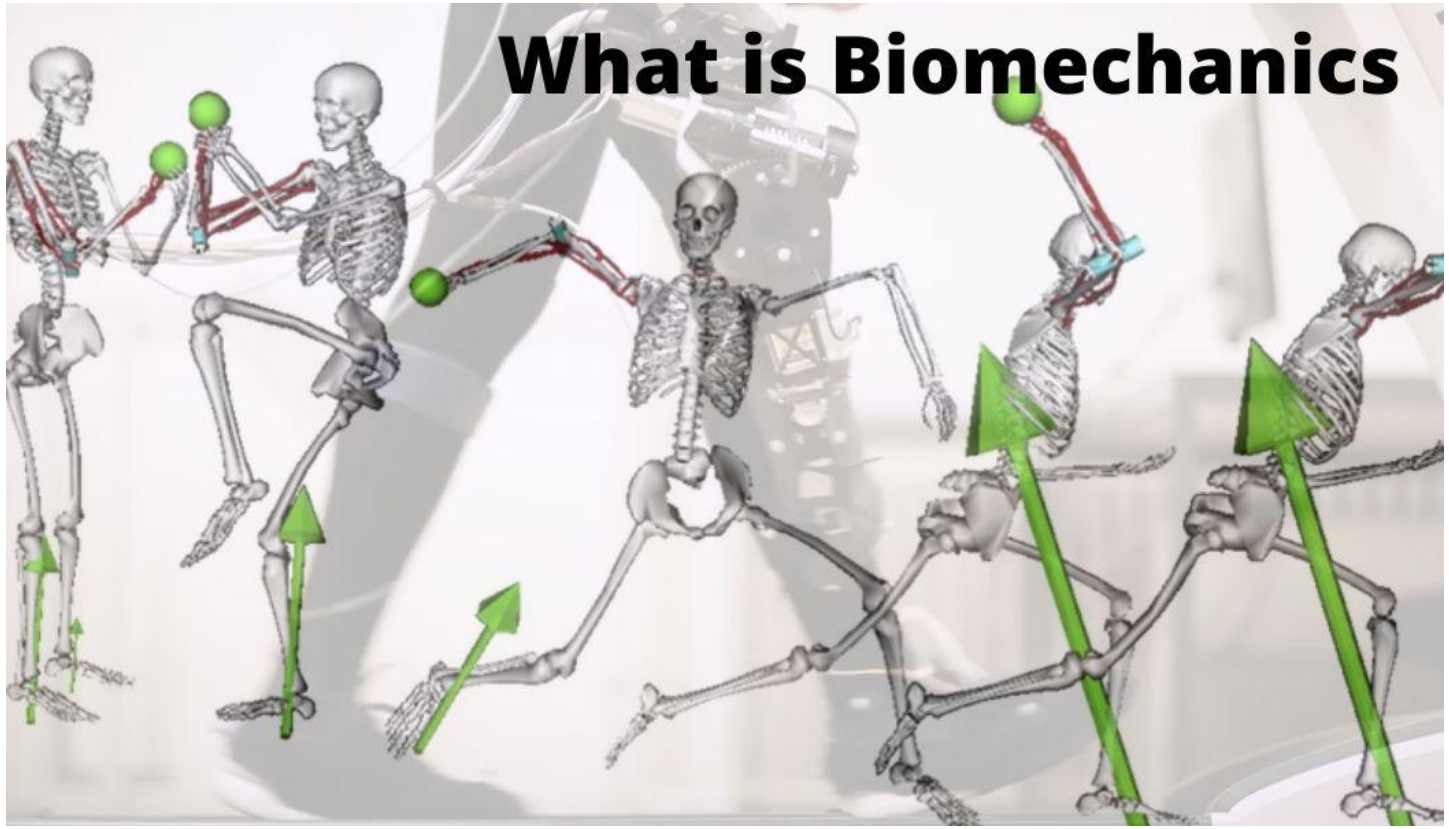


SATBAYEV UNIVERSITY

Алимбаев Чингиз Абдраимович

Биомеханика

Дәріс №1. Биомеханикаға кіріспе. Тірек-қимыл аппаратының қатты тіндерінің (сүйек) биомеханикасы.



Биомеханика – биология мен механиканың түйіскен жерінде дамыған ғылым саласы. Ол тірі организмдердің, ең алдымен адам ағзасының қозғалыс заңдылықтарын, құрылымдық және функционалдық ерекшеліктерін механика заңдары арқылы зерттейді.

