبة للقرص المفصلي فهو قرص ثنائي التقرع يتألف من نسيج ضام ليفي كثيف ويتوضع بين السطوح المفصليّة ليفصل المنطقة إلى جوفين : مسافة مفصليّة علوية وأخرى سفلية.

وكما هو الحال في أي مفصل زليلي تقوم المحفظة المفصليّة بتحديد الأجزاء التشريحية والوظيفية للمفصل الفكي الصدغي ، وتكون بشكل بنية ليفية رخوة نسبياً تحيط بالسطح المفصلي للقمة الفكية وترتبط بشكل مستقل تحت ارتباط القرص المفصلي على القطبين الأنسي والوحشي للقمة. (Snow, Wackym et al. 2009)

5.1.1. العضلات الماضغة:

هي مجموعة من أربع عضلات ثنائية الجانب؛ وظيفتها تحريك الفك السفلي حول المفصل الفكي الصدغي بهدف التصويت أو المضغ أو البلع. و تنشأ جميع العضلات الماضغة عدا العضلة الماضغة من الحفرتين الصدغية وتحت الصدغية، وترتكز جميع العضلات فوق الفك السفلي أو حول المفصل الفكي الصدغي.

تتألف العضلات الماضغة من العضلة الصدغية - العضلة الماضغة - العضلة الجناحية الأنسية- العضلة الجناحية الوحشية.(Hiatt 2010)

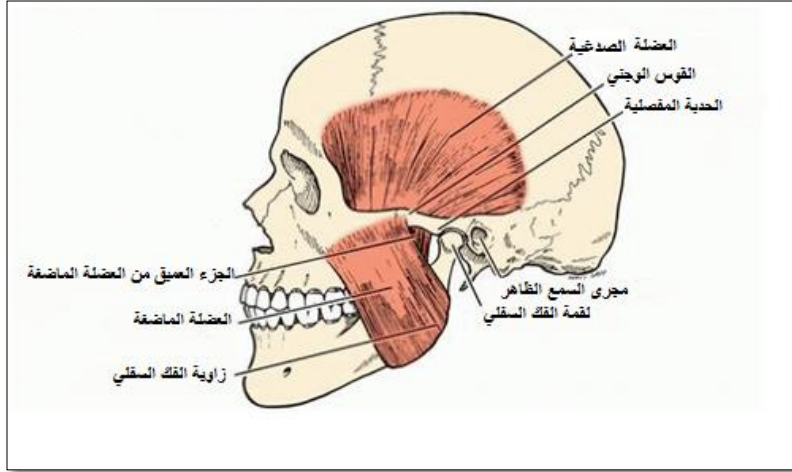
العضلة الصدغية Temporalis muscle :

تنشأ من الخط الصدغي السفلي وعظام الحفرة تحت الصدغية، وترتكز على شكل وتر على الناتئ المنقاري والحافة الأمامية للرأد حتى حدود الرحي الثالثة في الأمام والأسفل. وتتخلص وظيفتها برفع الفك السفلي، كما تلعب بعض الألياف (الخلفية والمتوسطة) دوراً في فعل إرجاع الفك السفلي. (Akita, Shimokawa et al. 2000)

العضلة الماضغة Masseter muscle :

تتألف من جزأين سطحي وعميق؛ ينشأ الجزء السطحي والوتر والصفاق من الناتئ الوجني من العظم الفكي والتلثين الأماميين من الحافة السفلية للقوس الوجنية، في حين ينشأ الجزء العميق من الوجه الأنسي والتلث الخلفي للحافة السفلية للقوس الوجنية.

المرتکز: الوجه الوحشي لرأد الفك السفلي وزاوية الفك السفلي حتى الرحى الأخيرة كأبعد منطقة أمامية، أما أبعد حدود علوية فهي قاعدة الناتئ المنقاري. وتتلخص وظيفتها في الرفع الفعال و القوي للفك السفلي.(Akita, Shimokawa et al. 2000)



شكل (2) العضلات (الماضغة - الصدغية) (Hiatt 2010)

: العضلة الجناحية الأنسية Medial pterygoid muscle

تنشأ من الحفرة الجناحية والسطح الأنسي للصفحة الجناحية الوحشية وينشأ جزء صغير منها من الجزء الوحشي للناتئ الهرمي من العظم الحنكي مقابل الحدة الفكية.

ترتكز على السطح الأنسي لرأد الفك السفلي وتصل حتى الرباط الوتدي الفكي في الأعلى والنظم الضرسى اللامي في الأسفل.

و تتلخص وظيفتها في رفع الفك السفلي. (James, Fredrickson et al. 1981)

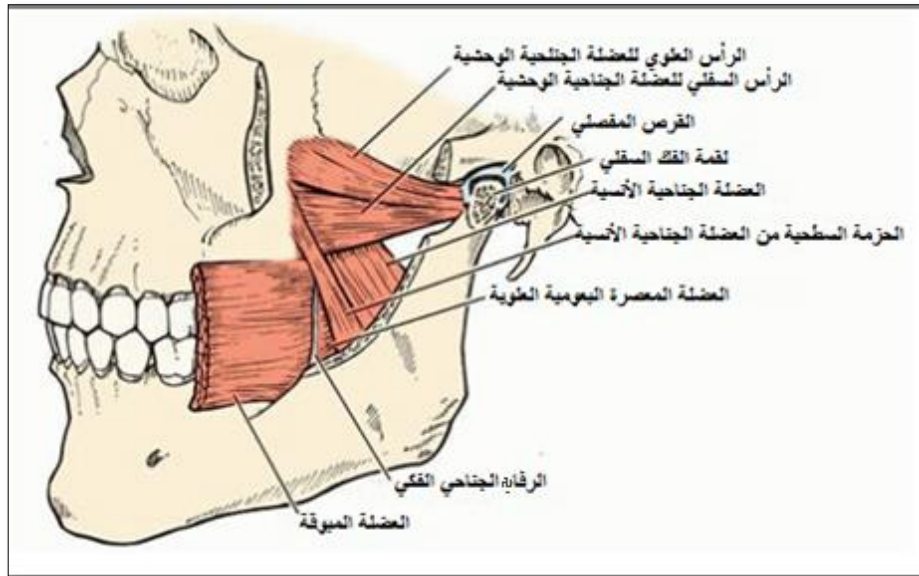
: العضلة الجناحية الوحشية Lateral pterygoid muscle

تتألف من رأسين ؛ علوي وسفلي .

ينشأ الرأس العلوي من الجناح الكبير للعظم الوتدي والعرف تحت الصدغي، وينشأ الرأس السفلي من السطح الوحشي للصفحة الجناحية الوحشية.

يرتكز الرأس العلوي على المحفظة المفصليّة للمفصل الفكي الصدغي، وعلى القرص المفصلي والجزء العلوي من عنق اللقمة. أما الرأس السفلي فهو يرتكز على الوجه الأمامي لعنق لقمة الفك السفلي. (Hiatt 2010)

وظيفة الرأس العلوي على تثبيت الفك السفلي، في حين يقوم الرأس السفلي بكبح حركة الفك السفلي وإطلاق الحركة الأمامية بشكل طفيف والسماح بحركة الفتح الأولية. (Akita, Shimokawa et al. 2000)



شكل (3) العضلات (الجناحية الأنسية و الجناحية الوحشية) (Hiatt 2010)

2.1. تواتر كسور الفك السفلي Mandibular fractures frequency

يعد الفك السفلي من أكثر عظام الوجه تعرضاً للرضوض بسبب موقعه البارز في الهيكل العظمي الوجهي. (Leal and Porto 2009) (Libersa, Roze et al. 2002) كما تعد كسور الفك السفلي ثاني حالات الرضوض الوجهية شيوعاً بعد كسور الأنف. (Ellis 3rd 1995) (Barrera and Batuello 2012)

ويلاحظ مشاركتها مع 70% من حالات الكسور الوجهية الأخرى علماً أنه في 50% من الحالات تكون كسور الفك السفلي متعددة بحيث تشمل أكثر من منطقة. (Tuovinen,) (Erik Nørholt et al. 1994)

تعد الفئة العمرية بين (20-29) عام الأكثر تعرضاً لكسور الفك السفلي، وتبلغ نسبة الذكور إلى الإناث 3: 1 (Andreasen, Jensen et al. 2006)

3.1. أسباب كسور الفك السفلي Mandibular fractures etiology:

تتسبب حوادث المرور بـ (43%) من كسور الفك السفلي، أما حالات الاعتداء فتبلغ نسبة (34%). في حين أن السقوط والإصابات الرياضية والأذيات المرتبطة بالعمل تصل إلى نسبة (7%) لكل منها. (Barrera and Batuello 2012) (Pektas,) (Bayram et al. 2012)

كما تبلغ نسبة الكسور العفوية المرضية حوالي 2-4% من الحالات:

أمراض العظام الموضعية: الأكياس، التئخر العظمي الشعاعي، التهاب العظم والنقي.

أمراض العظام العامة: لين العظام، أمراض الجهاز العصبي، التسممات المعدنية.

إذ تسبب هذه الأمراض تخریباً عظمياً؛ مما يتسبب بكسور عفوية تحدث أثناء المضغ أو القلع العنيف للأسنان. (Ellis III and Price 2008) (Coletti and Ord 2008)

4.1. تصنيف كسور الفك السفلي

Mandibular fractures classification

توجد تصنيفات عدة لكسور الفك السفلي وهي :

- التصنيف العام حسب شدة وطبيعة الكسر.
- التصنيف حسب موقع الكسر.
- التصنيف حسب شد العضلات. (G.Richard Holt 2012)

1.4.1. التصنيف العام

- ✓ الكسر البسيط أو المغلق Simple or closed fracture ؛ وهو الكسر الذي ليس له اتصال مع الوسط الخارجي وهو خط كسر واحد ونجده في الرأ أو اللقمة أو في الفك الأدر.
- ✓ الكسر المفتوح أو المركب Composed or open fracture ؛ وهو الكسر المتصل مع الجلد أو المخاطية.
- ✓ الكسر المتشظي (المتفتت) Comminuted fracture ؛ يلاحظ وجود عدة قطع عظمية وغالباً يكون ناتجاً عن تطبيق قوة كبيرة .
- ✓ كسر الغصن النضير Greenstick fracture ؛ يحصل عند الأطفال بسبب مرونة العظم وفيه ينكسر العظم غالباً من قشرة واحدة والقشرة الأخرى تتحني ولا تنكسر وهذا يؤدي إلى التشوه ولكن الكسر يكون دون حركة للقطع العظمية .

- ✓ الكسر المباشر Direct fracture ؛ كسر مكان تطبيق القوة تماماً.
 - ✓ الكسر غير المباشر Indirect fracture ؛ كسر بعيد عن مكان تطبيق القوة.
 - ✓ الكسر المتعدد multiple fracture ؛ عدة كسور غير متصلة مع بعضها.
 - ✓ الكسر المرضي Pathological fracture ؛ ناتج عن مرض عام أو موضعي.
 - ✓ الكسر المنحشر Impacted fracture ؛ وفيه تنتثبت قطع الكسر إلى بعضها بقوة
- ولا يبدو خط الكسر واضحاً. (G.Richard Holt 2012)

2.4.1. التصنيف حسب موقع الكسر

✓ كسر الناتئ المنقاري Coronoid process fracture

✓ كسر اللقمة Condyle process fracture

✓ كسر الرأد Ramus fracture

✓ كسر الزاوية Angle fracture

✓ كسر الجسم Body fracture

✓ كسر نظير الارتفاق Parasympysis fracture

✓ كسر الارتفاق Symphysis fracture

✓ كسر الناتئ السنخي Alveolar process fracture .

(Kaplan, Hoard et al. 2001)

تعد المواقع الثمانية سابقة الذكر مناطق الضعف في الفك السفلي ويتواتر حدوث الكسور

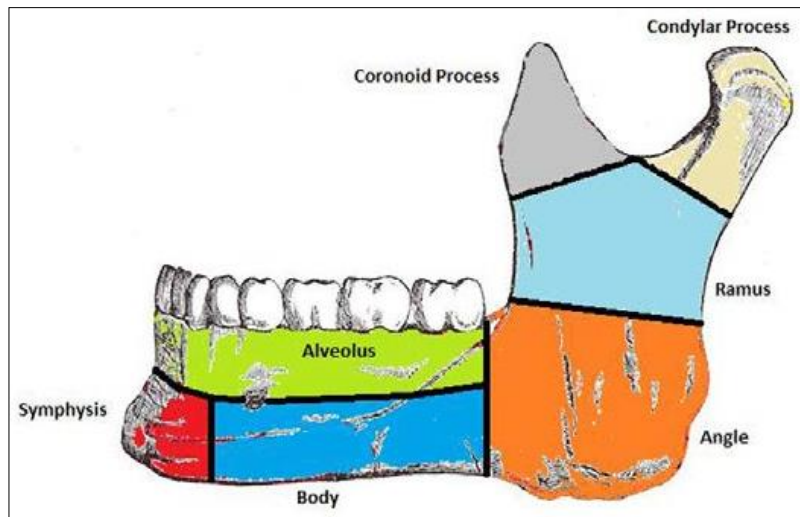
فيها. (Avery, Susarla et al. 2011) (Tams, Van Loon et al. 1996)

ومن الجدير بالذكر أن الدراسات تشير إلى أن وجود الرحى الثالثة المنطمرة يساهم في

زيادة نسبة حدوث كسور زاوية الفك السفلي بمقدار الضعف. (Dodson 2004)

حتى أن البعض أشار إلى أن الرحى الثالثة البازغة قد تساهم في زيادة نسبة حدوث كسر الزاوية أيضاً. (Bezerra, Silva Junior et al. 2013) (Feller, Schneider et al. 2003)

يشار بمنطقة نظير الارتفاق إلى المنطقة الواقعة إلى الوحشي تماماً من ارتفاق الفك السفلي وتكون ممتدة بين النابين السفليين. (America, Sites et al. 1996)



شكل (4) أقسام الفك السفلي و مناطق توزع الكسور فيه (G.Richard Holt 2012)

قُدمت تصنيفات عدّة بالنسبة لكسور اللقمة، وأشهرها التصنيف حسب مستوى الكسر بالنسبة للقمة:

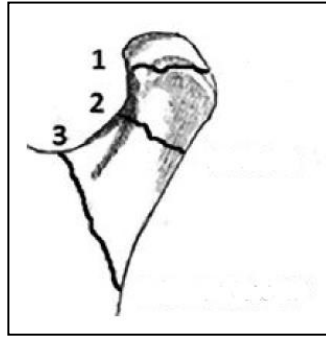
1- كسر رأس اللقمة: إن الحدود التشريحية الدقيقة لرأس اللقمة غير واضحة، لكن يمكن تحديده عادةً في موقع اللقمة الذي يكون إلى الأعلى من الانخماص الضيق لعنق اللقمة ويمكن اعتبار كسور رأس اللقمة داخل محفظية.

2- **كسر عنق اللقمة:** عنق اللقمة هو الجزء الضيق الواقع إلى الأسفل من رأس اللقمة والقابل للتحديد بسهولة على الصور الشعاعية. وتعد جميع الكسور الواقعة عند عنق اللقمة أو تحته كسوراً خارج محفظية.

3- **كسر تحت اللقمة:** تتوضع هذه المنطقة إلى الأسفل من عنق اللقمة، وتمتد من النقطة الأكثر تقعرًا للثلثة السينية باتجاه الأمام وصولاً إلى أعماق نقطة على طول الحافة الخلفية لرأس الفك السفلي، وتوصف هذه الكسور أنها مرتفعة أو منخفضة.

(MacLennan 1949) (Smets, Van Damme et al. 2003) (Johannes)

(Kleinheinz 2009)



شكل توضيحي (5) تصنيف كسور اللقمة (G.Richard Holt 2012)

1. كسر رأس اللقمة 2. كسر عنق اللقمة 3. كسر تحت اللقمة

تتوزع نسب حدوث كسور الفك السفلي في مواقع الضعف سابقة الذكر كما يلي:

- كسور اللقمة 26-29 %
- كسور الزاوية 24-25 %
- كسور جسم الفك 16-29 %
- كسور منطقة الارتفاق 17-22 %
- كسور نظير الارتفاق 14 %
- كسور الرأ 2-4 %
- كسور الناتئ المنقاري 1 % (G.Richard Holt 2012)

3.4.1. التصنيف حسب شد العضلات

(1) الكسر المستحب Favorable fracture: هو الكسر الذي يوافق اتجاه شد

العضلات، حيث تعمل العضلات على تقريب طرفي الكسر من بعضهما

وبالتالي تعمل على رد الكسر.

(2) الكسر غير المستحب Unfavorable fracture: هو الكسر الذي يعاكس

اتجاه شد العضلات، حيث تعمل العضلات على المباعدة بين طرفي

الكسر. (Chuong, Donoff et al. 1983)

ويمكن للكسر المستحب أو غير المستحب أن يكون بالاتجاه الأفقي

والعمودي. (Barker, Oo et al. 2011)

5.1. الميكانيك الحيوي Biomechanics:

يتميز الفك السفلي بشكل هندسي غريب ومثير للدهشة، وقد لفت انتباه الكثير من

الباحثين نظراً للتعقيد في بنيته؛ إذ يتوزع العظم بطريقة غير متناظرة ضمنه كما تختلف

سماعة الفك السفلي من منطقة إلى أخرى، فيلاحظ التفاوت في السماعة بشكل واضح بين

العظم السنخي وبين منطقة الارتفاق ومنطقة الزاوية والمنطقة اللسانية. (Futterling,

(Klein et al. 1998) (Daegling and McGraw 2001)

1.5.1. بنية العظم:

يعد العظم بنية وظيفية معقدة، وهو يتكون نسيجياً من؛ بلورات الهيدروكسي أباتيت وألياف

الكولاجين وبروتينات لأكولاجينية والماء بالإضافة إلى كميات قليلة من عديدات السكار

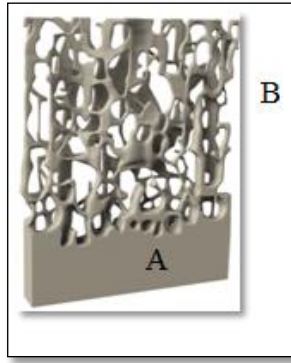
المخاطية. (Yoon and Cowin 2008)

يقسم الفك السفلي بحسب كثافة العظم المكون له إلى : العظم القشري والعظم الاسفنجي.

(Hayes and Bouxsein 1991)

يعد العظم القشري البنية الأقوى والأقل مسامية والتي تشكل الطبقة الخارجية من العظم، ويشاهد غالباً في العظام الطويلة. (Yoon and Cowin 2008)

أما العظم الاسفنجي، فهو العظم الأكثر مسامية الذي يشغل المنطقة الداخلية من العظم، وتبلغ المسامية فيه حوالي 75-95%. (Martin 2003) وهو البنية التي تلعب بحق الدور الأساسي في تحمل القوى والأحمال المطبقة. (Yoon and Cowin 2008)



شكل توضيحي (6) بنية العظم

A العظم القشري B العظم الاسفنجي

من الهام تحديد خواص العظم الاسفنجي وتوصيفه لكونه المسؤول عن مقاومة فشل العظم في وجه الصدمات وازدياد نسبة حدوث الكسور. (Kopperdahl and Keaveny 1998)

تبلغ كثافة العظم الاسفنجي 25% من كثافة نظيره القشري، كما تبلغ قساوته (صلابته) 10% من قساوة العظم القشري، وتصل نسبة لدونته إلى 500% من لدونة العظم القشري. (Wang, Shen et al. 2002)

2.5.1. الخواص الميكانيكية للعظم Bone mechanical properties :

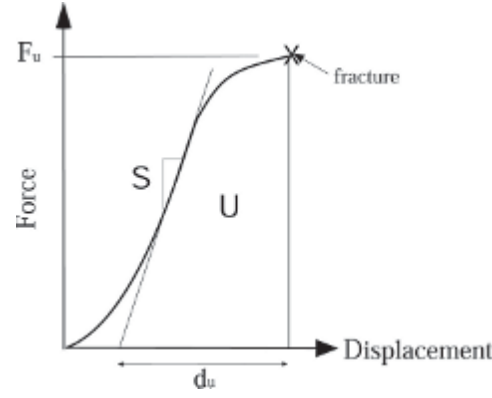
يعد تحديد الخواص الميكانيكية للعظم أساسياً وذا أهمية كبيرة وتطبيقات عملية في مجالات عدة:

طبيعياً: تحديد خواص الطعوم العظمية الأفضل ودراسة تأثير القوى الخارجية على العظم.
صناعة المركبات والطائرات : دراسة قدرة تحمل العظم لعدة أنواع من الصدمات بهدف تصميم المعدات والتجهيزات الوقائية اللازمة. (Mosekilde, Mosekilde et al. 1987)

توجد العديد من المعالم الميكانيكية الحيوية المستخدمة لتوصيف سلامة العظم، وتعتبر العلاقة بين الحمل المطبق ورد الفعل (الانزياح أو إعادة التوضع) الناتج عن هذا الحمل من خلال منحنى /الحمل- الانزياح / مفتاحاً أساسياً في التوصيف الفيزيائي، إذ يشير الانحدار في منطقة التشوه المرن على المنحنى إلى القساوة الخارجية للبنية (S) . Stiffness

وتتعلق قساوة العظم بشكل كبير بنسبة تمعدنه. (Jessop, Sjöberg et al. 2001)
و يمكن أن تشتق عدة خواص ميكانيكية حيوية من المنحنى سابق الذكر :
- القوة المطلقة أو قوة التحطم أو الفشل (F_u) ultimate force التي تعكس سلامة البنية العظمية بشكل عام.

