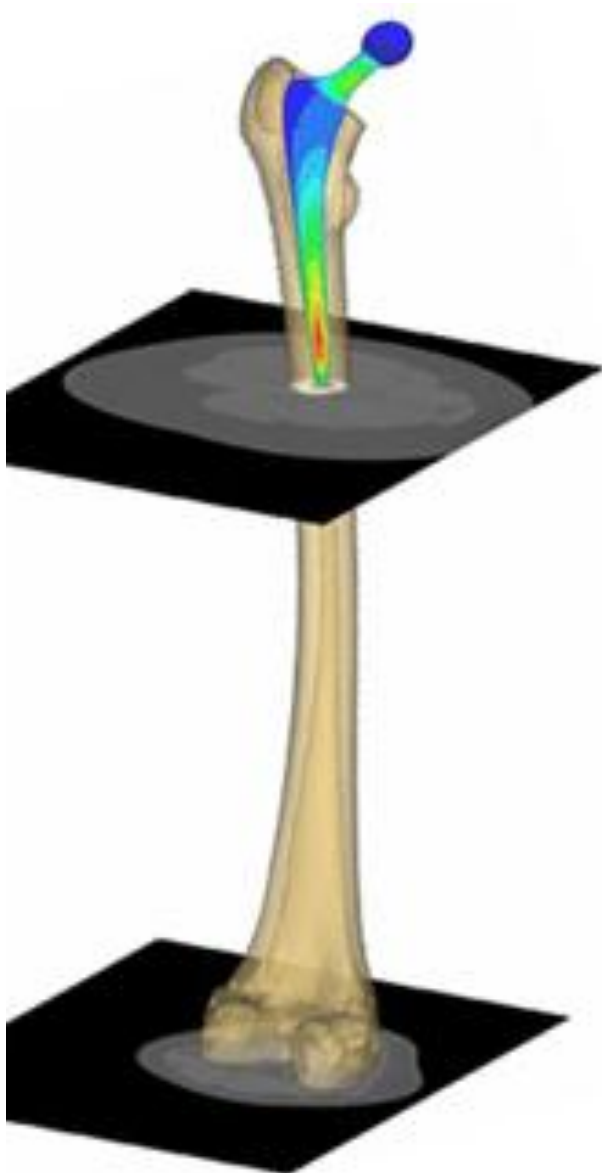


Adapterende botten

belastingen op en rond implantaten



BioMedische Technologie

1^e jaar, 4^e kwartiel

2011-2012

Cursuscode: 201100219

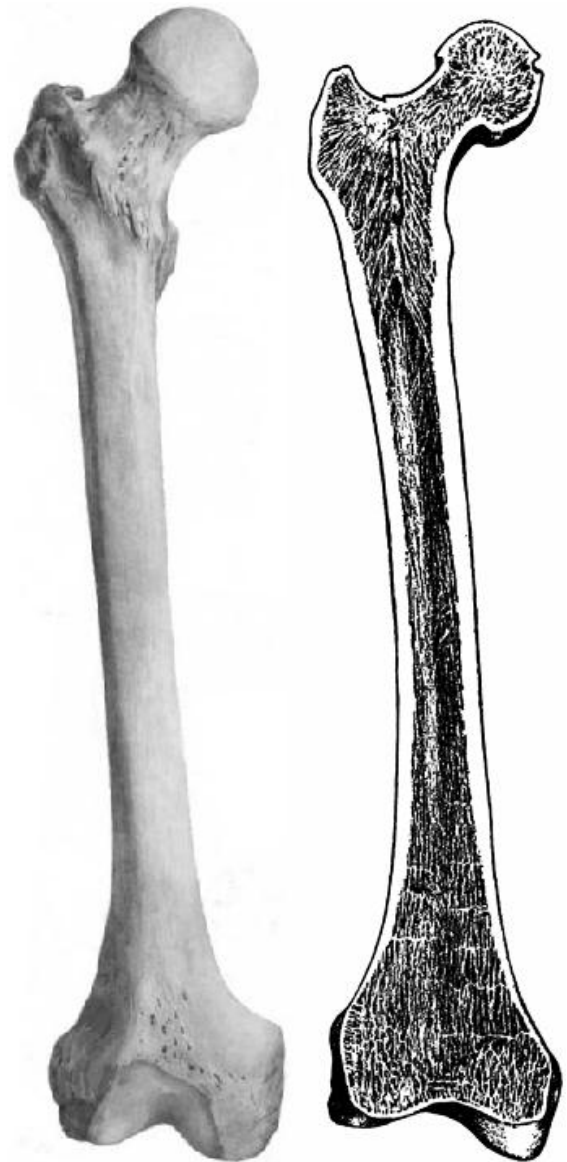
Dr. ir. J. Homminga
Dr. ir. L. Winnubst
Prof.dr.ir. C.H. Slump
Dr. T. van Wessel
Dr.ir. G. Zwier

