Բժշկական գիտությունների դոկտորի գիտական աստիճանի հայցման

Ատենախոսություն

Թեմա՝ Բերանի խոռոչի ռեաբիլիտացիայի ընթացքում կիրառվող տարբեր կենսանյութերի վարքագծի համակարգչային հետազոտություն

ՀԱՅՑՈՐԴ՝
ՀԵԲՈՅԱՆ

ստոմատոլոգիայի

ԱՐՏԱԿ ԳԱԳԻԿԻ

ԵՊԲՀ օրթոպեդիկ

ամբիոնի դոցենտ

ԳԻՏԱԿԱՆ ԽՈՐՀՐԴԱՏՈՒ՝

բ.գ.դ., պրոֆեսոր ՄԱՐԻՆԱ ՄԻՏՈՒՇԻ ՄԱՐԳԱՐՅԱՆ
ԵՊԲՀ թերապևտիկ ստոմատոլոգիայի

ամբիոնի պրոֆեսոր

Արդիականություն

- Անհրաժեշտ կենսամեխանիկական, կենսաբանական և էսթետիկական հատկություններով կենսանյութերի ընտրություն
- Ստոմատոլոգիական նյութերի և օրթոպեդիկ կոնստրուկցիաների գնահատում ժամանակակից համակարգչային մեթոդներով
- Կլինիկական դեպքին համապատասխան ռեստավրացիոն և պրոթեզավորման նյութի ընտրություն
- Վիրաբուժական և օրթոպեդիկ բուժման պլանների փոխկապակցված օպտիմալացում
- Պրոթեզի կառուցվածքի և դիզայնի անհատականացում

Վնհատականացված բուժման պլանի կլինիկական նշանակությունը

- Բարդությունների ռիսկի նվազեցում
- Բուժման արդյունավետության և բուժառուի հարմարավետության բարձրացում
- Օրթոպեդիկ կոնստրուկցիայի ֆունկցիոնալ և էսթետիկ երկարակեցություն

Գիտական թեմայի նորույթը

- Առաջին անգամ համակարգչային մոդելավորման միջոցով իրականացվել է օրթոպեդիկ վերականգնման համար կիրառվող տարբեր կենսանյութերի վարքագծի համապարփակ վերլուծություն, որի հիման վրա մշակվել է նոր աստիճանակարգված կարծրությամբ իմպլանտահեն ամբողջական աղեղային հիմնակմախք:
- Գնահատվել է տարբեր ստոմատոլոգիական կենսանյութերի կենսահամատեղելիությունն ու տոքսիկությունը սիմուլացված պայմաններում:
- Գնահատվել է տարբեր նյութերից պատրաստված սուպերստրուկտուրաների բնութագրերն ու վարքագիծը սիմուլացված տարբեր ծանրաբեռնվածության պայմաններում:
- Գնահատվել են իմպլանտների և հարիմպլանտային ոսկրային հյուսվածքում լարվածության բաշխման բնույթը՝ պայմանավորված կիրառվող օրթոպեդիկ կենսանյութի տեսակով:
- Գնահատվել է լարվածության բաշխումը հարիմպլանտային հյուսվածքների վրա սիմուլացված պայմաններում՝ վիրաբուժական հատուկ տեխնիկայի կիրառման դեպքում:

Հետազոտության նպատակն է.

Գնահատել բերանի խոռոչի ռեաբիլիտացիայի ընթացքում կիրառվող տարբեր կենսանյութերի վարքագիծը համակարգչային մոդելավորման միջոցով:



Հետազոտության խնդիրներն են.

- 1. Գնահատել պոլիմերային հիմքով տարբեր ստոմատոլոգիական կենսանյութերի **կենսահամատեղելիության ու տոքսիկության** բնութագրերը համակարգչային մոդելավորման միջոցով:
- 2. Գնահատել և համեմատել տարբեր պրոթեզային **սուպերստրուկտուրաներ** կրող ատամնային իմպլանտների **լարվածություն-դեֆորմացիա** բնութագիրը:
- 3. Հետազոտել **կարճ իմպլանտների** բիոմեխանիկական առանձնահատկությունները՝ պայմանավորված տրամագծով և պարույրի դիզայնով:
- 4. Վերլուծել **հարիմպլանտային** ոսկրային հյուսվածքում լարվածության բաշխման բնույթը՝ պայմանավորված տարբեր կենսանյութերից պատրաստված օրթոպեդիկ կոնստրուկցիաներով:
- 5. Համեմատել իմպլանտային հենարանի ազդեցությունը ստորին ծնոտի ծայրամասային դեֆեկտը վերականգնող մասնակի շարժական պրոթեզների վրա՝ գնահատելով տարբեր դիրքերում տեղադրված իմպլանտների վրա ծանրաբեռնվածության բաշխումը:
- 6. Գնահատել լարվածության բաշխումը և բիոմեխանիկական պատասխանը տարբեր հաստություններով արմատային ֆրագմենտների վրա՝ ատամնաբնի պաշտպանիչ (socket shield) վիրաբուժական տեխնիկայի կիրառման դեպքում:
- 7. Մշակել նոր իմպլանտահեն ամբողջական աղեղային հիմնակմախք, որը կարող է նվազեցնել իմպլանտ–ոսկր սահմանագծում լարվածության կուտակումը, բարելավել ծանրաբեռնվածության բաշխումը պրոթեզի ամբողջ երկայնքով և նվազեցնել բարդությունների հավանականությունը:

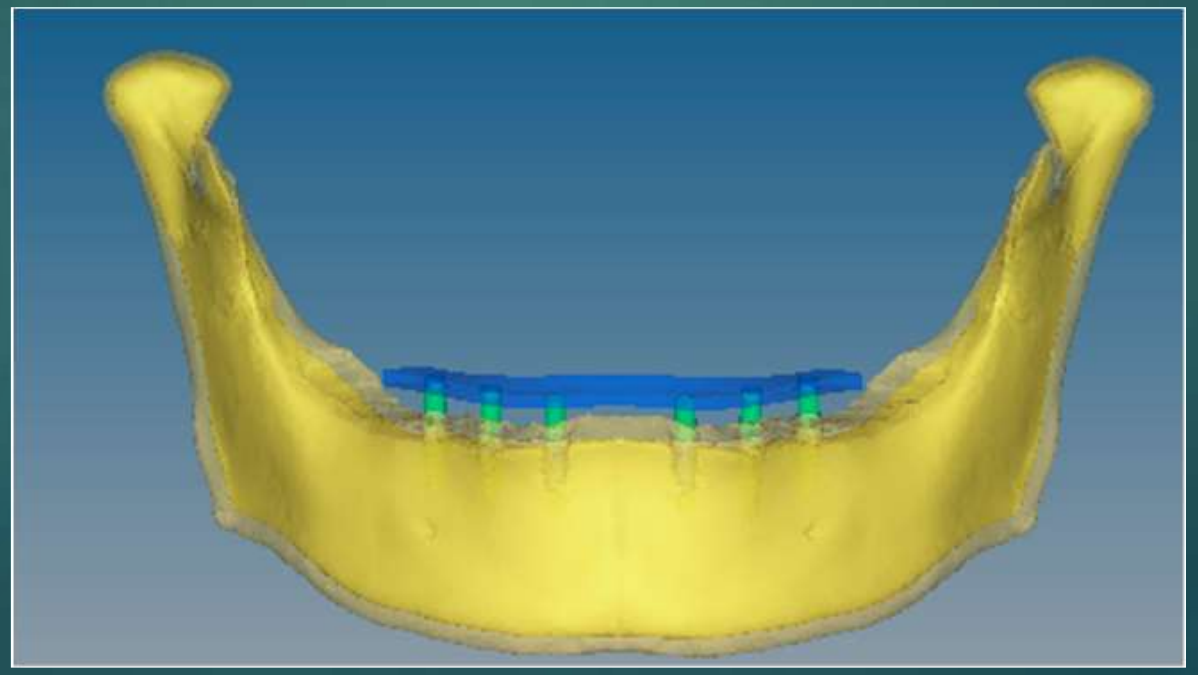
Հետազոտության մեթոդները

Ստոմատոլոգիական նյութերի կենսահամատեղելիության և տոքսիկության գնահատում

- Որպես թիրախ դիտարկվում են այն ռեցեպտորները, որոնք պատասխանատու են կիրառվող ստոմատոլոգիական նյութերի կենսահամատեղելիության համար
- Ռեցեպտորների 3D կառուցվածքը մոդելավորվում են համակարգչային ծրագրով
- Մոդելավորվում է ընտրված ստոմատոլոգիական նյութի 3D կառուցվածքը
- Համակարգչային եղանակով մոդելավորվում է ընտրված ստոմատոլոգիական նյութերի կապը ռեցեպտորների հետ
- Դինամիկայում գնահատվում է նյութերի վարքագիծը՝ սիմուլացված բերանի խոռոչի պայմաններում
- Համակարգչային ծրագրի միջոցով կանխատեսվում է տարբեր ստոմատոլոգիական նյութերի կամ դրանց բաղադրիչների տոքսիկության պոտենցիալը

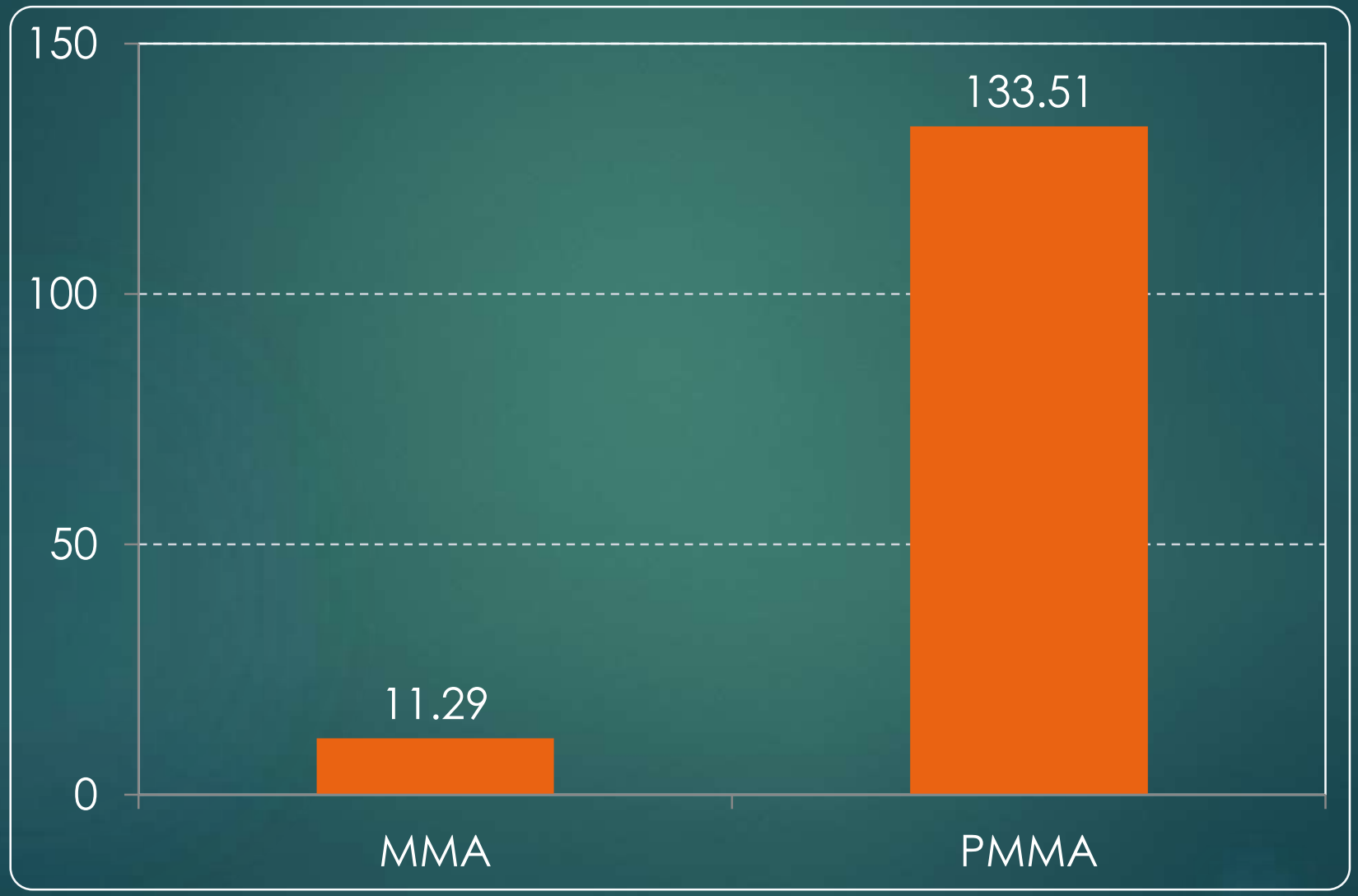
Ոսկրի, իմպլանտի և օրթոպեդիկ կոնտրուկցիայի վրա ընկնող լարվածության գնահատում

- Ծնոտի վիրտուալ երկրաչափական մոդելի ստացում
- Իմպլանտի, աբատմենտի, օրթոպեդիկ կոնստրուկցիայի վիրտուալ մոդելավորում
- 3D մոդելը բաժանվում է փոքր էլեմենտների՝ ցույց տալով թե ինչպես է ծանրաբեռնվածությունը տարածվում տարբեր հատվածներում