- منطقة الاتجاه نحو الفشل (U) work to failure area وهي المنطقة الواقعة تحت منحنى الحمل-الانزياح و هي تمثل كمية القوة المطلوبة لإحداث كسر في العظم.
- الانزياح المطلق (d_u) الذي يكون مرتبطاً عكسياً بقصافة العظم. (Turner 2006)



شكل توضيحي (7) منحنى الحمل - الانزياح (Turner 2006)

لا يمكن الاعتماد على واحدة فقط من هذه الخواص لوصف الحالة الميكانيكية الحيوية للعظم، فمثلاً عند المرضى المصابين بترقق العظام يكون العظم قاسياً جداً ولكن في الوقت نفسه شديد القساوة؛ مما ينتج عنه منطقة اتجاه نحو الفشل أصغر وزيادة خطر حدوث الكسر.

من جهة أخرى، تميل عظام الأطفال إلى أن تكون قليلة التمدد وضعيفة ولكن شديدة اللدونة (انزياح مطلق كبير) وبالتالي يلاحظ ازدياد مجال منطقة الاتجاه نحو الفشل، ومن هنا جاءت تسمية كسر الغصن النضير حيث تتعرض البنية العظمية عند الأطفال إلى درجة تشوه كبيرة دون أن يحدث كسر كامل فيها. (Robling, Hinant et al. 2002)

عندما يتحول الحمل إلى إجهاد ويتحول التشوه إلى انفعال عبر صيغ هندسية، تتبع العلاقة بين الإجهاد و الانفعال منحنى يدعى منحنى /الإجهاد-الانفعال/ .

يُعرّف **الإجهاد stress** بأنه : النسبة بين القوة المطبقة على سطح ما ؛ إلى مساحة هذا السطح. وتتنوع الإجهادات بين إجهاد الشد وإجهاد الضغط وإجهاد القص. أما **الانفعال strain** فهو مقدار الاستطالة أو الانكماش الناتج عن تأثير الإجهاد أي أنه عبارة عن النسبة بين التغير في الطول إلى الطول الأصلي للجسم المتعرض للإجهاد. (Hvid and

Jensen 1984) ويدعى ميلان المنحني ضمن منطقة التشوه المرن بمعامل المرونة أو معامل يونغ وهو يقيس القساوة الداخلية للمادة.

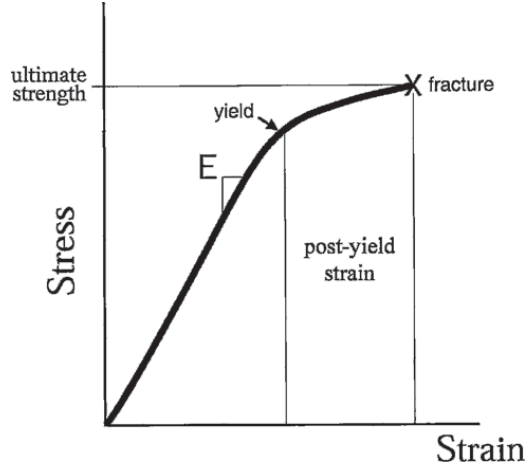
معامل المرونة الطولي Young's modulus (E) : يقتصر على المواد الصلبة فقط وهو نسبة الإجهاد (شد أو ضغط فقط) إلى الانفعال.

حد الخضوع Yield strength (Y) : أحد خواص المواد الصلبة وهو يعطي أقصى مقدار للإجهاد الميكانيكي الذي تتحمله المادة عند شدها من جهتين دون أن يتغير شكلها بعد زوال الإجهاد، وبعد هذا الحد فإن المادة تدخل في طور التغير غير الردود في الشكل. (Currey 1990) إذ تسبب المنطقة بعد حد الخضوع تشوهات دائمة (كسور مجهرية - صدوع - مزيج بين الاثنين). (Turner 2006)

و يمكن أن يعرف حد الخضوع بأنه النقطة التي تصبح بعدها العلاقة بين الإجهاد والانفعال لاخطية.

ويطلق اسم الحد المطلق (حد التحطم أو الفشل) Ultimate strength والانفعال المطلق (انفعال التحطم أو الفشل) Ultimate strain بالترتيب على أقصى إجهاد وأقصى انفعال يمكن للمادة أن تتحمله قبل أن تتكسر. (Currey 1990)

تعتبر قيمة حد الخضوع قريبة جداً من حد التحطم بالنسبة للعظم، فالعظم الذي يتعرض إلى إجهادات كبيرة تجتاز منطقة التشوه المرن يتعرض إلى تشوهات كبيرة جداً . (Turner 2006)



شكل توضيحي (8) منحنى الإجهاد-الانفعال (Turner 2006)

تتعلق الخواص الميكانيكية الحيوية للعظم بالعوامل الآتية:

- نمط الأحمال المطبقة (ضغط - شد - قص).
- مدة و تواتر و تكرار تطبيق هذه الأحمال.
- كثافة العظم (قشري/اسفنجي) وعوامل تؤثر في الكثافة كالعمر والجنس واستخدام

العضو. (Weiner and Wagner 1998)

وبالعودة إلى مكونات النسيج العظمي وبإسقاط الخواص الميكانيكية الحيوية لهذه المكونات نلاحظ :

○ امتلاك الكولاجين معامل مرونة منخفض ومقاومة شد جيدة في حين أن مقاومته للانضغاط منخفضة.

○ اعتبار بلورات الكالسيوم مادة قاسية وقصفة وذات مقاومة انضغاط عالية.

(Lucchinetti 2001)

بالتالي فإن العظم يكون قوياً في مواجهة الانضغاط ، ضعيفاً في مواجهة القص ومتوسط القوة في مواجهة الشد. (Sharma, Sehgal et al. 2012)

تغيرات العظم القشري مع التقدم في العمر:

- يتناقص معامل المرونة E بحوالي 2% في العقد الواحد من العمر بعد سن العشرين عام.
- يزداد انحدار الخط البياني في مخطط الإجهاد/الانفعال بنسبة 8% خلال العقد الواحد من العمر.

أي أن العظم يصبح أقل قوة وأكثر صلابة وقصافة مع التقدم في العمر. (Novitskaya, Chen et al. 2011)

3.5.1. لماذا ينكسر العظم ؟

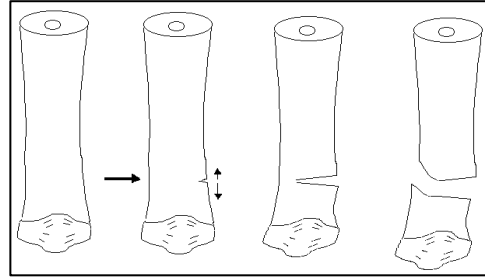
يستعان بمقاومة المادة وقساوتها عملياً في تعريف صحة العظم، و لكنهما غير مرتبطتين بشكل واضح بخطر حدوث الكسر مقارنة مع مقدار القوة المطلوبة لإحداث الكسر.

ينقل الرض القوة إلى العظم الذي بدوره يمتصها ولكن في حال تجاوزها مقدار تحمل العظم فسوف يؤول إلى الانكسار.

يكون العظم المتمعدن بنسبة كبيرة قاسياً وقصفاً ويتطلب كمية من القوة أقل بكثير لإحداث الكسر مقارنة مع العظم المتمعدن بنسبة متوسطة.

تؤمن الصدوع cracks المتشكلة ضمن النسيج العظمي وسيلة تحرر للقوة المولدة. (Currey 1990)

فالعظم المتعرض لقوة شديدة كالطلق الناري أو حوادث السير يبدى صدوع عدة كنتيجة للتراكم السريع للقوى التي تكون بحاجة للتححرر، ومن هنا يمكن أن نقول أن الرضوض شديدة القوى يمكن أن تسبب تشظي العظم في حين أن الرضوض منخفضة القوى يمكن أن تسبب كسراً بسيطاً دون شظايا عظمية. (Turner 2006)



شكل توضيحي (9) الصدوع وتطور كسر العظم

4.5.1 الميكانيك الحيوي الخاص بكسور الفك السفلي :

يشير الباحثون إلى أن الرض خفيف الشدة يولد كسراً في منطقة واحدة من الفك السفلي في حين أن الرض متوسط الشدة يولد كسراً في منطقتين أما الرض مرتفع الشدة فهو يسبب كسراً في ثلاث مناطق أو أكثر من الفك السفلي. (Duan and Zhang 2008)

وقد أجريت دراسات لتوضيح العلاقة بين طبيعة وشدة واتجاه القوى وبين الأذى الحاصل وأظهرت هذه الدراسات أن 75% من كسور الفك السفلي كانت في مناطق الشد في حين أن 25% من الكسور تحدث نتيجة لإجهادات الضغط. (Van Eijden 2000)

أي أن كسور العظم تحدث عملياً نتيجة لإجهادات الشد و الضغط المتركزة فيه.

(Huelke and Harger 1969) (Rudderman, Mullen et al. 2008)

في الدراسات المطبقة على الجثث البشرية في ستينات القرن الماضي تبين أن الرض في المنطقة الأمامية من الفك السفلي يولد إجهادات شد في عنق اللقمة و زاوية الفك السفلي و يحدث الكسر في أضعف نقطة منهما. (Huelke and Harger 1969)

تنتقل القوى المطبقة في منطقة الارتفاق في المستوى المحوري لتتوزع على طول قوس الفك السفلي، وتتطور إجهادات شد في المنطقة الوحشية من عنق اللقمة في الطرفين والمنطقة اللسانية من الارتفاق مسببة كسر في كل منهما. (Bezerra, Silva Junior et al. 2013)

عندما تطبق القوى على طول المنطقة نظير الارتفاق فإن قوى الانضغاط سوف تطبق على السطح الدهليزي في حين أن قوى الشد سوف تطبق على السطح اللساني وهذا يعني أن الكسر سوف يبدأ في الناحية اللسانية وينتشر باتجاه الناحية الدهليزية. (Rudderman, Mullen et al. 2008) ، إضافة إلى أنه يمكن أن تفقد القوة المطبقة على جانب الارتفاق إلى كسر عنق لقمة الجانب المقابل وفي حال كانت القوة الكبيرة فإنها تفقد أيضاً إلى كسر في عنق لقمة الجانب نفسه. (Huelke and Harger 1969)

إن الضربة المباشرة على منطقة المفصل الفكي الصدغي قد تسبب حصول كسر داخل المحفظة و عنق اللقمة، وعلى أية حال، فإن هذا الأمر غير شائع إلى حد ما، نظراً للحماية التي تتمتع بها اللقمة عبر الحافة الوحشية للجوف العنابي. (Johannes 2009) (Joos and Kleinheinz 1998)

6.1. تحليل العناصر المنتهية Finite Element Analysis :

هي الطريقة العددية الخاصة بتحليل الإجهادات والسلوك الميكانيكي للأشكال المعقدة. تقارب هذه الطريقة الشكل الهندسي الحقيقي للبنية المدروسة بوساطة عدد كبير من الأجزاء صغيرة الحجم التي يشار إليها بمصطلح العناصر (تكون ذات شكل مثلثي أو هرمي أو مستطيل) و ذلك عن طريق مجموعة من المعادلات والصيغ الهندسية.

وتفسر طريقة العناصر المنتهية عدداً كبيراً من المسائل الرياضية الصعبة والمعقدة للبنية المدروسة عبر تبسيط المسألة وحلها بالنسبة لكل عنصر على حدة أولاً ومن ثم جمع حلول المعادلات المقدمة وتقديمها بصيغة تفسر الإجهادات والانفعالات. (Ebadian, 2012 Farzin et al.)

يعد تحليل العناصر المنتهية مناسباً جداً لدراسة بنية معقدة كبنية الفك السفلي، فالأساليب التجريبية والسريية تحد من إمكانية تحري توزيع الإجهادات والانفعالات ضمن عظم الفك وتقنية تحليل العناصر المنتهية تستطيع تجاوز هذه الحدود. (Hart, Hennebel et al. 1992) (Korioth 1992) (Boccaccio, Ballini et al. 2011)

لا بد من فهم المشاكل المرتبطة بالحمل الزائد المطبق على العظم بهدف فهم أية معالجة مطبقة على البنى العظمية. (Frost 2004)، والعظم بحد ذاته بنية معقدة وهنا يأتي دور تقنية تحليل العناصر المنتهية التي تستخدم في الدراسة الميكانيكية الحيوية للبنى المعقدة ولعل أهم ميزاتنا التقليل من الحاجة لإجراء الدراسات الحيوانية التجريبية. (Wong, 2011 Tideman et al.)

ولقد أثبتت طريقة الدراسة هذه فعاليتها كأداة علمية لتفسير سلوك العظم وغيره من البنى الحيوية. (Marinescu, Daegling et al. 2005)

كما تعد تقنية العناصر المنتهية طريقة دراسة مثبتة وغير هجومية في دراسة السلوك الميكانيكي الحيوي للفك السفلي عند البشر. (Vollmer, Meyer et al. 2000)، إذ بدأ تصميم الفك السفلي بهدف دراسته بطريقة تحليل العناصر المنتهية منذ حوالي 30 عاماً إذ اقتصر الشكل الهندسي على نصف فك سفلي متناظر حول منطقة الارتفاق. (Gupta, Knoell et al. 1973)

يتم تعريف مواد مختلفة عبر خصائصها الميكانيكية كمعامل يونغ (Young's modulus) ونسبة بواسون (Poison's ratio) ، وبعد تعريف الحملات، تعالج المسألة على مستوى كل عنصر من المادة أولاً ثم يتم الحصول على تحليل إجمالي في النهاية. (Taylor 1988). وحالياً لا تتواجد الطرق السريرية التي تقيس مباشرةً الإجهادات الداخلية دون تعديل بنية النسيج، وإن تطورت تقنيات نمذجة الحاسوب يعطي خياراً آخر لتقدير توزيع الإجهاد بشكل حقيقي (Ching-Chang Ko 2012).

1.6.1. تاريخ تقنية تحليل العناصر المنتهية في طب الأسنان:

1990-1970 : مرحلة الاكتشاف - النماذج ثنائية الأبعاد

تميزت هذه المرحلة بظهور عوائق أثناء محاولة تجاوز عدم استمرارية الشكل الهندسي للنموذج مما كان يؤدي إلى أخطاء رياضية. (Farah and Craig 1974) ;

(Reinhardt, Krejci et al. 1983; Rieger, Mayberry et al. 1990)

1990-2000 : مرحلة بدايات النماذج ثلاثية الأبعاد

بدأت نماذج العناصر المنتهية ثلاثية الأبعاد في مجال طب الأسنان بالظهور مع تطور تقنيات التصوير. وقد تزامنت هذه المرحلة مع تطور الربط الشبكي meshing اليدوي ونصف الآلي. (Korioth 1992).

بشكل عام، كان حجم العنصر الواحد كبيراً بسبب تقنيات الربط الشبكي غير الناضجة في تلك المرحلة مما جعل بناء النموذج يستهلك كثيراً من الوقت. (Korioth and Versluis 1997) (Jones, Hickman et al. 2001) ولعلّ أبرز إنجازات هذه الحقبة هي التعرف على أهمية النماذج ثلاثية الأبعاد وتقادي أخطاء المرحلة السابقة.

2000-2010: عصر الانتشار، النماذج ثلاثية الأبعاد مع التصميم المساعد بالحاسوب

CAD

تمت محاكاة بنى معقدة ثلاثية الأبعاد (السطوح الإطباقية، اللب، العاج، الميناء) مع تطور البرامج الحاسوبية بتفاصيل أكبر. سمحت الوظائف الرياضية المتزايدة في مجال التصميم المساعد بالحاسوب بالنمذجة الدقيقة للبنى التشريحية والمكونات التعويضية السنية كالزرعات والوجوه التجميلية والتيجان.

كما سمحت تقنيات الربط الشبكي الدقيقة وتحسن قدرات وحدة المعالجة المركزية في الحاسوب بحساب المجالات الرياضية (الانفعالات، الإجهادات، الطاقة) الخاصة بالتداخلات البنيوية بين نسج مختلفة وذلك عن طريق برامج التصميم الحاسوبية (Field, Ichim et al. 2009).

وقد تميزت هذه الحقبة بالتطور الملحوظ لإمكانية الربط الشبكي الأوتوماتيكي في برامج العناصر المنتهية.

7.1. برامج التصميم بمساعدة الحاسوب وتحليل العناصر المنتهية:

1.7.1 برنامج Mimics® (Materialise's interactive medical image)

:(control system

يُعرف برنامج Mimics بأنه أداة تفاعلية من أجل تقطيع الصور المقطعية المحوسبة إضافةً إلى صور الرنين المغناطيسي ومن أجل توليد نماذج ثلاثية الأبعاد، لذلك يستخدم Mimics طبيباً بهدف التشخيص والتخطيط للعمل الجراحي أو حتى للتدرب على العمل الجراحي.

يسمح هذا البرنامج للجراح وأخصائي الأشعة بضبط وتصحيح مقاطع الصور المقطعية المحوسبة والرنين المغناطيسي فعلى سبيل المثال يمكن إزالة التشوهات الناتجة عن الأجسام المعدنية كالزرعات بسهولة. (Gibson 2006)

2.7.1. برنامج Geomagic Studio® :

يُشبه هذا البرنامج بصندوق الأدوات الكامل بالنسبة للمصممين بوساطة الحاسوب حيث يسمح البرنامج بتحويل البيانات ثلاثية الأبعاد إلى سطوح و نماذج عالية الدقة. فيقدم البرنامج مجموعة من الأدوات الخاصة بتعديل الربط الشبكي وتوليد السطوح بشكل سهل الاستخدام ويخفض من عدد ساعات العمل.

وعلاوةً على استخدامه الواسع في مجال الصناعات الثقيلة وتجهيزات المعامل فقد دخل البرنامج مجال الصناعة الطبية حيث يستفاد منه في تصنيع الأجهزة الطبية الإفرادية custom medical devices كالأطراف الاصطناعية وزرعات حلزون الأذن وسدادات شقوق قبة الحنك والمفاصل الاصطناعية وذلك بالاستفادة من الصور المقطعية المحوسبة. (Ying-feng 2009)

3.7.1. برنامج Powershape® من شركة Delcam™

برنامج يعنى بنمذجة المجسمات والسطوح بدءاً من مرحلة التصميم وحتى التصنيع، يسمح بتصحيح الأخطاء التصميمية وانتقاء الأوجه وإزالة المشوه منها إضافةً إلى إصلاح وملء الثقوب و الفجوات في الشكل الهندسي المدروس. (Chen, Wang et al. 2001)

4.7.1. برنامج Unigraphics ®

برنامج واسع الطيف خاص بالتصميم بوساطة الحاسوب إضافةً إلى التحليل والمحاكاة وصولاً إلى التصنيع، ويعد من أقدم البرامج في هذا المجال وأكثرها منافسةً في سوق العمل. وهو يمتلك مجموعة واسعة من الأدوات التي تسمح باستخدامه تطبيقياً في مجالات صناعية مختلفة وعلى الأخص في صناعة السيارات والطائرات. (Otkur and Lazoglu 2007)

5.7.1. برنامج Ansys® :

هو برنامج خاص بنمذجة العناصر المنتهية يختص بإعطاء حلول رقمية لعدد كبير من المسائل الميكانيكية، وتضم هذه المسائل :

التحليل الساكن Static analysis ، التحليل الديناميكي، التحليل البنيوي (الخطي وغير الخطي)، النقل الحراري، المسائل الصوتية والمغناطيسية الكهربائية. (Nakasone, Yoshimoto et al. 2006)

بشكل عام، يمكن تصنيف مراحل تحليل العناصر المنتهية إلى ما يلي :

1- مرحلة ما قبل الحل Preprocessing stage :

و تشتمل هذه المرحلة على الخطوات الآتية :

- تحديد النقاط الأساسية والأحجام الخاصة بالشكل الهندسي .
- تحديد نمط العنصر وطبيعته والخصائص الهندسية والمادية للشكل الهندسي.
- التقسيم الشبكي.
- تحديد الأحمال والقوى المطبقة.

2- مرحلة الحل Processing stage: يتم فيها حل المسألة بناءً على المعطيات

المدخلة في المرحلة السابقة.

3- مرحلة ما بعد الحل Post processing stage: تتمثل هذه المرحلة بـ

- المخطط البياني للإجهاد.
- الأشكال التوضيحية والتدرجات اللونية المقدمة من قبل البرنامج المستخدم.

(Stolarski, Nakasone et al. 2011)

الباب الثاني

مواد وطرائق البحث

Materials and methods

1.2. تصميم الدراسة Study design

إن هذه الدراسة هي دراسة افتراضية، اختيرت عينتها بشروط محددة وقد أجريت في كليتي طب الأسنان والهندسة الميكانيكية في جامعة دمشق.