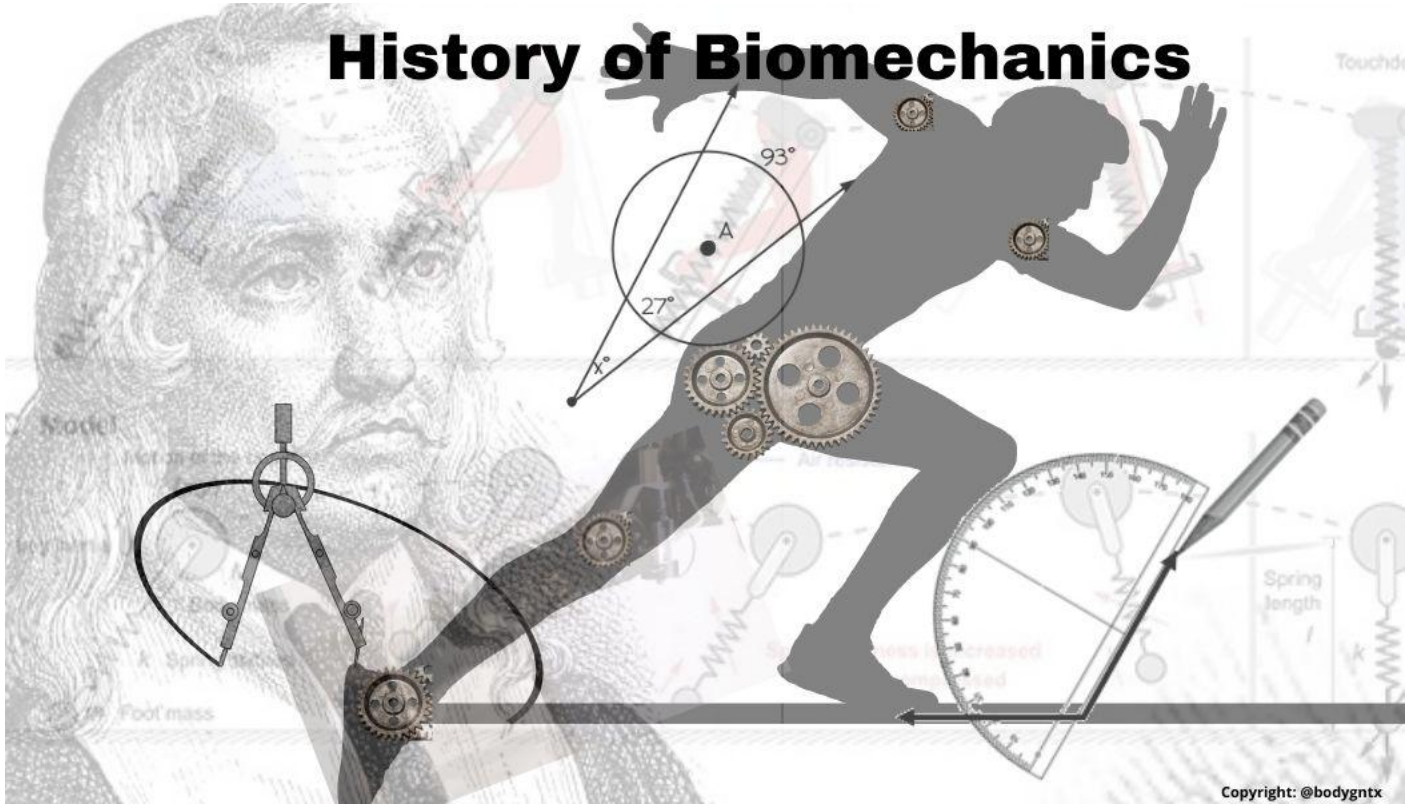
Биомеханика – адамды және жануарларды күрделі биомеханикалық жүйе ретінде қарастыратын ғылым.

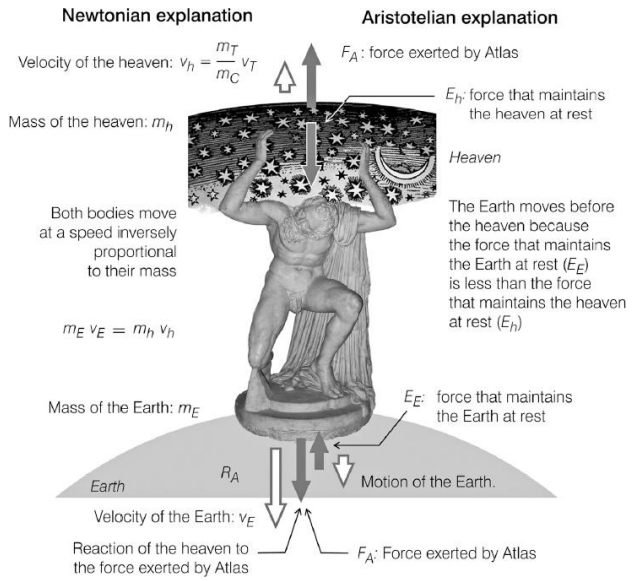
Б.з.д. III-IV ғасыр - Ежелгі дәуірде Аристотель адам қозғалысын талдауға тырысқан.

