



Co-funded by
the European Union

Fotobiomodulatsioon – kuidas nõrk valgus aitab kehal paraneda



BIOS4YOU
AR 2.0

BIO-INSPIRED STEM TOPICS FOR ENGAGING YOUNG GENERATIONS
THANKS TO THE USE OF AUGMENTED REALITY

Project Number: 2023-1-DE03-KA220-SCH-000126516

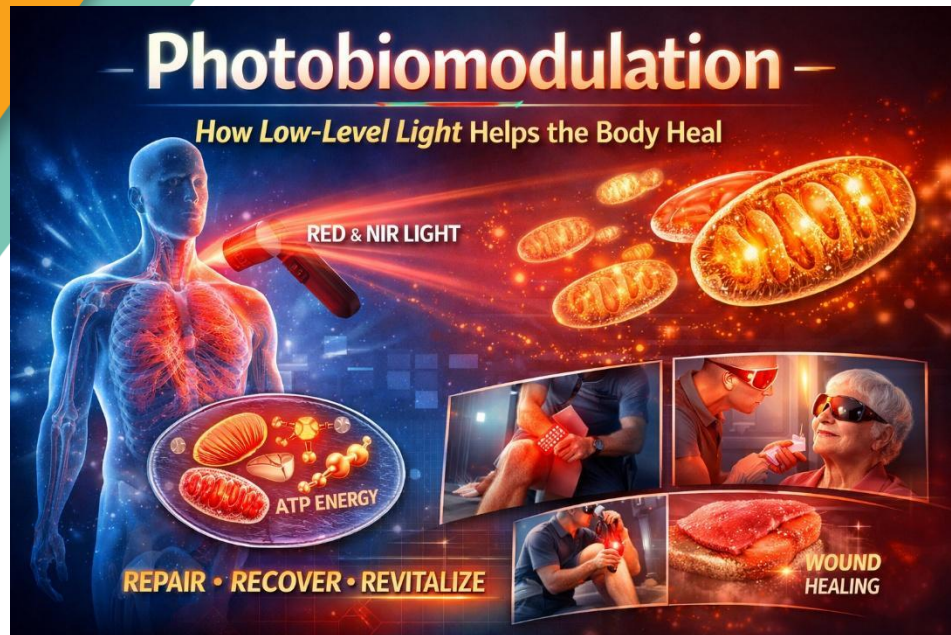
"Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them."





Sissejuhatus:	6
1. jagu: Avasta	9
2. jagu: Täitmine	12
3. jagu: Täiustamine	14
Järeldus:	16
Viited	18





Õppetee üldine teema	Biofotoonika
Õppeüksuse täpne nimetus	Fotobiomodulatsioon – kuidas nõrk valgus aitab kehal paraneda
Sihtrühma vanus	16–18-aastased
Õppijale esitatavad nõuded	Selle fotobiomodulatsiooni (PBM) õppemooduli täielikuks ärakasutamiseks peaksid õppijatel olema põhiteadmised inimese bioloogiast, sealhulgas rakkudest, mitokondritest ja energia metabolismist. Valguse omaduste, näiteks lainepikkuse ja intensiivsuse tundmine aitab mõista, kuidas punane ja lähiinfrapunavalgus (NIR) kudedega interakteeruvad. Õppijad peaksid tundma end mugavalt ka digitaalsete õpikeskkondade ja interaktiivsete tööriistade kasutamisega, kuna üksus sisaldab liitreaalsuse (AR) simulatsioone, viktoriine ja praktilisi harjutusi. Julgustame kriitilist mõtlemist ja uudishimu, et analüüsida vaatlusi ja mõtiskleda PBM-i reaalsete rakenduste üle tervises, spordis ja igapäevaelus. Eelnev kogemus fototeraapiaga ei ole vajalik, kuid huvi selle vastu, kuidas nõrk valgus saab stimuleerida rakuprotsesse ja toetada kudede paranemist, rikastab õpikogemust.
Õppeüksuse kirjeldus	See fotobiomodulatsiooni (PBM) õppeüksus tutvustab õpilastele madala tasemega punase ja lähiinfrapuna (NIR) valguse teaduslikke põhimõtteid ja praktilisi rakendusi rakkude energia ja kudede paranemise toetamisel. Teoreetiliste selgituste, interaktiivsete harjutuste ja liitreaalsuse (AR) simulatsioonide kombinatsiooni abil uurivad õppijad, kuidas valgus tungib läbi naha, rasva ja lihaskihtide, et jõuda mitokondritesse, käivitades ATP tootmise ning soodustades paranemist ja regenereerimist. Üksus sisaldab praktilisi