2.2. عينة الدراسة Sample

تألفت عينة البحث من نموذج ثلاثي الأبعاد للفك السفلي ضمن البرنامج الخاص بتحليل العناصر المنتهية 3D Finite element model . حيث تم تحصيل العينة من صورة مقطعية محوسبة ذات قمع مخروطي CBCT لذكر يبلغ 27 سنة من العمر من مراجعي قسم جراحة الفم والفكين في كلية طب الأسنان - جامعة دمشق في العام 2013 .

1.2.2. معايير اختيار الفرد الخاص بعينة الدراسة

- عدم وجود أمراض جهازية عامة.
- عدم وجود إصابات رضية أو كسور سابقة في المنطقة الوجهية الفك.
- عدم وجود إصابات مرضية أو انطمار في الفك.
- صيغة سنّية كاملة دون غياب أو قلع .

2.2.2. مجموعات الدراسة

تألفت عينة الدراسة من ثلاث عشرة مجموعة دراسة :

1- مجموعة الصدمة الأفقية في منطقة زاوية الفك السفلي.

2- مجموعة الصدمة الشاقولية في منطقة زاوية الفك السفلي.

- 3- مجموعة الصدمة الأفقية في منطقة جسم الفك السفلي.
- 4- مجموعة الصدمة الشاقولية في منطقة جسم الفك السفلي.
- 5- مجموعة الصدمة الأفقية في منطقة نظير الارتفاق.
- 6- مجموعة الصدمة الشاقولية في منطقة نظير الارتفاق.
- 7- مجموعة الصدمة الأفقية في منطقة الارتفاق.
- 8- مجموعة الصدمة الشاقولية في منطقة الارتفاق.
- 9- مجموعة الصدمة الأفقية في منطقة اللقمة.
- 10- مجموعة الصدمة الأفقية في مناطق زاوية الفك وجسم الفك ونظير الارتفاق معاً.
- 11- مجموعة الصدمة الشاقولية في مناطق زاوية الفك وجسم الفك ونظير الارتفاق معاً.
- 12- مجموعة الصدمة الأفقية ثنائية الجانب في منطقتي زاويتي الفك السفلي.
- 13- مجموعة الصدمة الشاقولية ثنائية الجانب في منطقتي زاويتي الفك السفلي.

3.2. المواد والأدوات Materials

- 1- أدوات فحص سريرية (مرآة سنية - خافض لسان خشبي) .
- 2- جهاز حاسب محمول FUJITSU intel® CORE i7 .
- 3- برنامج / Mimics® / MedCAD 10.01 , Materialise , Leuven , Belgium .
- 4- برنامج Geomagic studio® 12.0.

5- برنامج Delcam © Powershape® 2012

6- برنامج Unigraphics® 7.5

7- برنامج ANSYS® Workbench™ 2.0 Framework version 15.0.0 .

8- صورة مقطعية محوسبة مخروطية القمع Cone Beam Computed Tomography (CBCT) .

4.2. الطرائق Methods

1.4.2. تصميم النموذج ثلاثي الأبعاد

تم اتباع الإجراءات اللازمة لبناء نموذج الفك السفلي ثلاثي الأبعاد حسب ما هو موصوف في دراسات (Bezerra, Silva Junior et al. 2013) (Kober, Stübinger et al. 2007) (Bujtár, Sándor et al. 2010) كما يلي :

إجراء صورة CBCT

بعد استجواب المريض وفحصه سريرياً والتأكد من مطابقته شروط تضمين العينة والحصول على موافقة خطية منه بالتطوع لإجراء صورة CBCT، تم تحويل المريض إلى دار الأشعة حيث أجريت صورة CBCT للفكين باستخدام جهاز من شركة Scanora®. يعد بناء النموذج الخاص بتحليل العناصر المنتهية انطلاقاً من الصورة المقطعية المحوسبة أكثر الوسائل دقة نظراً لكونها تجمع عدة مقاطع من عدة زوايا وبالتالي فإن الشكل الهندسي للعضو يبقى محفوظاً دون تغيرات مشوهة. (Hart, Hennebel et al. 1992; Lengsfeld, Schmitt et al. 1998; Korioto, Romilly et al. 1992)

✓ تحديد العاج: تم إنشاء قناع جديد new mask وتحديد مجال التدرج اللوني

ضمن Hu [1500-1852] عند اختيار العتبة thresholding حيث عُزل

العاج التاجي والجذري عن كل من الميناء واللب والعظم السنخي .

✓ تحديد اللب: تم إنشاء قناع جديد new mask واختيار بند النسيج الرخوة soft

tissue adult من لائحة البرنامج الخاصة ثم عُزل مجال التدرج اللوني عند

اختيار العتبة thresholding ليصبح : Hu [1201-1379] بحيث عُزل

اللب عن كل من العاج التاجي والجذري .

✓ تحديد الملاط: أغفلت هذه البنية ولم تتم نمذجتها نظراً لثخانتها القليلة جداً وتشابه

خواصها مع العاج وبالتالي لم يكن من الضروري تفريق بنية الملاط عن العاج.

(Geramy and Sharafoddin 2003)

✓ تحديد الرباط: لا يمكن بناء بنية الرباط بالاستفادة من التدرج اللوني حسب وحدات

Hounsfield من خلال صورة الـ CBCT كما أن معظم الدراسات تستثني

الرباط من نموذج الفك السفلي (Strait, Wang et al. 2005) (Hart,)

(Hennebel et al. 1992) .

✓ تحديد العظم القشري: أنشئ قناع جديد new mask واختير بند العظم القشري

عند البالغين compact bone adult من لائحة البرنامج الخاصة ثم عُزل

مجال التدرج اللوني عند اختيار العتبة thresholding ليصبح Hu [- 586

1999] وذلك بهدف عزل العظم القشري عن كل من العاج والميناء والعظم

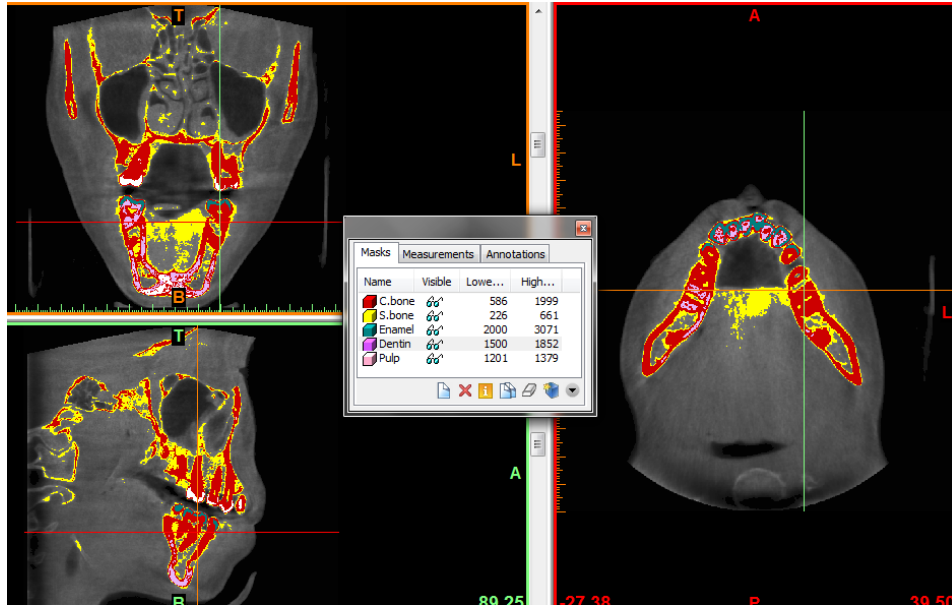
الاسفنجي.

✓ تحديد العظم الاسفنجي: تم إنشاء قناع جديد new mask واختيار بند العظم

الاسفنجي عند البالغين spongiol bone adult من لائحة البرنامج الخاصة ثم

عُدل مجال التدرج اللوني عند اختيار العتبة thresholding ليصبح Hu [226

661-] بحيث تم عزل بنية العظم الاسفنجي عن البنى المجاورة .



شكل توضيحي (11) الأفتعة ثنائية الأبعاد الخاصة بالعناصر التشريحية مع قيم Hu

المينا - العاج - اللب - العظم القشري - العظم الاسفنجي

في المرحلة الحالية حصلنا على خمسة أفتعة ثنائية الأبعاد 2D masks تمثل المينا

والعاج واللب و العظم القشري و العظم الاسفنجي مع وجود شوائب بسبب التقاطع مع

البنى المجاورة نظراً للتداخل الرقمي في مجالات Hounsfield، وخاصة بين بنيتي

العظم القشري والعظم الاسفنجي إضافة إلى أن بنية الفك السفلي مازالت متقاطعة مع

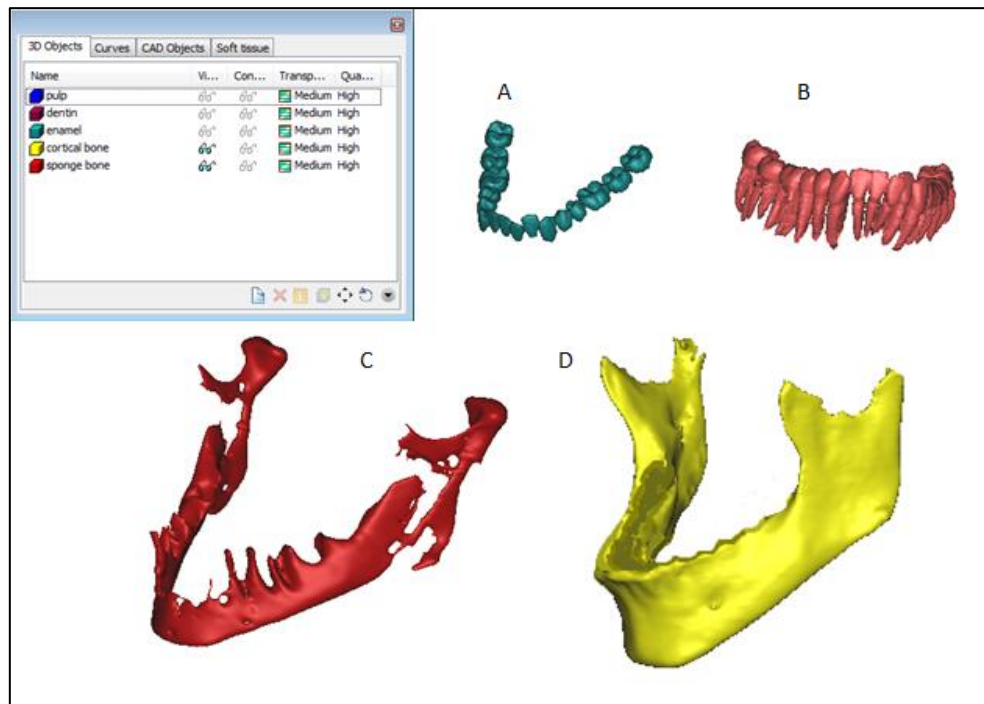
بنية الفك العلوي، وبالتالي تم تعديل هذه الأفتعة في كل شريحة slice (بنخانة 0.25

ملم) من شرائح الصورة يدوياً (حذف / زيادة / ملء المسافات الفارغة) في كل

المستويات -الجبهي والمعترض والسهمي- كما أجريت عمليات تعديل الشكل باختيار

بند morphology operation وعمليات تقاطع البنى مع بعضها باختيار بند boolean operation وأخيراً وبعد الانتهاء من الإجراءات السابقة وباختيار بند region growing أمكن الحصول على بنية الفك السفلي بأجزائها الخمسة سابقة الذكر كل على حدة وعزلها تماماً عن بقية بنى القحف.

❖ باختيار تعليمة calculate 3D بنيت أقنعة ثلاثية الأبعاد 3D masks لكل من الميناء والعاج واللب والعظم القشري والعظم الاسفنجي بناءً على المعطيات المدخلة في المرحلة السابقة.



شكل توضيحي (12) الأقنعة ثلاثية الأبعاد المبنية باستخدام برنامج Mimics

A الميناء B العاج الجذري مع ألباب و تيجان الأسنان

C العظم الاسفنجي D العظم القشري

❖ أجريت عملية تنعيم لسطوح المجسمات ثلاثية الأبعاد باختيار تعليمة smoothing وتكرارها عدة مرات حتى الوصول إلى سطوح ناعمة مرضية تمهيداً للانتقال إلى المرحلة اللاحقة .

❖ بعد الانتهاء من المراحل السابقة صُدرت المجسمات ثلاثية الأبعاد المستحدثة

بلاحقة STL. (Standard Tessellation Language) والتي تعني لغة فسيفساء قياسية

برمجية وهي بدورها ترمز إلى مجسم ثلاثي الأبعاد ذي سطوح مثلثية بربط شبكي

triangular surface mesh قابل للتعديل والاستفادة منه في برامج التصميم

المساعد بالحاسوب CAD – Computer Aided Design .

تعديل البنى وإصلاح الأخطاء :

اعتمدت الطريقة الموصوفة من قبل (Yunfeng LIU 2013) في تعديل الملفات

كمايلي:

استخدام برنامج® Geomagic Studio

تم العمل منهجياً لإتمام الخطوات الآتية :

○ إزالة شوائب الربط الشبكي للمجسمات noise mesh remove ومن ثم تنعيم

الربط الشبكي mesh smooth.

○ إجراء عملية تقطيع وتقسيم كل مجسم إلى مناطق region segmentation

بهدف تسهيل الخطوة التالية.

○ رسم منحنيات على الخطوط الخارجية للمناطق المقطعة feature curves

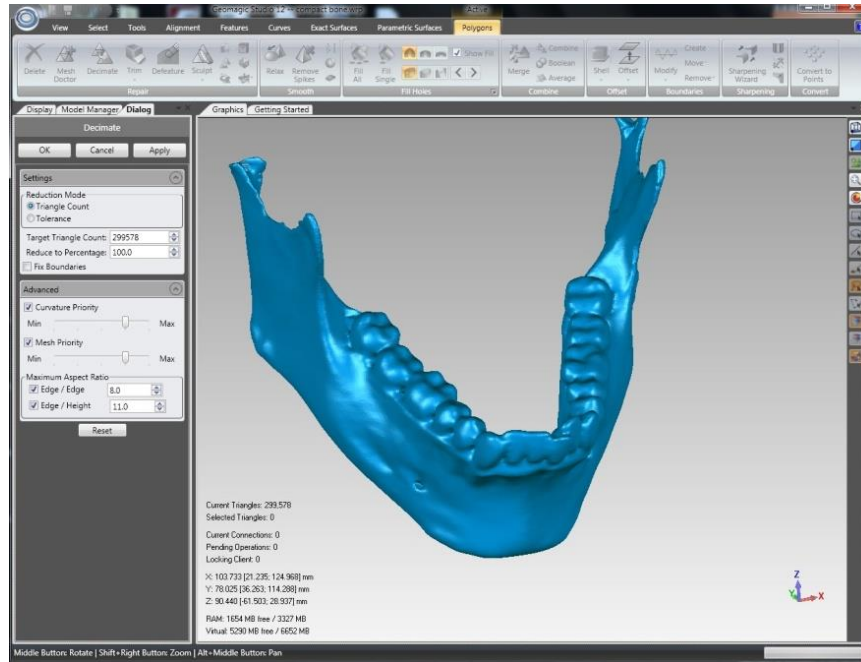
drawing.

○ توليد السطوح من نمط NURBS (Non-Uniform Rational Basis)

(Spline) انطلاقاً من المنحنيات المرسومة في الخطوة السابقة ويمثل هذا النمط

أنموذجاً رياضياً يتمتع بالمرونة الكافية لتصميم المنحنيات وبنائها بشكل دقيق.

○ في نهاية هذه المرحلة تم الحصول على المجسمات بلاهقة IGES. (Initial Graphic Exchange Specification) وهي لاحقة ملف حيادية تسمح بانتقال البيانات الرقمية بين برامج التصميم الحاسوبية.



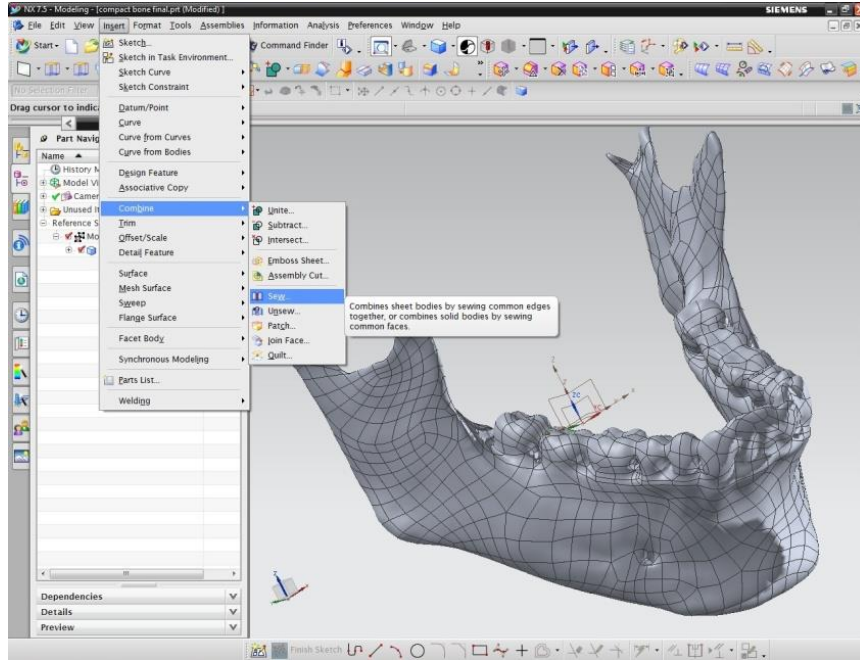
شكل توضيحي (13) إزالة الشوائب وتنعيم الربط الشبكي من خلال برنامج Geomagic

استخدام برنامج Powershape® :

استخدم البرنامج تزامناً مع العمل على برنامج Geomagic حيث تم إصلاح التشوهات يدوياً كما تم إغلاق الثقوب الناتجة عن تنعيم السطوح في المرحلة السابقة.

استخدام برنامج Unigraphics® :

■ بعد استيراد الملفات بلواحق IGES. أجريت عملية وصل للرقع والمناطق المقطعة في المرحلة السابقة عبر اختيار بند surface patches sew من قائمة الدمج combine المقدمة في البرنامج.



شكل توضيحي (14) دمج الرقع والمناطق المقطعة من خلال برنامج Unigraphics

- نتج عن الخطوة السابقة مجسمات صلبة solid part و بعملية طرح الكتل subtract تم الحصول على مجسم صلب لكل من الأسنان والعظم القشري والعظم الاسفنجي على حدة بلاحقة X_T. التي تمثل المجسم الصلب
- Parasolid القابل للنقل إلى برامج تحليل العناصر المنتهية.
- وبجمع المجسمات مع بعضها ضمن نفس الصفر بالنسبة للإحداثيات حصلنا على النموذج النهائي للفك السفلي والذي يمثل عينة الدراسة.

2.4.2. مرحلة المعالجة الأولية للبيانات data preprocessing stage

يتم في هذه المرحلة ضبط البيانات الخاصة بالنماذج models من تعريف الأجزاء وتوصيفها وتوضيح الظروف البيئية المحيطة بالبنية عن طريق برنامج ANSYS®

. Workbench™

✓ تم في البداية استيراد import الملف النهائي بلاحقة (X_T) إلى الصفحة

الرئيسية للبرنامج وفتحت نافذة الشكل الهندسي geometry المستورد عن طريق

أداة البرنامج المساعدة الخاصة بالتصميم الهندسي Designmodeler .

✓ تسمية أجزاء الشكل الهندسي

سميت الأجزاء الخاصة بالشكل الهندسي كل على حدة بناءً على ما هو ظاهر في

المجسم ثلاثي الأبعاد (ميناء - عاج - لب - عظم قشري - عظم اسفنجي).

✓ اختيار نوع الدراسة

اختير نوع الدراسة المزمع إجراؤها بالنقر على بند البنية الساكنة static structural

وربط هذه البند بالشكل الهندسي المعروف.

✓ توصيف وتعريف مواد أجزاء البنية Material assignment

نظراً لصعوبة تمثيل السلوك اللاخطي والطبيعة غير المتجانسة لبنية العظم فقد اعتمدت

الدراسات الميكانيكية الحيوية على نمذجة العظم كبنية خطية مرنة (Ruess, Tal et al. 2012)

(al. 2012) (Taylor, Roland et al. 2002)، وبالتالي اعتمدت هذه الدراسة على

افتراض أجزاء البنية المدروسة متجانسة homogenous وموحدة الخواص isotropic

وتملك سلوكاً فيزيائياً خطياً مرناً linear elastic behavior موصفاً من خلال

خاصيتين فيزيائيتين : Young's Modulus و Poisson's ratio .