1. Probleembeschrijving

Biologische materialen zijn veelal uitzonderlijk ingenieus. Legendarisch is natuurlijk de uitzonderlijke combinatie van sterkte, soepelheid en gewicht van zijde. Minder spectaculair dan zijde, maar historisch veel belangrijker zijn de eigenschappen van hout, welke door mensen al duizenden jaren worden benut. Wellicht minder bekend, maar niet minder spectaculair is de extreme gladheid van kraakbeen, waardoor onze gewrichten probleemloos 60+ jaren kunnen functioneren. Een ander opmerkelijk materiaal in ons lichaam is bot. De opmerkelijkheid van bot zit enerzijds in de eigenschappen (vergelijkbaar met die van hout), maar het zit vooral in de mate waarin het bot is aangepast aan de omstandigheden en in de mate waarin het bot zich telkens weer kan aanpassen aan veranderende omstandigheden.

Zoals je waarschijnlijk weet liggen de taken van onze botten onder andere in het dragen van het gewicht van het lichaam en in het beschermen van onze vitale organen (hersenen, hart, longen). Deze functies van bot hebben dus te maken met het dragen en verdragen van krachten. Hoe maakt de vorm van bot deze functies mogelijk? Wellicht ken je bot alleen in de vorm zoals ze op piratenvlaggen te zien is (een glad, langwerpige, massief en wit ding), de ware vorm van bot is beter zichtbaar wanneer we kijken naar een doorsnede van een bot (Figuur 1). Dan blijkt dat het bot helemaal niet massief is; het is een holle structuur met alleen bij de uiteinden wat meer vulling, maar zelfs die is meer als een spons dan als een massief materiaal. Vanuit een biomechanisch oogpunt is dit een opmerkelijk optimale structuur: een hoge sterkte en een laag gewicht. Deze opmerkelijke fit tussen de vorm en de functie van bot werd al in 1832 door Bourgerie opgemerkt: *"de correlatie tussen de structuur en de functies is zo nauwkeurig dat we kunnen zeggen dat de gehele organisatie de meest gelukkige combinatie is voor het doel waaraan het moet voldoen"*¹.

Deze gunstige structuur van botten zien we bij alle gewervelde dieren terug. Wanneer je kijkt naar de details, dan zijn er grote verschillen tussen soorten, tussen individuen, en binnen het individu. Wanneer je elk van deze details echter naast de soort-, individu- en tijdsgebonden omstandigheden legt, dan blijkt telkens weer dat de structuur erg gunstig is. Blijkbaar heeft de evolutie dus niet zozeer tot één structuur van bot geleid, maar meer tot een wijze waarop bot zich kan vormen naar de omstandigheden. Door deze opmerkelijke eigenschap kan ons bot zich voortdurend aanpassen aan de situatie waarin het zich bevindt. Wanneer we naar de ruimte reizen passen zij zich aan de relatief lage belasting aan, wanneer we gaan turnen passen zij zich aan de relatief grote belasting aan. Binnen één mens zijn ook aanpassingen te vinden, zo hebben rechtshandige professionele tennisers stevigere botten aan die rechterkant dan aan hun linkerkant. Zelfs binnen één bot zijn aanpassingen te vinden, en over een die laatste situatie gaat het project van dit kwartiel.



Figuur 1: frontaal aanzicht (links) en doorsnede (rechts) van een femur.

¹ JM.Bourgerie "Traite complete de l'anatomie de l'homme", I.Osteologie. Paris, 1832 (zoals geciteerd door: H.Roesler, J.Biomech. 20: 1025-1034, 1987)

Door bepaalde aandoeningen (artrose bv) kan het zo zijn dat een patiënt, vanwege de pijn, niet meer goed kan lopen met het eigen heupgewricht. In dergelijke gevallen wordt vaak het aangedane natuurlijke gewricht vervangen door een implantaat (kunstgewricht). De versleten kop wordt weggehaald en vervangen door een metalen pen in het femur (femoral stem) met een artificiële kop (Figuur 2). Aan de bekkenkant wordt een nieuwe kom geplaatst (acetabular shell). Kop en kom vormen zo een nieuw heupgewricht. Dergelijke implantaten zijn erg succesvol: na tien jaar functioneert 90% van de implantaten nog goed.

Je kunt je wel voorstellen dat de aanwezigheid van een dergelijke metalen pin in het femur, de lokale belasting situatie verandert. Als reactie op deze veranderde belasting situatie zal ook het bot zich lokaal aanpassen. Deze, op zich normale en gewenste, aanpassing blijkt in dit geval echter problemen te veroorzaken. Ondanks dat de levensduur van dergelijke implantaten hoog is zullen zij (met name in de jongere patiënten) toch op den duur vervangen moeten worden. Door de aanpassing van het bot rondom de prothese blijkt het echter moeilijk te zijn om een vervangend implantaat goed vast te zetten: op sleutellocaties is het bot vrijwel verdwenen.