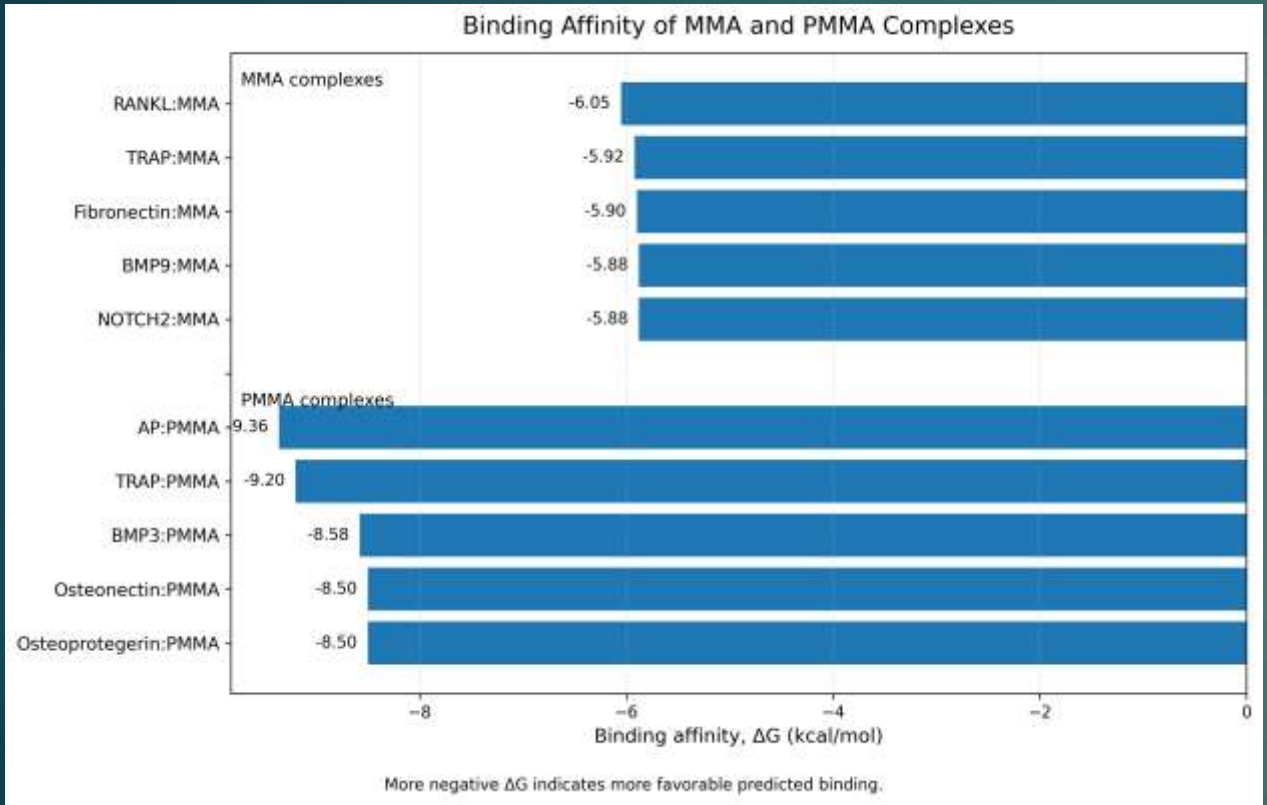


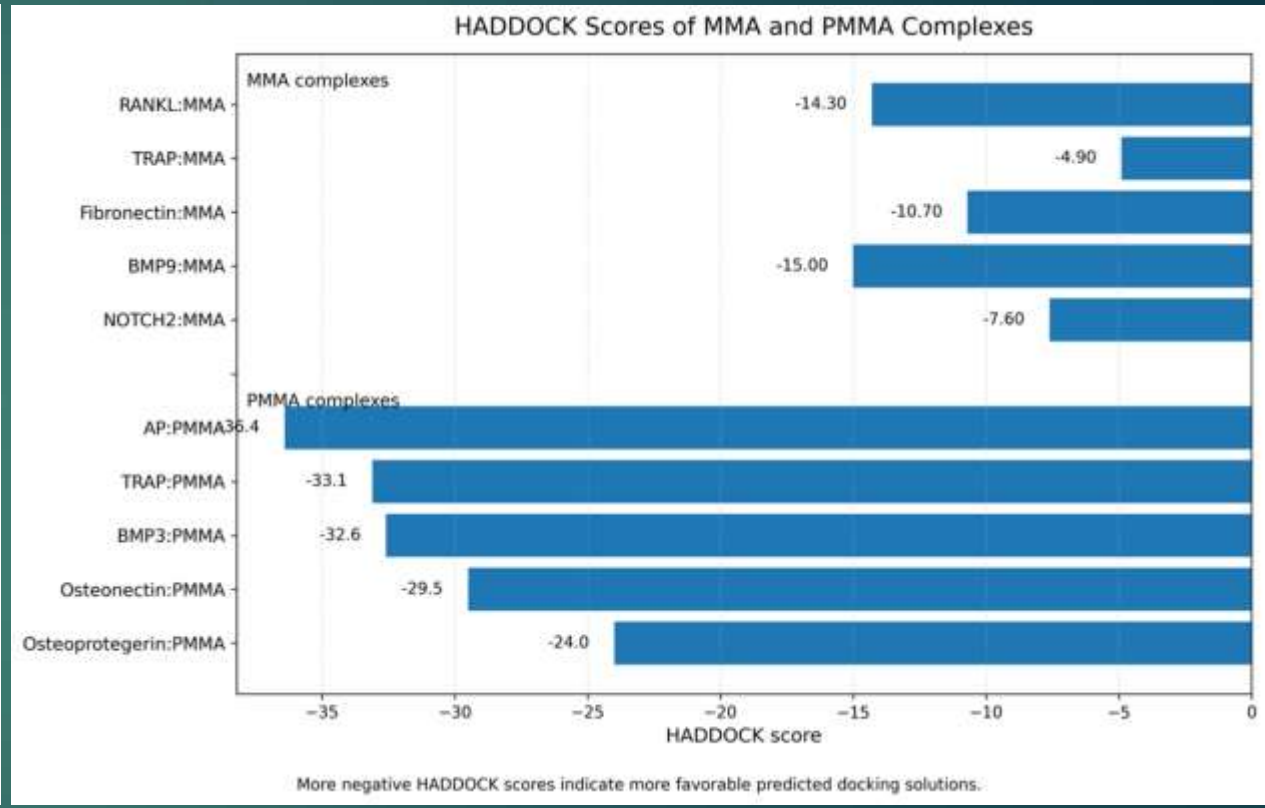
Հետազոտության արդյունքները

MMA և PMMA կառուցվածքների մինիմիզացիա

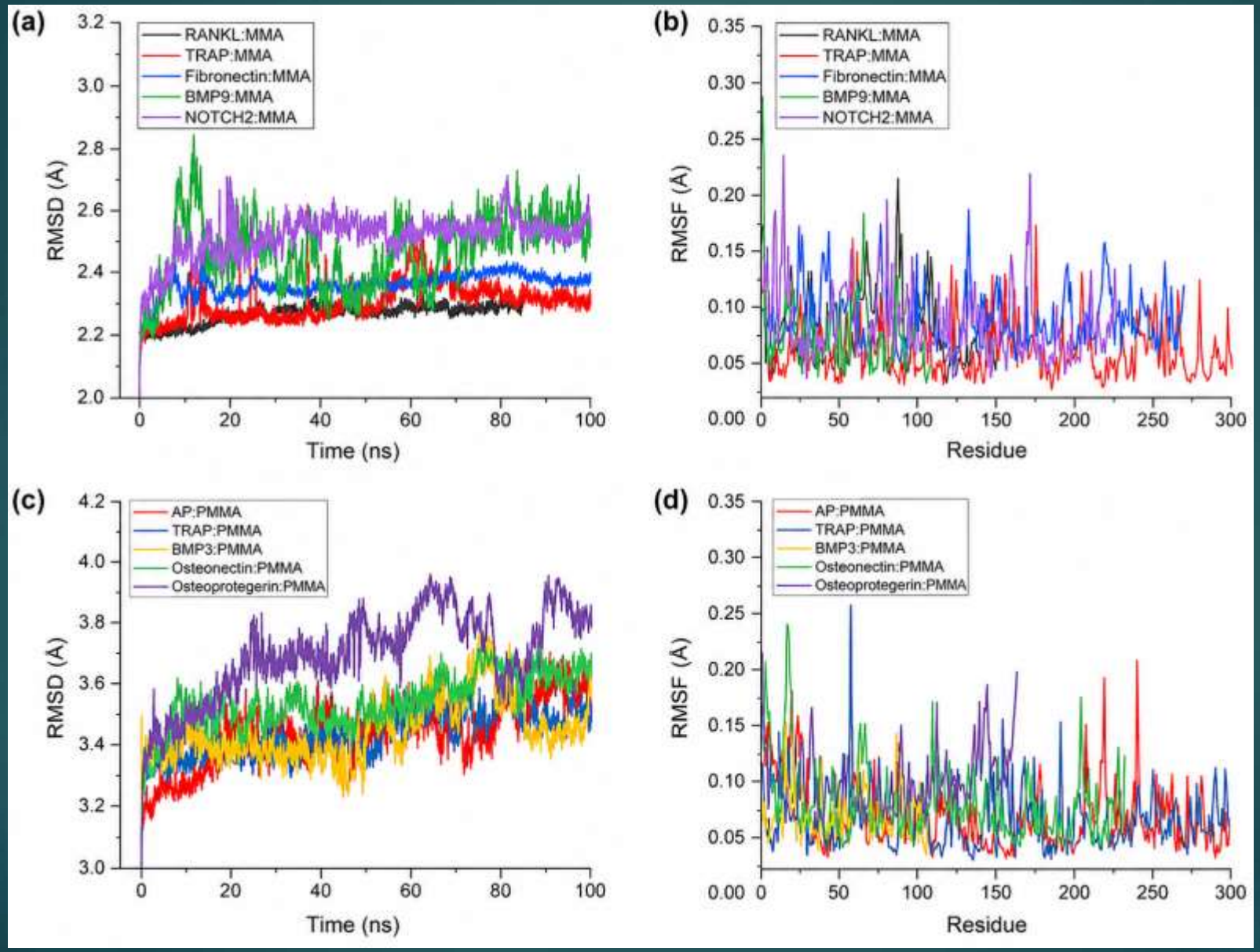


Մոլեկուլյար դոքինգ





Մոլեկուլյար դինամիկ սիմուլյացիա



MMA- և PMMA-ի տոքսիկության ցուցանիշները

Խումբ	MMA	PMMA
1. Թունավորություն	Բացակայում եմ մուտագեն, տոքսիկ, ուռուցքածին և գրգռող հատկությունները	
2. Ճարպալուծություն և ջրալուծություն	cLogP 0.443; cLogS −0.849	cLogP 5.322; cLogS −3.750
3. Մոլեկուլային մակերես	SASA 282.558	SASA 1420.455
4. Թաղանթային թափանցելիություն	Ավելի բարձր	Ավելի ցածր

Պարզ նշանակություն

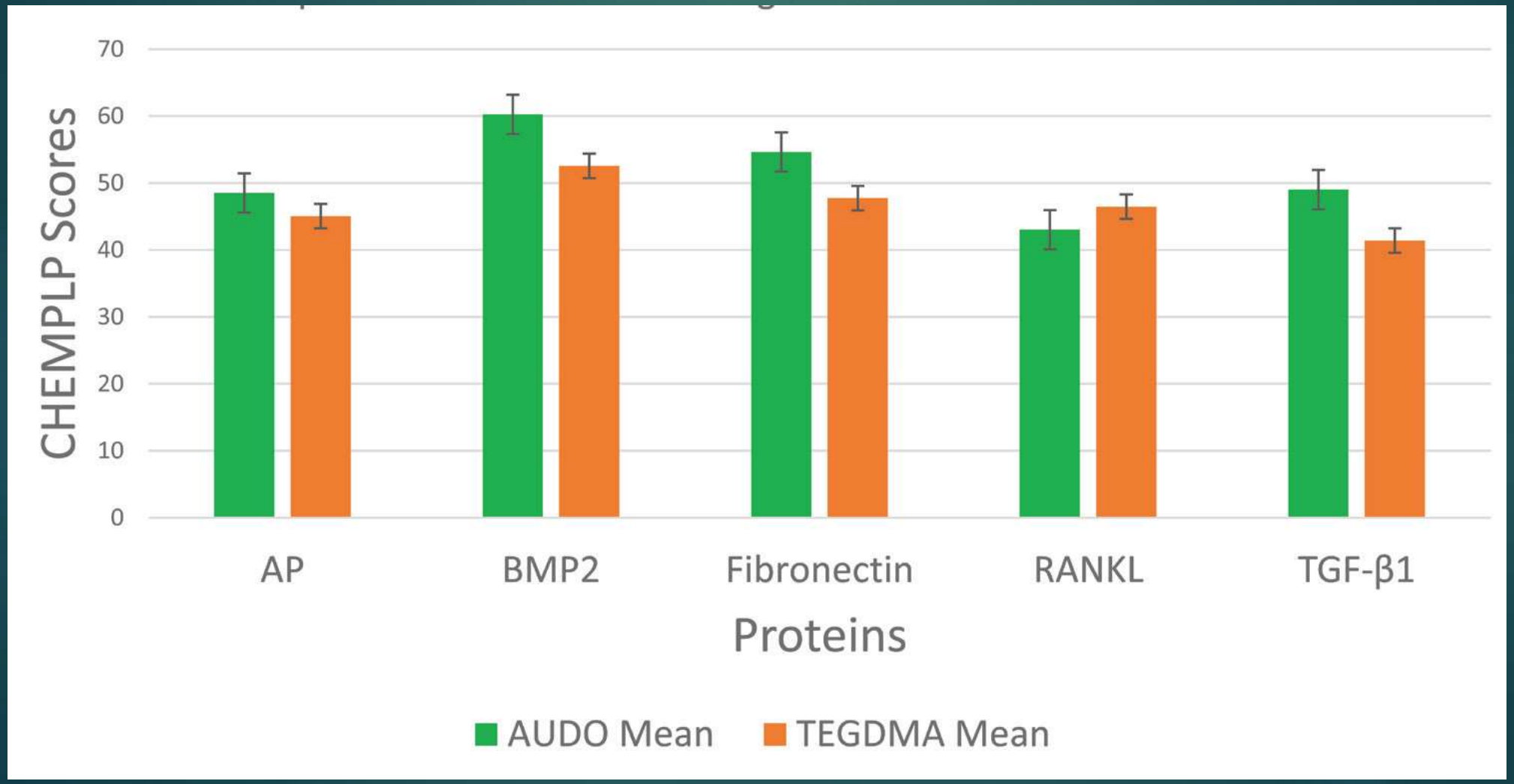
Երկու նյութերի համար էլ այս 4 տեսակի թունավոր ազդեցություն **չի կանխատեսվել**:

