



یا حق

علوم و تحقیقات-دانشکده علوم و فناوری های پزشکی

استاد فخاری راد(بیومکانیک سیستم های اسکلتی)



گردآورنده:علی زائری

نیمسال 404-405

تحلیل نیروهای عضلانی و اثرات آن بر تنش های استخوان فمور (RSM) Method





تحلیل نیروهای عضلانی و اثرات آن بر تنش های استخوان فمور

(RSM) Method

چکیده مطالب و دلیل بررسی

یکی از اهداف اصلی این مقاله تشخیص تنش های وارده بر استخوان های مختلفی از جمله فمور است

مدل سازی FEM و متد RSM از جمله موارد برجسته مقاله میباشد

★ ارائه روش های بهینه و کارآمد برای بررسی عضلات و استخوان ها

★ دلیل بررسی این موضوع و اهمیت آن

★ اثبات سبک و بهبود وضعیت بیماران





معرفی و مقدمه.....1.2/

استخوان فمور.....4/

اهمیت روش و آراس ام.....5.6/

تحلیل و داده.....7.11/

جمع بندی محتوا.....12.15/

جمع بندی ارائه.....16/

منابع.....17/



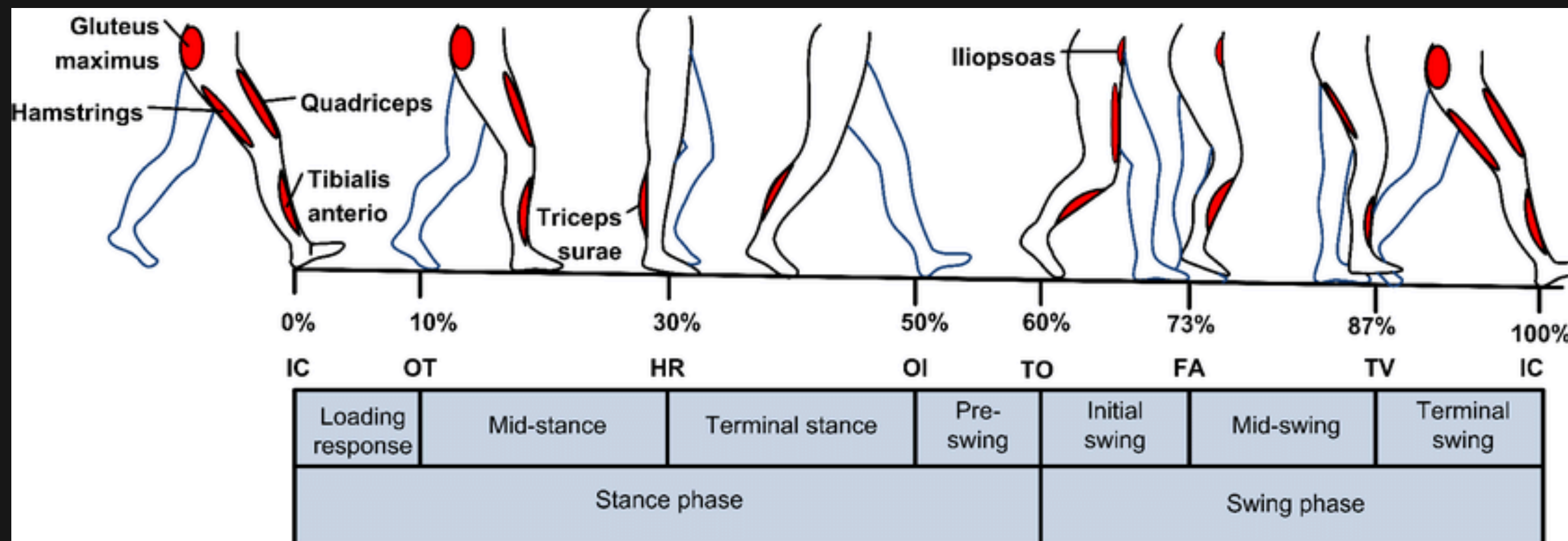
استخوان فمور

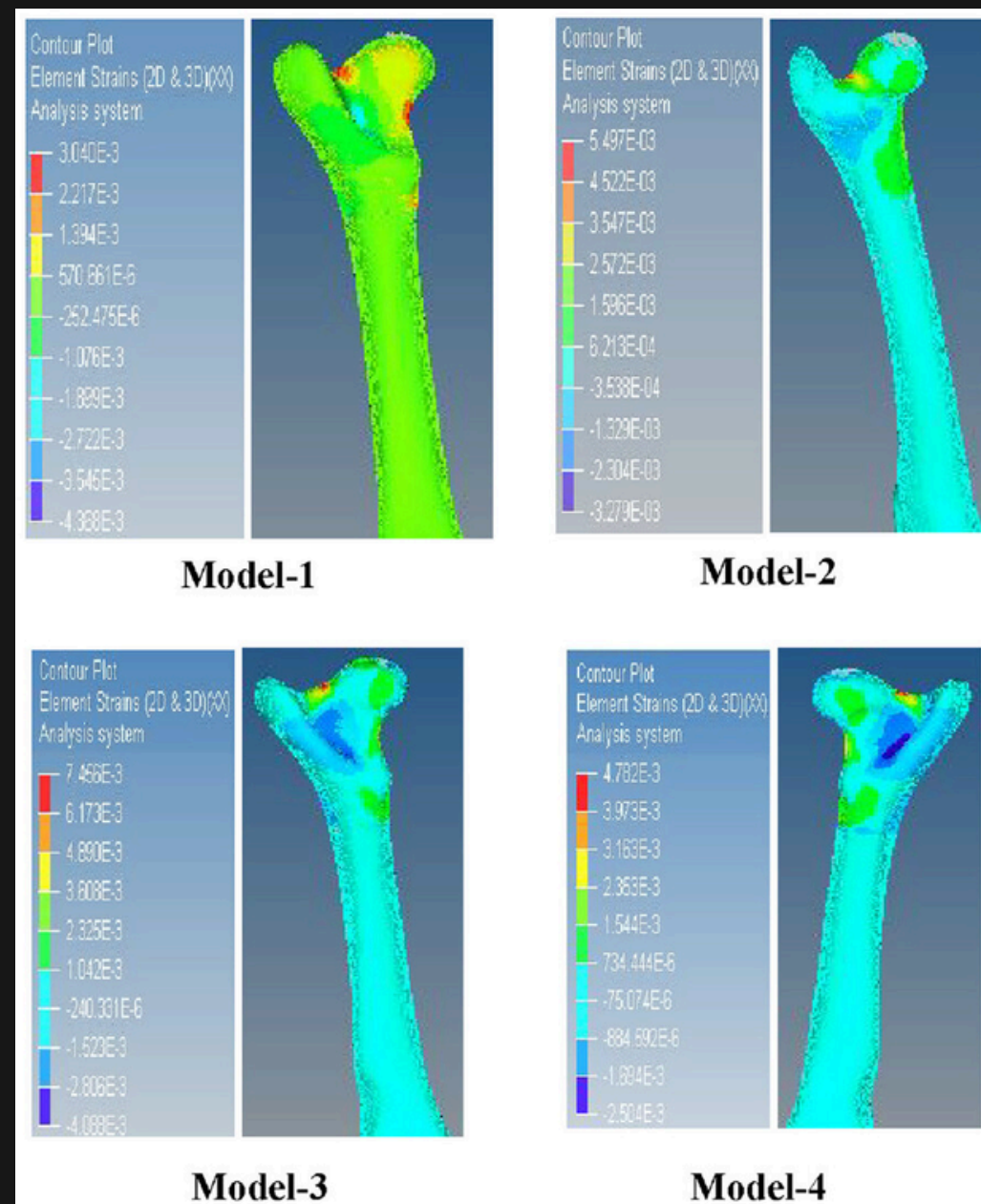
دلایل اهمیت

تاریخچه این سبک مطالعات

اهمیت استخوان فمور در بدن

شکستگی های متعدد استخوان فمور





اهمیت روش RSM

مسئله اصلی در روش های سنتی /1

- عدم قطعیت فراوان
- تغییرات هندسی
- خواص ماده
- شرایط بارگذاری

محدویت روش های مرسوم /2

- هزینه محاسباتی بالا
- پیچیدگی زیاد
- زمان بر بودن

• مونت کارلو

• تاگوچی

• شبکه عصبی مصنوعی

غیر قابل اندازه گیری بودن بسیاری از متغیرها

This is it! The moment to introduce the campaign. Here, you set the tone for the entire brief. Offering your team a brief history of the campaign's background and establishing clear objectives based on what the client aims to achieve is crucial.



نمونه روش ها