Figuur 2: implantaat ter vervanging van het natuurlijke heupgewricht.

In het huidige project gaan jullie allereerst onderzoeken hoe aanpassingen van het bot plaatsvinden. Vervolgens gaan jullie kijken naar effecten van type implantaat, initiële botsituatie, en belasting van het bot op de aanpassingen van het bot. En ten slotte doen jullie voorstellen voor verbeteringen aan implantaten (en/of patiënten).

2. Projectopdracht

Doel van project:

Het doel van het project is het onderzoeken van botadaptatie rond een heupimplantaat, en het doen van verbetervoorstellen voor zowel het model als het implantaat.

Bekend is dat verschillende implantaten en patiënten verschillende hoeveelheden van botadaptatie laten zien. Met dit project willen we een onderzoek doen naar de effecten van vorm en materiaal van het implantaat, vorm en botkwaliteit van het femur, en van de dagelijkse beweging van de patiënt.

Deelprojecten:

Zoals elk project is ook dit project op te delen in een aantal deelprojecten. Een eerste grove opdeling levert:

- **Introductie:**
 - verzamel achtergrondinformatie
 - stel een hypothese op over de werking van botadaptatie rond heupimplantaten
- **Methode:**
 - zet de hypothese om in een mechanisch & biologisch model
 - zet het mechanisch & biologisch model om in een mathematisch model in MatLab
 - valideer het model aan de hand van patiëntgegevens
- **Resultaten:**
 - bestudeer de effecten van implantaat en patiëntverschillen
- **Discussie:**
 - wat betekenen de resultaten?
 - wat is de samenhang tussen de resultaten onderling?
 - wat is de samenhang tussen de resultaten en eerder gevonden resultaten (literatuur bv)?
 - wat zijn de onzekerheden in de resultaten?
 - doe suggesties voor verbetering van implantaat en/of patiënt

Om jullie werk binnen het project mogelijk te maken en te ondersteunen, zijn er gedurende het kwartiel een aantal ondersteunende vakken:

- Mechanica
- Harde Materialen
- Beeldvorming
- Anatomie/Fysiologie
- Wiskunde

In dit project krijgen jullie, meer dan in eerdere projecten, zelf de regie over het verloop van het project. Jullie moeten zelf analyseren welke kennis en vaardigheden nodig zijn binnen het project, jullie gaan zelf het project uittrekken in deelprojecten, en jullie gaan zelf een planning opstellen.

Problemen in de projectgroep

De verantwoordelijkheid voor het samenwerken in de projectgroep ligt bij de studenten. Dat betekent dat jullie deze verantwoordelijkheid ook moeten nemen en zelf actie moeten ondernemen als er sprake is van problemen binnen de groep. In eerste instantie is het dus aan jullie om deze problemen op te lossen. Als jullie er zelf niet uitkomen, nemen jullie contact op met de tutor.

Als er sprake is van een groepslid dat niet voldoende bijdraagt aan het project, worden de volgende stappen gevolgd:

1. De problemen worden besproken in de groep. Het probleem wordt geanalyseerd en er worden afspraken gemaakt om het op te lossen. Van deze bijeenkomst worden notulen gemaakt.
2. Als het probleem blijft bestaan wordt de tutor ingeschakeld. Wacht hier niet te lang mee, als jullie pas contact opnemen in week 9 is er over het algemeen niet zo veel meer aan te doen. Het is dus jullie verantwoordelijkheid om problemen ook bijtijds te constateren en aan te pakken.

3. Het probleem wordt besproken met de tutor en er worden concrete afspraken gemaakt om het probleem te verhelpen. Er wordt een tijdstip afgesproken waarop de afspraken geëvalueerd zullen worden.
4. De afspraken worden in het bijzijn van de tutor geëvalueerd. Mocht het probleem nog niet opgelost zijn, dan kan de tutor in het uiterste geval besluiten om een student uit de groep te zetten. Deze student krijgt dan niet de projectcijfers en kan het kwartiel dus niet meer halen.

Basiseisen per product

Hieronder staan een aantal producten die gedurende het project moeten worden ingeleverd met daarbij de (basis)eisen waaraan elk product moet voldoen. Het totaal van deze producten zal worden beoordeeld in de vorm van een projectcijfer (zie hoofdstuk "beoordeling"). Voor enkele producten geldt dat deze moeten worden besproken met de tutor voordat het project kan worden voortgezet. Voor elk product geldt tevens dat dit moet worden ingeleverd via Blackboard op de daarvoor aangegeven plaats, voorzien van een titelblad met daarop de naam van het project, groepsnummer en de namen + studentnummers van de groepsleden. Zorg er daarnaast voor dat het groepsnummer in de naam van de file staat die op Blackboard ingeleverd wordt.