	tegevusi, mis võimaldavad õpilastel jälgida rakuprotsesse, analüüsida erinevate valgusparameetrite mõju ja mõtiskleda reaalsete rakenduste, näiteks haavade paranemise, lihaste taastumise ja üldise heaolu üle. Teaduse, tehnoloogia ja kogemusliku õppe integreerimise abil aitab üksus õpilastel siduda abstraktseid bioloogilisi kontseptsioone praktiliste tulemustega, edendades nii PBM-i terapeutilise potentsiaali mõistmist kui ka kriitilist mõtlemist.
Teema: Asjaosalised	Bioloogia, Füüsika / Optika, Meditsiin / Tervishoid, Tehnoloogia / Informaatika, Loodusteadused
Märksõnad	Fotobiomodulatsioon Mitokondrid ATP tootmine Punane/lähi-infrapuna valgus Kudede paranemine
Peamised omandatavad kvalifikatsioonid, oskused ja teadmised	Selle õppemooduli läbimisega omandavad õpilased põhjaliku arusaama fotobiomodulatsiooni (PBM) taga olevatest teaduslikest põhimõtetest, sealhulgas sellest, kuidas punane ja lähiinfrapuna valgus (NIR) interakteeruvad bioloogiliste kudedega ja stimuleerivad mitokondrite aktiivsust. Õpilased saavad teadmisi rakkude energia tootmisest, ATP sünteesist ja valguse rollist kudede taastumise ja regenereerimise toetamisel. Nad arendavad interaktiivsete harjutuste ja liitreaalsuse (AR) simulatsioonide abil praktilisi oskusi bioloogiliste protsesside vaatlemisel ja analüüsimisel, parandades oma võimet keerulisi nähtusi visuaalselt ja kontseptuaalselt tõlgendada. Kriitiline mõtlemine ja probleemide lahendamine tugevnevad, kui õpilased mõtisklevad eksperimentaalsete tulemuste üle ja ennustavad PBM-i mõjusid erinevates kontekstides. Lisaks parandavad õppijad oma digitaalset kirjaoskust ja pädevust interaktiivsete tööriistade abil, mis valmistab neid ette teoreetiliste teadmiste rakendamiseks reaalses olukorras tervise-, spordi- või kliinilistes rakendustes.
Kasutatud ressursid ja didaktilised abivahendid	See õppeüksus kasutab mitmesuguseid ressursse ja didaktilisi abivahendeid nii teoreetilise arusaamise kui ka praktilise kogemuse toetamiseks. Peamiste ressursside hulka kuuluvad teaduslikud tekstid, diagrammid ja animatsioonid, mis illustreerivad rakustruktuure, mitokondrite funktsiooni ja ATP tootmist. Lühikesed videod ja visuaalsed võrdlused aitavad õpilastel mõista, kuidas punane ja lähiinfrapuna valgus (NIR) interakteeruvad kudedega ja stimuleerivad paranemisprotsesse.





	Liitreaalsuse (AR) simulatsioonid võimaldavad õppijatel uurida valguse läbitungimist, mitokondrite aktiveerimist ja kudede taastumist kaasahaaravas ja interaktiivses keskkonnas, muutes nähtamatud bioloogilised mehhanismid nähtavaks. Töölehed, juhendatud harjutused ja viktoriinid tugevdavad õppimist, samas kui juhtumiuuringud toovad esile reaalse maailma rakendusi kliinilises, spordi- ja heaolu kontekstis. Neid tööriistu täiendavad digitaalsed platvormid ja koostööpõhised aruteluruumid, mis võimaldavad õpilastel jagada tähelepanekuid, analüüsida tulemusi ja ühendada teoreetilisi kontseptsioone praktiliste rakendustega, tagades kaasahaarava ja põhjaliku õpikogemuse.
Hindamiskriteeriumid ja hindamine	Õppijaid hinnatakse fotobiomodulatsiooni põhimõtete mõistmise, teoreetiliste teadmiste praktilises rakendamise oskuse ja interaktiivsete harjutustega tegelemise põhjal. Hindamiskriteeriumide hulka kuuluvad valguse lainepikkuste, koekihtide ja mitokondriaalsete reaktsioonide täpne tuvastamine, ATP tootmismehhanismide õige tõlgendamine ning oskus selgitada, kuidas PBM toetab kudede paranemist ja taastumist. Hinnatakse õpilaste osalemist liitreaalsuse (AR) simulatsioonides ja juhendatud harjutuste sooritamist, sealhulgas nende võimet manipuleerida muutujatega, teha vaatlusi ja teha tõenduspõhiseid järeldusi. Refleksioonitegevused ja viktoriinid hindavad kriitilist mõtlemist ja võimet seostada rakulisi protsesse reaalsete rakendustega. Arvesse võetakse ka koostööd, selgituste selgust ja mõistmise sügavust. Hindamine ühendab kujundava hindamise interaktiivsete ülesannete ja viktoriinide kaudu ning summatiivse hindamise, mis põhineb aruannetel, esitlustel ja refleksiooni väljunditel, tagades nii teadmiste kui ka rakenduslike oskuste tervikliku hindamise.





Sissejuhatus:

Kas olete kunagi mõelnud, kas valgus võiks teie keha tervendada? See võib kõlada ulmekirjandusena, aga see on väga reaalne ja hiljutised uuringud on näidanud, et valgusel võib olla meie bioloogiale sügav mõju. Teadlased on avastanud, etnõrga punase või lähiinfrapuna (NIR) valgusevõib stimuleerida teie keha loomulikke taastumisprotsesse, aktiveerides rakke viisil, mida varem peeti võimatuks. See põnev protsess on tuntud kui **fotobiomodulatsioon (PBM)**. Erinevalt kirurgilistes protseduurides kasutatavatest suure võimsusega laseritest, mis on invasiivsed ja nõuavad spetsiaalset meditsiinilist väljaõpet, on PBM ohutu, õrn ja mitteinvasiivne, mistõttu on see igapäevaseks kasutamiseks kättesaadav. Alates füsioteraapiast ja spordijärgsest taastumisest kuni väiksemate haavade hoolduse ja nahahoolduseni võimaldab PBM teie kehal oma energiat ja ressursse tõhusamalt kasutada. Põhimõtteliselt aitab see teie rakkudel töötada targemini, mitte kõvemini, kiirendades paranemist ilma ravimite või operatsioonita.