PMMA-ն ավելի ճարպալույծ է և ավելի քիչ է լուծվում ջրում:

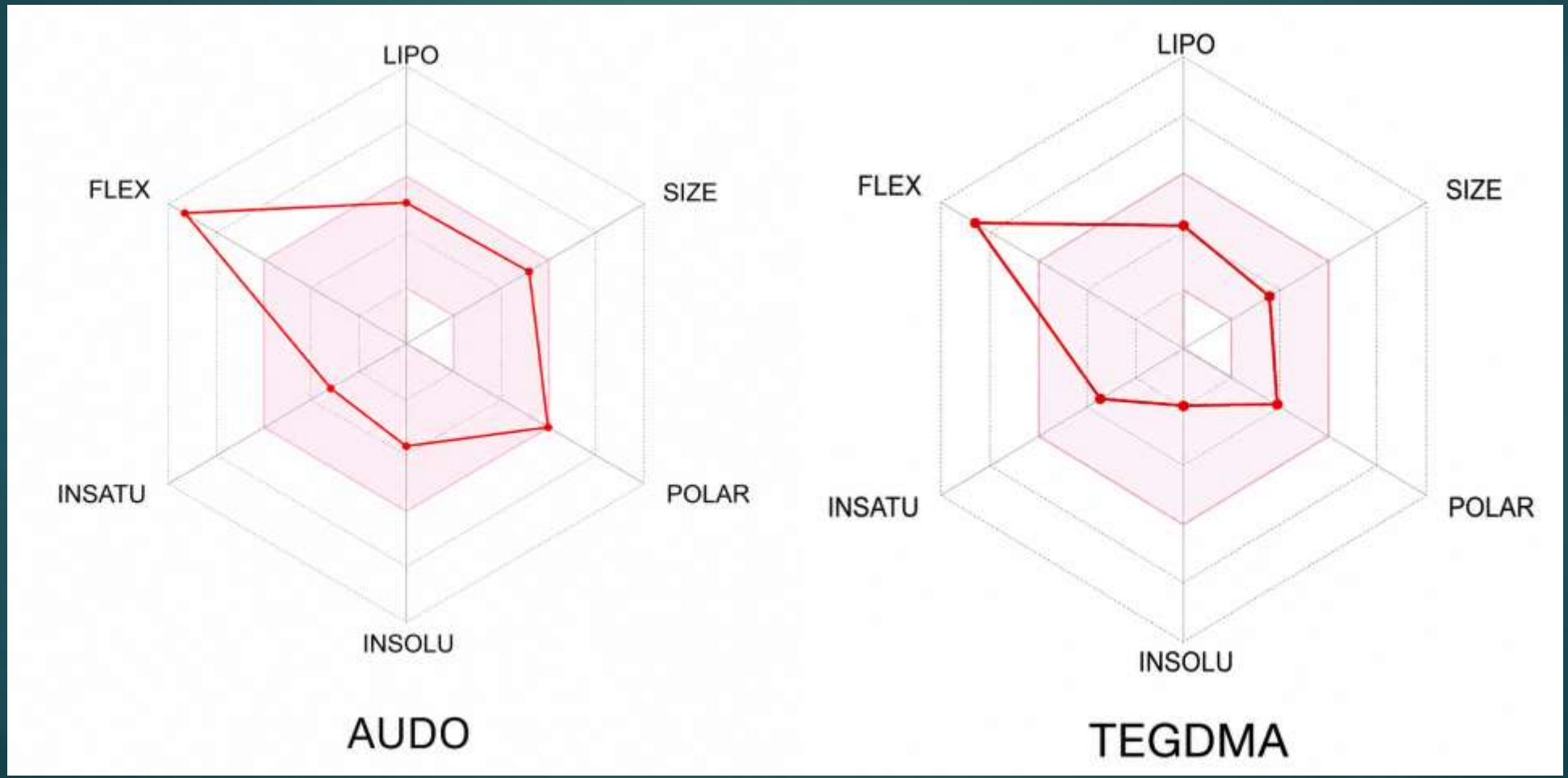
PMMA-ն ունի ավելի մեծ հասանելի մակերես, հետևաբար՝ շրջակա մոլեկուլների հետ փոխազդելու ավելի մեծ հնարավորություն:

MMA-ն ավելի հեշտ է կանխատեսվում, որ կանցնի մոդելային բջջային թաղանթներով, քան PMMA-ն:

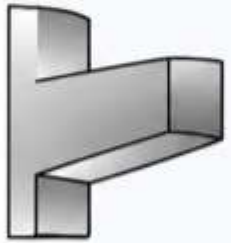
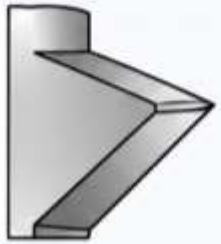
AUDO-ի և TEGDMA-ի դոքինգի ցուցանիշները



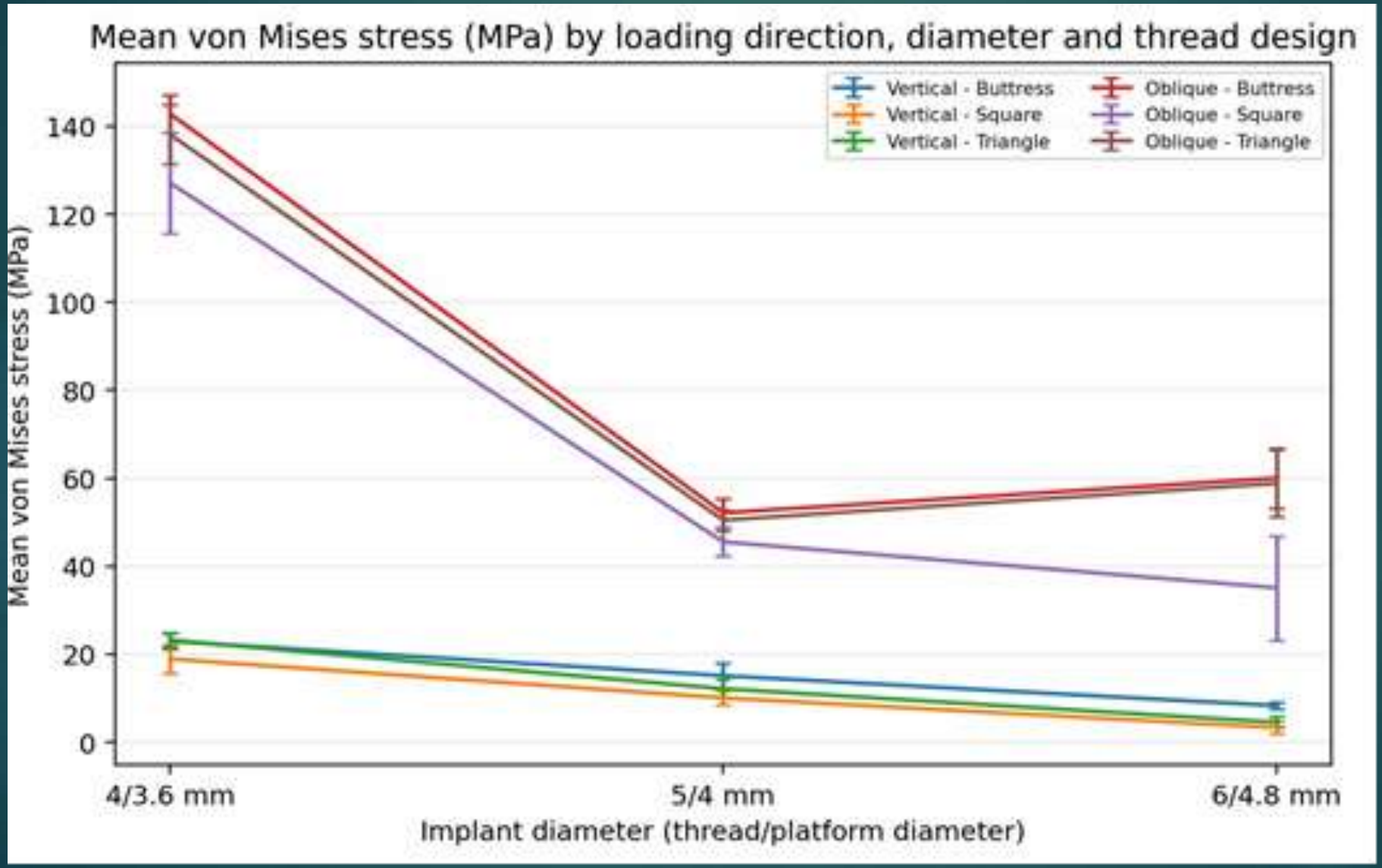
AUDO և TEGDMA նյութերի հիմնական ֆիզիկաքիմիական հատկությունները



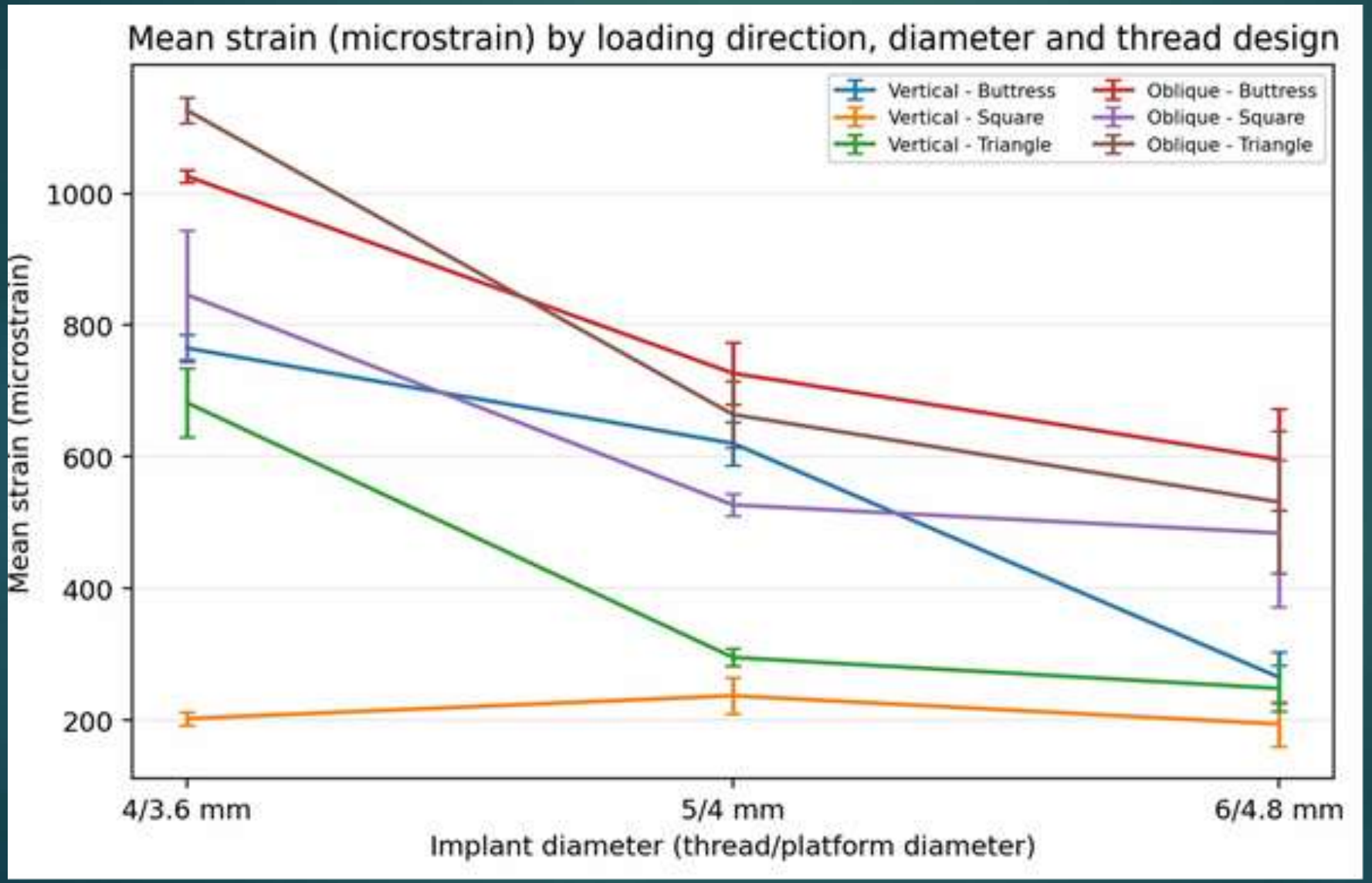
D4 ոսկրի մեջ տեղադրված կարճ իմպլանտների բիոամեխանիկայի վրա տրամագծերի և պարույրի դիզայնի ազդեցությունը