In dit kwartiel worden jullie meer losgelaten qua tijdsplanning: voor het "plan van aanpak" is een deadline, voor alle overige producten geldt slechts één deadline: een-na-laatste week van het kwartiel. Uiteraard is het niet de bedoeling dat jullie ook werkelijk alles pas op die deadline inleveren, maar de planning van welk onderdeel jullie wanneer inleveren is aan jullie. Jullie planning leggen jullie vast in het "plan van aanpak", waarna dat de planning is waar we jullie aan houden. Het kan zo zijn dat in de loop van het kwartiel blijkt dat jullie bepaalde activiteiten toch niet goed ingeschat hebben. Om te voorkomen dat jullie daardoor geen enkele deadline kunnen halen, krijg je tijdens het kwartiel **1 keer** de mogelijkheid om je planning aan te passen. Als de tutor de gewijzigde planning heeft goedgekeurd, lever je deze in bij je tutor en de kwartielcoördinator. De nieuwe deadlines gelden vanaf dat moment als definitief.

Plan van aanpak met tijdspad (groepsproduct)

Het plan van aanpak wordt ingeleverd vóór 12.00 uur op de vrijdag van de 1^e week van het kwartiel. Voordat het project kan worden voortgezet, moet de planning goedgekeurd worden door de tutor.

Het plan van aanpak wordt beoordeeld op:

- gedetailleerdheid probleemstelling
- opstelling van (deel)problemen
- opstelling van doelen en criteria van activiteiten die nodig zijn (bijv. literatuurstudie)
- planningsschema van activiteiten (haalbaar?, logisch?, ...)
- planningsschema van de in te leveren stukken

Verslag introductie fase (groepsproduct)

In de ??^e week (zie jullie eigen "plan van aanpak") van het kwartiel moet het resultaat van de introductie fase worden ingeleverd. Dit zal dus zijn een samenvatting van de achtergrond informatie en de opgestelde hypothese (maximaal 4000 woorden). De resultaten van dit product moeten worden besproken met de tutor en goedgekeurd worden door de tutor, voordat het project kan worden voortgezet.

Verslag methode fase (groepsproduct)

In de ??^e week (zie jullie eigen "plan van aanpak") van het kwartiel moet het resultaat van de methode fase worden ingeleverd. Dit zal dus zijn:

- een mechanisch & biologisch model dat jullie bespreken met de docent Mechanica vóórdat jullie beginnen met het MatLab model.
- een mathematisch (MatLab) model dat jullie bespreken met de programeerdocenten
- een validatie van dat model

Dit geheel wordt verwerkt in een verslag (maximaal 4000 woorden), dat wordt besproken met jullie tutor voordat het project kan worden voortgezet. Daarnaast wordt de methode fase ("model") door de docent Mechanica beoordeeld met een cijfer dat meetelt voor het projectcijfer.

Proefpresentatie van het hele project

Op maandag 25 juni of dinsdag 26 juni geven jullie, aan jullie eigen tutor en een expert op het gebied van presentatievaardigheden, een proefpresentatie van de eindpresentatie, waarin jullie ook de stof van

het projectcollege Presenteren toepassen. Voor deze presentatie gelden dezelfde eisen als voor de eindpresentatie. De proefpresentatie telt niet mee voor het eindcijfer, maar jullie krijgen feedback op de inhoud van je presentatie en op jullie presentatievaardigheden. Deze feedback moet worden verwerkt voor de eindpresentatie.

Presentatie van het hele project (individueel)

In de een-na-laatste week van het kwartiel wordt een centrale bijeenkomst georganiseerd, waarin alle groepen het resultaat van de projectopdracht presenteren. De presentatie wordt beoordeeld door een beoordelingscommissie die (minimaal) zal bestaan uit de tutor en een vakinhoudelijk expert. Het doel van de presentatie is duidelijk te maken welke variatie in patiënt en implantaat de groep heeft onderzocht en wat daar de effecten van waren. Deze presentatie is het eindproduct van het project en moet dus inhoudelijk alles omvatten waaraan dit project is gewerkt en wat is geproduceerd. Dit omvat in ieder geval (voor inhoud van de onderdelen zie eerder (deelprojecten)):

- introductie
- methodes
- resultaten
- discussie

De presentatie duurt ongeveer 20 minuten waarbij elk groepslid ongeveer 5 minuten voor zijn/haar rekening neemt. Na afloop is er een 25 minuten tijd voor vragen waarbij elk van de groepsleden over elk van de projectonderdelen vragen moet kunnen beantwoorden.

Het kwartiel bevat projectcolleges over presentatie vaardigheden. De beoordeling van de presentatie zal gebaseerd zijn op de inhoud van die presentatie colleges (de eisen zullen dus hoger zijn dan in eerdere kwartielen).