PBM toimib nii, et on suunatud **mitokondrid**, mida sageli nimetatakse raku jõujaamadeks. Need pisikesed struktuurid muudavad toitained ATP-ks (adenosiintrifosfaat) – energiaallikaks, mis annab jõudu peaaegu igale rakulisele funktsioonile. Kui mitokondreid stimuleerib punane või NIR-valgus, toodavad nad rohkem ATP-d, andes rakkudele lisaenergiat kudede parandamiseks, põletiku vähendamiseks ja funktsioonide kiiremaks taastamiseks, kui nad seda iseseisvalt teeksid. *See on nagu rakkude tervenemiseks turboülelaadimise andmine.*

Lisaks teaduslikule mõjule on PBM inspireeriv ka oma seose poolest igapäevaeluga. Valgus, millega me iga päev kokku puutume – päikesevalgus, lambid või ekraanid –, võib mõjutada bioloogilisi protsesse. PBM rakendab väga spetsiifilist osa valgusspektrist, mis tungib sügavale kudedesse, jõudes täpselt nendesse kehaosadesse, mis seda kõige rohkem vajavad. See teeb sellest põneva näite sellest, kuidas loodusmaailma mõistmine võib viia tehnoloogiateni, mis toetavad tervist ja sooritusvõimet lihtsal ja mitteinvasiivsel viisil.

Suur idee Punane/lähi-infrapunavalgus → stimuleerib mitokondreid → toodab rohkem ATP-d → koed paranevad kiiremini.





Selles üksuses uurite fotobiomodulatsiooni mitut dimensiooni, sealhulgas:

- Kuidas valgus teie kehaga rakutasandil suhtleb, aidates teil visualiseerida seda, mis on iga raku sees tavaliselt nähtamatu
- Kuidas PBM toetab haavade paranemist, põletiku vähendamist ja lihaste taastumist, sidudes teaduslikud põhimõtted käegakatsutavate tulemustega
- Ohutud ja praktilised viisid valguse mõjude uurimiseks praktiliste katsete kaudu, mis võimaldavad teil teadusega otse suhelda
- Interaktiivsed AR-simulatsioonid, mis näitavad mitokondrite tegevust ja ATP tootmist reaajas, muutes nähtamatud protsessid nähtavaks ja ühendades teooria kaasahaaravate õpikogemustega

Selle uurimistöö käigus saate põhjaliku arusaama PBM-ist, alates valguse põhifüüsikast kuni praktiliste rakendusteni, mis muudavad selle võimsaks tööriistaks tervise ja sooritusvõime parandamiseks.

Kihlusvideod: „*Valgus, mis tervendab: sissejuhatust fotobiomodulatsiooni*”

<https://www.youtube.com/watch?v=WAsbDyRZhW4>

<https://www.youtube.com/watch?v=CQ3tCIDC9vQ>

https://www.youtube.com/watch?v=f_Uk4kV5As8





1. jagu: Avasta

Valguse ja selle jõudude mõistmine

Valgus ei ole lihtsalt midagi, mida me näeme; see on energiavorm, mis liigub lainetena, kusjuures iga laine kannab kindlat energiahulka, mille määrab selle lainepikkus. Valguse lainepikkus määrab selle värvuse ja, mis kõige tähtsam, kui sügavale see ainesse tungida suudab. Lühemad lainepikkused, nagu sinine ja violetne, on energilised, kuid kipuvad pinna lähedal hajuma või neelduma. Pikemad lainepikkused, nagu punane (600–700 nm) ja lähiiinfrapuna (NIR, 780–1100 nm), võivad liikuda sügavamale, jõudes kudede varjatud kihtideni, kus nad avaldavad oma terapeutilist maagiat.

Valgus kui värvide mets

Kujutage ette, et kõnnite keskpäeval tihedas metsas. Päikesevalgus langeb ülalt alla, kuid mitte kõik valguse värvid ei jõua metsaaluseni. Sinine ja roheline valgus neelduvad või hajuvad enamasti lehtede poolt, vaevu puudutades allpool asuvaid taimi. Punane ja oranž valgus aga filtreeruvad läbi võra, jõudes metsa alusmetsani ja toites sealseid taimi.

Sinu kehas on olukord sarnane. „Varras“ koosneb nahast, rasvkoest ja muudest kudedest. Punane ja lähiiinfrapunavalgus toimivad nagu filtreeritud päikesevalgus, mis suudab sellest varikattest läbi tungida, jõudes „aluskasvuni“ – rakkude mitokondritesse – ilma kahju tekitamata.

Visuaalne metafoor / skemaatiline idee:

Päikesevalgus (täisspekter)



Kuppel (nahk ja kude)

Sinine/roheline		→ enamasti neeldunud
Punane/lähi-infrapuna		→ tungib sügavamale



Metsapõhi → rakkude sees olevad mitokondrid





Fotonid: pisikesed sõnumitoojad

Valgus koosneb footonitest – väikseimatest energiapakikestest. Footoneid võib pidada pisikesteks sõnumitoojateks, millest igaüks kannab rakkudele „juhust“. Kui punased või lähiinfrapunased footonid jõuavad mitokondritesse, edastavad nad järgmise sõnumi: *Toota rohkem energiat!*“

Valguse roll tervendamises

ATP tootmist suurendades kiirendavad punane ja lähiinfrapunavalgus keha loomulikke taastumismehhanisme:

- Rakud parandavad kahjustusi kiiremini.
- Oksüdatiivne stress väheneb.
- Rakkude üldine funktsioon paraneb.