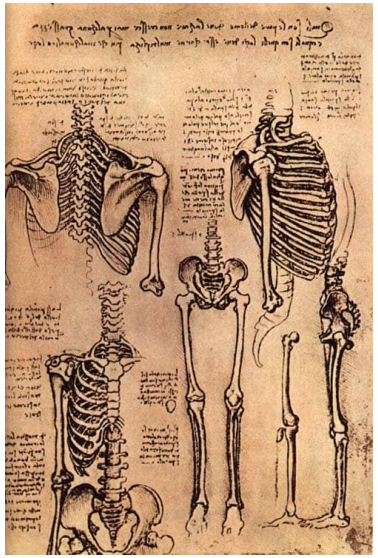
XV ғасыр - Леонардо да Винчи адам қаңқасы мен бұлшықеттерін механикалық иінтіректерге теңеген.

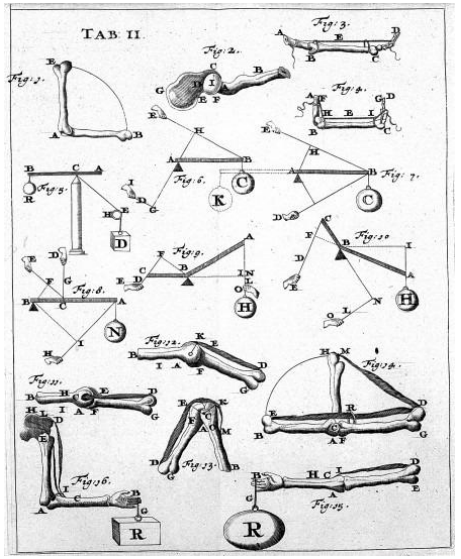
XVII ғасырда Джованни Борелли адам қозғалысының механикалық принциптерін алғаш жүйелі сипаттады.

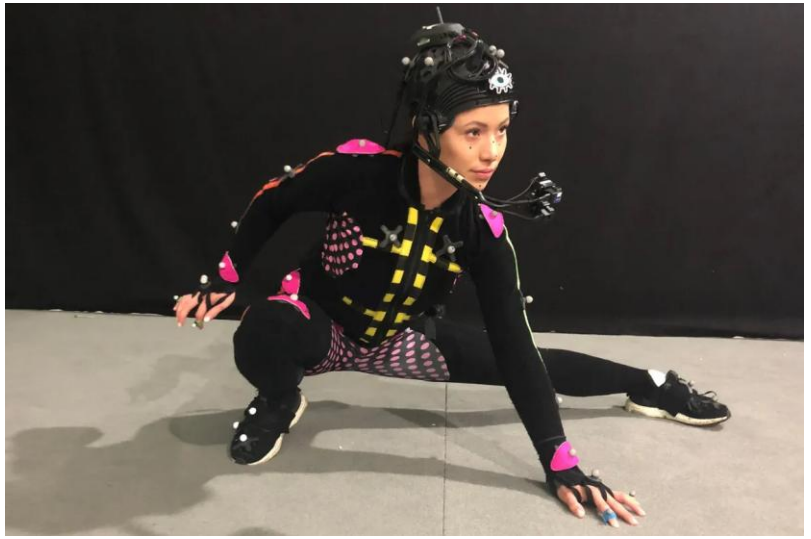
XX ғасырда кинематография мен датчиктердің дамуы қозғалысты нақты өлшеуге мүмкіндік берді. Қазіргі таңда компьютерлік модельдеу, жасанды интеллект және цифрлық егіздер биомеханиканың жаңа деңгейін қалыптастырып отыр