Beoordeling projectgedrag (individueel)

In dit project wordt de manier waarop ieder lid heeft bijgedragen aan het project beoordeeld met een cijfer. Dit cijfer wordt gegeven door de tutor op basis van een peer assessment, dat wil zeggen dat jullie in een bijeenkomst onder leiding van de tutor elkaar zullen beoordelen aan de hand van vooraf vastgestelde beoordelingscriteria. Halverwege het kwartiel zal een eerste peer assessment plaatsvinden. Het doel van deze eerste beoordeling is dat ieder groepslid feedback krijgt op zijn of haar functioneren in het project. Deze eerste beoordeling telt niet mee voor een cijfer. Aan het eind van het kwartiel zal weer een beoordeling plaatsvinden. Op basis van de uitkomst van deze beoordeling wordt door de tutor het cijfer bepaald.

Practica

Aan het blok adapterende botten is een DEXA practicum verbonden. DEXA staat voor Dual – Energy X-ray Absorptiometry, hierbij wordt met een lage – dosis röntgen straling een object van interesse doorstraald en de optredende verzwakking van de stralingsintensiteit wordt gemeten, soms worden meerdere richtingen gebruikt. De gemeten verzwakking hangt af van het gescande materiaal, samenstelling en dikte. De verzwakking is ook afhankelijk van de energie van de röntgen stralen. Door nu de meting te verrichten bij een hogere en een lagere energie kunnen jullie bepalen hoeveel er van een bepaald materiaal in het object aanwezig is. In dit blok gaat het ons vooral om de bot minerale dichtheid (BMD), een grootheid die sterk samenhangt met de sterkte van een bot. Dit is uitgebreid in de literatuur aangetoond, zie bijvoorbeeld Martin (J Biomech, 24: S79-88, 1991) en Dalén et al. (Acta Orthop Scand, 47: 503-508, 1976). Jullie gaan eerst de scanner kalibreren en dan de BMD meten van enkele wervels / bot structuren met de bot dichtheidsmeter Piximus (GE Lunar, Madison, WI, USA).

Uitvoering van de drie delen van het practicum is in teams van twee. Van het practicum moet een kort verslag worden gemaakt (antwoord op de gestelde vragen en korte weergave van observaties en bevindingen).

- Het eerste deel (vier uur) is een inleiding in het gebruik van MATLAB, met daarbij de image processing toolbox, om beelden te kunnen inladen, weergeven op het scherm, kwantitatief te bewerken, en met een introductie in elementaire image processing. Dit kunnen jullie op je eigen laptop onder begeleiding van student assistenten uitvoeren, zie het betreffende rooster.
- Het tweede deel (twee uur) wordt gewerkt met de scanner en hiervoor moeten jullie in de agenda in de betreffende week een tijdslot reserveren. Hoewel een lage dosis röntgenstraling gebruikt wordt

is het wel ioniserende straling en het gebruiksvoorschrift / veiligheidsinstructie dient opgevolgd te worden.

- Het derde deel bestaat uit de uitwerking van de metingen met MATLAB en ook de analyse van een aantal patiënten scans. Met de analyse technieken kunnen jullie in het project de relatie leggen tussen bot sterkte en belasting.

Projectcolleges:

Presenteren

In het projectcollege Presenteren komen de verschillende aspecten van presentatietechnieken uitgebreid aan de orde (o.a. vorm, structurering van de inhoud en verbale en non-verbale communicatie). Jullie krijgen concrete handvatten aangereikt die direct toepasbaar zijn in de voorbereiding van je projectpresentatie.

3. Leerdoelen van het project en de vakdomeinen

Leerdoelen project

De student kan:

- een model van mechanisch gestuurde botadaptatie opstellen
- beschrijven hoe veranderingen in belasting (als gevolg van veroudering en inactiviteit) gerelateerd kunnen worden aan bouw en functie van een pijpbeen (specifiek het femur)
- stijfheid en sterkte van materialen bepalen (in een practicum situatie?)
- beperkingen van het eigen model aangeven en naar aanleiding van reële meetgegevens voorstellen doen om het eigen model te verbeteren
- voorstellen doen om een botimplantaat te verbeteren, wat betreft materiaal en geometrie, op basis van een eigen model, meetgegevens en literatuur
- basisvaardigheden op het gebied van projectmanagement toepassen in het project
- projectresultaten mondeling presenteren aan medestudenten, waarbij gebruik wordt gemaakt van een heldere structuur, ondersteunende media, goede mondelinge vaardigheden en contact met het publiek

Relatie project en vakdomeinen

Het project is zo uitgekozen en opgezet dat het zoveel mogelijk verbanden heeft met de verschillende vakdomeinen, zodat ook zoveel mogelijk onderwerpen van die vakdomeinen meteen toegepast en geoefend worden in het project. Echter, niet alle vakdomeinen zullen evenveel verband hebben met het project, sommige onderwerpen zijn slecht toepasbaar in project-vorm, terwijl andere onderwerpen pas later in de opleiding goed kunnen worden toegepast.