● FEM + مونتاژ کارلو ● ● RSM+Fem ●

تحلیل احتمالاتی ایمپلنت مفصل ران
ترکیب FEM + مونتاژ کارلو
نتیجه:

✓ تعداد شبیه سازی ها و انتخاب دقیق
پارامترها، کلید دستیابی به نتایج معتبر است.

بررسی سیستم پلاک تثبیت کننده استخوان
با استفاده از روش تاگوچی
نتیجه:

✓ جنس ماده مهم ترین عامل است
✗ نوع پیچ و دانسیته استخوان کمتر مهم هستند

جنس ماده پروتز مهم ترین پارامتر است
طول ساق پروتز روی میکروموشن اثر زیادی دارد
پارامترهای هندسی نقش اساسی دارند



$$\tilde{g}(x) = a + \sum b_i x_i + \sum c_i x_i^2$$

a = پایه ثابت (مثل وزن خود استخوان)

b_i = اثر مستقیم هر عضله

c_i = اثر تعاملی عضلات با هم

● ترکیب تئوری و عملی

Table 1. Muscular Forces on the Femur and Its Standard Deviation.

Muscles used in work	Average force (N)	Standard deviation $\pm$
1. Hip joint	2262.372	500
2. Vastus intermedius	62.949	50
3. Vastus lateralis	365.088	100
4. Biceps femoris caput brevis	91.936	50
5. Gluteus maximus	131.226	100
6. Ileo-Psoas	174.102	100
7. Gastrocnemius lateralis	385.367	100
8. Piriformis	102.782	100
9. Gluteus medius	305.984	100
10. Gluteus minimus	284.24	100

عضلات مورد استفاده در کار	میانگین نیرو (نیوتن)	$\pm$ انحراف معیار
1. نیروی مفصل ران	2262.372	500
2. عضله واسطیوس (Vastus intermedius)	62.949	50
3. عضله پهن جانبی (Vastus lateralis)	365.088	100
4. عضله دوسر رانی (Biceps femoris caput brevis)	91.936	50
5. عضله گلوتهئوس ماکسیموس	131.226	100
6. عضله ایلیوپسواس	174.102	100
7. عضله گاستروکنمیوس جانبی	385.367	100
8. عضله پیریفورمیس	102.782	100
9. عضله گلوتهئوس مدیوس	305.984	100
10. عضله گلوتهئوس مینیموس	284.24	100