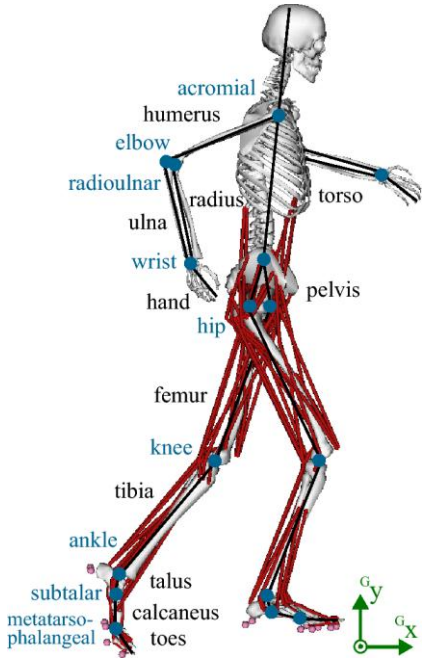




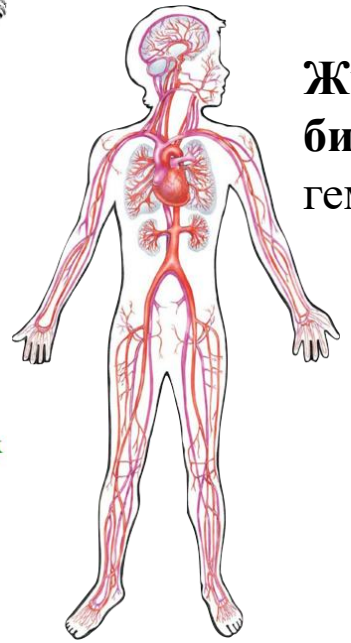




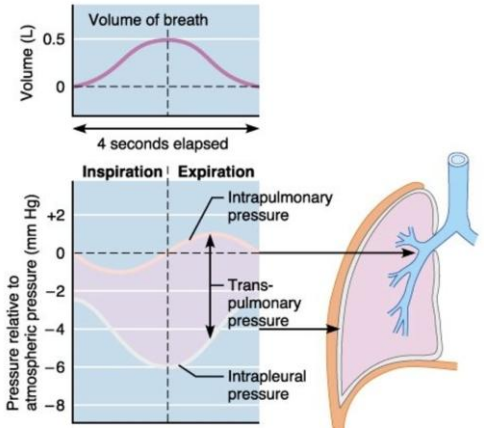
Биомеханиканың негізгі бағыттары

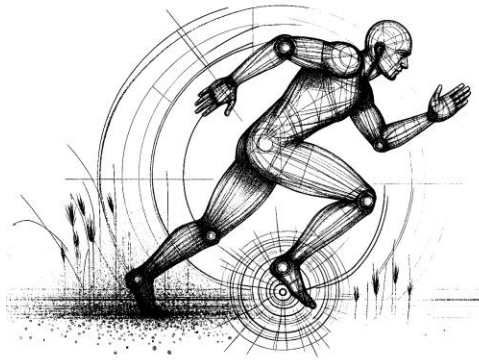


Тірек-қимыл аппаратының биомеханикасы – сүйек, бұлшықет, буындардың механикасы



Жүрек-қантамыр жүйесінің биомеханикасы – қан ағымы, гемодинамика, жүрек жұмысы.



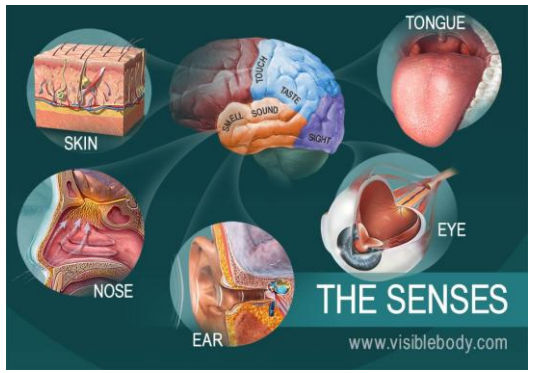


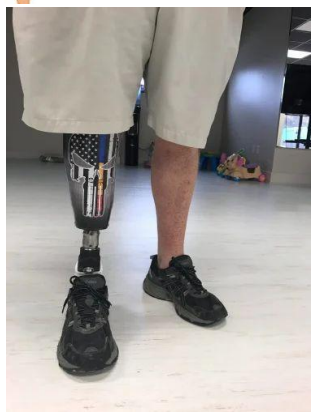
Спорт биомеханикасы

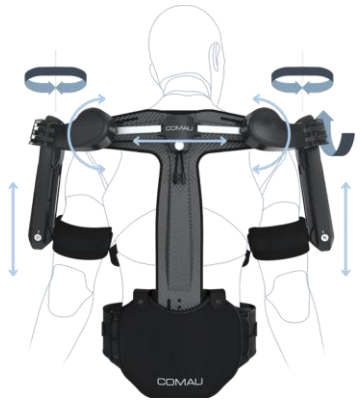
Тыныс алу биомеханикасы – өкпенің серпімділігі, тыныс жолдарының механикасы.

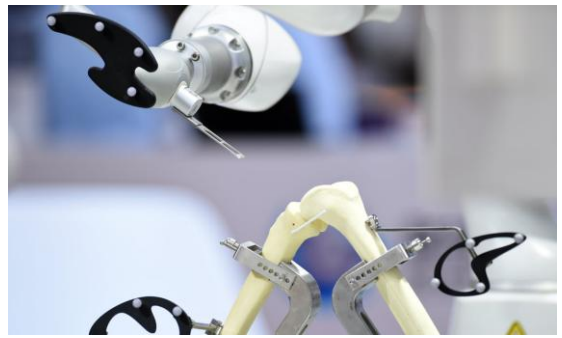
Қолданбалы биомеханика – протездер, экзоскелеттер, медициналық роботтар, цифрлық егіздер.