باختيار بند Engineering data أضيفت إلى لائحة المواد المقدمة مع البرنامج

مجموعة المواد الخاصة بهذا البحث وذلك من خلال تعريف مواد جديدة عن طريق

الخاصيتين الفيزيائيتين Young's modulus و Poisson's ratio كما يبين الجدول

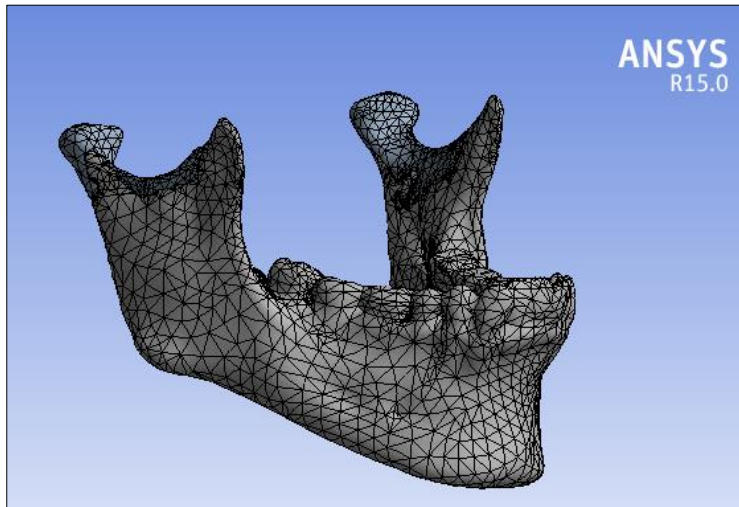
الآتي:

جدول (1) توصيف أجزاء النموذج المدروس من خلال خاصيتي Young's Modulus و Poisson's ratio

(Bezerra, Silva Junior et al. 2013) (Sugiura, Horiuchi et al. 2000)

Poisson's ratio	Young's modulus(GPa)	البنية التشريحية
0.45	0.02	اللب
0.31	18.60	العاج
0.30	41.00	الميناء
0.30	1.37	العظم الاسفنجي
0.30	13.70	العظم القشري

✓ بعد فتح أداة التحليل Mechanical الخاصة بالبرنامج جرى التأكد من سطوح التماس contact بين جميع أجزاء البنية المدروسة من حيث وجود انطباق تام وعدم وجود أي فجوات gaps وتم تعريف نوع التماس بين جميع الأجزاء بصيغة bonded، كما أجريت عملية الربط الشبكي volumetric meshing من نمط عنصر هرمي tetrahedral element topology حيث كان حجم العنصر معروفاً بشكل تلقائي من قبل البرنامج default sizing .



شكل توضيحي (15) الربط الشبكي Mesh باستخدام برنامج Ansys

✓ أدخلت الشروط الحدية boundary conditions الخاصة بالنموذج المدروس

كما يلي:

- تعريف الدعم والقيود support : اختير نمط الدعم الثابت fixed support

وتم تحديد لقمتي الفك السفلي كبنى ثابتة بالنسبة لمحور الإحداثيات. (Szucs,)

(Bujtar et al. 2009) (Narra, Valášek et al. 2014)

- تعريف عمل العضلات: حُدثت مواقع ارتكاز العضلات /الصدغية -

الماضغة - الجناحية الأنسية في الجهتين؛ اليمنى واليسرى وعُرف عمل هذه

العضلات كل على حدة باختيار نمط القوة وتعريف أثرها من خلال توزيع

أحمالها بوحدة نيوتن في مركبات components المحاور X-Y-Z .

جدول (2) الشروط الحدية لعمل العضلات الماضغة

(Bujtár, Sándor et al. 2010) (Narra, Valášek et al. 2014)

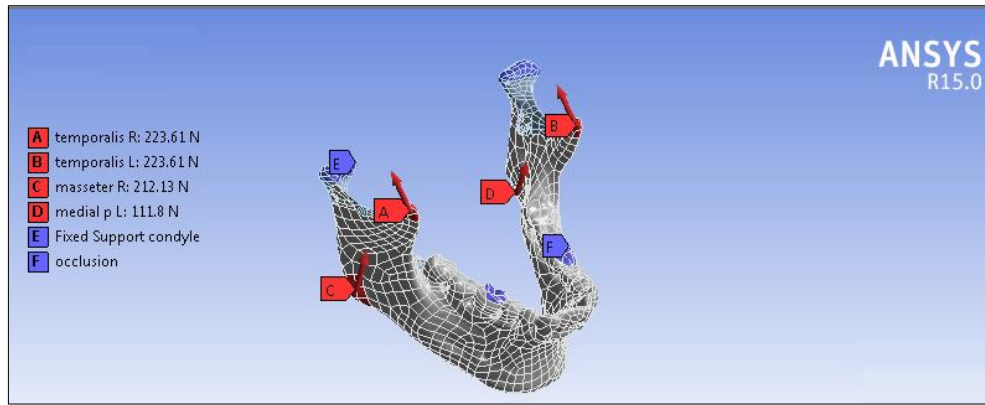
العضلة	محور X	محور Y	محور Z
الصدغية	N 0	N 100	N 200
الماضغة	N 50	N 50 -	N 200
الجناحية الأنسية	N 0	N 50 -	N 100

- تعريف الإطباق: لابد من تعريف الإطباق لدوره كفعل مقاومة بالنسبة لعمل

العضلات الماضغة، واختير السطح الإطباقى للأرجاء الأولى السفلية مكاناً

لتطبيق الفعل الإطباقى من نمط الدعم الثابت fixed support. (Narra,)

(Valášek et al. 2014) (Bujtár, Sándor et al. 2010)



شكل توضيحي (16) الشروط الحدية Boundary condition للمجسم المدروس

مظهر من الجانب الأيمن

A العضلة الصدغية في الجانب الأيمن B العضلة الصدغية في الجانب الأيسر

C العضلة الماضغة في الجانب الأيمن D العضلة الجناحية الأنسية في الجانب الأيسر

E الدعم الثابت في منطقة اللقمتين F الإطباق

- تعريف القوى والأحمال loads : تم تحديد أماكن تطبيق القوى الخارجية التي

تمثل الصدمات الراضة المسببة للكسور في خمسة مواقع: الارتفاق - نظير

الارتفاق - جسم الفك - زاوية الفك - اللقمة.

طبقت كل صدمة باتجاهين (أفقياً وشاقولياً) وذلك بالنسبة لكل منطقة بشكل

مفرد أولاً، ثم تم تطبيق القوى في أكثر من منطقة معاً كما هو موضح في

مجموعات الدراسة، واعتمدت شدة هذه القوى كقيمة متوسطة حسابياً Mean

تمثل الحد الأدنى للقوة التي تسبب الكسر في الفك السفلي.

جدول (3) القيم الخاصة بالصدمات المسببة لكسور الفك السفلي بحسب مكان تطبيق الصدمة (Nahum

(and Melvin 2002

الموقع	شدة القوة (N)
الارتفاق	2840
نظير الارتفاق	2840
جسم الفك	2840
زاوية الفك	1570
اللقمة	1570

3.4.2 مرحلة التحليل Solution analysis stage

- اختيرت أداة Von-Mises stress المسؤولة عن معيار التحطم الإنشائي وأداة الإجهاد الأعظمي الأساسي Maximum principal stress لتحليل وتفسير نتائج هذه الدراسة.

- تم النقر على بند solve إذ يقوم البرنامج بالحسابات اللازمة لتحليل المسألة المدخلة من خلال كافة المعطيات سابقة الذكر بهدف الحصول على نتائج التحليل .

- باختيار بند السبر probe تم الحصول على قيم رقمية لنتائج التحليل في المنطقة المسبورة.

الباب الثالث

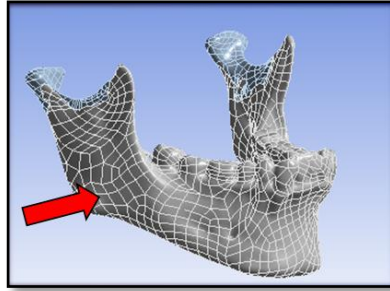
النتائج

Results

1.3. النتائج

بينت الدراسة الحالية توضعات وقيم توزع الإجهادات في الفك السفلي تحت تأثير قوى خارجية راضة مطبقة بالاتجاهين؛ الأفقي والشاقولي. حيث ظهرت النتائج على الجسم بتدرجات لونية يدل كل مجال لوني منها على قيمة رقمية للإجهاد المكافئ Equivalent أو إجهاد Von- Mises stress والإجهاد الأعظمي الأساسي Maximum principal stress بوحدة ميغاباسكال MPa .

1.1.3. دراسة الصدمة الأفقية في منطقة زاوية الفك السفلي



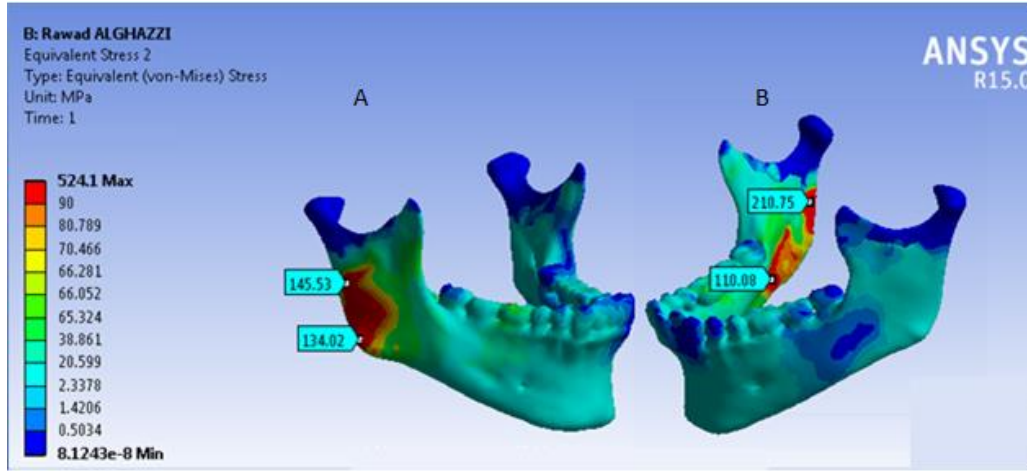
شكل توضيحي (17) مكان تطبيق الصدمة الأفقية في زاوية الفك

توزع إجهادات Von- Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية في منطقة زاوية الفك السفلي

جدول (4) توزع إجهادات Von- Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية في منطقة زاوية الفك السفلي

القيمة MPa	التوضع
134.02	زاوية الفك من الناحية الدهليزية في جهة الصدمة
110.08	زاوية الفك من الناحية اللسانية و المنطقة الضرسية اللامية في جهة الصدمة

145.53	الحافة الخلفية للرأ من الناحية الدلهيزية في جهة الصدمة
210.75	الحافة الخلفية للرأ من الناحية اللسانية في جهة الصدمة



شكل (18) توزيع إجهادات Von- Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية في منطقة زاوية الفك السفلي

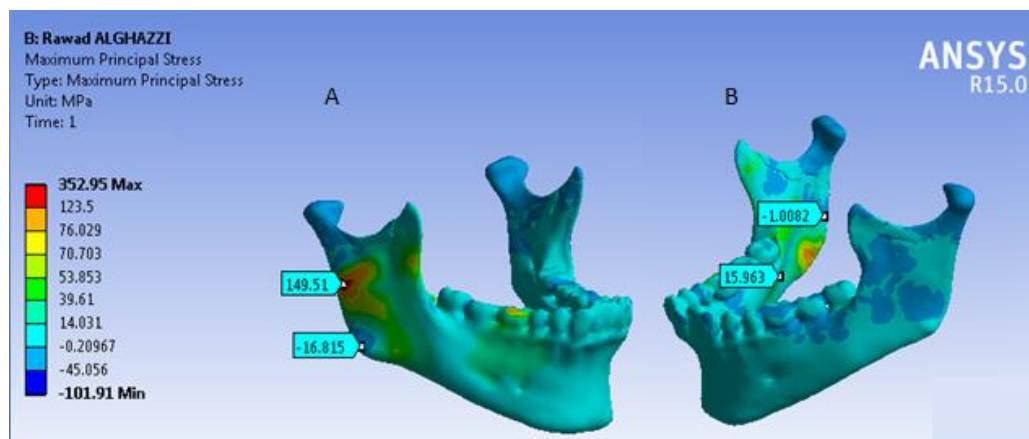
A مظهر من جهة الصدمة B مظهر من الجهة المقابلة للصدمة

توزيع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية في منطقة زاوية الفك السفلي

جدول (5) توزيع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية في منطقة زاوية الفك السفلي

القيمة MPa	التوضع
-16.815	زاوية الفك من الناحية الدلهيزية في جهة الصدمة
15.963	زاوية الفك من الناحية اللسانية و المنطقة الضرسية اللامية في جهة الصدمة
149.51	الحافة الخلفية للرأ من الناحية الدلهيزية في جهة الصدمة

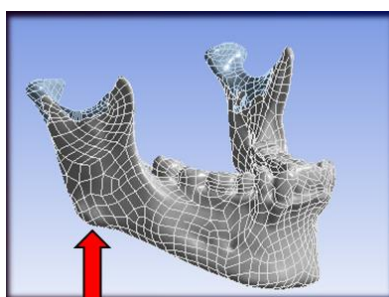
-1.0082	الحافة الخلفية للرأد من الناحية اللسانية في جهة الصدمة
---------	---



شكل (19) توزيع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية في منطقة زاوية الفك السفلي

A مظهر من جهة الصدمة B مظهر من الجهة المقابلة للصدمة

2.1.3. دراسة الصدمة الشاقولية في منطقة زاوية الفك السفلي



شكل توضيحي (20) مكان تطبيق الصدمة الشاقولية في منطقة زاوية الفك

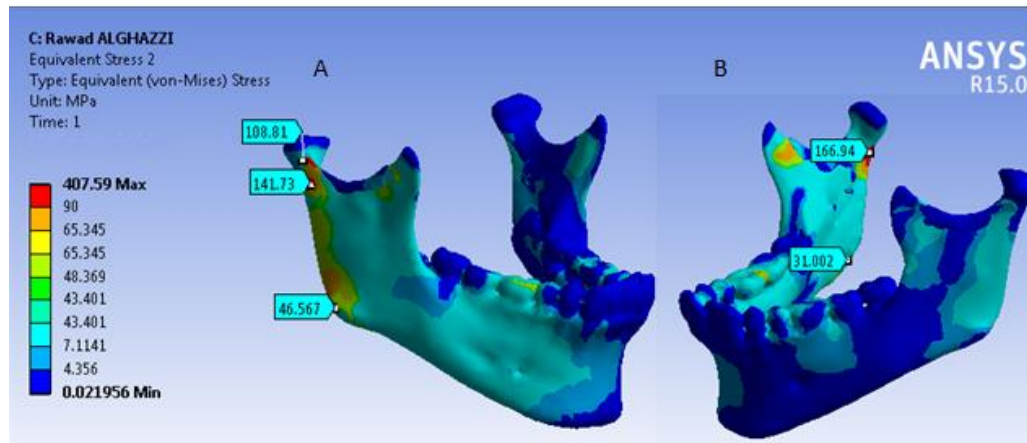
توزيع إجهادات Von-Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في منطقة

زاوية الفك السفلي

جدول (6) توزيع إجهادات Von-Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في منطقة زاوية الفك السفلي

القيمة MPa	التوضع
46.567	زاوية الفك من الناحية الدهليزية في جهة الصدمة

31.002	زاوية الفك من الناحية اللسانية في جهة الصدمة
141.73	تحت اللقمة وحشياً في جهة الصدمة
166.94	تحت اللقمة أنسياً في جهة الصدمة
108.81	عنق اللقمة وحشياً في جهة الصدمة



شكل (21) توزيع إجهادات Von-Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في منطقة زاوية الفك السفلي

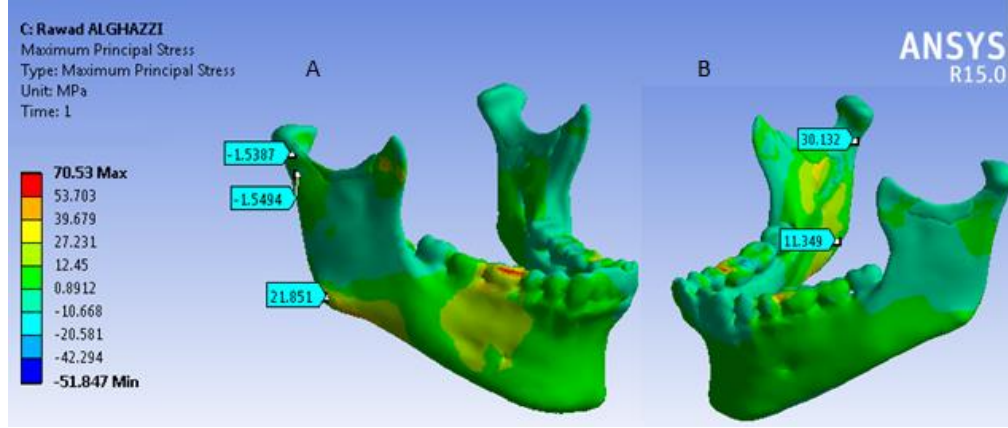
A مظهر من جهة الصدمة B مظهر من الجهة المقابلة للصدمة

توزيع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في منطقة زاوية الفك السفلي

جدول (7) توزيع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في منطقة زاوية الفك السفلي

القيمة MPa	التوضع
21.851	زاوية الفك من الناحية الدهليزية في جهة الصدمة
11.349	زاوية الفك من الناحية اللسانية في جهة الصدمة
-1.5494	تحت اللقمة وحشياً في جهة الصدمة

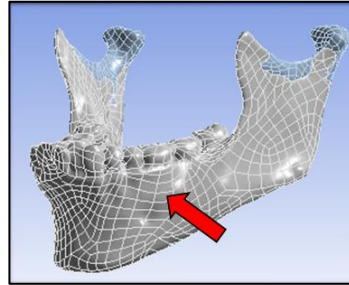
30.132	تحت اللقمة أنسياً في جهة الصدمة
-1.5387	عنق اللقمة وحشياً في جهة الصدمة



شكل (22) توزيع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في منطقة زاوية الفك السفلي

A مظهر من جهة الصدمة B مظهر من الجهة المقابلة للصدمة

3.1.3. دراسة الصدمة الأفقية في منطقة جسم الفك السفلي



شكل توضيحي (23) مكان تطبيق الصدمة الأفقية في منطقة جسم الفك

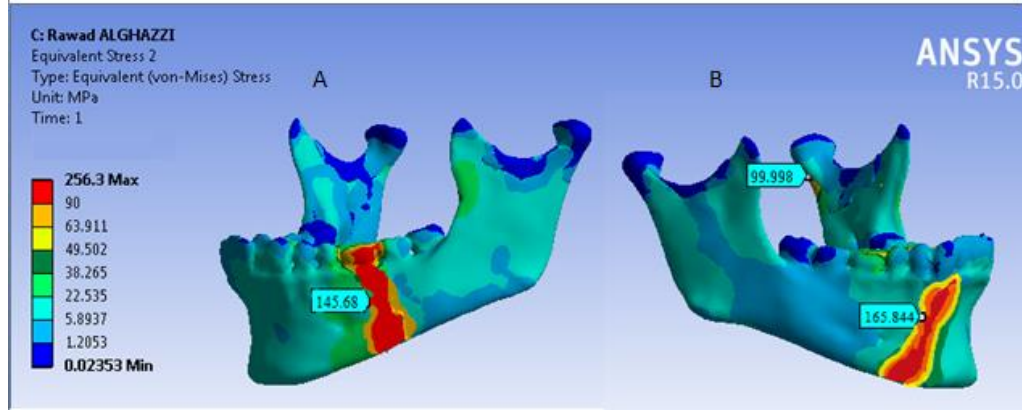
توزيع إجهادات Von-Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية في منطقة

جسم الفك السفلي

جدول (8) توزيع إجهادات Von-Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية في منطقة جسم الفك السفلي

القيمة MPa	التوضيح
145.68	جسم الفك من الناحية الدهليزية في جهة الصدمة

99.998	الحافة الخلفية لعنق اللقمة في جهة الصدمة
165.844	نظير الارتفاق من الناحية الدهليزية في الجهة المقابلة للصدمة



شكل (24) توزيع إجهادات Von- Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية في منطقة جسم الفك السفلي

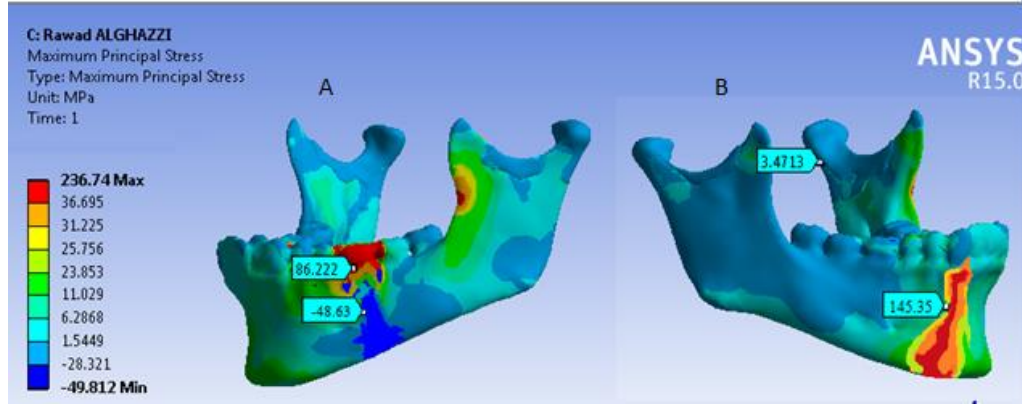
A مظهر من جهة الصدمة B مظهر من الجهة المقابلة للصدمة