- In het vak Mechanica wordt ingegaan op hoe een werkelijke patiënt situatie kan worden omgezet naar een technisch model (zodat er aan gerekend kan worden), wordt ingegaan op hoe we met dit model de uitwendige en inwendige belasting op constructies kunnen bepalen, en wordt tenslotte ingegaan op hoe we de spanningen en rekken in die constructies kunnen uitrekenen.
- Harde Materialen zal vooral ingaan op structuren en eigenschappen van metalen en keramische materialen en kort op de (mechanische) eigenschappen van polymere materialen.
- In het vak Beeldvorming wordt ...
- In het vak Anatomie/Fysiologie zal worden ingegaan op de bouw en functie van de verschillende bindweefsels (o.a. bot, kraakbeen) in het skelet. Bindweefsel vervult een aantal belangrijke functies in het lichaam, zoals bescherming, verbinding, steun, isolatie en transport. De exacte functie die een bepaalde bindweefsel structuur uiteindelijk vervult staat in nauwe relatie met de manier waarop dit specifieke bindweefsel is opgebouwd. Daarnaast heeft bindweefsel (met name bot) de eigenschap dat het zich kan aanpassen onder invloed van bijvoorbeeld mechanische of hormonale veranderingen. Zo zal bij extreme inactiviteit bijv. als gevolg van veroudering verlies van botmassa (osteoporose) optreden en zal bij grote belastingen de botmassa toenemen. In enkele hoorcolleges en een microscopiepracticum zal worden gekeken naar verschillen in samenstelling van het bindweefsel van gezonde individuen en individuen met een aandoening (o.a. osteoporose). De verschillen in weefselsamenstelling zullen worden besproken in relatie tot de mechanismen die hieraan ten grondslag kunnen liggen en aan de functionele gevolgen voor het bewegingsapparaat.
- In het wiskundevak wordt de wiskunde behandeld die men in veel natuurkundig gerichte vakken zoals mechanica, warmteleer, elektriciteitsleer, stromingsleer en andere toepassingsvakken nodig zal hebben. Dit vak is het directe vervolg op het wiskundevak in blok 1B. Er komen toepassingen van de differentiaalrekening voor functies van meerdere variabelen aan de orde, o.a. de kettingregel, de linearisatie en het vastleggen van extrema (ook onder nevenvoorwaarden). Tevens wordt het integraalbegrip voor een functie op een interval, gebaseerd op het concept van Riemannsommen, uitgebreid. Het integratiegebied wordt een vlakke plaat of bijvoorbeeld een bolvormig voorwerp. Dit levert twee- of drievoudige integralen op, waarmee volumes, massa's of traagheidsmomenten berekend kunnen worden.

Leerdoelen vakdomeinen

Mechanica

De student kan:

- een (eenvoudige) werkelijke situatie vertalen in een technische model (vrije lichaams structuur) zodat er aan gerekend kan worden.
- m.b.v. de evenwichtsvergelijkingen reactie krachten & momenten en interne krachten & momenten uitrekenen voor eenvoudige constructies.
- de spanningen en rekken in eenvoudige constructies (balken) uitrekenen voor eenvoudige belastingssituaties (axiale krachten, buigmomenten, torsie momenten, schuifkrachten).
- omgaan met het enkele aspecten van het mechanische gedrag van technische en biologische materialen (stijfheid, sterkte, visco-elasticiteit, anisotropie, niet-lineair gedrag).

Harde Materialen

De student:

- kent de bindingstypen en kristalstructuren in keramische materialen en metalen.
 - Ionogene binding
 - Metaal binding
 - Kristalroosters
- heeft begrip van breuk in brosse materialen (o.a. keramische materialen) en is bekend met het begrip breuktaaiheid.
- heeft kennis van de electrochemische processen, die een rol spelen bij corrosie van metalen.
- heeft kennis van slijtage en wrijving (tribologie).
- kan een onderbouwde keuze maken voor (bulk)materialen voor de verschillende componenten in een heup implantaat en andere botvervangende implantaten

Beeldvorming

De theorie rond het gebruik en opwekking van röntgenstraling voor DEXA wordt behandeld in een aantal hoor- en responsie-colleges voorafgaande aan het practicum. Aan de orde komen:

- Korte introductie opwekking röntgenstraling met daarbij overzicht van belangrijkste historische ontdekkingen.
- Het ontstaan van een röntgen energie spectrum
- Belangrijkste interactie mechanismen röntgen met materialen / weefsels, energie afhankelijkheid
- De detectie van röntgenstraling, overzicht detectoren
- Principe van DEXA in historisch perspectief.
- Elementaire inleiding dosis begrip en gevaren van straling.