Сезім мүшелері биомеханикасы – көздің аккомодациясы, құлақтағы дыбыс өткізгіштігі









Сүйек биомеханикасы

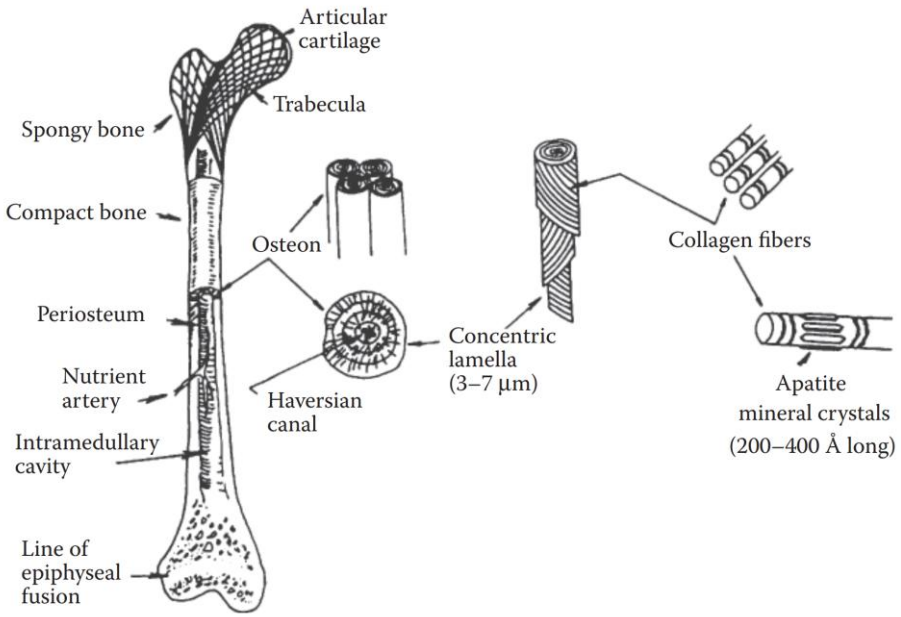
Сүйек - адам денесінің ішкі қаңқасы. Ол туған кезде шамамен 270 сүйектен тұрады – кейбір сүйектер біріктірілгеннен кейін ересек жаста бұл жалпы саны шамамен 206 сүйекке дейін азаяды. Қаңқадағы сүйек массасы жалпы дене салмағының шамамен 14% құрайды (орташа адам үшін шамамен 10–11 кг) және 25 пен 30 жас аралығындағы ең жоғары массаға жетеді.

Адам қаңқасын осьтік қаңқа және аппендикулярлы қаңқа деп бөлуге болады. Осьтік қаңқа омыртқа жотасынан, қабырға торынан, бас сүйегінен және басқа сүйектерден тұрады. Осьтік қаңқаға бекінетін аппендикулярлы қаңқаны жауырын белдеуі, жамбас белдеуі және жоғарғы және төменгі аяқ сүйектері құрайды.

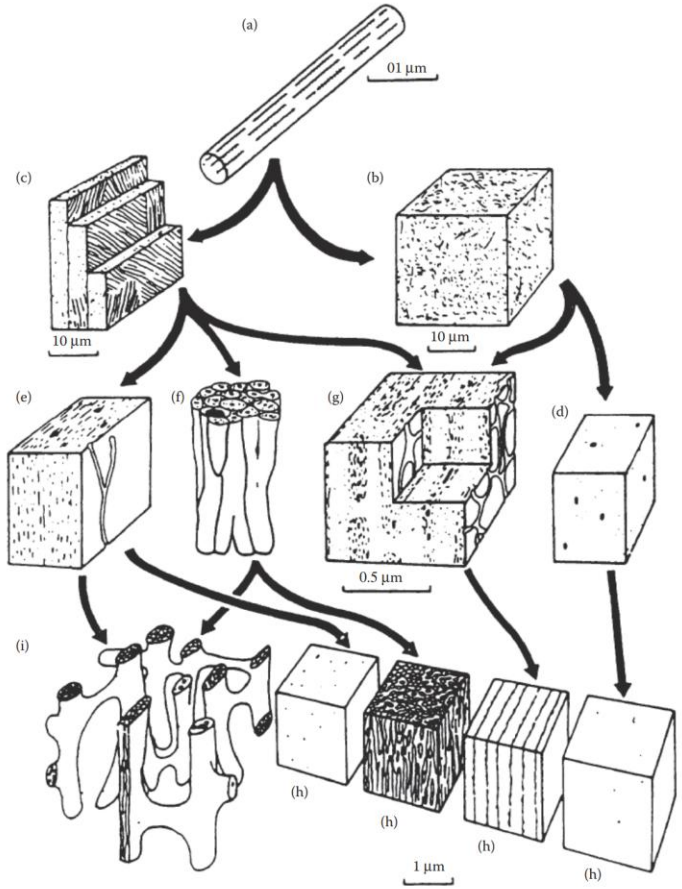
Адам қаңқасы алты негізгі ***функцияны*** орындайды: тірек, қозғалыс, қорғау, қан жасушаларын өндіру, минералдарды сақтау және эндокриндік реттеу.