توزيع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية في منطقة
جسم الفك السفلي

جدول (9) توزيع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية في منطقة جسم الفك السفلي

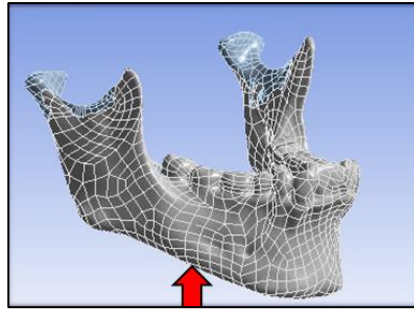
القيمة MPa	التوضع
-48.63	جسم الفك من الناحية الدهليزية في جهة الصدمة
86.222	العظم السنخي في منطقة جسم الفك من الناحية الدهليزية في جهة الصدمة
3.4713	الحافة الخلفية لعنق اللقمة في جهة الصدمة

145.35	نظير الارتفاق من الناحية الدلهيزية في الجهة المقابلة للصدمة
--------	---



شكل (25) توزيع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية في منطقة جسم الفك السفلي
A مظهر من جهة الصدمة B مظهر من الجهة المقابلة للصدمة

4.1.3. دراسة الصدمة الشاقولية في منطقة جسم الفك السفلي



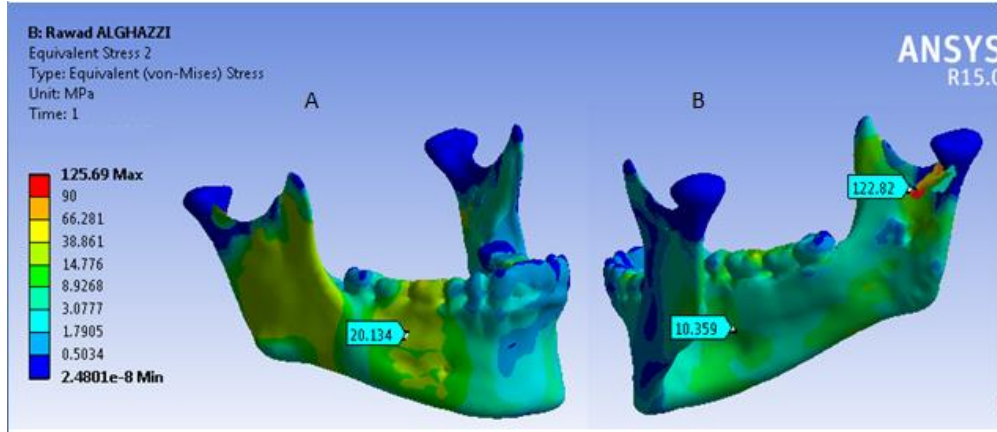
شكل توضيحي (26) مكان تطبيق الصدمة الشاقولية في منطقة جسم الفك

توزيع إجهادات Von- Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في منطقة
جسم الفك السفلي

جدول (10) توزيع إجهادات Von- Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في منطقة جسم الفك السفلي

القيمة MPa	التوضع
20.134	جسم الفك من الناحية الدلهيزية في جهة الصدمة

10.359	جسم الفك من الناحية اللسانية في جهة الصدمة
122.82	الرأد أنسياً أسفل التلثة السينية في جهة الصدمة



شكل (27) توزيع إجهادات Von-Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في منطقة جسم الفك السفلي

A مظهر من جهة الصدمة B مظهر من الجهة المقابلة للصدمة

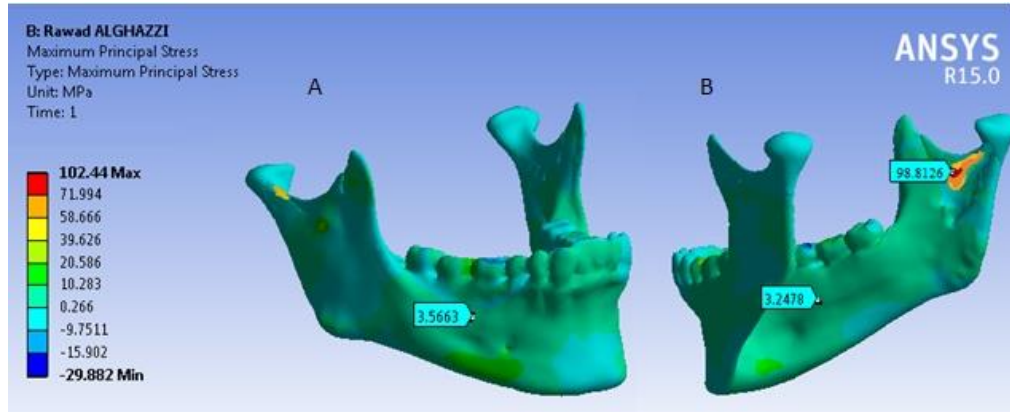
توزيع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في

منطقة جسم الفك السفلي

جدول (11) توزيع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في منطقة جسم الفك

السفلي

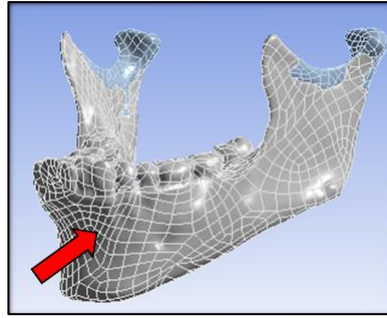
القيمة MPa	التوضع
3.5663	جسم الفك من الناحية الدهليزية في جهة الصدمة
3.2478	جسم الفك من الناحية اللسانية في جهة الصدمة
98.8126	الرأد أنسياً أسفل التلثة السينية في جهة الصدمة



شكل (28) توزيع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في منطقة جسم الفك السفلي

A مظهر من جهة الصدمة B مظهر من الجهة المقابلة للصدمة

5.1.3. دراسة الصدمة الأفقية في منطقة نظير الارتفاق



شكل توضيحي (29) مكان تطبيق الصدمة الأفقية في منطقة نظير الارتفاق

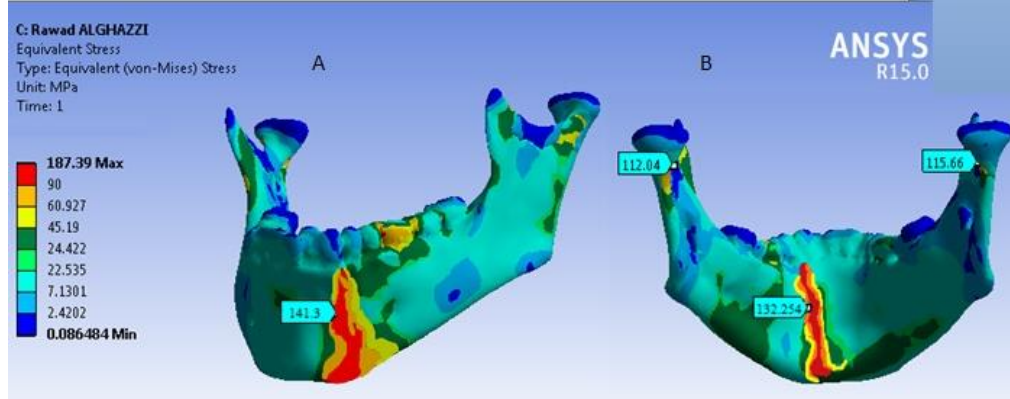
توزيع إجهادات Von- Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية في منطقة

نظير الارتفاق

جدول (12) توزيع إجهادات Von- Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية في منطقة نظير الارتفاق

القيمة MPa	التوضع
141.5	نظير الارتفاق من الناحية الدهليزية في جهة الصدمة
132.254	نظير الارتفاق من الناحية اللسانية في جهة الصدمة
112.04	عنق اللقمة أنسياً في جهة الصدمة

115.66	عنق اللقمة أنسياً في الجهة المقابلة للصدمة
--------	--



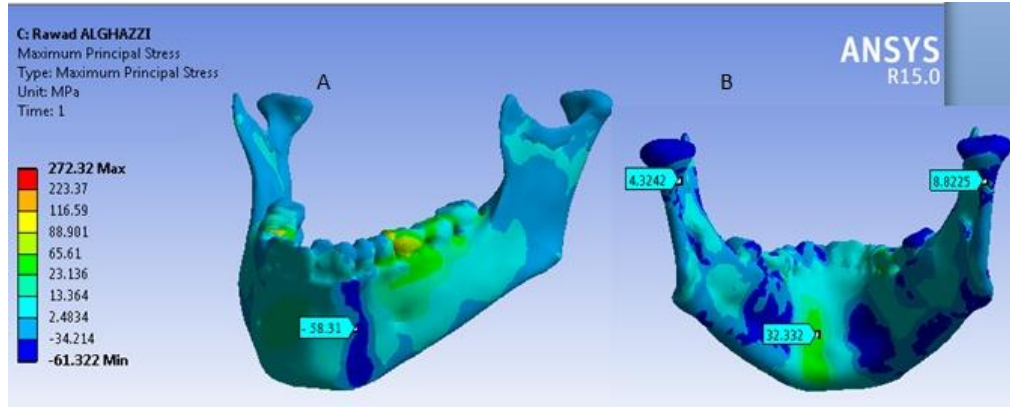
شكل (30) توزيع إجهادات Von- Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية في منطقة نظير الارتفاق

A مظهر من جهة الصدمة B مظهر من الجهة المقابلة للصدمة

توزيع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية في منطقة نظير الارتفاق

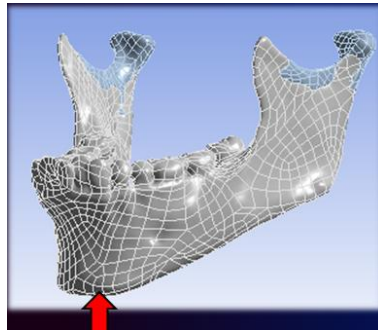
جدول (13) توزيع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية في منطقة نظير الارتفاق

القيمة MPa	التوضع
-58.31	نظير الارتفاق من الناحية الدهليزية في جهة الصدمة
32.332	نظير الارتفاق من الناحية اللسانية في جهة الصدمة
4.3242	عنق اللقمة أنسياً في جهة الصدمة
8.8225	عنق اللقمة أنسياً في الجهة المقابلة للصدمة



شكل (31) توزيع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية في منطقة نظير الارتفاق
A مظهر من جهة الصدمة B مظهر من الجهة المقابلة للصدمة

6.1.3. دراسة الصدمة الشاقولية في منطقة نظير الارتفاق

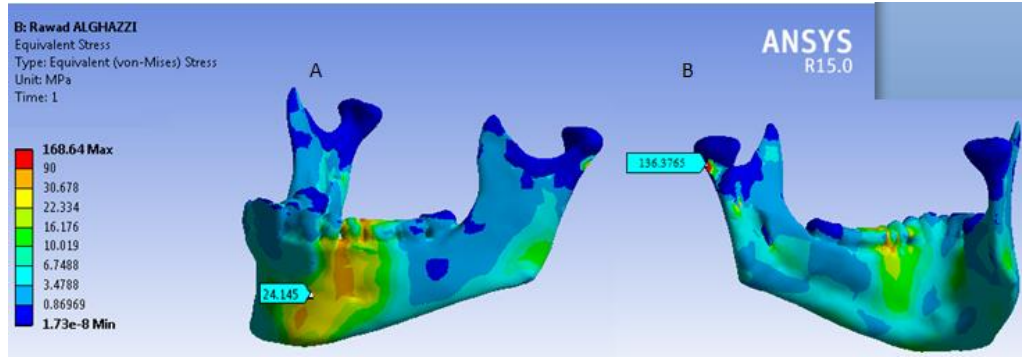


شكل توضيحي (32) مكان تطبيق الصدمة الشاقولية في منطقة نظير الارتفاق

توزيع إجهادات Von- Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في منطقة نظير الارتفاق

جدول (14) توزيع إجهادات Von- Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في منطقة نظير الارتفاق

القيمة MPa	التوضع
24.145	نظير الارتفاق من الناحية الدهليزية في جهة الصدمة
136.3765	عنق اللقمة وحشياً في جهة الصدمة



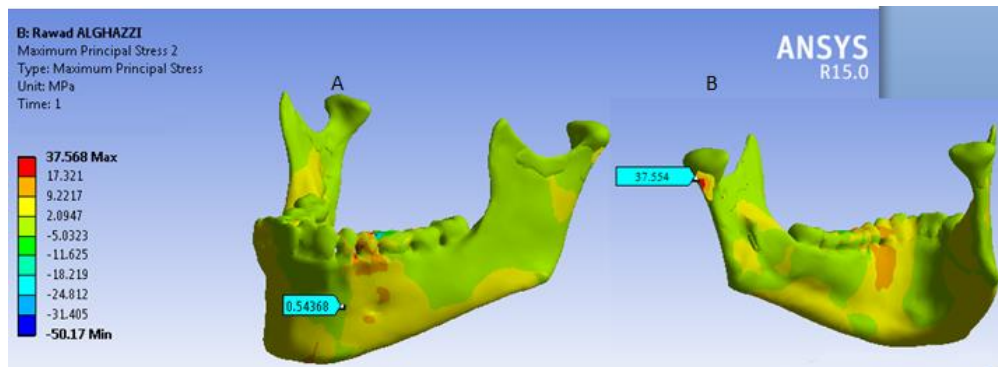
شكل (33) توزيع إجهادات Von-Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في منطقة نظير الارتفاق

A مظهر من جهة الصدمة B مظهر من الجهة المقابلة للصدمة

توزيع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في منطقة نظير الارتفاق

جدول (15) توزيع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في منطقة نظير الارتفاق

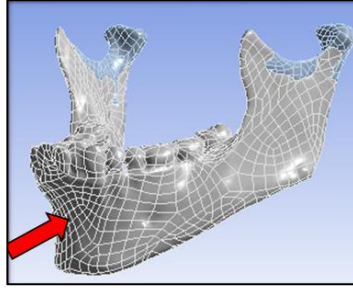
القيمة MPa	التوضع
0.54368	نظير الارتفاق من الناحية الدهليزية في جهة الصدمة
37.554	عنق اللقمة وحشياً في جهة الصدمة



شكل (34) توزيع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في منطقة نظير الارتفاق

A مظهر من جهة الصدمة B مظهر من الجهة المقابلة للصدمة

7.1.3. دراسة الصدمة الأفقية في منطقة الارتفاق

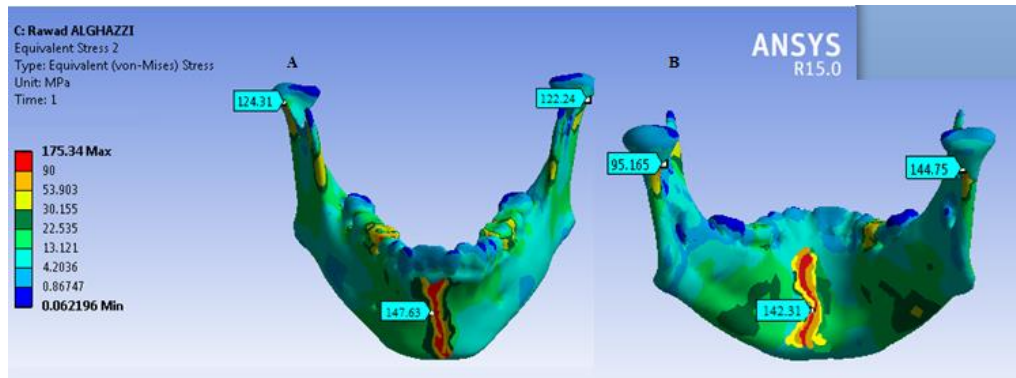


شكل توضيحي (35) مكان تطبيق الصدمة الأفقية في منطقة الارتفاق

توزع إجهادات Von- Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية في منطقة الارتفاق

جدول (16) توزع إجهادات Von- Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية في منطقة الارتفاق

القيمة MPa	التوضع
147.63	الارتفاق من الناحية الدهليزية
142.31	الارتفاق من الناحية اللسانية
124.31	عنق اللقمة اليمنى وحشياً
144.75	عنق اللقمة اليمنى أنسياً
122.24	عنق اللقمة اليسرى وحشياً
95.165	عنق اللقمة اليسرى أنسياً



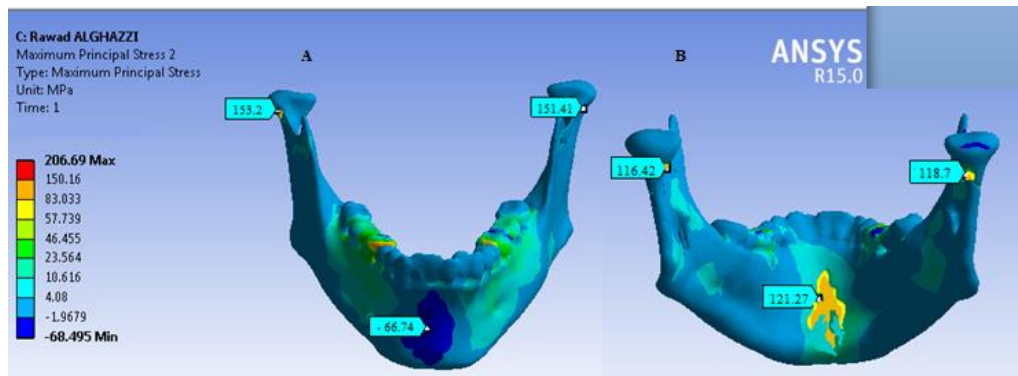
شكل (36) توزع إجهادات Von- Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية في منطقة الارتفاق

A مظهر من جهة الصدمة B مظهر من الجهة المقابلة للصدمة

توزيع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية في منطقة الارتفاق

جدول (17) توزيع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية في منطقة الارتفاق

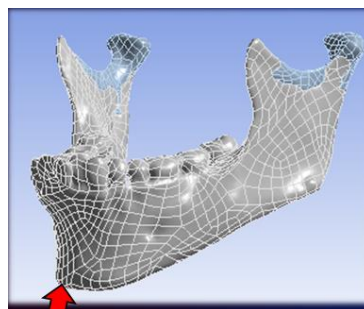
القيمة MPa	التوضع
-66.74	الارتفاق من الناحية الدهليزية
121.27	الارتفاق من الناحية اللسانية
153.2	عنق اللقمة اليمنى وحشياً
118.7	عنق اللقمة اليمنى أنسياً
151.41	عنق اللقمة اليسرى وحشياً
116.42	عنق اللقمة اليسرى أنسياً



شكل (37) توزيع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية في منطقة الارتفاق

A مظهر من جهة الصدمة B مظهر من الجهة المقابلة للصدمة

8.1.3. دراسة الصدمة الشاقولية في منطقة الارتفاق

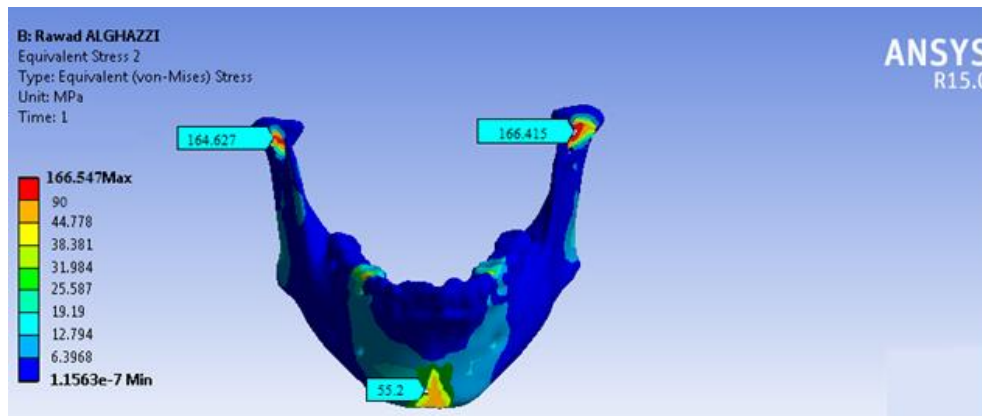


شكل توضيحي (38) مكان تطبيق الصدمة الشاقولية في منطقة الارتفاق

توزيع إجهادات Von- Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في منطقة الارتفاق

جدول (18) توزيع إجهادات Von- Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في منطقة الارتفاق

القيمة MPa	التوضع
55.2	الارتفاق من الناحية الدهليزية
164.627	عنق اللقمة اليمنى
166.415	عنق اللقمة اليسرى