Sisuliselt on valgus enam kui lihtsalt valgustus – see on bioloogiline sõnumitooja, mis suudab elu molekulaarsel tasandil mõjutada. Nii nagu päikesevalgus, mis toitab varjatud metsaalust, annab see energiat keha sügavaimatele kihtidele, edendades seestpoolt tulevat tervenemist ja elujõudu.

Sukeldumine rakkudesse ja mitokondritesse

Rakud on kõigi elusolendite ehituskivid ja mitokondrid on nende jõujaamad. Mõelge mitokondrist kui pisikesest tehasest raku sees, kus kütus muundatakse energiaks ATP (adenosiintrifosfaat) kujul. Iga liigutus, iga südamelöök, iga parandusprotsess teie kehas vajab ATP-d.

PBM annab lisaenergiat, stimuleerides mitokondreid valgusega. See lisaenergia on oluline kahjustatud kudede parandamiseks, põletiku vähendamiseks ja taastumise kiirendamiseks. See on nagu tehasesse lisatööliste ja -masinate pakkumine, et oluline projekt kiiremini lõpetada.

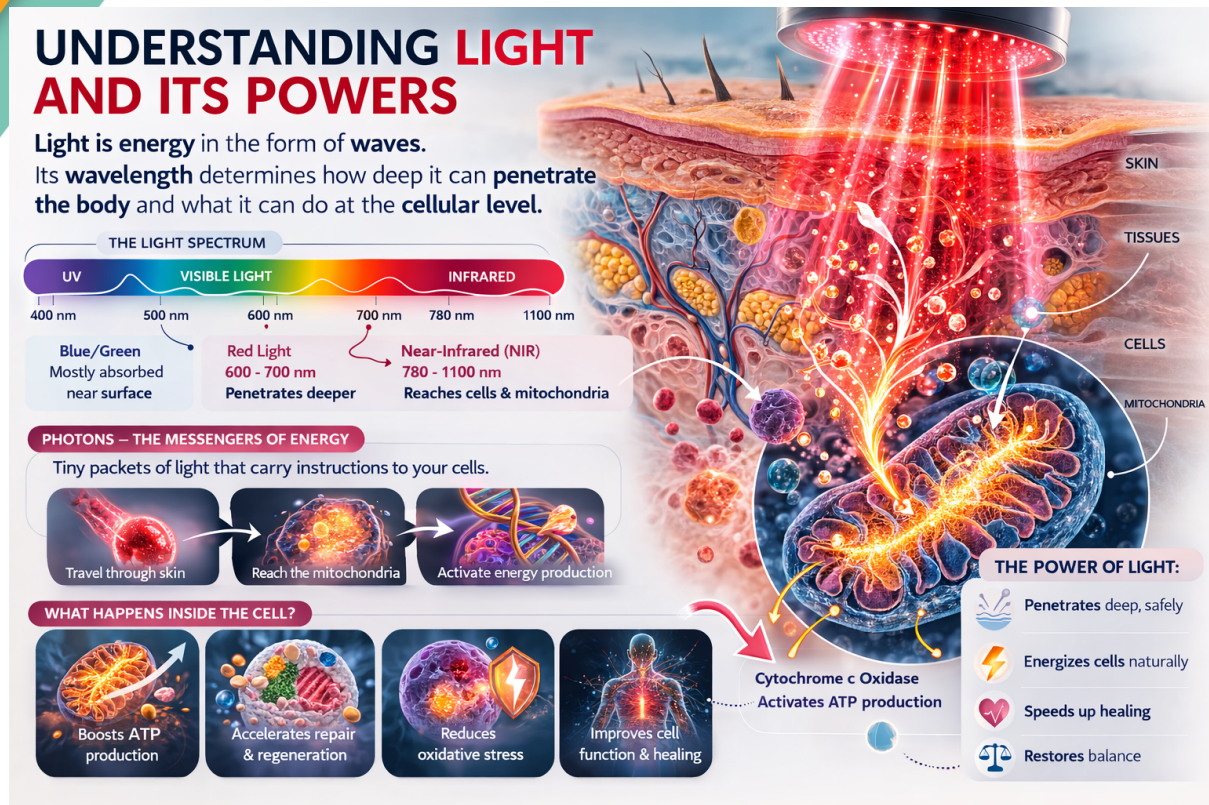
Miks punane ja lähiinfrapunavalgus kõige paremini toimivad

Mitokondrites asub molekul nimega **sütokroom c oksüdaas** -Molekul, mis toimib rakulise energia tootmise väravavahina – neelab punase ja NIR-valguse footoneid. See käivitab rea keemilisi reaktsioone, mis omakorda viib suurema ATP – molekuli, mis annab jõudu peaaegu kõigile rakufunktsioonidele – tootmiseni ja väiksema oksüdatiivse stressini. Tulemuseks on tervemad ja aktiivsemad rakud, mis suudavad vigastustele või pingetele tõhusamalt reageerida.





Õige lainepikkuse ja doosi sihtimisega stimuleerib PBM ohutult paranemist ilma kudesid üle kuumenemata, erinevalt suure võimsusega kirurgilistest laseritest. See muudab PBM-i ohutuks ja korduvaks raviks erinevate seisundite korral.