جدول نیرو های وارده بر استخوان فمور





تولید داده‌های لازم برای RSM

→ برای ۱۰ نیروی عضلانی ✓
باید حداقل ۱۶۰ مجموعه داده تصادفی تولید شود.
این داده‌ها باید از «توزیع نرمال» باشند:
میانگین‌ها = مقادیر گزارش شده توسط Taylor
انحراف معیار = $50 \pm$ ، $100 \pm$ یا $500 \pm$ نیوتن
(بسته به بزرگی نیرو)

سپس 160 بار شبیه سازی FEM در آباکوس

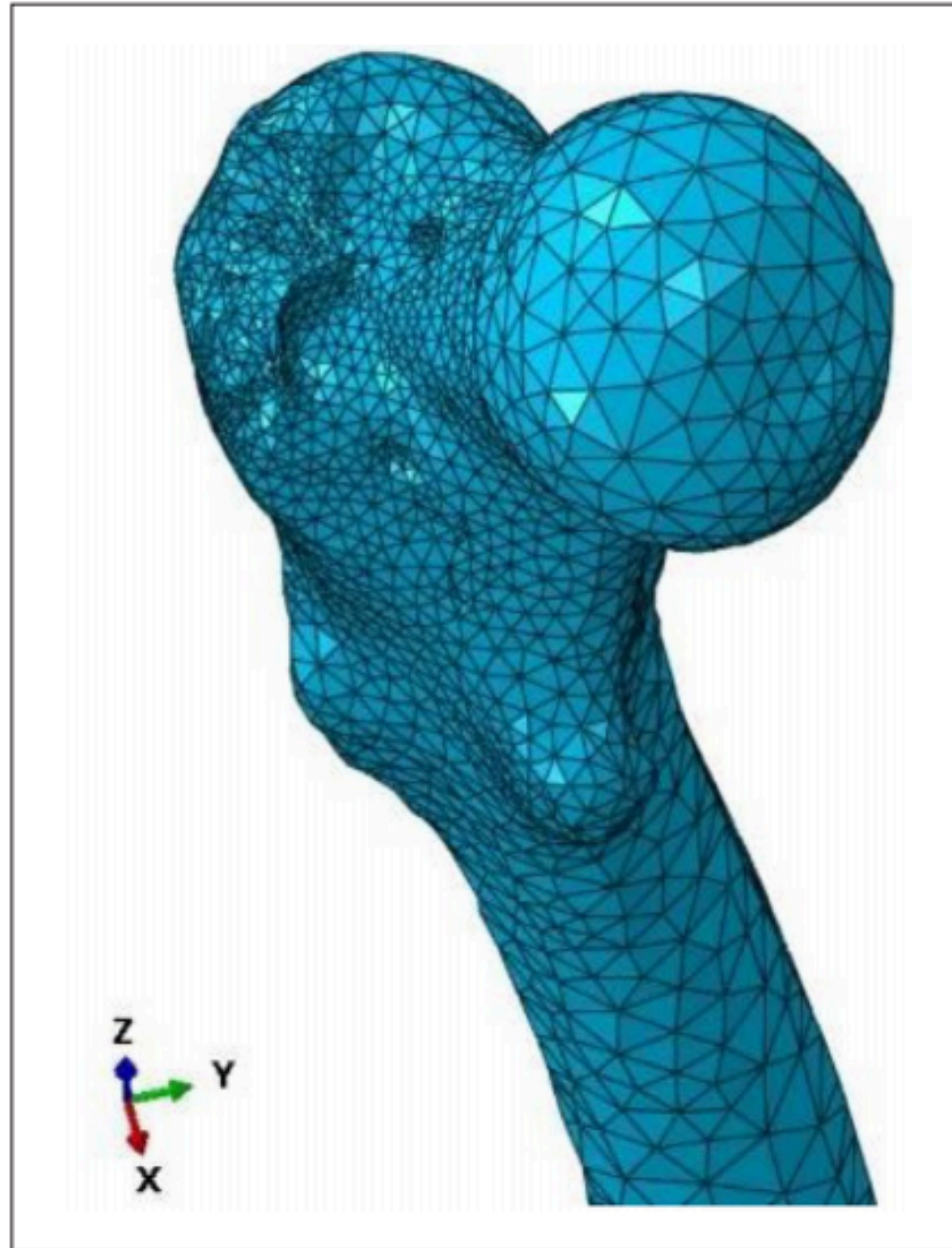


Figure 2. A view of the meshing of the bone structure.