(zie bijvoorbeeld: R.A. Kruger, S.J. Riederer, Basic concepts of digital subtraction angiography, G.K. Hall Medical Publishers, 1984)

Anatomie/Fysiologie

De student kan:

- de verschillende typen bind- en steunweefsel benoemen en deze onderscheiden op basis van bouw, vorm, functie en locatie in het lichaam
- de bouw en werking van een pijpbeen (in het bijzonder het femur) beschrijven
- aangeven op welke wijze pijpbeenderen groeien en de verschillende processen die hierbij een rol spelen benoemen
- beschrijven op welke wijze het bot/skelet zich aanpast onder invloed van bijvoorbeeld mechanische of hormonale veranderingen (adaptatie) en welke (regel)mechanismen hieraan ten grondslag liggen
- het begrip osteoporose omschrijven en aangeven welke structurele en functionele veranderingen optreden als gevolg van osteoporose

Wiskunde

De student kan (bij functies van twee of drie variabelen):

- de kettingregel toepassen.
- de richtingsafgeleide en de gradiëntvector berekenen, en kent de verbanden tussen richtingsafgeleide, gradiëntvector en niveaукromme (-oppervlak).
- eerste- en tweedegraads Taylorpolynomen opstellen.

- locale extrema en zadelpunten bepalen, alsmede absolute extrema op begrensde en gesloten gebieden, of onder nevenvoorwaarden (methode van Lagrange).
- tweevoudige integralen over algemene gebieden opstellen en berekenen, inclusief het toepassen van poolcoördinaten.
- drievoudige integralen over algemene gebieden opstellen en berekenen, inclusief het toepassen van cilinder- en bolcoördinaten.

Studiemateriaal ondersteunende vakken

Mechanica

- R.C. Hibbeler: "Statics and Mechanics of Materials", 3rd edition in SI units, ISBN: 978-981-06-8632-1
- Collegesheets & handouts op BlackBoard

Harde Materialen

- W.D. Callister, Jr. and D.G. Rethwisch: "Fundamentals of materials Science and Engineering, An integrated approach" 3rd editions (Wiley), ISBN: 978-0-470-23463-1
- Collegesheets & handouts op BlackBoard

Beeldvorming

- Geen boek en/of diktaat
- Collegesheets & handouts op BlackBoard

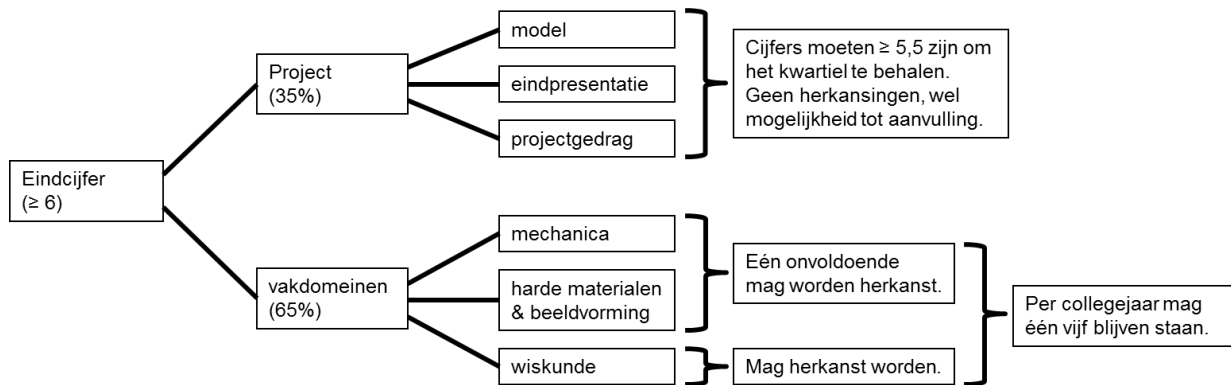
Anatomie en Fysiologie

- E. Marieb: 'Human Anatomy and Physiology', 8th edition (2009), ISBN: 9780321584199
- W. Paltzer: 'Sesam Atlas van de Anatomie (deel I: BEWEGINGSAPPARAAT)', Druk 21. ISBN: 9789055744978
- A.A.F. Jochems: 'Zakwoordenboek der Geneeskunde' (Coelho). ISBN: 9789062287550 (aanbevolen)
- Collegesheets & handouts op BlackBoard

Wiskunde

- G.B.Thomas, M.D. Weir, J.R. Hass: 'Thomas' Calculus, Early Transcendentals', 12th edition, ISBN 9780321636324 (boek is ook gebruikt in de blokken 1A en 1B)
- Collegesheets & handouts op BlackBoard

4. Beoordeling



De beoordeling van dit kwartiel bestaat uit één eindcijfer, welke is opgebouwd uit twee delen: het project en de ondersteunende vakdomeinen. De weging van de verschillende (sub-)onderdelen is als volgt:

Project (35% van eindcijfer):

- Eindpresentatie & discussie: 43% van projectcijfer, individueel cijfer, gegeven door docenten.
- Verslag methode fase ("het simulink model"): 43% van projectcijfer, groepscijfer, gegeven door docent Mechanica.
- Projectgedrag: individueel, 14% van projectcijfer, individueel cijfer gegeven door tutor op basis van peer assessment.