PBM-i uurimine igapäevaelus

PBM ei ole pelgalt laboris kasutatav nähtus; seda kasutatakse reaalses rakendustes nii meditsiinis kui ka spordis. Kliinikud kasutavad seda haavade kiiremaks paranemiseks, põletiku vähendamiseks ja lihavigastustest taastumise kiirendamiseks. Sportlased kasutavad PBM-i treeningujärgseks taastumiseks, et vähendada väsimust ja valulikkust. Isegi hambakliinikud kasutavad PBM-i turse ja ebamugavustunde vähendamiseks pärast protseduure.

Kujutage ette jalgpallurit, kellel on nikastus pahkluu. Tavaliselt võib täieliku funktsiooni taastamine võtta kaks nädalat. PBM-i abil paraneb pahkluu kiiremini, sest rakkudel on rohkem energiat kudede parandamiseks. Isegi väiksemaid vigastusi või treeningujärgset valu saab kiiremini leevendada.

Peegeldusülesanne:





Arutage väikestes gruppides: kui saaksite kasutada PBM-i vigastuse korral või pärast rasket treeningut, kuidas see aitaks teie taastumist? Milliseid ettevaatusabinõusid te võtaksite?

Tegevus

Proovige leida teisi videoid teemal „*PBM tegevuses: reaalse maailma tervendamise näited*„näitab selliseid stsenaariume nagu lihaste taastumine, haavade paranemine ja põletiku vähenemine.“

Teadus tervendamise taga

On põnev näha, kuidas valgus, mida me iseenesest mõistetakse, võib mikroskoopilisel tasandil nii sügavat mõju avaldada. PBM tuletab meile meelde, et meie kehad on peenelt häälestatud süsteemid, mis reageerivad energiale väga täpselt. PBM-i taga oleva teaduse mõistmise abil saame ülevaate rakulistest protsessidest, energia tootmisest ja mitte-invasiivsete ravimeetodite potentsiaalset tervist parandada.

See osa julgustab õpilasi kriitiliselt mõtlema ja ette kujutama rakendusi igapäevaelus, spordis ja meditsiinikeskkonnas. Õpilased saavad esitada küsimusi: Kuidas võiks PBM aidata sportlast võrreldes kroonilise haavaga patsiendiga? Miks on lainepikkus oluline? Mis võib juhtuda, kui valguse intensiivsus on liiga kõrge või liiga madal?





2. jagu: Täitmine

Selle fotobiomodulatsiooni (FBM) õppemooduli teostusosa on loodud selleks, et kaasata õpilasi aktiivsesse ja praktilisse õppimisse, ületades lõhe teoreetiliste teadmiste ja praktilise kogemuse vahel. Kui eelmises osas tutvustati FBM-i põhiprintsiipe, sealhulgas punase ja lähiinfrapunavalguse interaktsiooni bioloogiliste kudedega, siis teostusosa võimaldab õpilastel neid kontseptsioone praktikas jälgida, pakkudes käegakatsutavat arusaama sellest, kuidas FBM mõjutab rakke, kudesid ja bioloogilisi süsteeme.

Hoolikalt struktureeritud tegevuste kaudu on õpilastel võimalus läbi viia katseid, teha detailseid vaatlusi ja analüüsida tulemusi. Näiteks võivad nad uurida, kuidas erinevad valguse lainepikkused tungivad läbi koemudelite või kuidas PBM mõjutab rakkude aktiivsust kontrollitud keskkonnas. See kogemuslik lähenemine julgustab õppijaid materjaliga aktiivselt tegelema, edendades kriitilist mõtlemist, uudishimu ja teaduslikku arutluskäiku.

Lisaks rõhutab see osa arutelu ja refleksiooni, ajendades õpilasi võrdlema oma eksperimentaalseid tulemusi teoreetiliste ennustustega ja kaaluma PBM-i reaalseid rakendusi kliinilistest teraapiatest kuni heaolupraktikateni. Vaatluse, katsetamise ja juhendatud dialoogi kombineerimise abil muudab teostusosa abstraktsed kontseptsioonid sisukateks ja meeldejäävateks õpikogemusteks.

Lõppkokkuvõttes lõpetavad õpilased selle osa sügavama arusaamaga nii fotobiomodulatsiooni teaduslikest põhimõtetest kui ka praktilisest olulisusest, mis valmistab neid teadmisi ette rakendama uurimistöös, tervishoius või edasistes õpingutes.

Tegevus 1: Valguse vaatlemine

Kasuta prisma või värvilisi filtreid, et uurida valguse käitumist. Jälgi, millised värvid läbivad materjale ja millised blokeeritakse. Kirjuta oma tähelepanekud tabelisse, märkides ära värvi, läbitungimispotentsiaali ja lisades märkusi.

See lihtne tegevus aitab õpilastel mõista, miks punane ja lähiinfrapunavalgus võivad sügavale kudedesse jõuda.

Arutage rühmades: kuidas see on seotud PBM-iga? Miks võivad teatud lainepikkused olla tervendamiseks efektiivsemad kui teised?





Tegevus 2: Mitokondrite analoogia

Ehita lihtne „rakuvabriku“ mudel, kasutades pabertopse, palle või muid väikeseid esemeid ATP molekulide kujutamiseks. Kasuta punast taskulampi, et simuleerida PBM valgust. Vaata, kuidas „tehas“ toodab valguse käes rohkem ATP-d. Mõtle, kuidas lisaenergia aitab kehas protsesse parandada.

Kirjuta lühike jutustus mudelist: Kuidas see analoogia aitab sul mõista mitokondrite aktivatsiooni? Mis juhtub, kui energia on madal?