تحلیل اجزا

ABAQUS

موضوع اصلی:
تنش

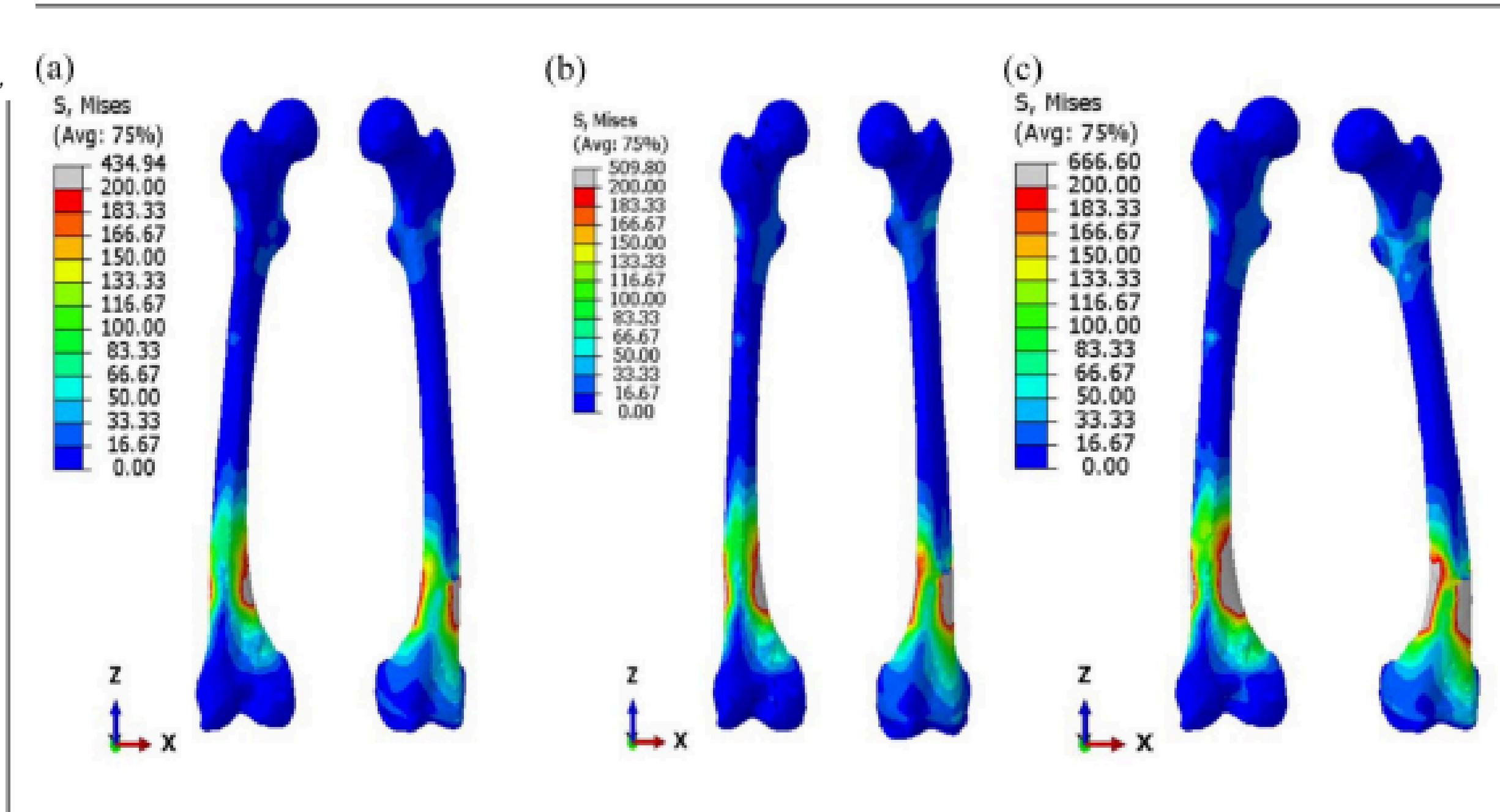


Figure 3. Stress contours of the femoral bone for 3 different loading conditions: (a) HJ: 790 N, Gme: 311 N, Gmi: 260 N, (b) HJ: 2247 N, Gme: 180 N, Gmi: 365 N, and (c) HJ: 2811 N, Gme: 468 N, Gmi: 374 N.

نیروی مفصل ران کمینه (790N) نیروی مفصل ران نزدیک میانگین (2267N) نیروی مفصل ران ماکزیمم (2811N)
 رنگ‌های غالب: آبی و سبز ● ظهور رنگ‌های نارنجی ● قرمز شدن نواحی بحرانی ●
 وضعیت: استخوان در شرایط ایمن وضعیت: استخوان تحت بار معمول وضعیت: استخوان در مرز خطر