Сүйек құрылысы



Адамның жамбас сүйегіндегі құрылымның иерархиялық деңгейлері
Spongy bone – кеуекті сүйек;
Articular cartilage - артикулярлы шеміршек
Compact bone - ықшам сүйек
Nutrient artery - қоректік артерия
Intramedullary cavity - интрамедуллярлық қуыс
Line of epiphyseal fusion - эпифизді біріктіру сызығы
Concentric lamella - концентрлік пластинкалар
Collagen fibers - коллаген талшықтары



(a) минерал кристалдары бар коллаген талшығы. (b) тоқылған сүйек. Коллаген талшықтары азды-көпті ретсіз орналасады. Остеоциттер көрсетілмеген. (c) Қабыршық сүйек. Бөлек ламеллалар бар және коллаген талшықтары әрбір ламелла қолайлы талшықтық бағдардың «домендерінде» орналасқан. Остеоциттер көрсетілмеген. (d) тоқылған сүйек. Қан арналары үлкен қара дақтар түрінде көрсетіледі. Бұл деңгейде тоқылған сүйек жеңіл нүктемен белгіленеді. (e) Біріншілік пластинкалы сүйек. Бұл деңгейде пластинкалы сүйек ұсақ сызықтармен белгіленеді. (f) Гаверсиан сүйегі. Гаверсиандық жүйелердің жиынтығы, әрқайсысында орталық қан арнасының айналасында концентрлі ламеллалары бар. Үлкен қара аймақ сүйек цилиндрі эрозияға ұшыраған кезде пайда болған қуысты білдіреді. Ол концентрлі ламеллалармен толтырылып, жаңа Гаверсиан жүйесін құрайды. (g) Ламинарлы сүйек. Екі қан каналының желісі ашылады. Тоқылған және пластинкалы сүйек қабаттары қалай кезектесетініне назар аударыңыз. (h) Төменгі деңгейлерде көрсетілген типтердің жинақы сүйектері. (i) Қамырлы сүйек

Сүйек түрі	Құрылысы	Орналасуы	Қызметі
Кеуекті сүйек (spongy bone)	Ішінде көптеген ұсақ қуыстар мен трабекулалардан (сүйек тақташаларынан) тұрады. Бұл қуыстарды сүйек кемігі толтырады	Ұзын сүйектердің эпифиздерінде, жалпақ және қысқа сүйектердің ішкі бөлігінде	Сүйектің салмағын жеңілдетеді. Қызыл сүйек кемігі арқылы қан түзу процесіне қатысады. Механикалық жүктемені қабылдап, таратады.
Артикулярлы шеміршек (қосынды шеміршегі, articular cartilage)	Гиалинді шеміршектен тұрады, қан тамырлары мен жүйкелері жоқ. Қоректенуі – синовиальды сұйықтық арқылы диффузия жолымен жүреді.	Буын беттерінде – сүйектің эпифиздерінің сыртқы ұшында.	Сүйектердің буында еркін және ауыртпалықсыз қозғалуын қамтамасыз етеді. Соққыны жұмсартады (амортизация). Сүйек ұштарын қажалудан, механикалық зақымданудан қорғайды
Ықшам сүйек (Compact bone)	Сүйек тінінің тығыз, берік бөлігі. Гистологиялық тұрғыда остеондардан (Гаверс жүйелерінен) тұрады	Барлық сүйектердің сыртқы қабатында (кортикальды қабат)	Сүйекке беріктік пен механикалық төзімділік береді. Сүйектің сыртқы пішінін қалыптастырады.