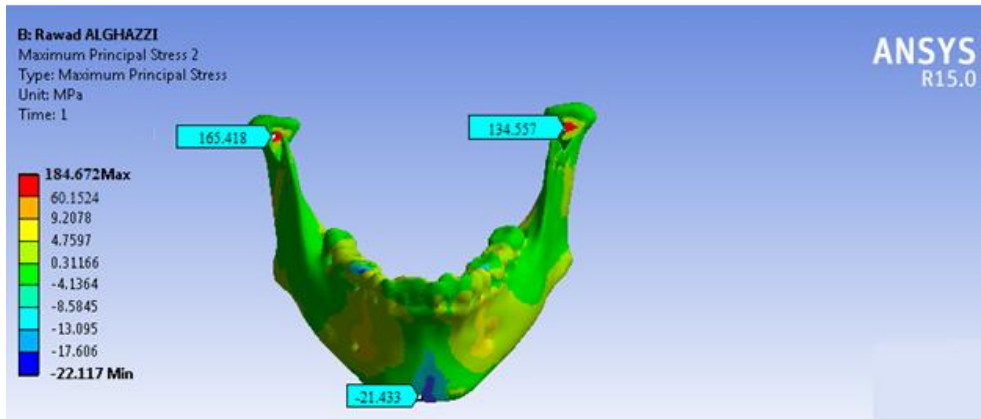
شكل (39) توزيع إجهادات Von- Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في منطقة الارتفاق

مظهر من جهة الصدمة

توزيع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في منطقة الارتفاق

جدول (19) توزيع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في منطقة الارتفاق

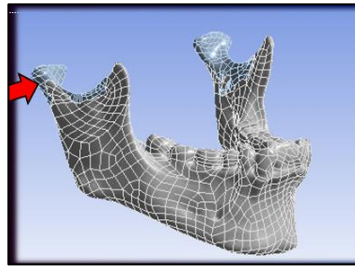
القيمة MPa	التوضع
-21.433	الارتفاق من الناحية الدهليزية
165.418	عنق اللقمة اليمنى
134.557	عنق اللقمة اليسرى



شكل (40) توزيع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في منطقة الارتفاق

مظهر من جهة الصدمة

9.1.3. دراسة الصدمة في منطقة اللقمة

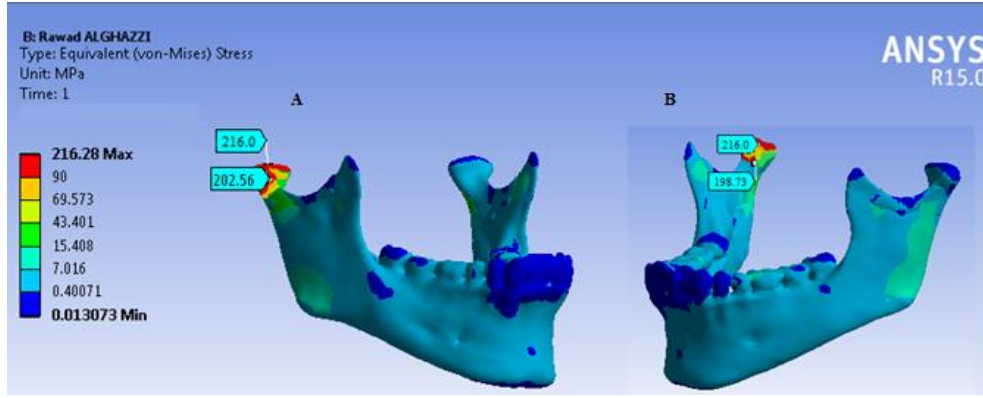


شكل توضيحي (41) مكان تطبيق الصدمة في منطقة اللقمة

توزيع إجهادات Von- Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة في منطقة اللقمة

جدول (20) توزيع إجهادات Von- Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة في منطقة اللقمة

القيمة MPa	التوضع
216.0	رأس اللقمة في جهة الصدمة
202.56	عنق اللقمة وحشياً في جهة الصدمة
198.73	عنق اللقمة أنسياً في جهة الصدمة



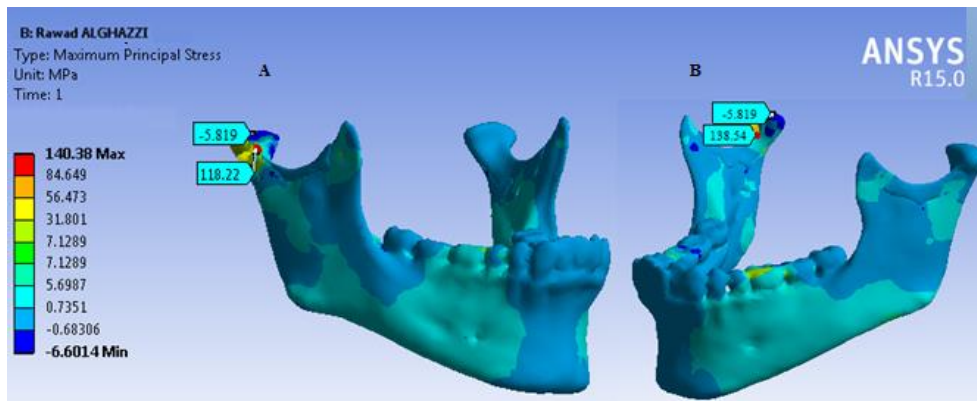
شكل (42) توزيع إجهادات Von- Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة في منطقة اللقمة

A مظهر من جهة الصدمة B مظهر من الجهة المقابلة للصدمة

توزيع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة في منطقة اللقمة

جدول (21) توزيع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة في منطقة اللقمة

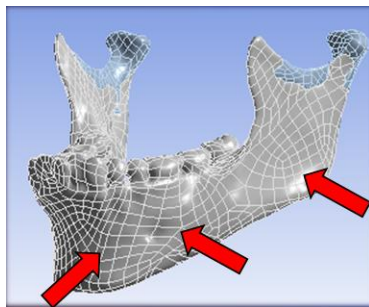
القيمة MPa	التوضع
-5.819	رأس اللقمة في جهة الصدمة
118.22	عنق اللقمة وحشياً في جهة الصدمة
138.54	عنق اللقمة أنسياً في جهة الصدمة



شكل (43) توزيع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة في منطقة اللقمة

A مظهر من جهة الصدمة B مظهر من الجهة المقابلة للصدمة

10.1.3. دراسة الصدمة الأفقية في مناطق زاوية الفك وجسم الفك ونظير الارتفاق معاً



شكل توضيحي (44) مكان تطبيق الصدمة الأفقية في مناطق الزاوية والجسم ونظير الارتفاق معاً

توزع إجهادات Von- Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية في مناطق

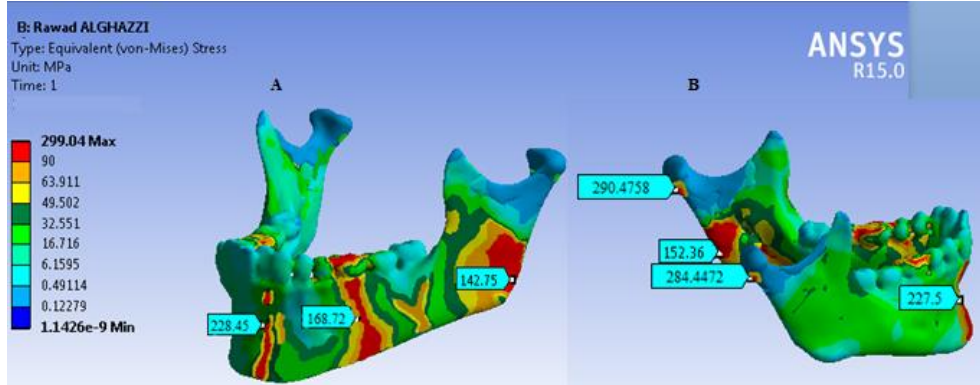
زاوية الفك وجسم الفك ونظير الارتفاق معاً

جدول (22) توزع إجهادات Von- Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية في مناطق زاوية الفك وجسم

الفك ونظير الارتفاق معاً

القيمة MPa	التوضع
142.75	زاوية الفك من الناحية الدهليزية في جهة الصدمة
152.36	زاوية الفك من الناحية اللسانية في جهة الصدمة
168.72	جسم الفك من الناحية الدهليزية في جهة الصدمة
228.45	نظير الارتفاق من الناحية الدهليزية في جهة الصدمة
227.5	نظير الارتفاق من الناحية الدهليزية في الجهة المقابلة للصدمة
290.4758	عنق اللقمة خلفياً في جهة الصدمة

284.4472	عنق اللقمة خلفياً في الجهة المقابلة للصدمة
----------	--



شكل (45) توزيع إجهادات Von- Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية في مناطق زاوية الفك وجسم الفك ونظير الارتفاق معاً

A مظهر من جهة الصدمة B مظهر من الجهة المقابلة للصدمة

توزيع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية في مناطق

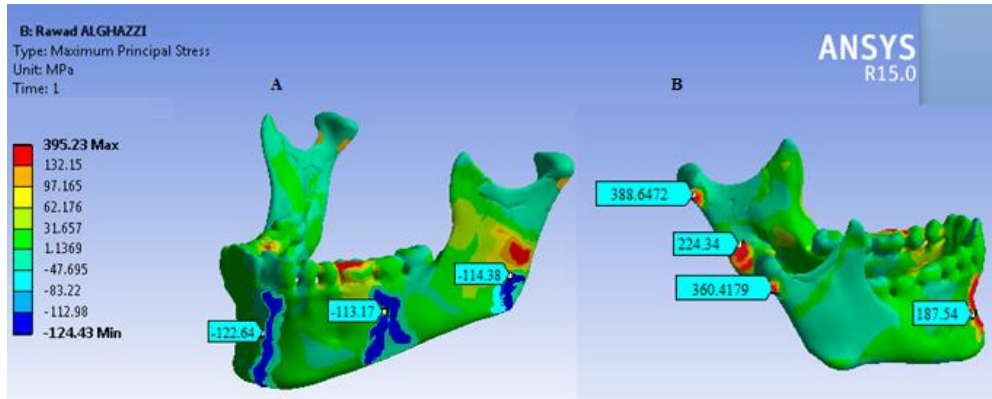
زاوية الفك وجسم الفك ونظير الارتفاق معاً

جدول (23) توزيع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية في مناطق زاوية الفك وجسم

الفك ونظير الارتفاق معاً

القيمة MPa	التوضع
-114.38	زاوية الفك من الناحية الدهليزية في جهة الصدمة
224.34	زاوية الفك من الناحية اللسانية في جهة الصدمة
-113.17	جسم الفك من الناحية الدهليزية في جهة الصدمة
-122.64	نظير الارتفاق من الناحية الدهليزية في جهة الصدمة

187.54	نظير الارتفاع من الناحية الدلهيزية في الجهة المقابلة للصدمة
388.6472	عنق اللقمة خلفياً في جهة الصدمة
360.4179	عنق اللقمة خلفياً في الجهة المقابلة للصدمة

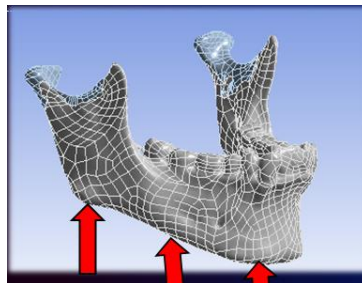


شكل (46) توزع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية في مناطق زاوية الفك وجسم الفك ونظير الارتفاع معاً

A مظهر من جهة الصدمة B مظهر من الجهة المقابلة للصدمة

11.1.3. دراسة الصدمة الشاقولية في مناطق زاوية الفك وجسم الفك ونظير الارتفاع

معاً



شكل توضيحي (47) مكان تطبيق الصدمة الشاقولية في مناطق الزاوية والجسم ونظير الارتفاع معاً

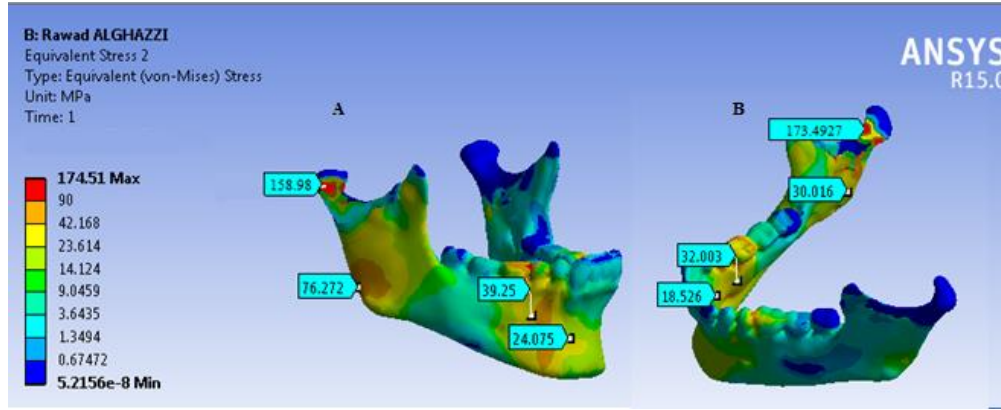
توزع إجهادات Von- Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في مناطق

زاوية الفك وجسم الفك ونظير الارتفاق معاً

جدول (24) توزع إجهادات Von- Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في مناطق زاوية الفك وجسم

الفك ونظير الارتفاق معاً

القيمة MPa	التوضع
76.272	زاوية الفك من الناحية الدهليزية في جهة الصدمة
30.016	زاوية الفك من الناحية اللسانية في جهة الصدمة
39.25	جسم الفك من الناحية الدهليزية في جهة الصدمة
32.003	جسم الفك من الناحية اللسانية في جهة الصدمة
24.075	نظير الارتفاق من الناحية الدهليزية في جهة الصدمة
18.526	نظير الارتفاق من الناحية اللسانية في جهة الصدمة
158.98	عنق اللقمة وحشياً في جهة الصدمة
173.4927	عنق اللقمة أنسياً في جهة الصدمة



شكل (48) توزيع إجهادات Von-Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في مناطق زاوية الفك وجسم الفك ونظير الارتفاق معاً

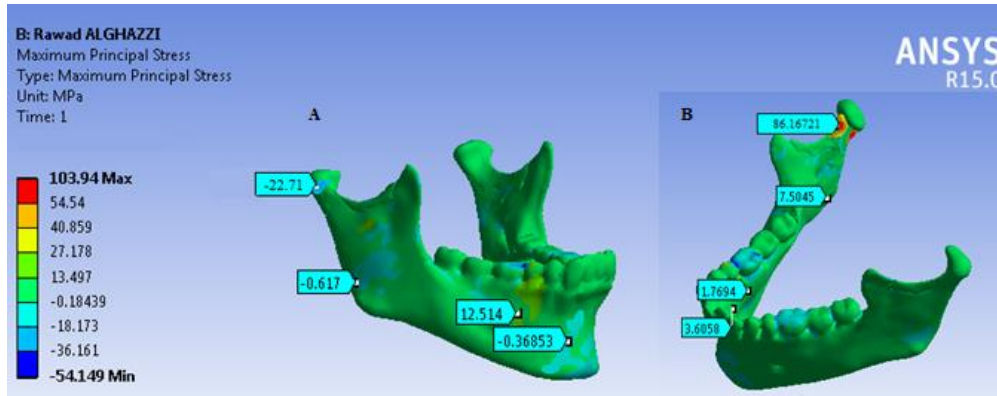
A مظهر من جهة الصدمة B مظهر من الجهة المقابلة للصدمة

توزيع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في مناطق زاوية الفك وجسم الفك ونظير الارتفاق معاً

جدول (25) توزيع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في مناطق زاوية الفك وجسم الفك ونظير الارتفاق معاً

القيمة MPa	التوضع
-0.617	زاوية الفك من الناحية الدهليزية في جهة الصدمة
7.5045	زاوية الفك من الناحية اللسانية في جهة الصدمة
12.514	جسم الفك من الناحية الدهليزية في جهة الصدمة
1.7694	جسم الفك من الناحية اللسانية في جهة الصدمة
-0.36853	نظير الارتفاق من الناحية الدهليزية في جهة الصدمة

3.6058	نظير الارتفاق من الناحية اللسانية في جهة الصدمة
-22.71	عنق اللقمة وحشياً في جهة الصدمة
86.16721	عنق اللقمة أنسياً في جهة الصدمة



شكل (49) توزع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية في مناطق زاوية الفك وجسم الفك ونظير الارتفاق معاً

A مظهر من جهة الصدمة B مظهر من الجهة المقابلة للصدمة

12.1.3. دراسة الصدمة الأفقية ثنائية الجانب في منطقتي زاويتي الفك السفلي

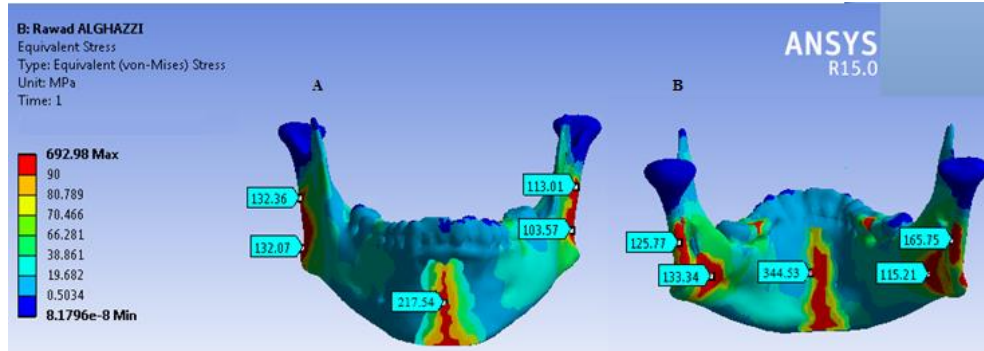
توزع إجهادات Von- Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية ثنائية الجانب

في منطقتي زاويتي الفك السفلي

جدول (26) توزع إجهادات Von- Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية ثنائية الجانب في منطقتي زاويتي الفك السفلي

القيمة MPa	التوضع
132.07	زاوية الفك اليمنى من الناحية الدهليزية
115.21	زاوية الفك اليمنى من الناحية اللسانية

132.36	الرأد الأيمن من الناحية الدهليزية
165.75	الرأد الأيمن من الناحية اللسانية
103.57	زاوية الفك اليسرى من الناحية الدهليزية
133.34	زاوية الفك اليسرى من الناحية اللسانية
113.01	الرأد الأيسر من الناحية الدهليزية
125.77	الرأد الأيسر من الناحية اللسانية
217.54	الارتفاق من الناحية الدهليزية
344.53	الارتفاق من الناحية اللسانية



شكل (50) توزيع إجهادات Von- Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية ثنائية الجانب في منطقتي زاويتي الفك السفلي

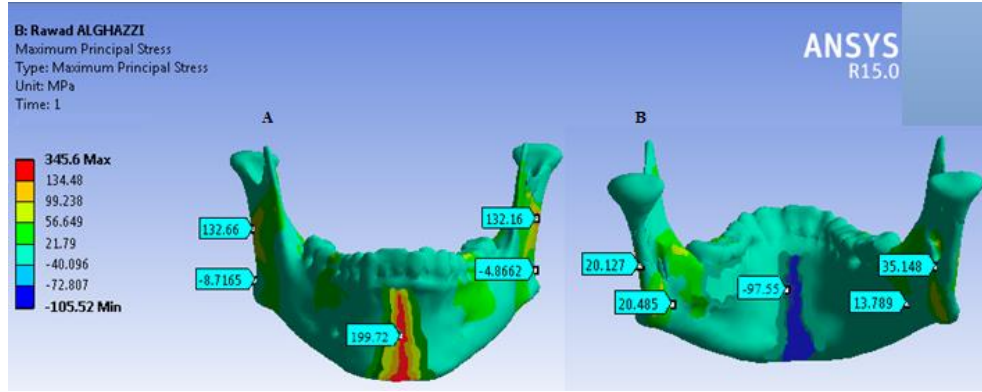
A مظهر أمامي B مظهر خلفي

توزع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية ثنائية

الجانب في منطقتي زاويتي الفك السفلي

جدول (27) توزع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية ثنائية الجانب في منطقتي زاويتي الفك السفلي

القيمة MPa	التوضع
-8.7165	زاوية الفك اليمنى من الناحية الدهليزية
13.789	زاوية الفك اليمنى من الناحية اللسانية
132.66	الرأد الأيمن من الناحية الدهليزية
35.148	الرأد الأيمن من الناحية اللسانية
-4.8662	زاوية الفك اليسرى من الناحية الدهليزية
20.485	زاوية الفك اليسرى من الناحية اللسانية
132.16	الرأد الأيسر من الناحية الدهليزية
20.127	الرأد الأيسر من الناحية اللسانية
199.72	الارتفاع من الناحية الدهليزية
-97.55	الارتفاع من الناحية اللسانية



شكل (51) توزيع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الأفقية ثنائية الجانب في منطقتي زاويتي الفك السفلي

A مظهر أمامي B مظهر خلفي

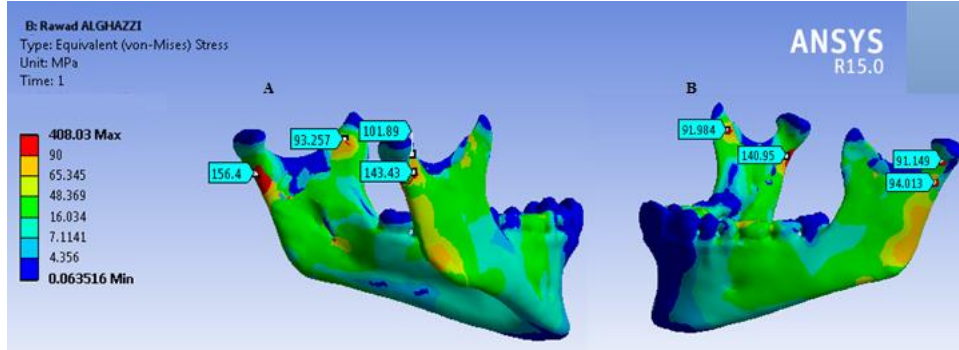
13.1.3. دراسة الصدمة الشاقولية ثنائية الجانب في منطقتي زاويتي الفك السفلي