Tegevus 3: Juhtumiuuringud

Uurige PBM-i rakendusi kliinikutes või spordis:

- Vigastusjärgne lihaste taastumine
- Hamba turse vähendamine
- Naha haavade paranemine

Iga juhtumi kohta kirjutage lühike aruanne: Mis oli probleem? Kuidas PBM-i rakendati? Milline oli tulemus? Arutage, miks oli PBM nendes stsenaariumides tõhus ja seostage seda rakulise energia tootmisega.

Tegevus 4: PBM-seadme kujundamine

Õpilased teevad koostööd hüpoteetilise PBM-seadme kujundamisel:

- Valige lainepikkus (punane või NIR)
- Otsustage intensiivsuse ja kestuse üle
- Ennusta, millised koed sellest kõige rohkem kasu saaksid

Esitle klassile kavandeid, põhjendades oma valikuid valguse läbitungimise, mitokondrite ja ATP tootmise kohta õpitu põhjal.

Tegevus 5: Laiendatud refleksioon

Kujutage ette stsenaariumi, kus PBM võiks parandada igapäevaelu: taastumine pärast sportimist, väiksemad vigastused või isegi õppimisega seotud stress (lihaspingete leevendamise kaudu). Kirjutage narratiiv, mis seob teooria rakendusega, soodustades sügavamalt mõistmist ja isiklikku kaasatust.





3. jagu: Täiustamine

Liitreaalsus sügavama mõistmise saavutamiseks

Selles õppeüksuse osas sisenevad õpilased liitreaalsuse haaravasse maailma, kus nad saavad uurida ja manipuleerida bioloogilisi protsesse, mis on tavaliselt palja silmaga nähtamatud. Erinevalt traditsioonilistest tundidest kutsub see osa õppijaid nägema, suhtlema ja katsetama rakulisi mehhanisme, muutes abstraktsed kontseptsioonid käegakatsutavateks ja meeldejäävateks. Kuue hoolikalt kujundatud stseeni kaudu saavad õpilased jälgida valguse teekonda naha pinnalt mitokondriteni, olles reaajas tunnistajaks sellele, kuidas fotobiomodulatsioon mõjutab rakkude aktiivsust ja kudede taastumist.

AR-teekond algab **1. stseen: Sissejuhatus** Õpilased näevad AR-keskkonna taustal kolmemõõtmelise tekstina pealkirja "Fotobiomodulatsioon: kuidas nõrk valgus stimuleerib paranemist". START-nupp kutsub neid uurimist alustama, tekitades ootusärevust ja keskendumist enne teadusesse sukeldumist.

2. stseen: valgusspekter ja kudede läbitungimine ühendab kaks põhikontseptsiooni ühes haaravas kogemuses. Õpilased visualiseerivad kõigepealt elektromagnetilise spektri piires punaseid ja lähiiinfrapuna (NIR) valguslaineid (600–700 nm ja 700–1100 nm), võrreldes neid terapeutilisi lainepikkusi teiste valguse värvidega. Seejärel jälgivad nad, kuidas need lainepikkused interakteeruvad naha, rasva ja lihaste kihilise struktuuriga, jälgides, kuidas valgus läbib bioloogilisi barjääre, et jõuda sügavale kudedesse. AR-keskkond kuvab kaks kõrvuti diagrammi: spekter, mis näitab esiletõstetud terapeutilisi lainepikkusi, ja koe ristlõige, mis näitab, et UV- ja sinine valgus peatuvad pinnal, samal ajal kui punased ja lähiiinfrapuna footonid liiguvad sügavale lihaskoesse.

Erinevate lainepikkuste käitumist jälgides saavad õppijad intuiitse arusaama füüsikalistest omadustest, mis muudavad PBM-i tõhusaks, ületades lõhe füüsika ja bioloogia vahel viisil, mida traditsioonilised diagrammid ei suuda edasi anda.





See interaktiivne uurimus rõhutab footonite liikumisteed, näidates, et keha pind ei ole staatiline barjäär, vaid dünaamiline keskkond, mis mõjutab terapeutilisi tulemusi.

3. stseen: Rakud ja mitokondridtoob õpilased tegevusele veelgi lähemale. Nad saavad virtuaalselt suumida ühte rakku ja jälgida selle mitokondreid vapustava detailsusega. AR-simulatsioon näitab, kuidas mitokondrid neelavad footoneid ja käivitavad biokeemilisi protsesse, mis viivad energia tootmiseni. Viktoriin kutsub õpilasi üles tuvastama, milline mitokondrite molekul neelab punast ja lähiinfrapunavalgust, kinnistades seeläbi nende arusaama tsütokroom c oksüdaasist kui peamisest fotoaktseptorist.

See lähivõte võimaldab õppijatel luua seoseid valguse käes viibimise ja rakkude aktiveerimise vahel, nähes otsekohe, kuidas PBM stimuleerib elu mikroskoopilisel tasandil.

Sisse4. stseen: ATP tootmismehhanism, liitreaalsuse kogemus muudab molekulaarbioloogia nähtavaks vaatamänguks. Õpilased jälgivad, kuidas footonid käivitavad mitokondrites keemilisi reaktsioone, mis viivad ATP molekulide tootmiseni. Nad saavad jälgida nende molekulide jaotumist rakus, et toetada taastumist, kasvu ja energiat tarbivaid protsesse.*protsesss*. Viktoriinis palutakse õpilastel selgitada, kuidas fotobiomodulatsioon stimuleerib paranemist, tagades, et nad mõistaksid seost suurenenud ATP tootmise ja kiirenenud kudede taastumise vahel.