Ересек адамның және сиырдың сүйегінің құрамы

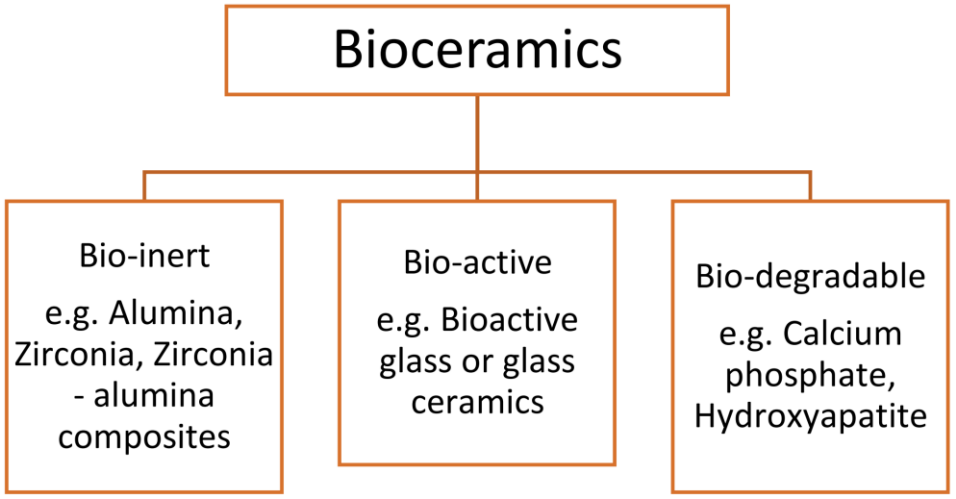
Species	% H_2O	% Dry Weight Ap	Collagen	GAG[a]
Bovine	9.1	76.4	21.5	N.D[b]
Human	7.3	67.2	21.2	0.34

Сүйектің құрамы көптеген факторларға байланысты: түрге, қай сүйекке, үлгі алынған орынға және сүйек тінінің жасына, жынысына және түріне, мысалы, тоқылған, канцеллезді, кортикальды. Дегенмен, көлемі бойынша жалпы құрамның шамамен үштен бірі Ap, үштен бірі коллаген және басқа органикалық компоненттер және үштен бірі H2O. GAG дегеніміз – Glycosaminoglycans (гликозаминогликандар) - бұл шеміршек пен басқа дәнекер ұлпаларға «серпімділік пен ылғал» беретін табиғи гель

Апатит: кальций фосфат қосылысы
Кеуекті, трабекулярлы сүйек деп те аталады. Түтік тәрізді сүйектердің буын ұштарының аймақтарында, омыртқаларда, қабырғаларда және т.б.
Кортикальды сүйек: жамбас, жіліншік және т.б. сияқты ұзын сүйектердің өзектерінде кездесетін тығыз жинақы сүйек денедегі басқа сүйектердің сыртқы бөліктерінде де кездеседі.
Гаверсий сүйегі: остеоникалық деп те аталады. Ересек адамдарда және жетілген сүтқоректілерде кездесетін сүйек формасы, негізінен концентрлі пластинкалы құрылымдардан тұрады, орталық каналды қоршап тұрады.
Гаверсиан каналы, сонымен қатар интерстициалды ламелла деп аталатын ескі Гаверсиан жүйелерінің (остеондар) пластинкалық қалдықтары.
Ортотропты: құрылымның симметриялы орналасуы, онда үш түрлі ортогональ бар.
Остеондар: жоғарыдағы Гаверсиан сүйектерін қараңыз.
Plexiform: ламинар деп те аталады. Жас, жетілмеген адам емес сүтқоректілерде кездесетін параллельді пластинкалы сүйек формасы.



Биокерамика - бұл дененің ауырған немесе зақымдалған қатты тінін емдеу, ұлғайту, жөндеу немесе ауыстыру үшін қолданылатын биоматериалдардың ерекше түрі. Медициналық саладан басқа керамика электронды, оптикалық және энергетикалық салаларда да қолданылады.

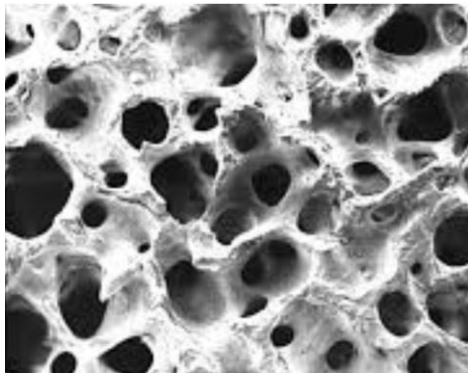


Bioceramics	Artificial Implants	Application	Advantages	Disadvantages
Alumina	Knee, Hip, Shoulder, Elbow, Wrist	Reconstruction of fractured part	High hardness, low friction	Weak in tension
Zirconia	Hip, Tooth	Reconstruction of fractured part	Corrosion resistant, hard, less friction	Friction problems, costly
Bioglass	Spinal fusion	Protect spinal cord		Fragile
Calcium phosphate, Hydroxyapatite	Tooth, bone	Replacement of damaged teeth		Sometime fragile