توزيع إجهادات Von- Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية ثنائية الجانب في منطقتي زاويتي الفك السفلي

جدول (28) توزيع إجهادات Von- Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية ثنائية الجانب في منطقتي زاويتي الفك السفلي

القيمة MPa	التوضع
101.89	عنق اللقمة اليمنى وحشياً
143.43	تحت اللقمة اليمنى وحشياً
140.95	تحت اللقمة اليمنى أنسياً
91.149	عنق اللقمة اليسرى وحشياً
94.013	تحت اللقمة اليسرى وحشياً
156.4	تحت اللقمة اليسرى أنسياً

91.984	الناتئ المنقاري الأيمن أنسياً
93.257	الناتئ المنقاري الأيسر أنسياً



شكل (52) توزيع إجهادات Von-Mises في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية ثنائية الجانب في منطقتي زاويتي الفك السفلي A مظهر خلفي B مظهر أمامي

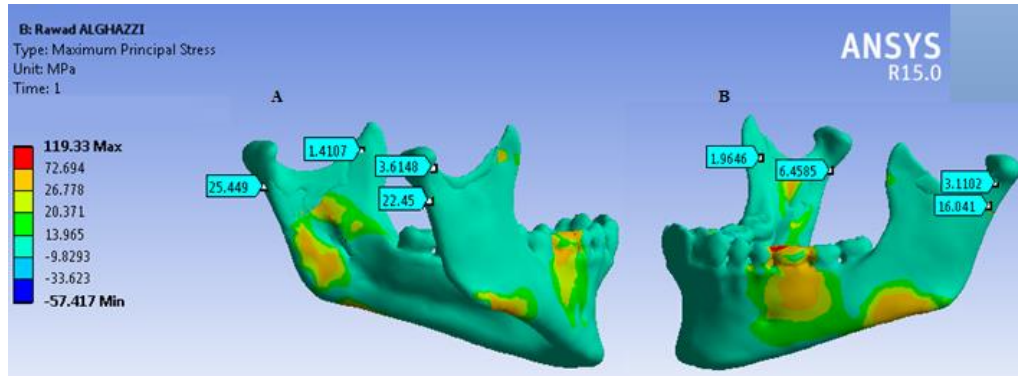
توزيع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية ثنائية

الجانب في منطقتي زاويتي الفك السفلي

جدول (29) توزيع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية ثنائية الجانب في منطقتي

زاويتي الفك السفلي

القيمة MPa	التوضع
3.6148	عنق اللقمة اليمنى وحشياً
22.45	تحت اللقمة اليمنى وحشياً
6.4585	تحت اللقمة اليمنى أنسياً
3.1102	عنق اللقمة اليسرى وحشياً
16.041	تحت اللقمة اليسرى وحشياً
25.449	تحت اللقمة اليسرى أنسياً
1.9646	الناتئ المنقاري الأيمن أنسياً
1.4107	الناتئ المنقاري الأيسر أنسياً



شكل (53) توزيع الإجهاد الأعظمي الأساسي في الفك السفلي تحت تأثير الصدمة الشاقولية ثنائية الجانب في منطقتي زاويتي الفك السفلي

A مظهر خلفي B مظهر أمامي

الباب الرابع

المناقشة

discussion

يُعد عظم الفك السفلي أحد أكبر العظام الموجودة في الجمجمة، وهو العظم الوحيد المتحرك فيها (Steele 1988). كما أنه من أكثر عظام الوجه تعرضاً للرضوض بسبب موقعه البارز في الهيكل العظمي الوجهي. (Leal and Porto 2009) (Libersa,) (Roze et al. 2002)

ويتسبب كسر الفك السفلي بخسارة واضحة في الوظيفة، وتشوه شكلي ملحوظ، وتتعلق مواقع وتوضعات كسور الفك السفلي بآلية الأذية المسببة، شدة القوة الراضة واتجاهها، إضافةً إلى تشريح المنطقة المعرضة للصدمة. (Hussain, Ahmad et al. 2007)

ومن الجدير بالذكر تميز الفك السفلي بشكل هندسي غريب ومثير للدهشة، ولفته انتباه كثير من الباحثين نظراً للتعقيد في بنيته. (Futterling, Klein et al. 1998)

ويهدف معالجة كسور الفك السفلي بشكل دقيق؛ لابد للجراح أولاً من فهم فيزيولوجية الفك السفلي والسلوك الميكانيكي الحيوي الخاص به. (Ellis lii 1999)

يُعد إجهاد Von-Mises معياراً ميكانيكياً لفشل المواد، وذلك عندما تتجاوز قيمة هذا الإجهاد حدّ الخضوع Yield strength (تشوه غير ردود) والحد المطلق Ultimate strength (تحطم) للمادة المدروسة. (Timoshenko 1983)

تكون قيمة حد الخضوع قريبة جداً من حد الفشل بالنسبة للعظم، فالعظم الذي يتعرض إلى إجهادات كبيرة تجتاز منطقة التشوه المرن يتعرض إلى تشوهات كبيرة جداً تصل إلى درجة الكسر. (Turner 2006)

وتبلغ قيمة حد الخضوع بالنسبة لعظم الفك السفلي /90 MPa/ (Kimsal, Baack et al. 2011)

يمكن إسقاط القيم الموجبة والقيم السالبة للإجهاد الأعظمي الأساسي سريرياً بحيث تدل القيمة الموجبة على وجود إجهادات شد tensile stress في حين تدل القيمة السالبة على وجود إجهادات ضغط compressive stress . (Poiate, de Vasconcellos et al. 2009)

1.4. مناقشة تأثير الصدمة الأفقية في منطقة زاوية الفك السفلي

تتعرض زاوية الفك السفلي والحافة الخلفية للرأ في جهة الصدمة إلى حدوث كسر في كل منهما إذ تجاوزت قيمة إجهاد Von-Mises في المنطقتين قيمة حد الخضوع للعظم. ويُعلل حدوث الكسر في منطقة الزاوية من الناحية الدهليزية والحافة الخلفية للرأ من الناحية اللسانية بتولد إجهادات ضغط، في حين تتعرض الزاوية من الناحية اللسانية والحافة الخلفية للرأ من الناحية الدهليزية لإجهادات شد وذلك بناء على قيم الإجهاد الأعظمي الأساسي Maximum principal stress.

2.4. مناقشة تأثير الصدمة الشاقولية في منطقة زاوية الفك السفلي

لم يلاحظ حدوث كسر في منطقة زاوية الفك المعرضة للصدمة الشاقولية إذ لم تتجاوز قيمة إجهاد Von-Mises قيمة حد الخضوع للعظم، ولكن في المقابل لوحظ حدوث كسر تحت اللقمة بالإضافة إلى كسر عنق اللقمة وحشياً في جهة الصدمة. ويعلل الكسر الوحشي في عنق اللقمة وتحت اللقمة بتولد إجهادات ضغط في كل منهما في حين أن الكسر الأنسي تحت اللقمة ناتج عن تولد إجهادات شد.

أما منطقة زاوية الفك المعرضة للصدمة التي لم تتعرض للكسر فقد خضعت إلى إجهادات شد من الناحيتين؛ الدهليزية و اللسانية.

3.4. مناقشة تأثير الصدمة الأفقية في منطقة جسم الفك السفلي

شوهدت عدة كسور في هذه الحالة متوضعة في جهة الصدمة في كل من جسم الفك السفلي ممتداً إلى العظم السنخي بالإضافة إلى الحافة الخلفية لعنق اللقمة وفي الجهة المقابلة للصدمة في منطقة نظير الارتفاق.

ويعود سبب حدوث الكسور سابقة الذكر إلى تولد إجهادات ضغط في منطقة تطبيق الصدمة في جسم الفك السفلي وإجهادات شد في كل من العظم السنخي والحافة الخلفية لعنق اللقمة في جهة الصدمة ومنطقة نظير الارتفاق في الجهة المقابلة للصدمة.

جاءت النتائج في دراستنا مخالفة لدراسة (Kober, Stübinger et al. 2007) حيث لم يشر الباحث إلى حدوث كسر في جسم الفك عندما طبقت الصدمة عليه.

ويعود سبب الاختلاف لاعتماد الباحث على فك أرد من الصنف الأول حسب كينيدي كعينة دراسة، مما يزيد من سماكة العظم في منطقة الجسم ويغير من توزيع الإجهادات عبر عظم الفك.

4.4. مناقشة تأثير الصدمة الشاقولية في منطقة جسم الفك السفلي

لم تتعرض منطقة جسم الفك مكان تطبيق الصدمة إلى حدوث كسر وبقيت قيمة إجهاد Von-Mises دون قيمة حد خضوع العظم، ولكن لوحظ حدوث كسر في المنطقة الأنسية من الرأ أسفل الثلمة السينية.

ويعمل ما سبق بتولد إجهادات شد في منطقة الكسر كما خضعت منطقة جسم الفك المعرضة للصدمة من الناحية الدهليزية واللسانية لإجهاد شد.

5.4. مناقشة تأثير الصدمة الأفقية في منطقة نظير الارتفاق

أشارت قيم إجهاد Von-Mises في منطقة نظير الارتفاق من الناحيتين الدهليزية واللسانية وفي المنطقة الأنسية من عنق اللقمتين في جهة الصدمة إلى وجود كسور. ويعود السبب في حدوث كسور المناطق سابقة الذكر إلى تولد إجهادات ضغط مكان تطبيق الصدمة في منطقة نظير الارتفاق من الناحية الدهليزية بينما تشير قيم الإجهاد الأعظمي الأساسي الموجبة إلى تولد إجهادات شد في المنطقة اللسانية من نظير الارتفاق والمنطقة الأنسية من عنق اللقمتين.

اتفقت نتائج هذه الدراسة مع (Rudderman, Mullen et al. 2008) (Huelke and Harger 1969) بأن الصدمة في منطقة نظير الارتفاق تولد إجهادات ضغط في المنطقة الدهليزية وشد في المنطقة اللسانية مسببة كسراً في المنطقتين وبأن القوة المطبقة على جانب الارتفاق يمكن أن تقود إلى كسر عنق لقمة الجانب المقابل وعنق لقمة الجانب نفسه.

6.4. مناقشة تأثير الصدمة الشاقولية في منطقة نظير الارتفاق

تُفسر نتائج تحليل إجهاد Von-Mises بعدم حدوث أي كسر في منطقة نظير الارتفاق المعرضة للصدمة لكن في المقابل لوحظ أن عنق اللقمة وحشياً في جهة الصدمة يتعرض للكسر.

ويندرج تحليل ما سبق ضمن سياق قيم الإجهاد الأعظمي الأساسي التي تشير إلى تولد إجهادات شد في كل المنطقة الدهليزية من نظير الارتفاق ومنطقة الكسر المتمثلة بعنق اللقمة في جهة الصدمة.

7.4. مناقشة تأثير الصدمة الأفقية في منطقة الارتفاق

تُفسر نتائج هذه الحالة بحدوث كسر متعددة تشمل منطقة الارتفاق من الناحيتين الدهليزية واللسانية بالإضافة إلى عنق اللقمتين أنسياً ووحشياً؛ إذ تجاوزت قيمة إجهاد Von-Mises في هذه المواقع قيمة حد الخضوع للعظم.

وتُعلل هذه الكسور بتولد إجهاد ضغط في منطقة تطبيق الصدمة دهليزي الارتفاق في حين أن كل من المنطقة اللسانية من الارتفاق وعنق اللقمتين أنسياً ووحشياً يخضعان إلى إجهادات شد حسب القيم المعطاة من تحليل الإجهاد الأعظمي الأساسي.

توافقت نتائج الدراسة مع (Huelke and Harger 1969) بأن الرض في المنطقة الأمامية من الفك السفلي يولد إجهادات شد في عنق اللقمة ويسبب كسراً فيه.

و أيضاً جاءت نتائج الدراسة متوافقة مع دراسة (Bezerra, Silva Junior et al.)

(2013) بأن الصدمة في منطقة الارتفاق تولد إجهادات شد في عنق اللقمة في الطرفين والمنطقة اللسانية من الارتفاق مسببة الكسر في هذه المناطق.

اختلفت نتائج هذا البحث مع دراسة (Kober, Stübinger et al. 2007) إذ أشار الباحث إلى أن الصدمة الأفقية في منطقة الارتفاق تسبب كسراً في عنق اللقمتين يمتد ليصل إلى المنطقة تحت اللقمة وحشياً في الطرفين، في حين اقتصر الكسر في دراستنا على منطقة عنق اللقمة في الطرفين، وقد ذكرنا أسباب الاختلاف سابقاً.

8.4. مناقشة تأثير الصدمة الشاقولية في منطقة الارتفاق

اقتصرت الكسر الناتج عن هذه الصدمة على منطقة عنق اللقمة في الطرفين، في حين أن منطقة الارتفاق بحد ذاتها لم تتعرض للكسر. ويعود السبب في ذلك إلى تركيز إجهادات الشد في عنق اللقمتين بينما تعرضت منطقة الارتفاق دهليزياً إلى إجهاد ضغط.

9.4. مناقشة تأثير الصدمة في منطقة اللقمة

يتعرض رأس اللقمة وعنق اللقمة أنسياً ووحشياً في جهة الصدمة إلى حدوث كسر إذ تجاوزت قيمة إجهاد Von-Mises قيمة حد الخضوع للعظم. ويُعَلَّل حدوث الكسر في رأس اللقمة بتولد إجهاد ضغط فيه، في حين يتعرض عنق اللقمة أنسياً ووحشياً إلى إجهادات شد وذلك بناء على قيم الإجهاد الأعظمي الأساسي. توافقت نتائج البحث مع (Johannes Kleinheinz 2009) (Joos and Kleinheinz 1998) بأن الصدمة المباشرة على اللقمة تسبب كسراً في رأس اللقمة وعنقها.

10.4. مناقشة تأثير الصدمة الأفقية في مناطق زاوية الفك وجسم الفك ونظير الارتفاق معاً

يلاحظ وجود كسور متعددة تشمل زاوية الفك السفلي وجسم الفك ونظير الارتفاق وعنق اللقمة خلفياً في جهة الصدمة إضافةً إلى نظير الارتفاق وعنق اللقمة خلفياً في الجهة المقابلة للصدمة، حيث تجاوزت قيمة إجهاد Von-Mises في كافة المناطق سابقة الذكر قيمة حد الخضوع للعظم.

ويختلف سبب هذه الكسور من منطقة إلى أخرى حيث يعلل كسر الزاوية والجسم ونظير الارتفاق في جهة الصدمة بتولد إجهادات ضغط، بينما تتركز إجهادات الشد في عنق اللقمة خلفياً في جهة الصدمة ومنطقة نظير الارتفاق وعنق اللقمة خلفياً في الجهة المقابلة للصدمة.

11.4. مناقشة تأثير الصدمة الشاقولية في مناطق زاوية الفك وجسم الفك ونظير الارتفاق معاً

اقتصر الكسر الناتج عن هذه الصدمة على منطقة عنق اللقمة أنسياً ووحشياً في جهة الصدمة، في حين أن باقي المناطق المعرضة للصدمة كالزاوية وجسم الفك ونظير الارتفاق لم تتعرض للكسر، حيث لم تصل أو تتجاوز قيمة إجهاد Von-Mises في أي منها قيمة حد الخضوع للعظم.

ويُعلل الكسر الوحشي في منطقة عنق اللقمة بتركز إجهاد ضغط في المنطقة في حين أن الكسر الأنسي في عنق اللقمة نتج عن تركيز إجهاد شد.

كما أشار تحليل الإجهاد الأعظمي الأساسي أيضاً إلى تولد إجهادات ضغط في الناحية الدهليزية من زاوية الفك ونظير الارتفاق في جهة الصدمة، وتولد إجهادات شد في الناحية اللسانية من زاوية الفك ونظير الارتفاق والناحية الدهليزية واللسانية من جسم الفك في جهة الصدمة.

12.4. مناقشة تأثير الصدمة الأفقية ثنائية الجانب في منطقتي زاويتي الفك السفلي

تُفسر نتائج تحليل إجهاد Von-Mises في هذه الحالة بحدوث كسور متعددة تشمل زاويتي الفك السفلي والرأد في الجهتين إضافة إلى الارتفاق، إذ تجاوزت قيمة الإجهاد المذكور قيمة حد الخضوع للعظم.

أما التعليل فيعود إلى تركيز إجهادات ضغط في زاويتي الفك السفلي من الناحية الدهليزية والارتفاق من الناحية اللسانية، في حين أن إجهادات الشد قد تركزت في زاويتي الفك السفلي من الناحية اللسانية والرأد في الطرفين من الناحيتين؛ الدهليزية واللسانية والارتفاق من الناحية الدهليزية.

13.4. مناقشة تأثير الصدمة الشاقولية ثنائية الجانب في منطقتي زاويتي الفك السفلي

يلاحظ وجود كسور متعددة تشمل عنق اللقمتين وحشياً وتحت اللقمة في الطرفين أنسياً ووحشياً إضافةً إلى الناتئ المنقاري في الطرفين أنسياً، حيث تجاوزت قيمة إجهاد Von-Mises في كافة المناطق سابقة الذكر قيمة حد الخضوع للعظم.

في حين أن زاويتي الفك السفلي المعرضتين للصدمة الشاقولية لم يتعرضا للكسر. وتُعلل هذه الكسور بتولد إجهادات شد في كل منها إذ أشار تحليل الإجهاد الأعظم الأساسي إلى وجود قيم موجبة في مناطق الكسر.

بمراجعة نتائج الدراسة كاملةً نلاحظ أنها توافقت مع دراسة (Rudderman, Mullen et al. 2008) (Huelke and Harger 1969) بأن كسور الفك السفلي تحدث نتيجة لإجهادات الشد والضغط.

الباب الخامس

الاستنتاجات

Conclusions

- 1- تنتج كسور الفك السفلي نتيجة تركيز إجهادات شد وضغط في عظم الفك.
- 2- يحدث الكسر في منطقة تطبيق الصدمة الأفقية نتيجة تركيز إجهاد ضغط فيها في حين تخضع المناطق المكسورة الأخرى البعيدة عن مكان تطبيق الصدمة لإجهادات شد.
- 3- يحدث الكسر في حالة الصدمة الشاقولية في المناطق البعيدة عن مكان تطبيق الصدمة نتيجة تركيز إجهادات شد فيها.
- 4- تعد اللقمة أكثر مناطق الفك السفلي تعرضاً للكسر تحت تأثير الصدمات المختلفة المطبقة عليه.
- 5- يعد النابت المنقاري أقل مناطق الفك السفلي شيوعاً في الكسر تحت تأثير الصدمات المختلفة المطبقة عليه.

الباب السادس

المقترحات والتوصيات

Suggestions & Recommendations

مقترحات لأبحاث مستقبلية :

- 1- نقترح إجراء دراسة افتراضية باستخدام تحليل العناصر المنتهية لتحري دور الرحي الثالثة المنطمة في إضعاف زاوية الفك السفلي بمواجهة القوى الخارجية الراضة.
- 2- نقترح إجراء دراسة افتراضية باستخدام تحليل العناصر المنتهية لتحري آلية تأثير القوى الراضة في إحداث كسور الفك السفلي عند الأطفال.
- 3- نقترح إجراء دراسة افتراضية باستخدام تحليل العناصر المنتهية لتحري آلية تأثير القوى الراضة في إحداث كسور الفك السفلي في حالة الدرد الجزئي والكامل للفك السفلي.
- 4- نقترح إجراء مراجعة منهجية systematic review لحالات كسور الفك السفلي المعالجة في مشفى جراحة الفم و الفكين في كلية طب الأسنان بهدف مقارنة القصة السريرية مع التشخيص الشعاعي والسريري ونتائج هذا البحث.

التوصيات :

- 1- نوصي بالتشخيص الشعاعي والسريري الدقيق في حالات كسور الفك السفلي.
- 2- نوصي بالتأني في تسجيل القصة السريرية وتحديد المنطقة المعرضة للصدمة بشكل دائم لما لذلك من دور في تحديد المواقع البعيدة المتوقع حدوث الكسور فيها وتقرير خطة المعالجة الأنسب.
- 3- نوصي بتصميم أجهزة ومعدات حماية خاصة بالرياضات و صناعة المركبات بما يحاكي الميكانيك الحيوي الخاص بكسور الفك السفلي وبالتالي يسهم في تخفيض نسبة هذه الكسور.