دانشگاه تهران

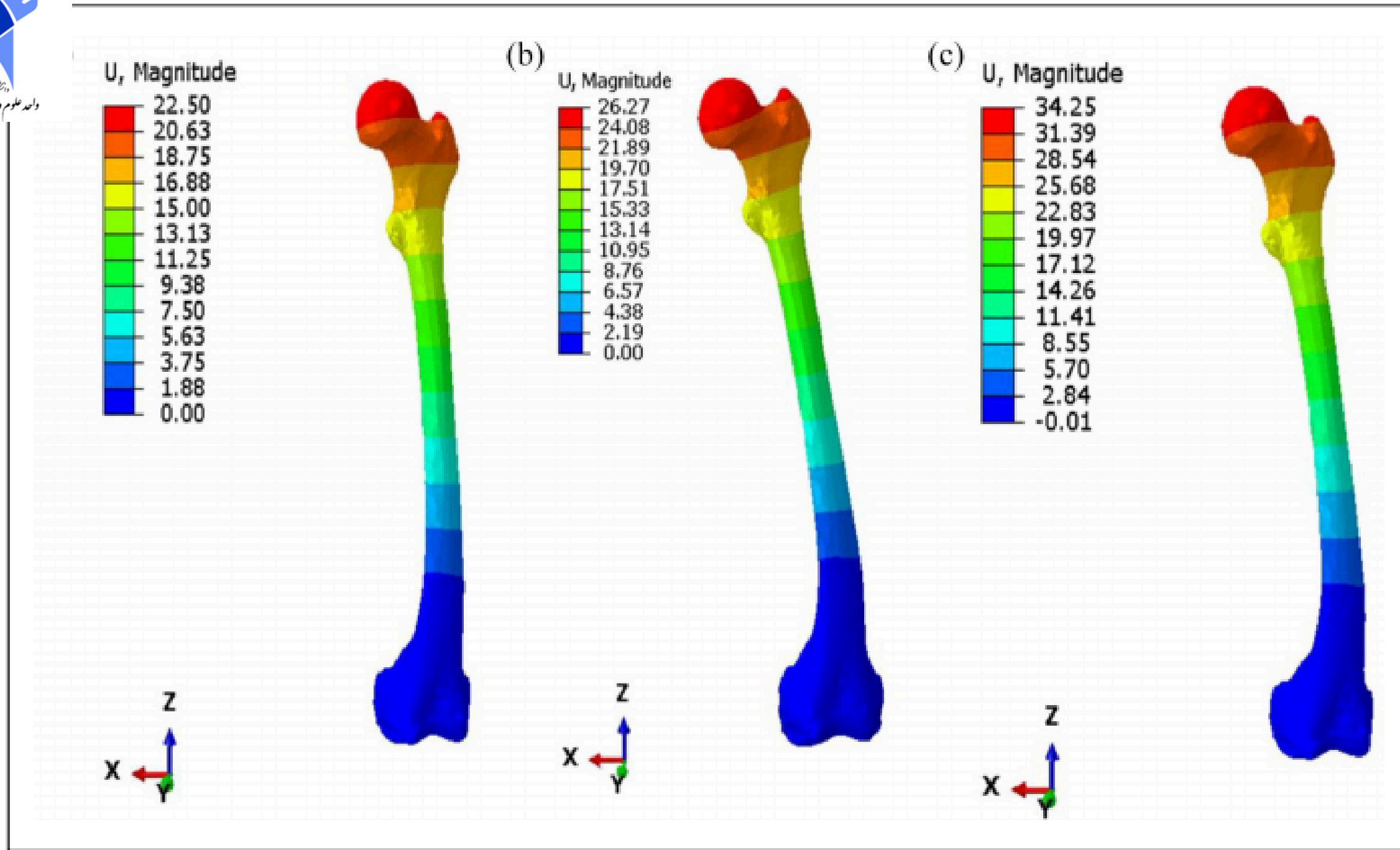


Figure 4. Deformation contours of the femoral bone for 3 different loading conditions: (a) HJ: 790 N, Gme: 311 N, Gmi: 260 N, (b) HJ: 2247 N, Gme: 180 N, Gmi: 365 N, and (c) HJ: 2811 N, Gme: 468 N, Gmi: 374 N.