Vakdomeinen (65% van eindcijfer):

- Mechanica: 46% van vakdomeincijfer, individueel cijfer, gegeven door vakdocenten.
- Harde materialen & beeldvorming : 23% van vakdomeincijfer, individueel cijfer, gegeven door vakdocenten.
- Wiskunde: 31% van vakdomeincijfer, individueel cijfer, gegeven door vakdocent.

5. Organisatie en begeleiding

In het project zijn verschillende personen en groepen actief. Hieronder een overzicht met bijbehorende taken/verantwoordelijkheden van de verschillende rollen die er binnen dit project zijn. Ook de namen en contactgegevens van de verschillende personen zijn weergegeven.

Docent

De docenten in dit kwartiel zijn verantwoordelijk voor het ontwerpen en verzorgen van de vakinhoudelijke bijeenkomsten waarbij kennis en (een deel van) de praktische vaardigheden worden gegeven. Ook zijn de docenten verantwoordelijk voor het maken en beoordelen van de vakttoetsen. Voor vakinhoudelijke vragen kun je het beste contact opnemen met de betreffende docent, bij voorkeur op de daarvoor ingeroosterde momenten.

Kwartielcoördinator

De kwartielcoördinator is verantwoordelijk voor de organisatie en coördinatie van alle activiteiten in het kwartiel. Concreet houdt dit in dat hij contact houdt met docenten en de organisatie van de opleiding over bijvoorbeeld planning van activiteiten, afstemming van de ondersteunende vakken en het project, afstemming met andere kwartielen, roosters en roosterwijzigingen, registratie van (eind)cijfers etc. Voor vragen over deze onderwerpen kun je contact opnemen met de kwartielcoördinator.

Studieadviseur

De studieadviseur is verantwoordelijk voor de studievoortgang van alle studenten. Hij/zij heeft nauw contact met de tutores over de voortgang van elke individuele student en zal ook indien nodig tutorbijeenkomsten bijwonen. Voor vragen over studievoortgang, motivatie, persoonlijke problemen, of zaken die je niet met je tutor kunt bespreken kun je contact opnemen met de studieadviseur.

Tutor

Iedere projectgroep wordt begeleid door een tutor. De taken van de tutor zijn:

- begeleiding projectgroep in het doorlopen van het proces
- wekelijks projectbijeenkomst bijwonen
- ondersteuning bij conflicten binnen de groep
- bijwonen tutorbijeenkomsten
- beoordeling: lezen verslagen, feedback geven op producten
- doorverwijzen van groepen of studenten naar studieadviseur, coördinator etc.
- deelnemen aan evaluatie
- beoordelen van ieders individuele bijdrage aan het project proces
- beoordelen van ieders presentatie kwaliteiten

In principe kun je gedurende het gehele kwartiel contact opnemen met de betreffende tutor van je eigen groep. Echter, het wordt op prijs gesteld om de vragen zoveel mogelijk te stellen tijdens de daarvoor ingeroosterde bijeenkomsten, die elke groep zelf met zijn/haar tutor maakt.

Project-/tutorgroep

Een tutorgroep bestaat in dit kwartiel uit 4 personen. De samenstelling van de tutorgroepen wordt vooraf bepaald en gepresenteerd tijdens de 1e bijeenkomst. De kwartielcoördinator behoudt in overleg met de tutores het recht om na inschrijving wijzigingen aan te brengen in de groepsindeling.

Belangrijk is het maken van teamafspraken bij de start van een project (doel, resultaat en werkwijze, verwachtingen, praktische zaken als vergaderfrequentie, aanwezigheid, omgangsregels, etc.). Zorg bij vergaderingen voor een (steeds wisselende) voorzitter, bereid van tevoren een agenda voor en laat een notulist notulen schrijven. Zorg ook voor één communicator per groep (iemand die gedurende het gehele project buiten de ingeroosterde momenten namens de groep contact houdt met de tutor).

6. Planning

Uitgangspunten:

De studenten worden in de loop van hun opleiding steeds meer verantwoordelijk voor de planning van hun project. Voor het eerste jaar houdt dat bijvoorbeeld in dat in K1 een (per week uitgewerkte) planning gegeven zal worden en dat in K4 de studenten een aantal "mijlpalen" gegeven zal worden, waarbij ze zelf verantwoordelijk zijn voor het plannen van hun werkzaamheden. De planning is dus in dit kwartiel iets dat de groep maakt en inlevert (zie eerder).

Projectplanning

Week 1:

- introductiebijeenkomst
- start project
- inleveren plan van aanpak

Week 10

- eindpresentaties (zie rooster)