Thread type	Diameter 4/3.6 mm	Diameter 5/4 mm	Diameter 6/4.8 mm
 Buttress thread	 Model 1	 Model 2	 Model 3
 Square thread	 Model 4	 Model 5	 Model 6
 Triangular (V) thread	 Model 7	 Model 8	 Model 9

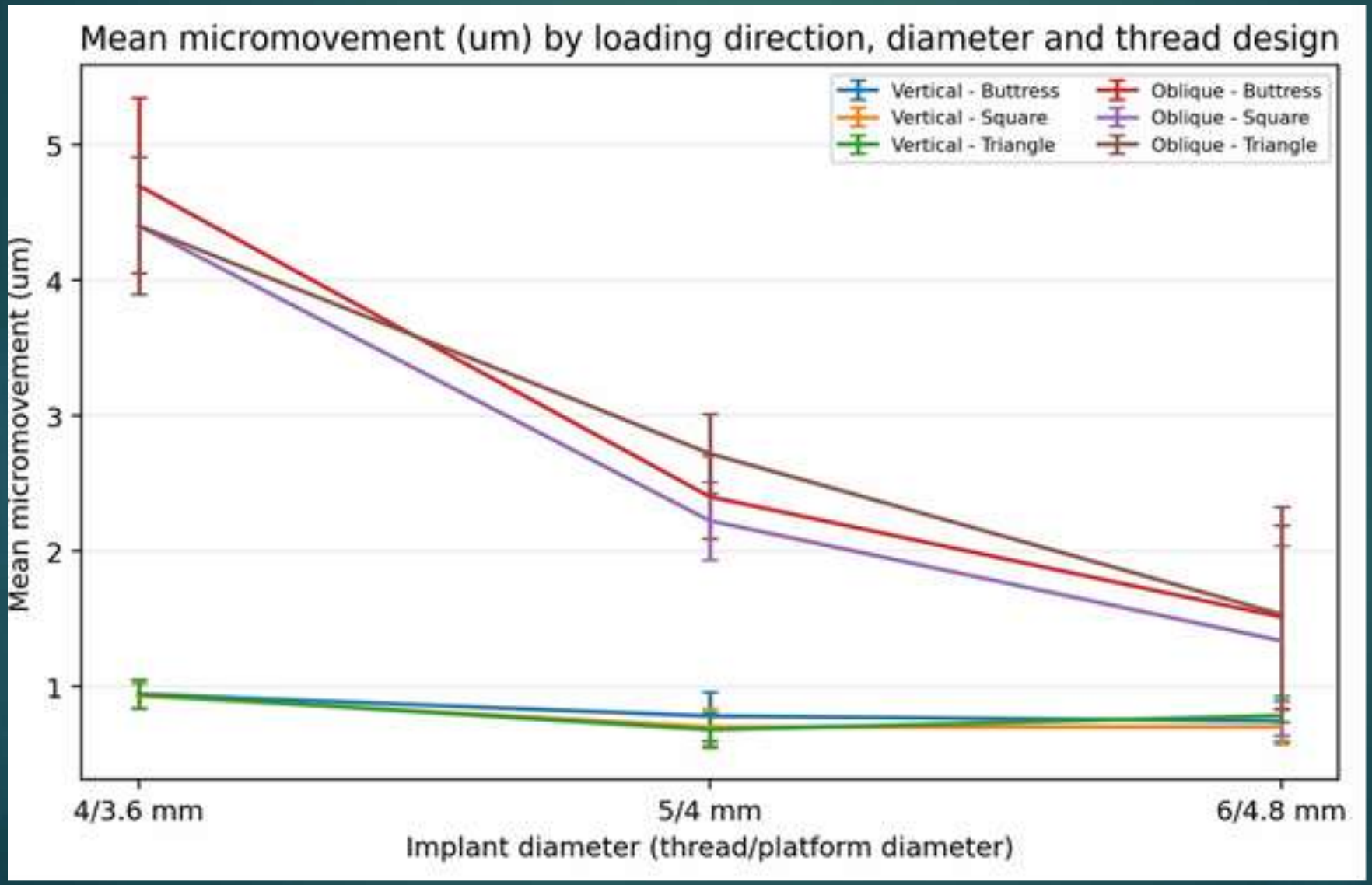
Լարվածության ցուցանիշները՝ պայմանավորված իմպլանտի տրամագծով, ծանրաբեռնման ուղղությամբ և պարույրի դիզայնով



Դեֆորմացիայի ցուցանիշները՝ պայմանավորված իմպլանտի տրամագծով, ծանրաբեռնման ուղղությամբ և պարույրի դիզայնով



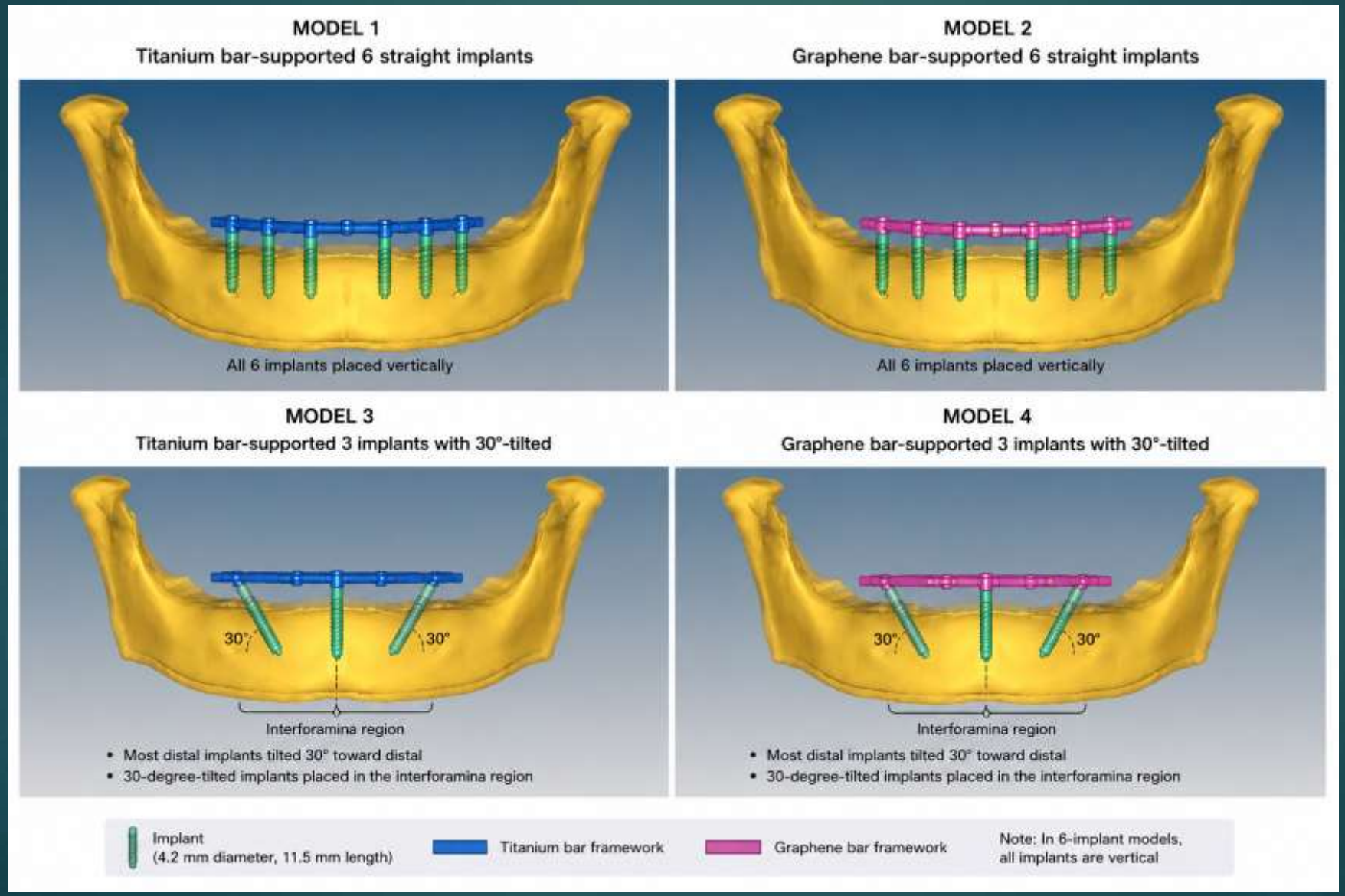
Միկրոշարժունության ցուցանիշները՝ պայմանավորված իմպլանտի տրամագծով, ծանրաբեռնման ուղղությամբ և պարույրի դիզայնով



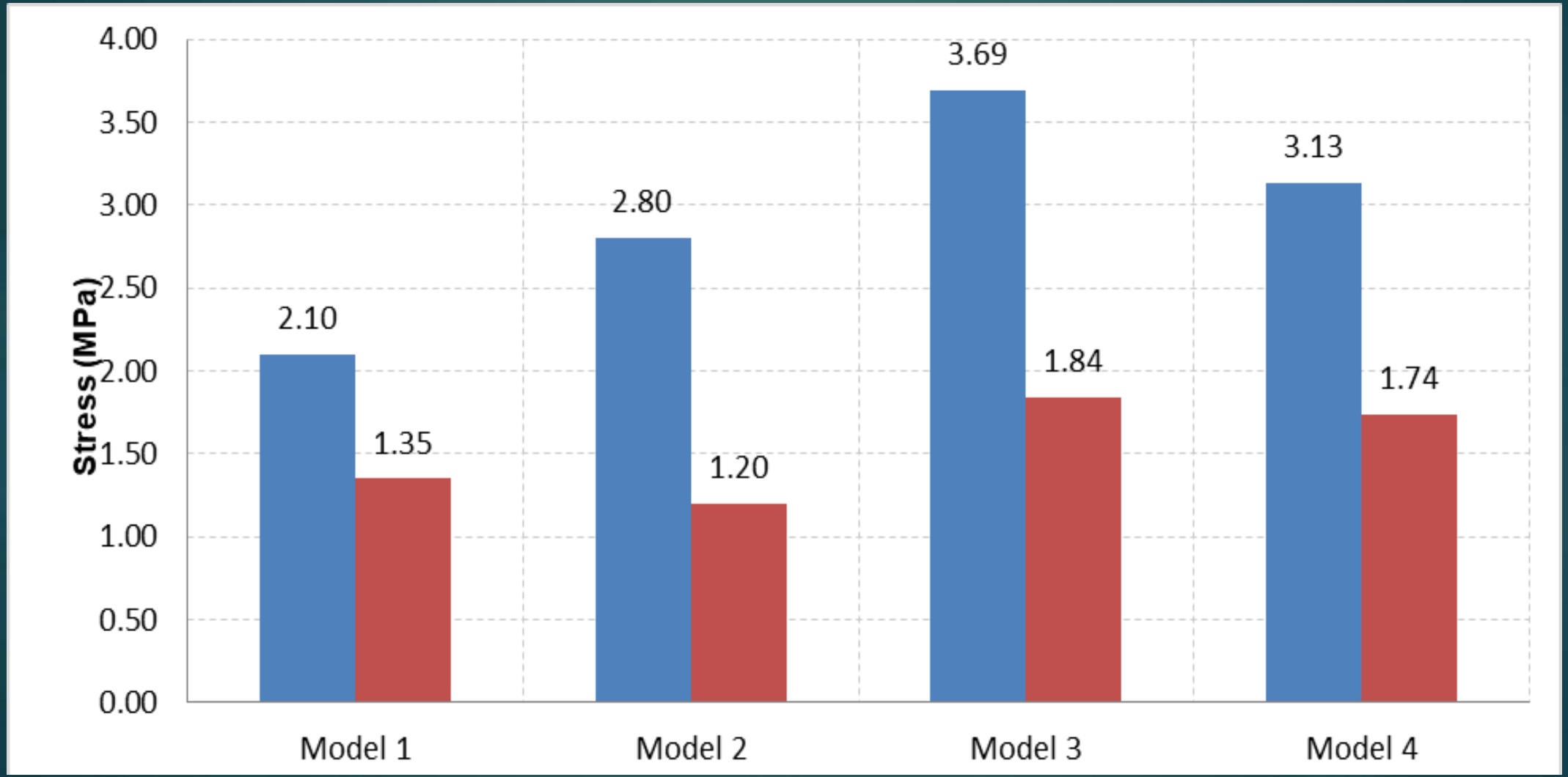
Տարբեր սուպերստրուկտուրային նյութերով զիգոմատիկ իմպլանտներում ծանրաբեռնվածության բաշխման բնույթը

Material	Superstructure	Zygomatic Implant	Zygomatic Prosthetic Screw	Anterior Implant	Anterior Prosthetic Connection
PEEK	17.96	102.1	126.8	9.9	6.5
Ti	27.07	55.24	64.5	13.7	8.8
Co-Cr	33.19	47.60	55.95	15.8	9.9
Zr	34.53	46.88	56.12	15.9	9.9
Carbon-reinforced polymer	25.12	72.95	80.65	10.8	8.1