حالت (a): بار سبک

رنگ غالب: آبی

تغییر شکل: کم

معنی: استخوان سفت و محکم میماند

حالت (b): بار متوسط

رنگ‌های: سبز و زرد

تغییر شکل: متوسط

معنی: استخوان انعطاف نشوون میدهد

حالت (c): بار سنگین

رنگ‌های: قرمز و نارنجی

تغییر شکل: زیاد

معنی: استخوان خم میشود

تحلیل اجزا

ABAQUS

موضوع اصلی:
تغییر شکل



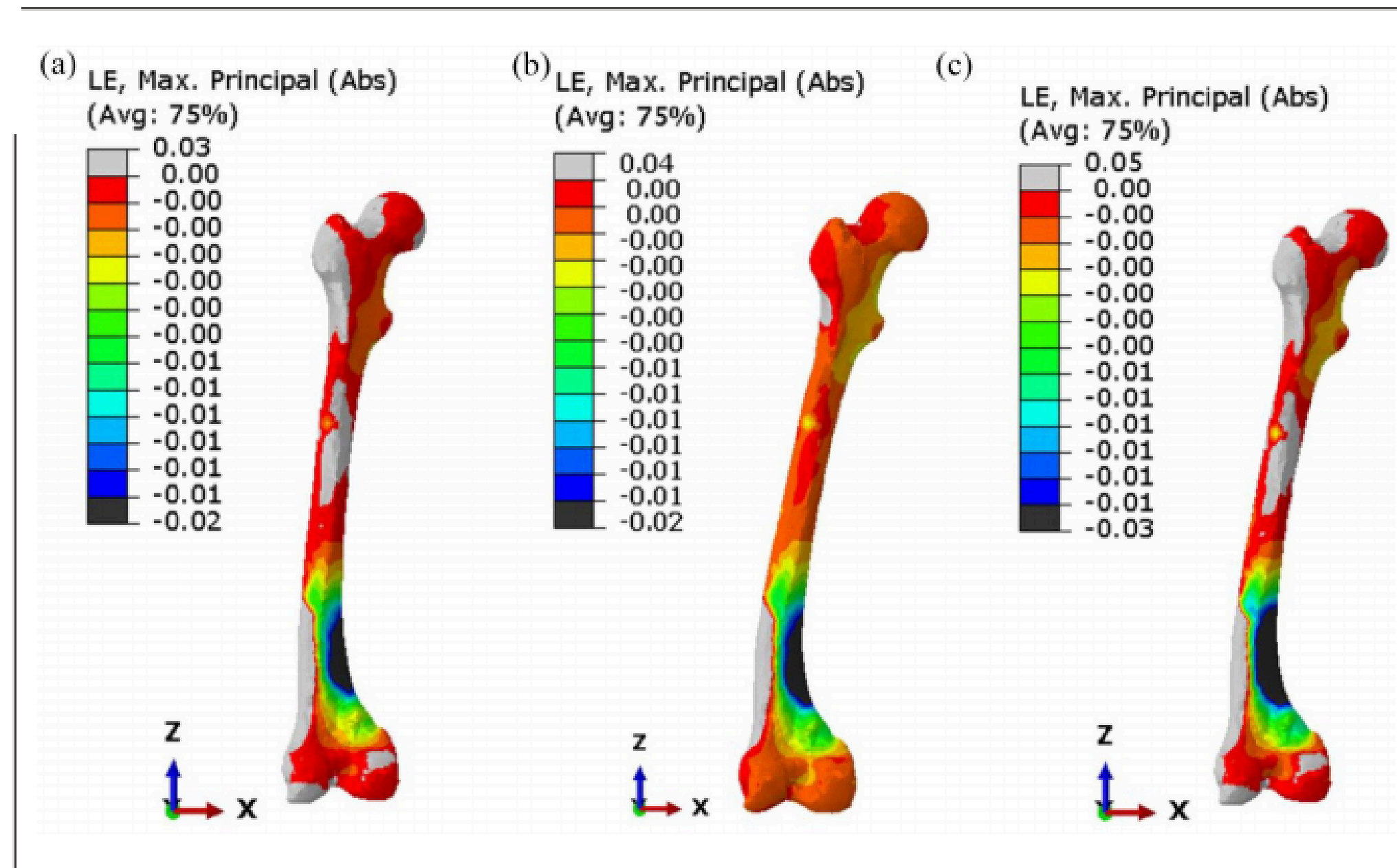


Figure 5. Strain countours of the femoral bone for 3 different loading conditions: (a) HJ: 790N, Gme: 311 N, Gmi: 260N, (b) HJ: 2247 N, Gme: 180N, Gmi: 365 N, and (c) HJ: 2811 N, Gme: 468 N, Gmi: 374N.

تحلیل اجزا

ABAQUS

موضوع اصلی:
کرنش

حالت (a): بار سبک

text

Hj: 790N

کرنش: کم

مناطق بحرانی: محدود به نقاط خاص

معنی: استخوان کم تغییر شکل میدهد

حالت (b): بار متوسط

text

Hj: 2247N

کرنش: متوسط

مناطق بحرانی: گسترده تر

معنی: استخوان منعطف عمل می‌کند

حالت (c): بار سنگین

text

Hj: 2811N

کرنش: زیاد

مناطق بحرانی: بسیار گسترده

معنی: استخوان زیاد تغییر شکل میدهد



جمع بندی تحلیل ها

موضوع	Figure 3	Figure 4	Figure 5
مفهوم	تنش (Stress)	تغییر شکل (Deformation)	کرنش (Strain)
واحد	فشار داخلی	جابجایی کلی	تغییر شکل نسبی
	(Pa) پاسکال	(m) متر	بدون بعد (بی بعد)