الباب السابع

المراجع

References

A

- Akita, K., T. Shimokawa, et al. (2000). "Positional relationships between the masticatory muscles and their innervating nerves with special reference to the lateral pterygoid and the midmedial and discotemporal muscle bundles of temporalis." *J Anat* **197**(02): 291-302.
- America, D., C. F. Sites, et al. (1996). "TITLE: MANDIBULAR FRACTURES SOURCE: Dept. of Otolaryngology, UTMB, Grand Rounds DATE: November 27, 1996 RESIDENT PHYSICIAN: Michael E. Prater, MD FACULTY: Byron J. Bailey, MD."
- Andreasen, J. O., S. S. Jensen, et al. (2006). "A systematic review of prophylactic antibiotics in the surgical treatment of maxillofacial fractures." *Journal of oral and maxillofacial surgery* **64**(11): 1664-1668.
- Avery, L. L., S. M. Susarla, et al. (2011). "Multidetector and three-dimensional CT evaluation of the patient with maxillofacial injury." *Radiologic clinics of North America* **49**(1): 183-203.

B

- Barker, D. A., K. K. Oo, et al. (2011). "Timing for repair of mandible fractures." *The Laryngoscope* **121**(6): 1160-1163.
- Barrera, J. E. and S. Batuello (2012). Mandibular angle fractures.
- Bezerra, T. P., F. I. d. Silva Junior, et al. (2013). "Do erupted third molars weaken the mandibular angle after trauma to the chin region? A 3D finite element study." *International journal of oral and maxillofacial surgery* **42**(4): 474-480.
- Boccaccio, A., A. Ballini, et al. (2011). "Finite element method (FEM), mechanobiology and biomimetic scaffolds in bone tissue engineering." *International journal of biological sciences* **7**(1): 112.
- Bujtár, P., G. K. Sándor, et al. (2010). "Finite element analysis of the human mandible at 3 different stages of life." *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* **110**(3): 301-309.

C

- Chen, X., C. Wang, et al. (2001). "Direct slicing from PowerSHAPE models for rapid prototyping." *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* **17**(7): 543-547.
- Ching-Chang Ko, E. P. R. a. M. L. (2012). Past, Present and Future of Finite Element Analysis in Dentistry. Biomedical Applications to Industrial Developments. D. D. Moratal, InTech: 496.
- Chuong, R., R. B. Donoff, et al. (1983). "A retrospective analysis of 327 mandibular fractures." *Journal of oral and maxillofacial surgery* **41**(5): 305-309.
- Coletti, D. and R. Ord (2008). "Treatment rationale for pathological fractures of the mandible: a series of 44 fractures." *International journal of oral and maxillofacial surgery* **37**(3): 215-222.
- Currey, J. (1990). "Physical characteristics affecting the tensile failure properties of compact bone." *Journal of biomechanics* **23**(8): 837-844.

D

- Daegling, D. J. and W. S. McGraw (2001). "Feeding, diet, and jaw form in West African Colobus and Procolobus." *International Journal of Primatology* **22**(6): 1033-1055.
- Dodson, T. B. (2004). "Third molars may double the risk of an angle fracture of the mandible." *Evidence-based dentistry* **5**(3): 78-78.
- Duan, D. and Y. Zhang (2008). "Does the presence of mandibular third molars increase the risk of angle fracture and simultaneously decrease the risk of condylar fracture?" *International journal of oral and maxillofacial surgery* **37**(1): 25-28.

E

- Ebadian, B., M. Farzin, et al. (2012). "Evaluation of stress distribution of implant-retained mandibular overdenture with different vertical restorative spaces: A finite element analysis." *Dental research journal* **9**(6): 741.
- Ellis 3rd, E. (1995). "Complications of rigid internal fixation for mandibular fractures." *The Journal of cranio-maxillofacial trauma* **2**(2): 32-39.
- Ellis Iii, E. (1999). "Treatment methods for fractures of the mandibular angle." *International journal of oral and maxillofacial surgery* **28**(4): 243-252.
- Ellis III, E. and C. Price (2008). "Treatment protocol for fractures of the atrophic mandible." *Journal of oral and maxillofacial surgery* **66**(3): 421-435.

F

- Farah, J. and R. Craig (1974). "Distribution of stresses in porcelain-fused-to-metal and porcelain jacket crowns." *J Dent Res* **54**(2): 255-261.
- Feller, K.-U., M. Schneider, et al. (2003). "Analysis of complications in fractures of the mandibular angle—a study with finite element computation and evaluation of data of 277 patients." *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery* **31**(5): 290-295.
- Field, C., I. Ichim, et al. (2009). "Mechanical responses to orthodontic loading: a 3-dimensional finite element multi-tooth model." *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* **135**(2): 174-181.
- Flint, P. W., C. W. Cummings, et al. (2010). *Cummings otolaryngology head & neck surgery*. 5th ed, Mosby.
- Frost, H. M. (2004). "A 2003 update of bone physiology and Wolff's Law for clinicians." *The angle orthodontist* **74**(1): 3-15.
- Futterling, S., R. Klein, et al. (1998). Automated finite element modeling of a human mandible with dental implants. 6-th International Conference in Central Europe on Computer Graphics and Visualization. **1**: 103-110.

G

- G.Richard Holt, J. A. B. (2012). *Resident manual of trauma to the face, head, and neck*. 1st ed, the American Academy of Otolaryngology: 102-104.
- Geramy, A. and F. Sharafoddin (2003). "Abfraction: 3D analysis by means of the finite element method." *Quintessence international* **34**(7).
- Gibson, I. (2006). *Advanced manufacturing technology for medical applications: reverse engineering, software conversion and rapid prototyping*, John Wiley & Sons: 50-55.
- Gupta, K., A. Knoell, et al. (1973). "Mathematical modeling and structural analysis of the mandible." *Artificial Cells, Blood Substitutes and Biotechnology* **1**(3): 469-479.

H

- Hart, R. T., V. V. Hennebel, et al. (1992). "Modeling the biomechanics of the mandible: a three-dimensional finite element study." *Journal of biomechanics* **25**(3): 261-286.
- Hayes, W. C. and M. Bouxsein (1991). "Biomechanics of cortical and trabecular bone: implications for assessment of fracture risk." *Basic orthopaedic biomechanics* **2**: 69-111.
- Hiatt, J. L. G., Leslie P. (2010). *Textbook of head and neck anatomy*, 4th ed, Lippincott Williams & Wilkins: 79-80.
- Hiatt, J. L. G., Leslie P. (2010). *Textbook of head and neck anatomy*, 4th ed, Lippincott Williams & Wilkins: 193-196.
- Huelke, D. F. and J. Harger (1969). "Maxillofacial injuries: their nature and mechanisms of production." *Journal of oral surgery* **27**(7): 451-460.

Hussain, S. S., M. Ahmad, et al. (2007). "Maxillofacial trauma: current practice in management at Pakistan Institute of Medical Sciences." *Orbit* **12**: 5.7.

Hvid, I. and J. Jensen (1984). "Cancellous bone strength at the proximal human tibia." *Engineering in medicine* **13**(1): 21-25.

J

James, R. B., C. Fredrickson, et al. (1981). "Prospective study of mandibular fractures." *Journal of oral surgery (American Dental Association: 1965)* **39**(4): 275-281.

Jessop, H., M. Sjöberg, et al. (2001). "Mechanical strain and estrogen activate estrogen receptor α in bone cells." *Journal of Bone and Mineral Research* **16**(6): 1045-1055.

Johannes Kleinheinz, C. M. (2009). *Fractures of the mandibular condyle-Basic considerations and treatment*, Quintessence PUBLISHING: 31-33.

Jones, M., J. Hickman, et al. (2001). "A validated finite element method study of orthodontic tooth movement in the human subject." *Journal of Orthodontics* **28**(1): 29-38.

Joos, U. and J. Kleinheinz (1998). "Therapy of condylar neck fractures." *International journal of oral and maxillofacial surgery* **27**(4): 247-254.

K

Kaplan, B. A., M. A. Hoard, et al. (2001). "Immediate mobilization following fixation of mandible fractures: a prospective, randomized study." *The Laryngoscope* **111**(9): 1520-1524.

Kimsal, J., B. Baack, et al. (2011). "Biomechanical analysis of mandibular angle fractures." *Journal of oral and maxillofacial surgery* **69**(12): 3010-3014.

Kober, C., S. Stübinger, et al. (2007). "Beating instead of Biting: Finite Element Analysis for Cranio-Facial Traumatology." *Ansys conference*.

Kopperdahl, D. L. and T. M. Keaveny (1998). "Yield strain behavior of trabecular bone." *Journal of biomechanics* **31**(7): 601-608.

Korioth, T. (1992). "Finite element modelling of human mandibular biomechanics (PhD thesis)." Vancouver, BC, Canada: University of British Columbia.

Korioth, T. and A. Versluis (1997). "Modeling the mechanical behavior of the jaws and their related structures by finite element (FE) analysis." *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine* **8**(1): 90-104.

Korioth, T. W., D. P. Romilly, et al. (1992). "Three-dimensional finite element stress analysis of the dentate human mandible." *American Journal of Physical Anthropology* **88**(1): 69-96.

L

Leal, J. and G.-G. Porto (2009). "Relationship between mandibular fracture and impacted lower third molar." *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* **14**(7): E349-354.

Lengsfeld, M., J. Schmitt, et al. (1998). "Comparison of geometry-based and CT voxel-based finite element modelling and experimental validation." *Medical engineering & physics* **20**(7): 515-522.

Libersa, P., D. Roze, et al. (2002). "Immediate and late mandibular fractures after third molar removal." *Journal of oral and maxillofacial surgery* **60**(2): 163-165.

Lucchinetti, E. (2001). "Composite models of bone properties." *Bone Mechanics Handbook* **2**.

M

MacLennan, W. (1949). "Consideration of 180 cases of typical fractures of the mandibular condylar process." *British journal of plastic surgery* **5**(2): 122-128.

Marinescu, R., D. J. Daegling, et al. (2005). "Finite-element modeling of the anthropoid mandible: The effects of altered boundary conditions." *The*

- Anatomical Record Part A: Discoveries in Molecular, Cellular, and Evolutionary Biology **283**(2): 300-309.
- Martin, R. B. (2003). "Fatigue microdamage as an essential element of bone mechanics and biology." *Calcified tissue international* **73**(2): 101-107.
- Mosekilde, L., L. Mosekilde, et al. (1987). "Biomechanical competence of vertebral trabecular bone in relation to ash density and age in normal individuals." *Bone* **8**(2): 79-85.
- N
- Nahum, A. M. and J. Melvin (2002). *Accidental injury: biomechanics and prevention*, Springer: 266-268.
- Nakasone, Y., S. Yoshimoto, et al. (2006). *Engineering analysis with ANSYS software*, Butterworth-Heinemann.
- Narra, N., J. Valášek, et al. (2014). "Finite element analysis of customized reconstruction plates for mandibular continuity defect therapy." *Journal of biomechanics* **47**(1): 264-268.
- Novitskaya, E., P.-Y. Chen, et al. (2011). "Recent advances on the measurement and calculation of the elastic moduli of cortical and trabecular bone: A review." *Theoretical and Applied Mechanics* **38**(3): 209-297.
- O
- Otkur, M. and I. Lazoglu (2007). "Trochoidal milling." *International Journal of Machine Tools and Manufacture* **47**(9): 1324-1332.
- P
- Pektas, Z., B. Bayram, et al. (2012). "Effects of different mandibular fracture patterns on the stability of miniplate screw fixation in angle mandibular fractures." *International journal of oral and maxillofacial surgery* **41**(3): 339-343.
- Poiate, I. A. V. P., A. B. de Vasconcellos, et al. (2009). "Three-dimensional stress distribution in the human periodontal ligament in masticatory, parafunctional, and trauma loads: finite element analysis." *J Periodontol* **80**(11): 1859-1867.
- R
- Reinhardt, R., R. Krejci, et al. (1983). "Dentin stresses in post-reconstructed teeth with diminishing bone support." *J Dent Res* **62**(9): 1002-1008.
- Rieger, M., M. Mayberry, et al. (1990). "Finite element analysis of six endosseous implants." *The Journal of prosthetic dentistry* **63**(6): 671-676.
- Robling, A. G., F. M. Hinant, et al. (2002). "Improved bone structure and strength after long-term mechanical loading is greatest if loading is separated into short bouts." *Journal of Bone and Mineral Research* **17**(8): 1545-1554.
- Rudderman, R. H., R. L. Mullen, et al. (2008). "The biophysics of mandibular fractures: an evolution toward understanding." *Plast Reconstr Surg* **121**(2): 596-607.
- Ruess, M., D. Tal, et al. (2012). "The finite cell method for bone simulations: verification and validation." *Biomechanics and modeling in mechanobiology* **11**(3-4): 425-437.
- S
- Sharma, N., D. Sehgal, et al. (2012). *Finite Element Simulation of Cortical Bone under Different Loading and Anisotropic Yielding Situations*. Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science.
- Smets, L. M., P. A. Van Damme, et al. (2003). "Non-surgical treatment of condylar fractures in adults: a retrospective analysis." *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery* **31**(3): 162-167.
- Snow, J. B., P. A. Wackym, et al. (2009). *Ballenger's Otorhinolaryngology: Head and Neck Surgery*. 17th ed, Pmhp-usa.

- Steele, D. G. (1988). The anatomy and biology of the human skeleton, Texas A&M University Press.
- Stolarski, T., Y. Nakasone, et al. (2011). Engineering analysis with ANSYS software, Butterworth-Heinemann.
- Strait, D. S., Q. Wang, et al. (2005). "Modeling elastic properties in finite-element analysis: How much precision is needed to produce an accurate model?" The Anatomical Record Part A: Discoveries in Molecular, Cellular, and Evolutionary Biology **283**(2): 275-287.
- Sugiura, T., K. Horiuchi, et al. (2000). "Evaluation of threshold stress for bone resorption around screws based on in vivo strain measurement of miniplate." J Musculoskelet Neuronal Interact **1**(2): 165-170.
- Szucs, A., P. Bujtar, et al. (2009). "Finite element analysis of the human mandible to assess the effect of removing an impacted third molar." Journal (Canadian Dental Association) **76**: a72-a72.
- T
- Tams, J., J.-P. Van Loon, et al. (1996). "A three-dimensional study of loads across the fracture for different fracture sites of the mandible." British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery **34**(5): 400-405.
- Taylor, R. L. (1988). The finite element method, University of California.
- Taylor, W., E. Roland, et al. (2002). "Determination of orthotropic bone elastic constants using FEA and modal analysis." Journal of biomechanics **35**(6): 767-773.
- Timoshenko, S. (1983). History of strength of materials: with a brief account of the history of theory of elasticity and theory of structures, Courier Dover Publications.
- Tuovinen, V., S. Erik Nørholt, et al. (1994). "A retrospective analysis of 279 patients with isolated mandibular fractures treated with titanium miniplates." Journal of oral and maxillofacial surgery **52**(9): 931-935.
- Turner, C. H. (2006). "Bone strength: current concepts." Annals of the New York Academy of Sciences **1068**(1): 429-446.
- V
- Van Eijden, T. (2000). "Biomechanics of the mandible." Critical Reviews in Oral Biology & Medicine **11**(1): 123-136.
- Vollmer, D., U. Meyer, et al. (2000). "Experimental and finite element study of a human mandible." Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery **28**(2): 91-96.
- W
- Wang, X., X. Shen, et al. (2002). "Age-related changes in the collagen network and toughness of bone." Bone **31**(1): 1-7.
- Weiner, S. and H. D. Wagner (1998). "The material bone: structure-mechanical function relations." Annual Review of Materials Science **28**(1): 271-298.
- Wong, R., H. Tideman, et al. (2011). "Review of biomechanical models used in studying the biomechanics of reconstructed mandibles." International journal of oral and maxillofacial surgery **40**(4): 393-400.
- Y
- Ying-feng, H. (2009). "The application of Geomagic Studio software in reverse engineering post-processing [J]." Manufacturing Automation **9**: 135-137.
- Yoon, Y. J. and S. C. Cowin (2008). "The estimated elastic constants for a single bone osteonal lamella." Biomechanics and modeling in mechanobiology **7**(1): 1-11.
- Yunfeng LIU, N. R., JiW CHEN, Wei PEG (2013). "Finite Element Modeling for Orthodontic Biomechanical Simulation Based on Reverse Engineering: A Case Study." Applied Sciences, Engineering and Technology **6**(17): 3267-3276.

الملخص

المقدمة:

تأتي كسور الفك السفلي في المرتبة الثانية من حيث تواتر الكسور الوجهية الفكّية، وتعد مرحلة التشخيص الدقيق للكسور الخطوة الأولى في طريق المعالجة الصحيحة والمتكاملة، لاسيما أن إصابة الفك السفلي بالكسر تكون في أكثر من موقع بعد تلقي الصدمة. تعد طريقة تحليل العناصر المنتهية مناسبة جداً لدراسة بنية معقدة كبنية الفك السفلي، فالأساليب التجريبية والسريية تحد من إمكانية تحري توزع الإجهادات والانفعالات ضمن عظم الفك في حين تتجاوز تقنية تحليل العناصر المنتهية هذه الحدود.

هدف البحث :

دراسة آلية تأثير القوى الخارجية الرضاة في إحداث كسور الفك السفلي، ودراسة العلاقة بين مكان تطبيق الصدمة ومناطق توضع هذه الكسور.

المواد والطرائق :

تم بناء نموذج ثلاثي الأبعاد خاص بتحليل العناصر المنتهية لفك سفلي انطلاقاً من صورة مقطعية محوسبة ذات حزمة مخروطية، وخضع الفك إلى قوى خارجية مسببة للكسر مطبقة في مناطق الزاوية وجسم الفك ونظير الارتفاق والارتفاق واللقمة بشكل أفقي وشاقولي.

النتائج :

أظهرت النتائج توزعاً مختلفاً لإجهادات Von-Mises والإجهاد الأعظمي الأساسي في عظم الفك السفلي حيث سُجلت المناطق التي تجاوزت قيمة إجهاد Von-Mises فيها حد الخضوع لعظم الفك السفلي، كما بينت النتائج تركيز إجهاد أعظمي أساسي ذي قيمة موجبة وأخرى سالبة في المناطق المدروسة.

الاستنتاجات :

نستنتج من هذا البحث أن الصدمة الأفقية في منطقة الزاوية تسبب كسراً فيها وفي الحافة الخلفية للرأس في حين تسبب الصدمة الشاقولية الكسر في عنق اللقمة وتحت اللقمة، أما الصدمة الأفقية في منطقة جسم الفك فقد سببت كسراً فيه وفي عنق اللقمة في الجهة نفسها إضافة إلى كسر نظير الارتفاق في الجهة المقابلة، بينما ظهر كسر أنسي الرأس في حالة الصدمة الشاقولية في منطقة جسم الفك. كما سببت الصدمة الأفقية في منطقة نظير الارتفاق كسراً في منطقة تطبيق القوة إضافة إلى عنق اللقمتين وكذلك الأمر بالنسبة للصدمة الأفقية في منطقة الارتفاق، بينما أدت الصدمة الشاقولية في منطقة نظير الارتفاق إلى كسر في عنق لقمة جهة الصدمة، في حين ظهر الكسر في عنق اللقمتين في حالة الصدمة الشاقولية في منطقة الارتفاق. سببت الصدمة في منطقة اللقمة كسراً في رأس وعنق اللقمة في الجهة ذاتها.

الكلمات الدلالية :

نموذج ثلاثي الأبعاد - تحليل العناصر المنتهية - كسور الفك السفلي - إجهادات الشد - إجهادات الضغط

Abstract

Introduction:

Oral–maxillofacial fractures could be considered one of the most common cases seen by the oral–maxillofacial surgeons. Mandibular fractures come in second place in terms of the frequency of these fractures. In such cases accurate diagnosis must be made as it paves the way for compiling a proper treatment plan. In addition to diagnosis, the treatment plan should be based on in–depth knowledge of the mandibular bone biomechanical reaction towards fractures causes. Finite Element method is a very convenient and useful method to study a complex structure such as the mandible. Experimental methods have sometimes limited opportunities to investigate bones with complex morphology but Finite Element Analysis can be successfully used to address these limitations.

Aim of study:

Study of the effect external traumatic forces effect on the mechanism of mandibular fractures, and the investigation of the relation between the location of the impact and the fracture location.

Materials and methods :

Three–dimensional Finite Element model of the mandible was built derived from a CBCT and it was subjected to different horizontally and vertically external forces that cause mandible fracture applied in several regions namely; the angle–the body–the parasymphysis–the symphysis– the condyle.

Results:

Results showed different distribution of Von-Mises and maximum principal stress in mandibular bone. The regions that exceeded Yield stress of the bone were recorded and both positive and negative values of the maximum principal stress were documented.

Conclusions:

Horizontal impact on the angle causes its fracture and ramus fracture while the vertical impact results in subcondyle and condyle neck fractures.

Horizontal impact on the mandibular body causes its fracture, condyle neck fracture in addition to parasymphysis fracture in the opposite side, whereas vertical impact causes ramus fracture.

Horizontal impact on the symphysis and parasymphysis apart cause their fracture beside both condyle neck fractures, vertical impact on parasymphysis results in condyle neck fracture in the same side whereas vertical impact in symphysis causes both condyle neck fractures.

Direct impact on condyle region causes condyle head and neck fractures.

key words:

Three dimensional model– Finite Element Analysis – mandibular fractures – tensile stress – compressive stress .