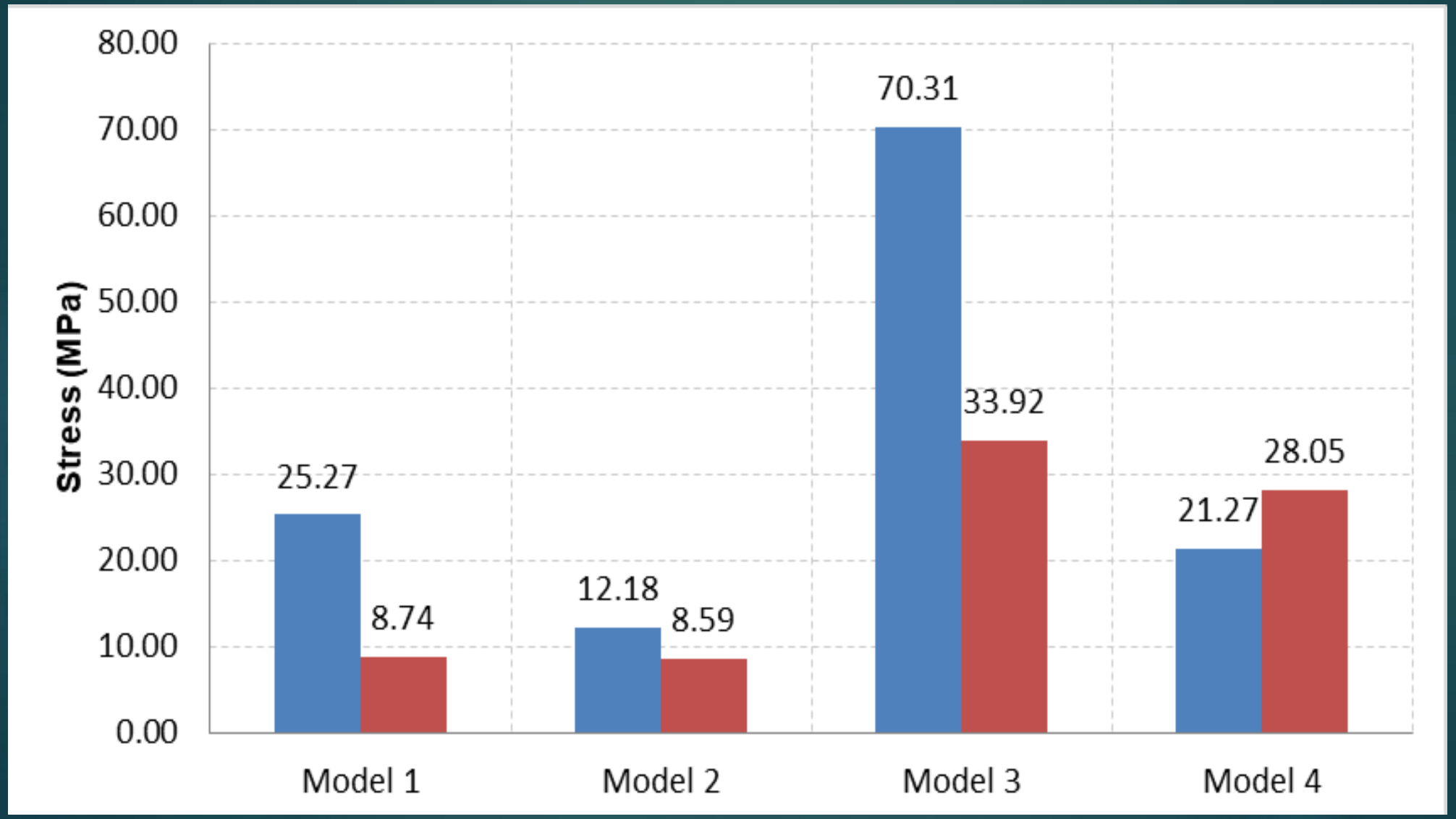
Տիտանից և գրաֆենից պատրաստված հիմնակմախքներում լարվածության բաշխումը՝ 3 կամ 6 իմպլանտներով մոդելներում



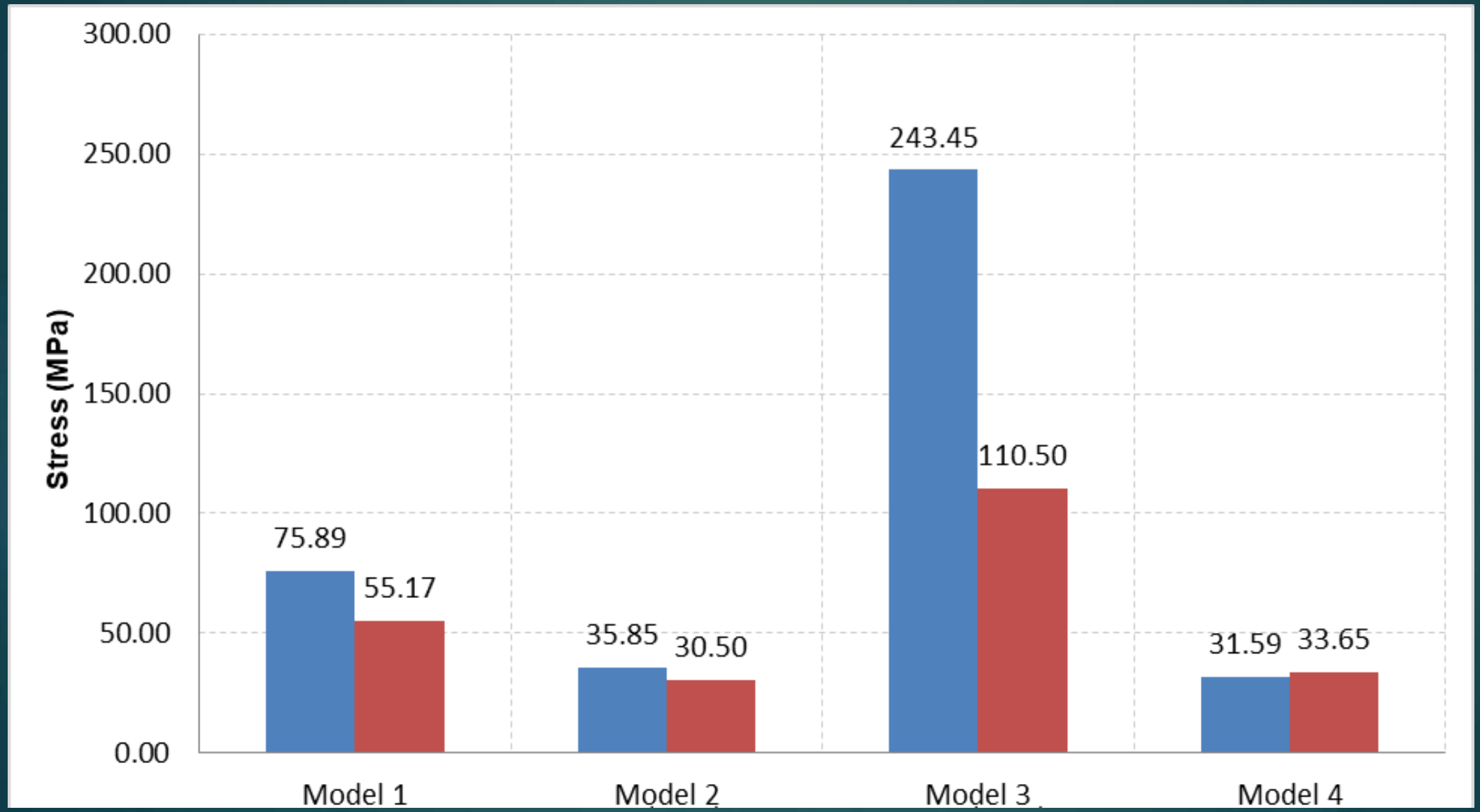
Իմպլանտների շրջանում սպունգանման ոսկրի լարվածության ցուցանիշները



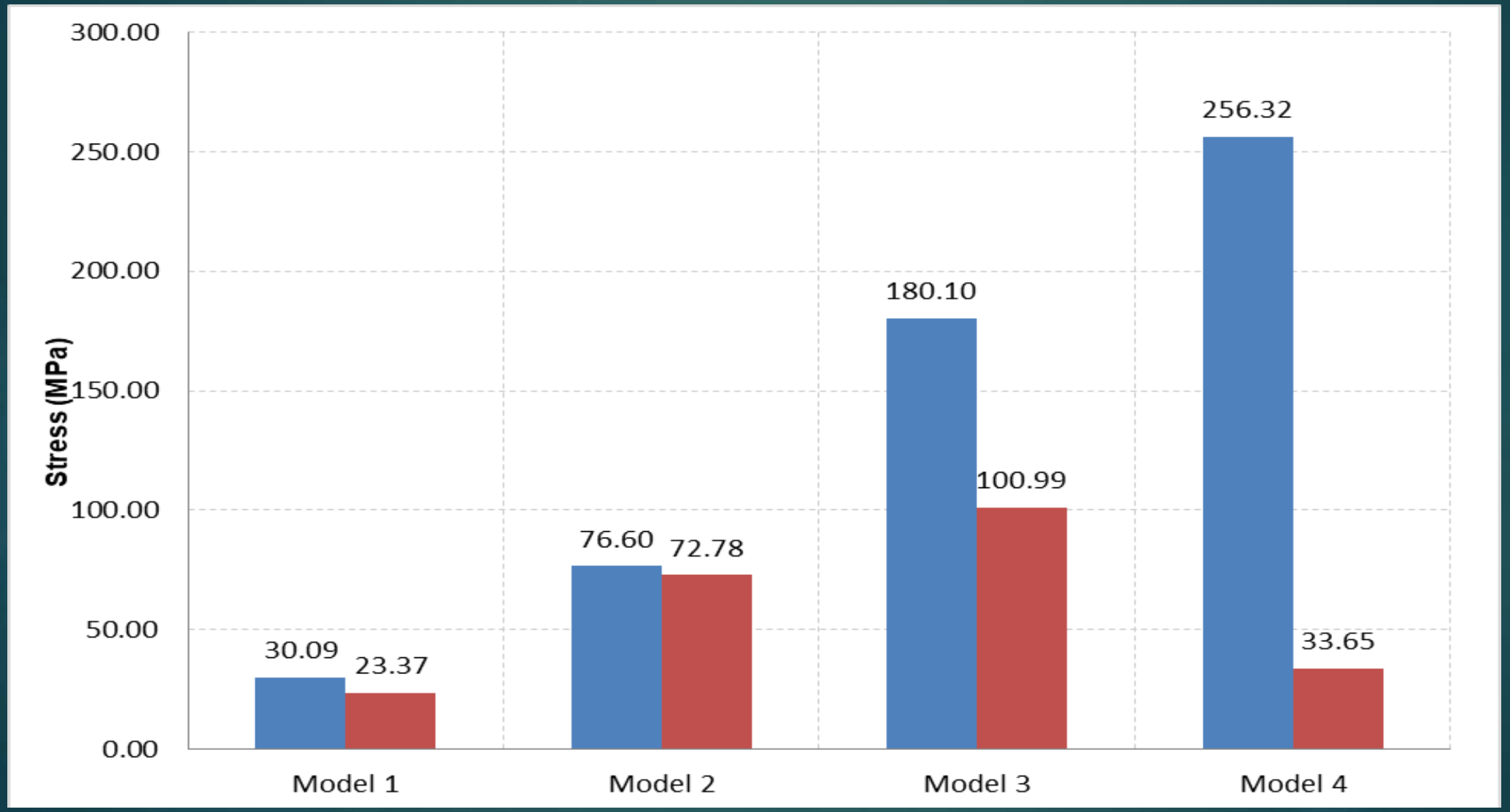
Իմպլանտների շրջանում կորտիկալ ոսկրի լարվածության ցուցանիշները