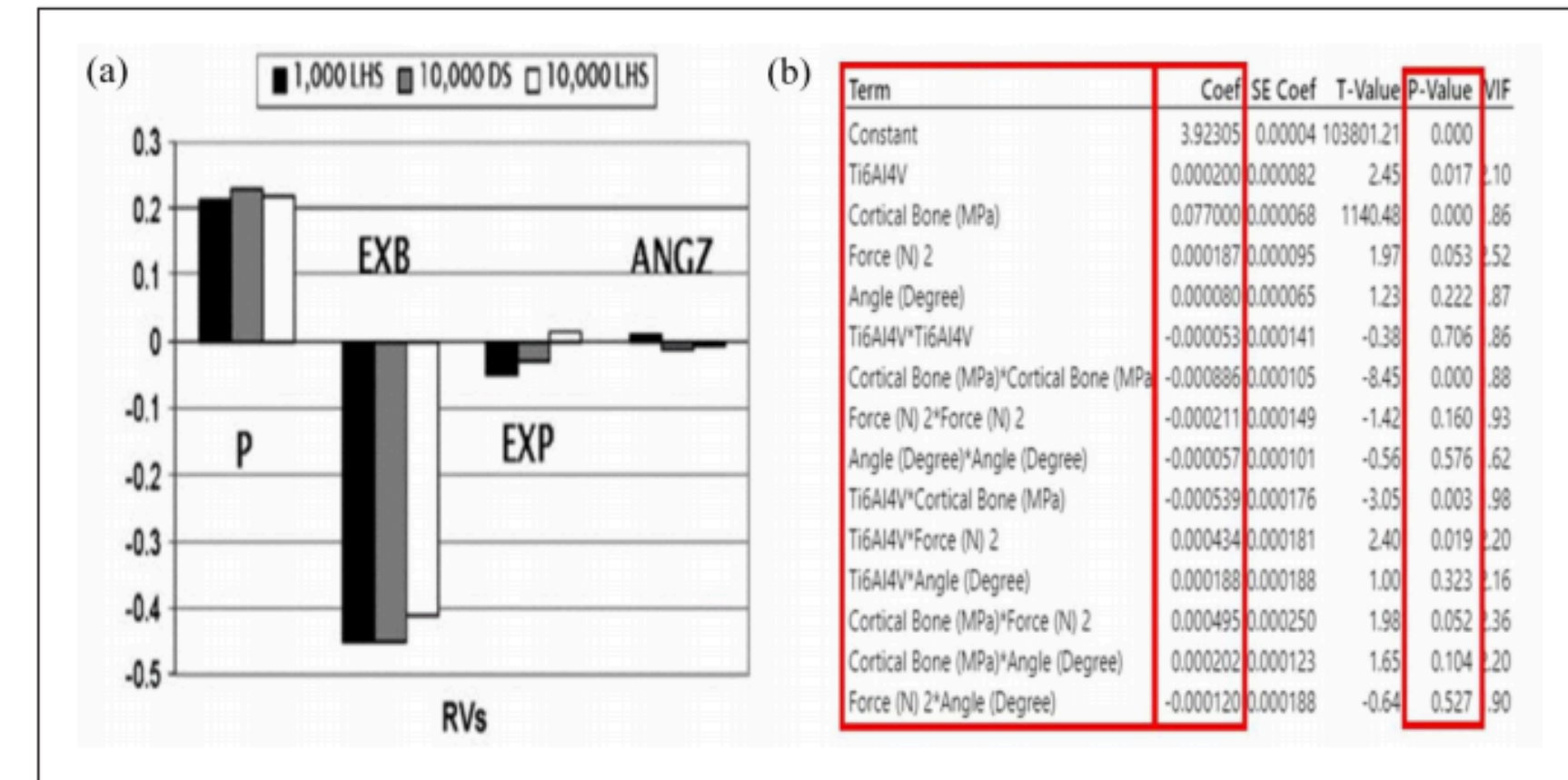


Figure 6. (a) Result of Reference¹² and (b) result of present work.

نکته اصلی آزمایش:

یکسان بودن شرایط آزمایش

- مدل سه بعدی فمور با ارتفاع 40 سانتی متر
- قطر 4 سانتی متر
- (براساس منبع ۲۱)
- نوع المان: C3D4 (المان تتراهدرال ۴ گره ای)
- سایز مش: 9 میلی متر ← بهترین حالت بعد از تست مش
- تعداد کل گره ها: 11,963
- تعداد کل المان ها: 56,389
- بر اساس مطالعه Hu و همکاران:
- مدول یانگ (E) = 13.7 GPa
- ضریب پواسون = 0.3





جمع بندی

یافته اول

- عضلات Biceps Femoris و Vastus Intermedius
- تأثیر بسیار کمی بر تنش دارند.
- دلیل:
- نیروی کم
- ناحیه اثر بزرگ
- ممان خمشی کم

✓ یافته دوم

تمام نیروهای دیگر، طبق مقدار $p\text{-value} < 0.05$ ، اثر معنادار دارند.
این یعنی:

- Hip Joint
- Gluteus Minimus
- Gluteus Medius
- Gluteus Maximus
- Piriformis
- Sartorius
- Vastus Lateralis
- Gastrocnemius
- همگی اثر مستقیم و مهم بر تنش وارد شده به فمور دارند.

✓ یافته چهارم – دومین عامل اثر = 66.6

علت:

این عضله در بخش فوقانی و جانبی فمور است،
و ممان خمشی بالایی تولید می‌کند.

✓ یافته سوم – مهم‌ترین عامل بزرگ‌ترین ضریب اثر 210.97

- یعنی نیروی مفصل ران بیشترین اثر بر تنش استخوان دارد.
- این نیرو تقریباً ۴ برابر دومین عامل است.

علت:

نیروی مفصل ران بسیار بزرگ‌تر از نیروهای عضلانی است و وزن بدن را حمل می‌کند.





جمع بندی

✓ یافته هفتم

ضرایب اثر:

Gastrocnemius = 57.5

Vastus Lateralis = 64.8

گاستروکنمیوس، چون نزدیک تکیه‌گاه (زانو) است

→ ممان خمشی کم

→ اثر متوسط

Vastus Lateralis سطح تماس بزرگ دارد

→ توزیع نیرو بهتر

→ تنش کمتر

✓ یافته پنجم – سومین عامل

اثر = 47.34

• این عضله هم در بخش پروگزیمال قرار دارد و باعث ایجاد تنش‌های قابل توجه می‌شود.

✓ یافته ششم

ضرایب اثر:

Piriformis = 31.68

Sartorius = 20.61

• این‌ها عضلات کوچک با سطح تماس کم هستند

• → پس نیروی آن‌ها روی سطح کوچک وارد می‌شود

• → تنش موضعی بالا می‌رود.

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	476.33	2.01	237.41	0.000	
Biceps Femoris	-1.51	2.19	-0.69	0.490	1.03
Gastrocnemius Lateralis	5.57	2.62	2.12	0.035	1.10
Gluteus Maximus	14.77	2.25	6.56	0.000	1.05
Gluteus Medius	34.47	2.42	14.24	0.000	1.05
Gluteus Minimus	66.60	2.95	22.60	0.000	1.05
Hip Joint	210.97	2.83	74.57	0.000	1.05
Ileo-Psoas	20.61	2.24	9.19	0.000	1.04
Piriformis	31.68	2.64	12.00	0.000	1.07
Vastus Intermedius	1.39	2.19	0.63	0.528	1.05
Vastus Lateralis	8.64	2.71	3.19	0.002	1.03

بندی

نمایش چگونگی تغییر تنش

استخوان وقتی:

نیروی مفصل ران افزایش/کاهش

می یابد

گلوتهوس مینیموس تغییر می کند

گلوتهوس مدیوس تغییر می کند

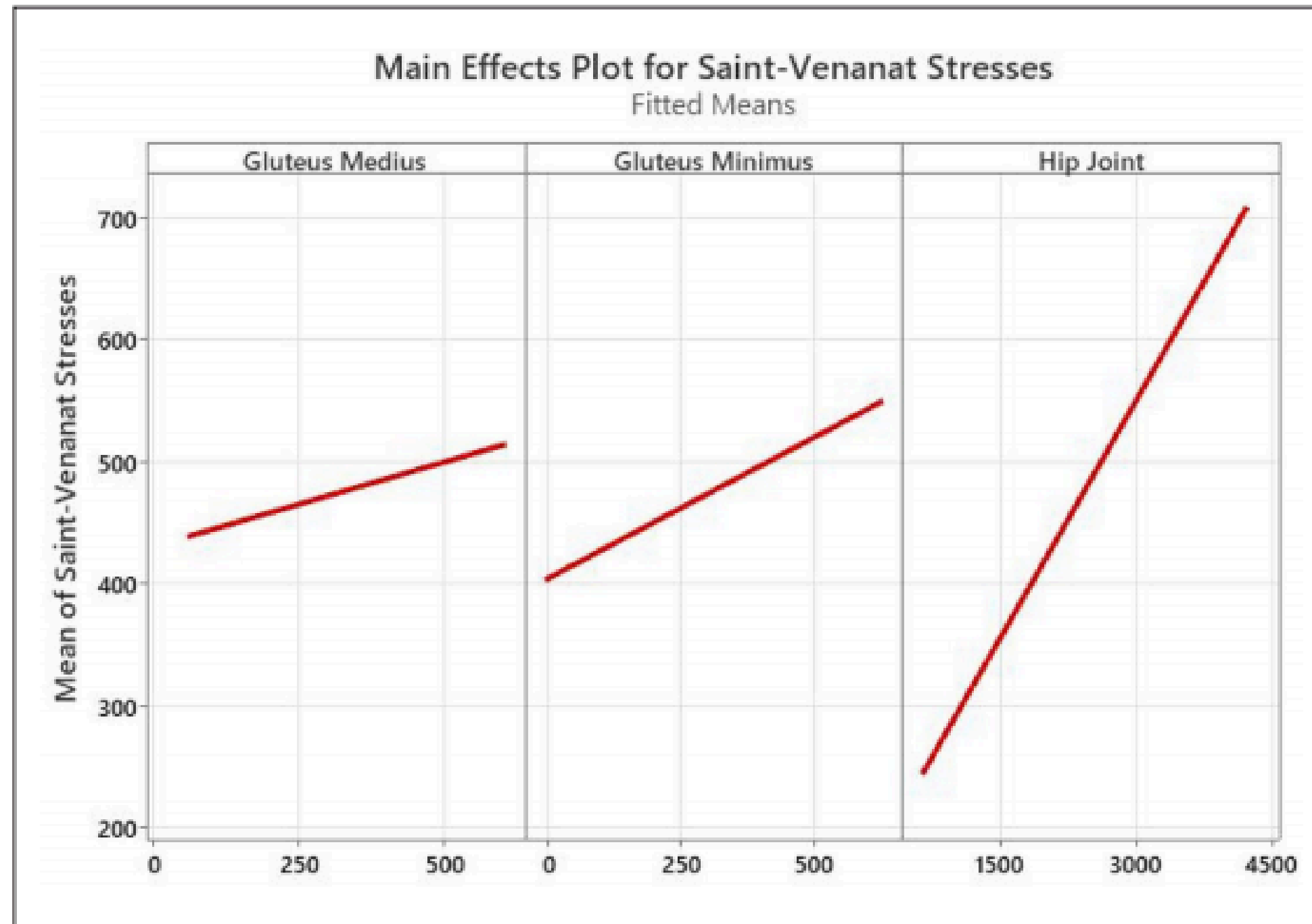


Figure 9. The effect of the 3 factors with the greatest effect on the stress on the bone.



• جمع بندی •

نقاط ضعف مقاله !

نقاط قوت مقاله ★

⚠️ نیامدن نیروهای کوچک تر عضلانی 1.

✓ FEM + RSM استفاده همزمان از 1.

⚠️ فرض «ایزوتروپیک بودن» استخوان 2.

✓ انتخاب منطقی و علمی ۱۰ نیروی عضلانی 2.

⚠️ استفاده نشده CT مدل فمور واقعی از 3.

✓ FEM انجام ۱۶۰ شبیه سازی 3.

⚠️ وزن بدن در حالت تک فاز بررسی شده 4.

✓ کاربرد پزشکی مستقیم 4.

✓ SAGE انتشار در ژورنال معتبر

✓ تازه بودن مقاله (سال 2025)

✓ K. N. Toosi نویسندگان از دانشگاه

✓ پشتیبانی مالی

اعتبارسنجی، گرنت مالی، سطح علمی

✓ (Validation) اعتبارسنجی

به روش مقایسه



منابع:

Analysis of Muscle Forces and Their Impact on Femoral Bone Stresses Using Response Surface Methodology (RSM)

DOI: 10.1177/11795972251351766

DOI: 10.1177/11795972251351766 DOI: 10.1177/11795972251351766

Original Research

Analysis of Muscle Forces and Their Impact on Femoral Bone Stresses Using Response Surface Methodology (RSM)

Biomedical Engineering and Computational Biology
Volume 16: 1–10
© The Author(s) 2025
Article reuse guidelines:
sagepub.com/journals-permissions
DOI: 10.1177/11795972251351766
journals.sagepub.com/home/his

S Sage

THANK YOU

ممنون از نگاهتون

علوم و تحقیقات-دانشکده علوم و فناوری های پزشکی

استاد فخاری راد(بیومکانیک سیستم های اسکلتی)



گردآورنده:علی زائری

نیمسال 404-405