Nende reaktsioonide visualiseerimise abil saavad õppijad konkreetse arusaama sellest, kuidas valgus muundub rakuenergiaks – kontseptsioon, mis on abstraktne ja keeruline, kui seda õpetatakse ainult õpikute või staatiliste piltide kaudu.

5. stseen: Kliinilised rakendusednihutab fookuse rakkudelt kudedele ja reaalsele olulisusele. Õpilased suhtlevad kudede virtuaalsete kujutistega, simuleerides selliseid stsenaariume nagu haavade paranemine, lihaste taastumine ja armide vähendamine. Ravitud ja töötlemata kudede võrdlemise abil saavad õppijad näha fotobiomodulatsiooni käegakatsutavaid mõjusid ja mõista, miks sellel on terapeutiline väärtus. Viktoriin kutsub õpilasi üles selgitama, kuidas fotobiomodulatsioon erineb kirurgilistest laseritest, rõhutades, et fotobiomodulatsioon kasutab kudede stimuleerimiseks, mitte ablatsiooniks, nõrka valgust.

See stseen ergutab mõtisklema selle üle, kuidas mikroskoopilised muutused väljenduvad märgatavates tervise ja soorituse paranemistes, ühendades teaduse praktilise rakendusega.





Lõpuks, 6. stseen: Meditsiinilised rakendused ja lõpphindamine, kinnistab õpitut kolme põhjaliku viktoriini abil. Õpilased peavad meisterlikkust näitama, vastates õigesti küsimustele järgmistel teemadel: (1) milliseid lainepikkusi fotobiomodulatsiooniteraapias kasutatakse (punane 600–700 nm ja lähiiinfrapuna 700–1100 nm), (2) miks punane ja lähiiinfrapuna lainepikkused tungivad sügavamale kui sinine valgus ja (3) kliinilised rakendused, sealhulgas haavade paranemine, lihaste taastumine ja põletiku vähendamine. Kõigi kolme viktoriini edukas sooritamine avab viimase õnnitlussõnumi: „Nüüd saate aru, kuidas nõrga tasemega punane ja lähiiinfrapunavalgus stimuleerivad mitokondreid, et kiirendada paranemist ja vähendada põletikku.“ See saavutuspõhine järeldus annab õpilastele meisterlikkuse ja saavutustunde.

Järeldus:

Selle õppeteekonna lõppu jõudes võta hetk, et mõtiskleda äsja läbitud teekonna üle. Alustasid valguse ja rakkude nähtamatu maailma uurimisega, kus punased ja lähiiinfrapuna footonid liiguvad vaikselt läbi naha, rasva ja lihaste kihtide, jõudes rakkude sees olevate pisikeste jõujaamadeni – mitokondritesse. Liitreaalsuse harjutuste kaudu sa mitte ainult ei lugenud nendest protsessidest, vaid nägid neid ka toimumas. Nägid, kuidas footonid imendusid, keemilised reaktsioonid puhkesid ellu ja ATP molekulid toodeti ja saadeti läbi raku, toetades taastumist ja uuenemist. *See, mis kunagi oli nähtamatu, on nüüd teie meeles eredalt nähtav, peaaegu käegakatsutav ja te tunnete seost valguse, energia ja elu enda vahel.*

Samuti uurisite, kuidas need mikroskoopilised protsessid reaalselt efektiivselt muunduvad. Manipuleerisite virtuaalsete kudede, jälgides haavade kiiremat paranemist, lihaste taastumist ja armide pehmenemist PBM-i mõjul. Hakkasite ette kujutama, kuidas neid teadmisi saaks rakendada – mitte ainult laborites, vaid ka kliinikutes, spordiarkeenidel või isegi igapäevaelus, aidates inimestel taastuda, tervena püsida ja oma heaolu säilitada. Iga liitreaalsuse stseen, iga interaktiivne katse viis teid lähemale arusaamisele, kuidas valgus mitte ainult ei valgusta – see *annab kehale jõudu seestpoolt*.

Selle üksuse lõpuks on teil kaasas enam kui lihtsalt faktid ja arvud. Teil on kaasas kogemus, lugu valgusest, mis liigub läbi rakkude, süütab energiat ja toetab elu viisil, mis tavaliselt jääb varjule. Olete näinud nähtamatu nähtavaks muutumist, abstraktse konkreetseks muutumist ja olete oma silmaga näinud, kuidas fotobiomodulatsioon saab muuta nii





rakke kui ka inimkeha. See on teadmine, mida te ei lihtsalt pähe õpite – te **koete, tunnete ja mõistate**, olles valmis neid sisukalt rakendama.

Valgusest on saanud enamat kui lihtsalt kontseptsioon; see on nüüd käegakatsutav tervendav jõud ning sa oled varustatud nägema, uurima ja rakendama selle potentsiaali enda ümber olevas maailmas.