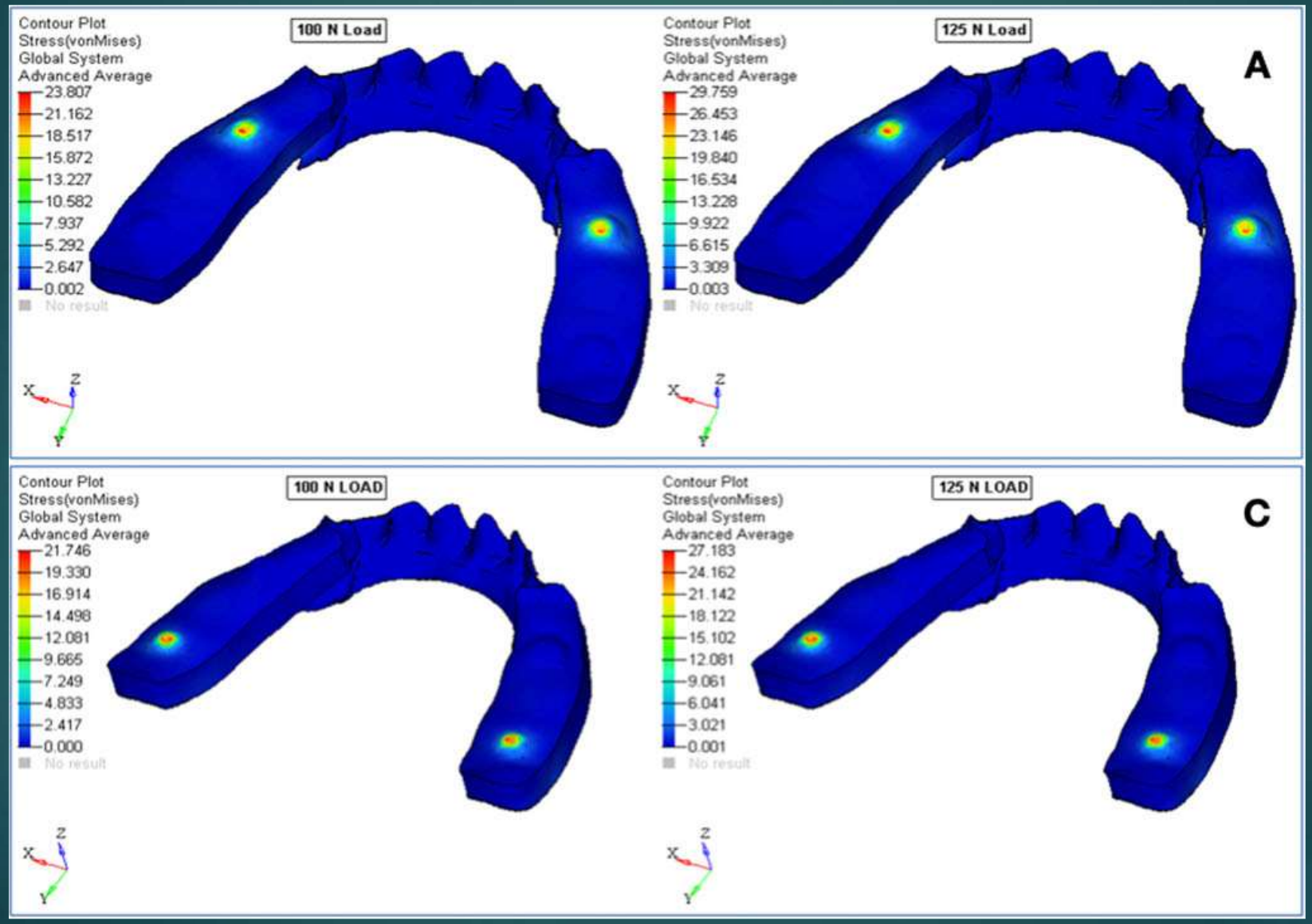
Իմպլանտների լարվածության ցուցանիշները



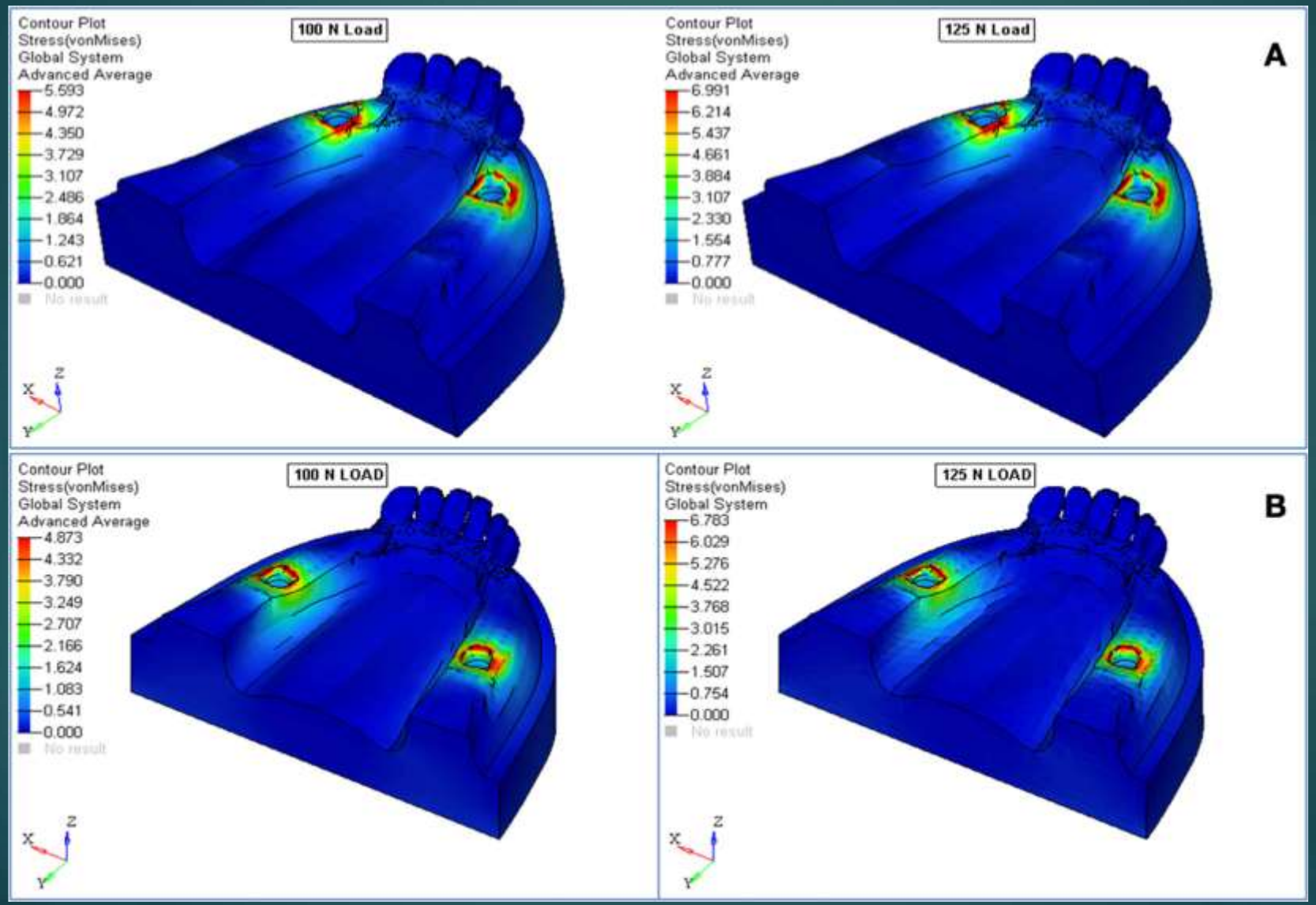
Հիմնակմախքի լարվածության ցուցանիշները



Մասնակի շարժական պրոթեզի հիմնակմախքում լարվածության ցուցանիշները՝ 100Ն և 125Ն ուղղահայաց բեռնվածության դեպքում



Ոսկրային հյուսվածքի լարվածության ցուցանիշները 100Ն և 125Ն ուղղահայաց բեռնվածության դեպքում

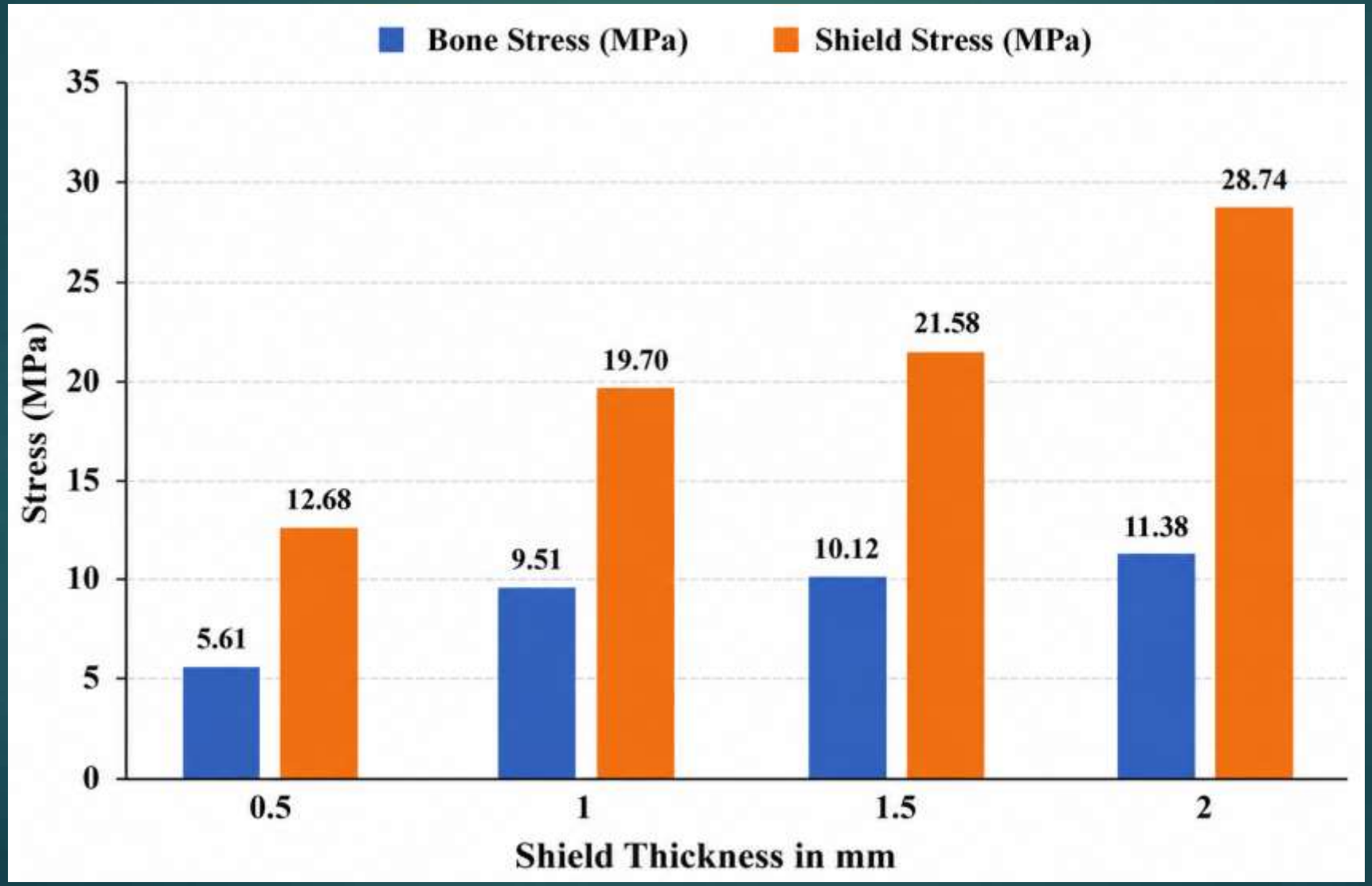


Հիմնակմախքի, իմպլանտի և պերիիմպլանտային ոսկրի տեղաշարժման ցուցանիշները ուղղահայաց բեռնվածության դեպքում

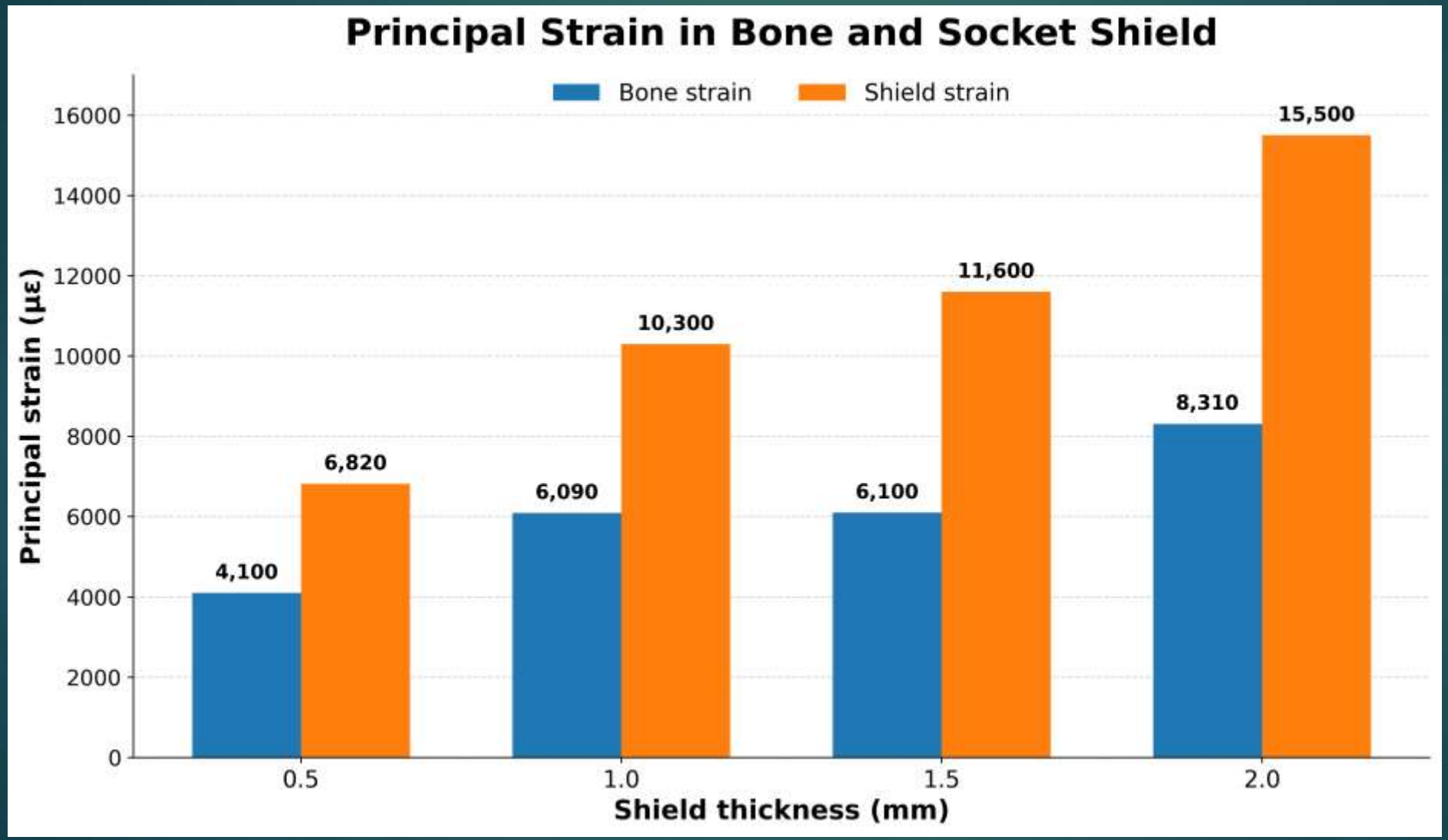
Structure	Load	Group I: Premolar position (Mean ± SD)	Group II: Molar position (Mean ± SD)	p-value
		Von Mises stress (MPa)		
RPD framework	100 N	23.24 ± 3.39	21.28 ± 1.39	0.007
RPD framework	125 N	28.72 ± 3.42	25.57 ± 3.18	0.004
Implant	100 N	12.51 ± 1.48	10.81 ± 1.44	<0.001
Implant	125 N	15.54 ± 2.52	13.36 ± 1.65	0.001
Surrounding bone	100 N	5.76 ± 1.11	4.28 ± 1.18	<0.001
Surrounding bone	125 N	7.77 ± 1.03	6.29 ± 1.15	<0.001
		Displacement (mm)		
RPD framework	100 N	0.330 ± 0.008	0.320 ± 0.012	<0.001
RPD framework	125 N	0.413 ± 0.009	0.390 ± 0.027	<0.001
Implant	100 N	0.0646 ± 0.0140	0.0533 ± 0.0120	0.004
Implant	125 N	0.0758 ± 0.0108	0.0583 ± 0.0163	0.004
Surrounding bone	100 N	0.0574 ± 0.0118	0.0450 ± 0.0097	<0.001
Surrounding bone	125 N	0.0580 ± 0.0080	0.0453 ± 0.0133	<0.001

Socket shield եղանակի կիրառման դեպքում մնացորդային արմատային կառուցվածքում լարվածության բաշխումը

Արմատի կտորի և ոսկրի լարվածության ցուցանիշները



Արմատի կտորի և ոսկրի դեֆորմացիայի ցուցանիշները



Աստիճանակարգված կարծրությամբ իմպլանտահեն ամբողջական աղեղային հիմնակմախք



Intellectual Property Office

Certificate of Registration for a UK Design

Design number: 6520983

Grant date: 29 April 2026

Registration date: 20 April 2026

This is to certify that,

in pursuance of and subject to the provision of Registered Designs Act 1949, the design of which a representation or specimen is attached, had been registered as of the date of registration shown above in the name of

ARTAK HEBOYAN

in respect of the application of such design to:

STIFFNESS-GRADED DENTAL IMPLANT-SUPPORTED FULL-ARCH FRAMEWORK

International Design Classification:
Version: 15-2025
Class: 24 MEDICAL AND LABORATORY EQUIPMENT
Subclass: 03 PROSTHETIC ARTICLES

Adam Williams
Comptroller-General of Patents, Designs and Trade Marks
Intellectual Property Office
The attention of the Proprietor(s) is drawn to the important notes overleaf.