Био-инертті: Бұл материалдар тұрақты физикалық-химиялық қасиеттерге ие және қатты тіндермен жақсы үйлесімділік береді. Басқаша айтқанда, материалдар ағзаға имплантацияланған кезде физиологиялық реакция және дене ұлпасының иммунологиялық қабылдамауы болмайды. Олар коррозияға және тозуға төзімді. Олардың беріктілігі жоғары. Био-инертті материалдар құрылымдық тірек (сүйек) имплантаты ретінде қолданылады. Глинозем мен цирконий 1960 жылдан бері стоматологиялық және ортопедиялық қолдану үшін қолданылатын дәстүрлі биоинертті материалдар болып табылады.

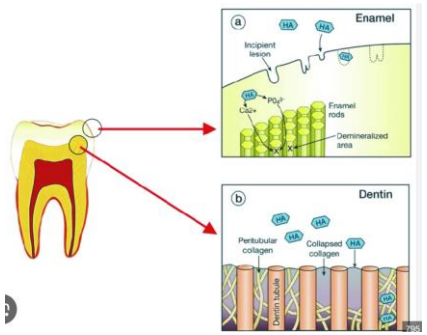


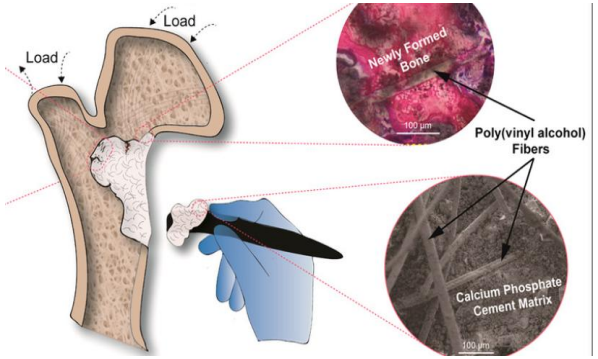




Биоактивті материалдар - тіндерге жағымды әсер ететін және дене тіндерін қалпына келтіруге көмектесетін реакцияны тудыру қабілеті бар биоактивті материалдар. Тіндік инженерияда биоактивті материалдар ортопедиялық, бас сүйек-бет (бас сүйек және бет сүйектері) және стоматологияда арнайы қолданылады. Биоактивті материалдарға мысал ретінде гидроксиапатит, кальций фосфаты жатады.

Биологиялық ыдырайтын материалдар - дене тінінің сұйықтығымен байланыста болған кезде реакцияға қабілетті және тез ыдырайды. Бұл материалдар денеден имплантарды алып тастау үшін қайталама хирургияны қажет етпейді. Бұлар дене ұлпаларына толығымен сіңіп, қатты тіннің бір бөлігіне айналады. Биологиялық ыдырайтын материалдарға Кальций фосфатты керамика мен Гидроксиапатит жатады.





Био-инертті: Alumina (Алюминий тотығы), Zirconia (Циркония), Zirconia-Alumina (Циркония-Глинозем)
Биоактивті материалдар: Bioactive glass and glass ceramic (Биоактивті шыны және шыны керамика)
Биологиялық ыдырайтын материалдар: Calcium Phosphate Ceramics (Кальций фосфатты керамика CPC), Hydroxyapatite (гидроксиапатит)

Барлық биокерамикалық материалдар әртүрлі қасиеттерге ие, сондықтан олардың биомедициналық қолданулары әртүрлі. Материалдардың қолданылуы олардың коррозияға қарсы және биологиялық әрекетіне байланысты. Шыны керамика қауіп-қатерсіз және уыттылық туғызбай сүйекпен оңай байланысады. Сондықтан композиттер инертті және биоактивті қасиеттеріне байланысты пайдалырақ. Бұл композиттер жақсартылған биологиялық және механикалық қасиеттерден тұруы мүмкін.

Material	Young's Modulus (GPa)	Compressive strength (MPa)	Bond strength (GPa)	Hardness	Density (g/cm^3)
Inert Al_2O_3	380	4000	300-400	2000-3000 (HV)	>3.9
ZrO_2 (PS)	150-200	2000	200-500	1000-3000 (HV)	≈6.0
Graphite	20-25	138	NA	NA	1.5-1.9
(LTI) Pyrolitic carbon	17-28	900	270-500	NA	1.7-2.2
Vitreous carbon	24-31	172	70-207	150-200 (DPH)	1.4-1.6
Bioactive HAP	73-117	600	120	350	3.1
Bioglass	≈75	1000	50	NA	2.5
AW Glass Ceramic	118	1080	215	680	2.8
Bone (for comparison)	3-30	130-180	60-160	NA	NA