Faas	Kirjeldus
Avasta	- Uuringud ja avastused: Õpilased uurivad fotobiomodulatsiooni näiteid reaalses elus ja meditsiinis, näiteks haavade paranemine, lihaste taastumine, armide vähendamine ja kognitiivne tugi. Juhendatud uurimistöö, videote ja klassiruumis toimuvate arutelude kaudu uurivad nad, kuidas punane ja lähiiinfrapunavalgus (NIR) interakteeruvad bioloogiliste kudedega, eriti mitokondritega, ja miks teatud lainepikkused on efektiivsed.
	- Sisu arendus: Õpetajad tutvustavad valguse ja koe interaktsiooni ning mitokondrite aktivatsiooni kontseptsiooni, kasutades visuaalseid võrdlusi (valguslained, koekihid, rakud, mitokondrid) ja lühikesi animatsioone, mis näitavad, kuidas footonid ATP tootmist käivitavad. Diagrammid ja kontseptuaalsed mudelid aitavad õpilastel visualiseerida protsesse, mis on reaalses elus nähtamatud.
	- Vajaduste analüüs: Õpetajad hindavad õpilaste eelnevaid teadmisi valguse, rakkude ja energia tootmise kohta. Õpilased jagavad oma ideid selle kohta, kuidas valgus võib mõjutada rakkude talitlust, ja arutavad väärarusaamu, näiteks üldise valgusega kokkupuute ja terapeutilise toime segi ajamist.
Käivita	- Õppekava rakendamine: Õpilased uurivad, kuidas punane ja lähiiinfrapunavalgus stimuleerivad mitokondreid ja suurendavad ATP tootmist. Juhendatud töölehtede ja struktureeritud harjutuste abil analüüsivad nad footonite neeldumise poolt käivitatud biokeemiliste reaktsioonide kaskaadi ning uurivad, kuidas suurenenud ATP toetab kudede taastumist ja uuenemist.
	- Interaktiivsed harjutused: Õpilased töötavad rühmades, et täita tegevusi, näiteks järjestada koekihte valguse läbitungimissügavuse järgi, sobitada valguse lainepikkusi rakuliste sihtmärkidega ja kirjeldada mitokondriaalse aktiveerimise etappe. Juhtumiuuringud PBM-i rakenduste kohta – lihaste taastumine, haavade paranemine või armide ravi – võimaldavad õpilastel arutada efektiivsust ja tulemusi.
	- Tagasiside kogumine: õpilased esitlevad oma leide ja arutlevad valgusteraapia mehhanismide üle. Õpetajad juhivad arutelusid praktiliste eeliste, näiteks mitte-invasiivsuse ja potentsiaalsete terapeutiliste eeliste üle. Eakaaslastega suhtlemine tugevdab arusaamist ja selgitab valgusteraapiaga seotud väärarusaamu.
	- AR-integratsioon: Õpilased kasutavad liitreaalsuse (AR) rakendust, et visualiseerida PBM-protsesse 3D-s. AR-kogemus hõlmab stseene, mis näitavad punaseid ja lähiiinfrapunavalguslaineid, valguse tungimist läbi naha, rasva ja lihaste ning mitokondrite aktiveerimist rakkudes.
	- Interaktiivne õpe: Liitreaalsuse kaudu saavad õpilased manipuleerida muutujatega, nagu valguse lainepikkus, intensiivsus või särituse kestus, jälgides, kuidas need muutused mõjutavad mitokondriaalset ATP tootmist ja kudede taastumist. Nad näevad otsest visualiseeringut protsessidest, mis on tavaliselt palja silmaga nähtamatud.

Täiusta
ma





	Mängustatud sisu: - Punktid ja märgid: Õpilased teenivad punkte liitreaalsuse viktoriini küsimustele õigesti vastamise, koekihtide tuvastamise või mitokondriaalsete reaktsioonide selgitamise eest. - Ülesanded ja tasemedRühmad lahendavad progressiivseid liitreaalsuse väljakutseid, näiteks jälgivad valgusradasid mitokondritesse, ennustavad ATP tootmise tulemusi ja simuleerivad PBM-i mõju erinevatele koetüüpidele. - Auhinnad uurimise eestLisapunkte antakse uudsete PBM-rakenduste avastamise või uuenduslike ravistsenaariumide pakkumise eest. - Koostöös mängustatud ülesanded: Meeskonnad kavandavad AR-põhiseid katseid, mis simuleerivad PBM-i raviplaane, ja arutavad eeldatavaid tulemusi.
	AR-põhised hinnangud: Õpilased näitavad arusaamist, täites liitreaalsuse abil juhendatud ülesandeid ja koostades lühikesi aruandeid, mis selgitavad, kuidas punane/lähi-infrapunavalgus interakteerub mitokondritega, stimuleerib ATP tootmist ja toetab kudede paranemist.

Viited

1. Hamblin, M. R. (2017). The Science of Healing Light. Photochemistry and Photobiology, 93(2), 199–207.
2. Chung, H., et al. (2012). Low-Level Laser Therapy: How It Works. Annals of Biomedical Engineering, 40, 516–533.
3. Karu, T. I. (2010). Mitochondria and Light: How Cells Make Energy. IUBMB Life, 62(8), 607–610.
4. Lima, D. P., et al. (2020). Photobiomodulation and Healing. Lasers in Medical Science, 35, 881–893.

<https://www.delightex.com/>

<https://www.eu-jer.com/applying-augmented-reality-technology-in-stem-education-a-bibliometrics-analysis-in-scopus-database>

<https://www.mitrmedia.com/resources/blogs/exploring-the-role-of-ar-in-education-transforming-stem-learning-for-k12-students/>





Co-funded by
the European Union



BIOS4YOU AR 2.0

BIO-INSPIRED STEM TOPICS FOR ENGAGING YOUNG GENERATIONS
THANKS TO THE USE OF AUGMENTED REALITY

Project Number: 2023-1-DE03-KA220-SCH-00026516

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them.