Եզրահանգումներ

- Մոլեկուլային դոքինգի արդյունքներով բացահայտվել են MMA-ի բարենպաստ փոխազդեցությունները RANKL և BMP9 սպիտակուցների հետ, PMMA-ինը՝ հիմնային ֆոսֆատազի, TRAP-ի և BMP3-ի հետ, իսկ Dentotemp-ի բաղադրիչներինը (TEGDMA և AUDO)՝ բորբոքային գործընթացներում, հյուսվածքների ապաքինման և օսեոինտեգրացիայի գործընթացներում ներգրավված սպիտակուցների հետ: AUDO-ն ցուցաբերել է բարենպաստ փոխազդեցություններ ֆիբրոնեկտինի և BMP2-ի հետ, մինչդեռ TEGDMA-ն արձանագրել է դոքինգի ավելի բարձր ցուցանիշ RANKL-ի հետ՝ քան AUDO-ն (համապատասխանաբար՝ 46.46 և 43.03), ինչպես նաև ավելի բարձր ջրային լուծելիություն: Մոլեկուլային դինամիկայի սիմուլյացիաները ցույց տվեցին MMA-ի և PMMA-ի համալիրների կայունությունը 100 նանովայրկյանի ընթացքում՝ համապատասխանաբար 2,275–2,515 Å և 3,114–3,159 Å RMSD-ի արժեքներով: PMMA-ն MMA-ի համեմատ բնութագրվել է ավելի բարձր լիպոֆիլությամբ և մոլեկուլային ճկունությամբ, ընդ որում՝ երկու նյութերից ոչ մեկի համար չեն կանխատեսվել մուտագեն, ուռուցքածին, թունավոր կամ գրգռիչ ազդեցություններ: Dentotemp-ի երկու բաղադրիչներն էլ ցուցաբերել են կանխատեսվող չափավոր կենսամատչելիություն և բարենպաստ ֆարմակոկինետիկ բնութագրեր, սակայն դրանց ռեակտիվ ֆունկցիոնալ խմբերը կարող են որոշակի ռիսկեր առաջացնել ոչ լիարժեք պոլիմերացման կամ քայքայման դեպքում: Ընդհանուր առմամբ, հետազոտված նյութերը ցուցաբերել են ընդունելի նախնական in silico կենսահամատեղելիության բնութագրեր, ինչն ընդգծում է պոլիմերիզացման և վերահսկվող կլինիկական կիրառման կարևորությունը:

- Վերին ծնոտի առաջին մեծ աղորիքի բացակայությունը D4 տիպի ոսկրում սիմուլյացիոն պայմաններում փոխարինված, 6 մմ երկարությամբ և 6 մմ տրամագծով իմպլանտ-աբատմենտ տարաչափ հենահարթակային փոխարկմամբ (platform-switched) կարճ իմպլանտները ցուցաբերել են հարիմպլանտային լարումների, դեֆորմացիաների և միկրոշարժերի նվազագույն արժեքներ, մինչդեռ 4 մմ տրամագծով իմպլանտների դեպքում արձանագրվել են առավելագույն արժեքներ: Իմպլանտի տրամագծի մեծացումը հանգեցրել է փոն Միզեսի համարժեք լարումների, դեֆորմացիաների և միկրոշարժերի զգալի նվազման: Ուղղահայաց ծանրաբեռնվածության դեպքում լարումների, դեֆորմացիաների և միկրոշարժերի ցուցանիշներն ավելի ցածր են եղել, քան թեք ծանրաբեռնվածության դեպքում: Ուղղահայաց և թեք ուժերի ազդեցության պայմաններում պարույրների տարբեր երկրաչափական կառուցվածքների համեմատական գնահատմամբ պարզվել է, որ խորանարդաձև պարույրն ապահովել է լարումների և դեֆորմացիաների առավել բարենպաստ բաշխում շրջակա ոսկրային հյուսվածքում՝ համեմատած պարույրների մյուս կառուցվածքների հետ:

- Վերին ծնոտի լրիվ անատամության պայմաններում երկու սովորական և երկու զիգոմատիկ իմպլանտների վրա հենվող U-աձև ամբողջական աղեղային պրոթեզի հիմնակմախքով վերականգնված մոդելավորման պայմաններում ուսումնասիրված սուպերստրուկտուրայի բոլոր նյութերն ապահովել են շրջակա ոսկրային հյուսվածքում դեֆորմացիաների համեմատաբար համասեռ բաշխում: Այնուամենայնիվ, առավել բարձր կարծրությամբ օժտված նյութերը, մասնավորապես՝ ցիրկոնիումը, կոբալտ-քրոմային համաձուլվածքը և տիտանը, պոլիմերային նյութերից պատրաստված սուպերստրուկտուրաների համեմատ ցուցաբերել են առավել բարենպաստ բիոմեխանիկական վարքագիծ՝ նպաստելով զիգոմատիկ իմպլանտներում և պրոթեզային պտուտակներում առաջացող լարումների նվազմանը:

- Ստորին ծնոտի լրիվ անատամության պայմաններում վեց ուղղահայաց իմպլանտների (All-on-6) կամ երեք իմպլանտների (All-on-3)՝ 30° անկյան տակ թեքված դիստալ իմպլանտներով, վրա հենվող պրոթեզային վերականգնման մոդելավորված պայմաններում, գրաֆենային հիմնակմախքները տիտանային հիմնակմախքների համեմատ ցուցաբերել են հարիմպլանտային հատվածներում և կորտիկալ ոսկրում առաջացող լարումների ավելի ցածր ցուցանիշներ: Գրաֆենային հիմնակմախքներով մոդելներում թեք ծանրաբեռնվածության պայմաններում նույնպես արձանագրվել է կորտիկալ ոսկրում լարումների նվազում: Ընդհանուր առմամբ, գրաֆենային հիմնակմախքներն ապահովել են լարումների առավել բարենպաստ բաշխում իմպլանտներում և շրջակա կորտիկալ ոսկրում, թեև բուն հիմնակմախքներում առաջացող լարումների ցուցանիշները ոչ բոլոր դեպքերում են ավելի ցածր, քան տիտանային հիմնակմախքներում արձանագրված ցուցանիշները:

- Ստորին ծնոտի երկկողմանի ծայրամասային անատամության (ըստ Քենեդիի I դասի) սիմուլյացիոն պայմաններում, երբ 4.0 մմ տրամագծով և 10 մմ երկարությամբ երկու իմպլանտներ տեղադրվել են երկկողմանիորեն՝ կա՛մ երկրորդ նախաաղորիքների, կա՛մ երկրորդ աղորիքների շրջանում և Locator աթարմենների միջոցով հենարան են հանդիսացել մասնակի շարժական պրոթեզների (RPD) համար, աղորիքների շրջանում իմպլանտների տեղադրումը ցուցաբերել է զգալիորեն ավելի ցածր փոն Միզեսի (von Mises) լարվածություն պրոթեզի հիմնակմախքում, իմպլանտներում և շրջակա ոսկրում՝ համեմատած նախաաղորիքների շրջանում տեղադրման հետ: Ստացված արդյունքները վկայում են, որ հետազոտված պայմաններում իմպլանտների տեղակայումը երկրորդ մեծ աղորիքների շրջանում ապահովում է առավել բարենպաստ բիոմեխանիկական արձագանք՝ լարումների բաշխման տեսանկյունից: Միևնույն ժամանակ, անատոմիական սահմանափակումների պատճառով իմպլանտների առավել դիստալ տեղակայման անհնարինության դեպքում դրանց տեղակայումը երկրորդ նախաաղորիքների շրջանում կարող է դիտարկվել որպես կիրառելի այլընտրանք:

- Իմպլանտների տեղադրման ընթացքում Socket Shield տեխնիկայի կիրառման դեպքում պահպանվող արմատային հատվածի հաստության մեծացումը (0.5-ից մինչև 2.0 մմ) հանգեցրել է ինչպես արմատային հատվածում, այնպես էլ շրջակա ոսկրային հյուսվածքում առաջացող լարումների և միկրոձևախախտումների ցուցանիշների բարձրացման: Ուսումնասիրված 0.5–2.0 մմ հաստության սահմաններում պահպանվող արմատային հատվածում վնասակար մակարդակի լարումներ չեն արձանագրվել: Այնուամենայնիվ, հաշվի առնելով իմպլանտների չափերը և ատամնաբնի տրամագիծը՝ Socket Shield տեխնիկայի կիրառման ժամանակ պահպանվող արմատային հատվածի առավելագույն հաստությունը նպատակահարմար է սահմանափակել 1.5 մմ-ով՝ բիոմեխանիկական անվտանգության ապահովման նպատակով:

- Իմպլանտների վրա հենվող ամբողջական աղեղայինպրոթեզի՝ աստիճանակարգված կարծրությամբ հիմնակմախքը ներկայացնում է բիոմիմետիկ և բիոմեխանիկական տեսանկյունից օպտիմալացված այլընտրանք ավանդական կարծր հիմնակմախքներին: Գրաֆենի կիրառմամբ հիբրիդային, աստիճանակարգված կարծրությամբ հիմնակմախքն ունի լարումների կենտրոնացումը նվազեցնելու, դրանց առավել արդյունավետ բաշխումն ապահովելու և ծամողական ծանրաբեռնվածությունն իմպլանտներին ու հարիմպլանտային ոսկրային հյուսվածքին առավել բարենպաստ փոխանցելու ներուժ: Առկա տվյալների համաձայն՝ նման հիմնակմախքի կիրառումը կարող է բարելավել իմպլանտների վրա հենվող ամբողջական աղեղային պրոթեզների մեխանիկական բնութագրերը և երկարաժամկետ շահագործման կայունությունը, հատկապես դիստալ կոնսոլային հատվածների և թեք տեղակայված իմպլանտների առկայության դեպքում: Այնուամենայնիվ, տվյալ կառուցվածքի կլինիկական կիրառելիությունը պայմանավորված է դրա պատրաստման տեխնոլոգիական հնարավորություններով, տարբեր նյութերի միացման սահմաններում մեխանիկական կայունության ապահովմամբ, ինչպես նաև երկարաժամկետ փորձարարական և կլինիկական հետազոտություններով արդյունավետության ու անվտանգության հաստատմամբ:

Գործնական առաջարկություններ

- PMMA-ի, MMA-ի և Dentotemp-ի բաղադրիչների (TEGDMA և AUDO) բարենպաստ մոլեկուլային փոխազդեցությունները, կառուցվածքային կայունությունը և in silico կենսահամատեղելիության նախնական բնութագրերը հիմք են հանդիսանում դրանց կիրառումը դիտարկելու համապատասխանաբար ժամանակավոր պրոթեզավորման և իմպլանտների վրա հենվող ժամանակավոր կոնստրուկցիաների պատրաստման համար: Նյութերի ընտրության և բուժման պլանավորման ընթացքում անհրաժեշտ է հաշվի առնել մնացորդային մոնոմերների և քայքայման արգասիքների հնարավոր կենսաբանական ազդեցությունները: Պոտենցիալ վնասակար բաղադրիչների ազդեցությունը նվազագույնի հասցնելու նպատակով խորհուրդ է տրվում ապահովել նյութերի մշակման համապատասխան տեխնոլոգիական պայմանները, լիարժեք պոլիմերիզացիան և դրանց հետ աշխատանքի կանոնների պահպանումը: Հաշվի առնելով TEGDMA-ի կանխատեսվող ավելի բարձր ջրային լուծելիությունը և շրջակա միջավայր արտազատման հնարավորությունը, անհրաժեշտ է մանրակրկիտ հեռացնել ժամանակավոր ցեմենտի ավելցուկները հարիմպլանտային ակոսներից՝ տեղային բորբոքային գործընթացների առաջացման հավանականությունը նվազեցնելու նպատակով: Չնայած AUDO-ն ցուցաբերել է բարենպաստ փոխազդեցություններ BMP2-ի և ֆիբրոնեկտինի հետ, ցեմենտի վերահսկվող և տեղայնացված կիրառումը շարունակում է մնալ կարևոր նախապայման: Պրոթեզավորման ամբողջ ընթացքում խորհուրդ է տրվում իրականացնել բերանի խոռոչի շրջակա հյուսվածքների և հարիմպլանտային հյուսվածքների կանոնավոր կլինիկական հսկողություն՝ հնարավոր անբարենպաստ ռեակցիաները ժամանակին հայտնաբերելու և նյութերի անվտանգ կիրառումն ապահովելու նպատակով, առաջնորդվելով նաև առկա կլինիկական ապացույցներով և նյութերի կիրառման հաստատված գործելակարգերով:

- Ոսկրային հյուսվածքի սահմանափակ ուղղահայաց բարձրության դեպքում, հատկապես վերին ծնոտի հետին հատվածներում, 6 մմ երկարությամբ և մեծ տրամագծով կարճ իմպլանտների կիրառումը կարող է դիտարկվել որպես ոսկրային պլաստիկայի այլընտրանք՝ նպաստելով վիրաբուժական միջամտության բարդության և բուժառուի համար դրա հետ կապված ռիսկերի նվազեցմանը: Հիմնվելով հետազոտության բիոմեխանիկական արդյունքների վրա՝ խորհուրդ է տրվում նախապատվությունը տալ մեծ տրամագծով (6 մմ), խորանարդաձև պարույրով իմպլանտներին, որոնք ապահովել են լարումների առավել բարենպաստ բաշխում, դեֆորմացիաների ավելի ցածր ցուցանիշներ և միկրոշարժերի նվազում: Իմպլանտ-աբաթմենտ տարաչափ հենահարթակային միակցման կիրառումը կարող է լրացուցիչ նպաստել ծանրաբեռնվածության առավել արդյունավետ բաշխմանը և ատամնաբնային կատարի ոսկրային հյուսվածքի պահպանմանը: Օրթոպեդիկ բուժման պլանավորման ընթացքում անհրաժեշտ է ձգտել նվազագույնի հասցնել թեք ազդող ուժերը՝ օկլյուզիոն շտկման միջոցով, ապահովել գերազանցապես առանցքային ծանրաբեռնվածություն և մանրակրկիտ գնահատել պսակի բարձրության ու իմպլանտի երկարության հարաբերակցությունը: Թեև ուսումնասիրված բոլոր կառուցվածքներում միկրոշարժերի արժեքները գտնվել են ընդունելի սահմաններում, մեծ տրամագծով և խորանարդաձև պարույրներով իմպլանտները ցուցաբերել են կանխատեսվող առավել բարձր բիոմեխանիկական կայունություն: Սա կարող է հիմք հանդիսանալ համապատասխան կլինիկական դեպքերում անհապաղ կամ վաղ ծանրաբեռնման հնարավորությունը դիտարկելու համար՝ պայմանով, որ կլինիկական գնահատմամբ հաստատված լինեն իմպլանտի բավարար առաջնային կայունությունը և ծանրաբեռնման համար անհրաժեշտ մյուս չափանիշները:

- Վերին ծնոտի արտահայտված ատրոֆիայով ուղեկցվող լրիվ անատամության դեպքում զիգոմատիկ իմպլանտների կիրառմամբ պրոթեզային վերականգնման համար խորհուրդ է տրվում նախապատվությունը տալ ցիրկոնիումային, կոբալտ-քրոմային համաձուլվածքից կամ տիտանից պատրաստված կարծր, իմպլանտները միասնական կառուցվածքի մեջ միավորող հիմնակմախքներին, որոնք ապահովել են լարումների առավել բարենպաստ բաշխում և իմպլանտների ու պրոթեզային պտուտակների մեխանիկական ծանրաբեռնվածության նվազում: Պոլիմերային նյութերից, մասնավորապես՝ PEEK-ից և ածխածնային մանրաթելերով ամրապնդված կոմպոզիտներից պատրաստված հիմնակմախքները բարձր մեխանիկական ծանրաբեռնվածության պայմաններում անհրաժեշտ է կիրառել զգուշությամբ՝ հաշվի առնելով իմպլանտային բաղադրիչներին փոխանցվող լարումների հնարավոր մեծացումը: Առանձնահատուկ ուշադրություն պետք է դարձնել իմպլանտների վզիկային հատվածներին և իմպլանտ-աբաթմենտ միացման գոտիներին, որտեղ լարումների կենտրոնացումը կարող է մեծացնել պտուտակների թուլացման և մեխանիկական բարդությունների առաջացման ռիսկը: Անհրաժեշտ է ապահովել պրոթեզային հիմնակմախքի բավարար կարծրություն և իրականացնել նշված հատվածների կանոնավոր կլինիկական հսկողություն, հատկապես պարաֆունկցիոնալ սովորություններ, մասնավորապես՝ բրուքսիզմ ունեցող հիվանդների շրջանում: Ներկայացված առաջարկությունների կիրառումը կարող է նպաստել զիգոմատիկ իմպլանտների վրա հենվող պրոթեզային կառուցվածքների բիոմեխանիկական կայունության բարձրացմանը և բուժման երկարաժամկետ արդյունքների բարելավմանը:

- Գրաֆենային հիմնակմախքները ուղղահայաց և թեք ծանրաբեռնվածության պայմաններում տիտանային հիմնակմախքների համեմատ ցուցաբերել են հարիմպլանտային և կորտիկալ ոսկրում լարումների ավելի ցածր ցուցանիշներ, ինչը վկայում է ստորին ծնոտում իմպլանտների վրա հենվող ամբողջական ադեղային պրոթեզների կիրառման դեպքում դրանց հնարավոր բիոմեխանիկական առավելությունների մասին: Այնուամենայնիվ, դրանց կլինիկական կիրառումը պահանջում է հետագա փորձարարական և կլինիկական հետազոտություններով արդյունավետության ու անվտանգության հաստատում, մինչդեռ տիտանը շարունակում է մնալ կլինիկական պրակտիկայում ընդունված և հաստատված նյութ: Հաշվի առնելով, որ լարումների առավելագույն կենտրոնացումները դիտվել են դիստալ իմպլանտների վզիկային հատվածներում, խորհուրդ է տրվում օպտիմալացնել իմպլանտների տեղակայումը, թեքության անկյունները և օկլյուզիոն ծանրաբեռնվածությունը՝ միաժամանակ նվազագույնի հասցնելով պրոթեզային կառուցվածքի կոնսոլային հատվածների երկարությունը: Անատոմիական բարենպաստ պայմանների առկայության դեպքում նպատակահարմար է նախապատվությունը տալ ավելի մեծ թվով՝ 4–6 իմպլանտների կիրառմամբ վերականգնողական կառուցվածքներին, հատկապես ոսկրային հյուսվածքի նվազած որակով բուժառուների շրջանում, քանի որ երեք իմպլանտներով մոդելներում արձանագրվել են լարումների ավելի բարձր արժեքներ: Գրաֆենային հիմնակմախքները հետագայում կարող են առավելություններ ապահովել նաև իմպլանտների սահմանափակ քանակով պրոթեզային վերականգնումներում՝ նպաստելով ծանրաբեռնվածության առավել բարենպաստ բաշխմանը և հարիմպլանտային ոսկրային հյուսվածքում լարումների նվազեցմանը: Հնարավոր մեխանիկական բարդությունները վաղ փուլերում հայտնաբերելու և պրոթեզային կառուցվածքների երկարաժամկետ կայունությունն ապահովելու նպատակով խորհուրդ է տրվում իրականացնել կանոնավոր ռենտգենաբանական հսկողություն և օկլյուզիոն հարաբերությունների պարբերական գնահատում:

- Ստորին ծնոտի երկկողմանի ծայրամասային անատամության (ըստ Քենեդիի՝ I դաս) դեպքում իմպլանտահեն մասնակի շարժական պրոթեզների կիրառման ժամանակ, անատոմիական բարենպաստ պայմանների առկայության դեպքում, նպատակահարմար է դիտարկել իմպլանտների տեղակայումը մեծ ադողիքների շրջանում, քանի որ վերջավոր տարրերի վերլուծությամբ ուսումնասիրված մոդելներում ծանրաբեռնվածության երկու պայմաններում էլ արձանագրվել են RPD պրոթեզի հիմնակմախքում, իմպլանտներում և շրջակա ոսկրային հյուսվածքում լարումների զգալիորեն ավելի ցածր արժեքներ՝ նախաադողիքների շրջանում տեղակայման համեմատ: Այնուամենայնիվ, հետին հատվածներում ոսկրային հյուսվածքի անբավարար ծավալի, մնացորդային ատամնաբնային կատարի անատոմիական առանձնահատկությունների կամ ստորատամնաբնային նյարդի անմիջական հարևանության պատճառով մեծ ադողիքների շրջանում իմպլանտների տեղադրման սահմանափակումների դեպքում երկրորդ նախաադողիքների շրջանում դրանց տեղակայումը կարող է դիտարկվել որպես ընդունելի այլընտրանք: Իմպլանտների տեղակայման ընտրությունը պետք է հիմնված լինի անհատականացված կլինիկական և ռենտգենաբանական գնահատման վրա՝ հաշվի առնելով ոսկրային հյուսվածքի առկա ծավալը, պրոթեզային կառուցվածքի առանձնահատկությունները, ֆիքսող տարրերի ընտրությունը, օկլյուզիոն ծանրաբեռնվածությունը և հիվանդի անհատական անատոմիական պայմանները:

- Իմպլանտների անհապաղ տեղադրման դեպքում, հատկապես վերին ծնոտի առաջային հատվածի էսթետիկ գոտում, Socket Shield տեխնիկայի կիրառումը կարող է նպաստել վեստիբուլյար ոսկրային պատի և փափուկ հյուսվածքների ծավալի պահպանմանը, էսթետիկ արդյունքների բարելավմանը, ինչպես նաև լրացուցիչ ոսկրային պլաստիկայի կամ փափուկ հյուսվածքների ծավալի մեծացման միջամտությունների անհրաժեշտության նվազեցմանը: Խորհուրդ է տրվում պահպանվող արմատային հատվածի հաստությունը սահմանել 0.5–1.5 մմ միջակայքում, քանի որ դրա մեծացումը մինչև 2.0 մմ կարող է հանգեցնել արմատային հատվածում և շրջակա ոսկրային հյուսվածքում առաջացող լարումների զգալի բարձրացման: Իմպլանտի տեղադրման ընթացքում անհրաժեշտ է կիրառել չափավոր և վերահսկվող տորկ, օգտագործելով դրա չափման համապատասխան սարքավորումներ՝ պահպանվող արմատային հատվածի և ատամնաբնային կատարի ոսկրային հյուսվածքի գերծանրաբեռնվածությունից խուսափելու նպատակով: Արմատային հատվածի կոտրվածքների և լարումների կենտրոնացման ռիսկը նվազեցնելու համար կարևոր է ապահովել ատամի ատրավմատիկ հեռացումը, վեստիբուլյար ոսկրային պատի ամբողջականության պահպանումը, ինչպես նաև պահպանվող արմատային հատվածի ճշգրիտ ձևավորումն ու համապատասխան դիրքավորումը: Խորհուրդ է տրվում իրականացնել ստանդարտ հետվիրահատական խնամք, ինչպես նաև կանոնավոր կլինիկական և ռենտգենաբանական հսկողություն՝ պահպանվող արմատային հատվածի ամբողջականությունը և հարիմպլանտային հյուսվածքների կայունությունը գնահատելու նպատակով: Համապատասխան կլինիկական դեպքերի ճիշտ ընտրության և նշված միջոցառումների պահպանման դեպքում հնարավոր է ապահովել հյուսվածքների կանխատեսելի պահպանում, բարենպաստ էսթետիկ արդյունքներ և բիոմեխանիկական բարդությունների առաջացման հավանականության նվազեցում:

- Իմպլանտների վրա հենվող ամբողջական ադեղային պրոթեզների վերականգնման հեռանկարային մոտեցումներից է գրաֆենի կիրառմամբ հիբրիդային, աստիճանականգրված կարծրությամբ հիմնակմախքի օգտագործումը, հատկապես այն դեպքերում, երբ դիստալ կոնսոլային հատվածներում լարումների կենտրոնացումը բիոմեխանիկական կարևոր խնդիր է: Նման կառուցվածքում տիտանը նպատակահարմար է կիրառել հիմնական ծանրաբեռնվածությունը կրող և իմպլանտների հետ միացման հատվածներում, իսկ գրաֆենով ամրապնդված նյութերը դիստալ հատվածներում՝ լարումների կլանումն ապահովելու նպատակով: Միաժամանակ անհրաժեշտ է ապահովել տարբեր նյութերի միջև կարծրության աստիճանական փոփոխություն: Նման կառուցվածքը կարող է նպաստել օկլյուզիոն ծանրաբեռնվածության առավել բարենպաստ բաշխմանը, իմպլանտ-ոսկրային հյուսվածք շփման սահմանում առաջացող լարումների նվազեցմանը, ինչպես նաև մեխանիկական բարդությունների, մասնավորապես՝ պրոթեզային պտուտակների թուլացման, պրոթեզային կառուցվածքի կոտրվածքի և իմպլանտների գերծանրաբեռնվածության ռիսկերի նվազեցմանը: Արդյունքում հնարավոր է նվազեցնել եզրային ոսկրային հյուսվածքի կորստի հավանականությունը և բարելավել պրոթեզային վերականգնման երկարաժամկետ կայունությունը:

ՇՆՈՐՀԱԿԱԼՈՒԹՅՈՒՆ