



Co-funded by
the European Union

Fotobiomodulazione: come la luce a bassa intensità aiuta il corpo a guarire



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

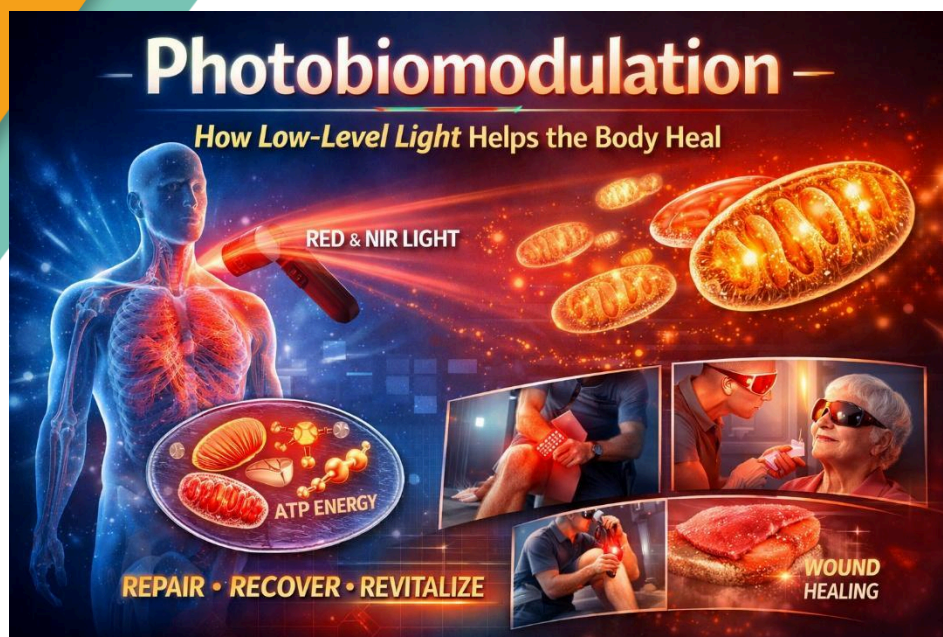
"Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them."





Introduzione:	6
Sezione 1: Esplora	9
Sezione 2: Esegui	12
Sezione 3: Migliora	14
Conclusione:	16
Riferimenti bibliografici	18





Argomento generale del percorso di apprendimento	Biofotonica
Nome specifico dell'unità didattica	Fotobiomodulazione: come la luce a bassa intensità aiuta il corpo a guarire
Età degli utenti target	16-18 anni
Requisiti per lo studente	Per trarre il massimo beneficio da questa unità didattica sulla fotobiomodulazione (PBM), i partecipanti dovrebbero possedere una conoscenza di base della biologia umana, inclusi cellule, mitocondri e metabolismo energetico. La familiarità con le proprietà della luce, come la lunghezza d'onda e l'intensità, aiuterà a comprendere come la luce rossa e quella del vicino infrarosso (NIR) interagiscono con i tessuti. I partecipanti dovrebbero inoltre avere dimestichezza con gli ambienti di apprendimento digitali e con l'utilizzo di strumenti interattivi, poiché l'unità include simulazioni in realtà aumentata (AR), quiz ed esercizi pratici. Il pensiero critico e la curiosità sono incoraggiati ad analizzare le osservazioni e a riflettere sulle applicazioni concrete della PBM in ambito sanitario, sportivo e nella vita quotidiana. Non è richiesta alcuna esperienza pregressa in fototerapia, ma l'interesse nell'esplorare come la luce a bassa intensità possa stimolare i processi cellulari e favorire la guarigione dei tessuti arricchirà l'esperienza di apprendimento.
Descrizione dell'unità didattica	Questa unità didattica sulla fotobiomodulazione (PBM) introduce gli studenti ai principi scientifici e alle applicazioni pratiche della luce rossa e infrarossa (NIR) a bassa intensità nel supportare l'energia cellulare e la guarigione dei tessuti. Attraverso una combinazione di spiegazioni teoriche, esercizi interattivi e simulazioni in realtà





	aumentata (AR), gli studenti esplorano come la luce penetra negli strati di pelle, grasso e muscoli per raggiungere i mitocondri, innescando la produzione di ATP e promuovendo la riparazione e la rigenerazione. L'unità include attività pratiche che consentono agli studenti di osservare i processi cellulari, analizzare gli effetti di diversi parametri luminosi e riflettere su applicazioni concrete, come la guarigione delle ferite, il recupero muscolare e il benessere generale. Integrando scienza, tecnologia e apprendimento esperienziale, l'unità aiuta gli studenti a collegare concetti biologici astratti a risultati pratici, favorendo sia la comprensione che il pensiero critico sul potenziale terapeutico della PBM.
Oggetto: Parti coinvolte	Biologia, Fisica/Ottica, Medicina/Scienze della salute, Tecnologia/Informatica, Scienza
Parole chiave	Fotobiomodulazione Mitocondri Produzione di ATP Luce rossa/vicino infrarosso Guarigione dei tessuti
Qualifiche, competenze e conoscenze chiave che si possono acquisire	Completando questa unità didattica, gli studenti acquisiscono una solida comprensione dei principi scientifici alla base della fotobiomodulazione (PBM), compreso il modo in cui la luce rossa e quella del vicino infrarosso (NIR) interagiscono con i tessuti biologici e stimolano l'attività mitocondriale. Gli studenti acquisiscono conoscenze sulla produzione di energia cellulare, sulla sintesi di ATP e sul ruolo della luce nel supportare la riparazione e la rigenerazione dei tessuti. Sviluppano competenze pratiche nell'osservazione e nell'analisi dei processi biologici attraverso esercizi interattivi e simulazioni in realtà aumentata (AR), migliorando la loro capacità di interpretare fenomeni complessi visivamente e concettualmente. Il pensiero critico e la capacità di risolvere problemi vengono rafforzati mentre gli studenti riflettono sui risultati sperimentali e prevedono gli effetti della PBM in vari contesti. Inoltre, gli studenti migliorano le loro competenze digitali con strumenti interattivi, preparandosi ad applicare le conoscenze teoriche a scenari reali in ambito sanitario, sportivo o clinico.
Risorse e sussidi didattici utilizzati	Questa unità didattica si avvale di diverse risorse e sussidi didattici per supportare sia la comprensione teorica che l'esperienza pratica. Le risorse principali includono testi scientifici, diagrammi e animazioni che illustrano le strutture cellulari, la funzione mitocondriale e la produzione





	di ATP. Brevi video e confronti visivi aiutano gli studenti a comprendere come la luce rossa e quella del vicino infrarosso (NIR) interagiscono con i tessuti e stimolano i processi di guarigione. Le simulazioni in realtà aumentata (AR) consentono agli studenti di esplorare la penetrazione della luce, l'attivazione mitocondriale e la riparazione dei tessuti in un ambiente immersivo e interattivo, rendendo visibili meccanismi biologici altrimenti invisibili. Schede di lavoro, esercizi guidati e quiz rafforzano l'apprendimento, mentre i casi di studio evidenziano applicazioni concrete in contesti clinici, sportivi e del benessere. Questi strumenti sono integrati da piattaforme digitali e spazi di discussione collaborativa, che consentono agli studenti di condividere osservazioni, riflettere sui risultati e collegare i concetti teorici alle applicazioni pratiche, garantendo un'esperienza di apprendimento coinvolgente e completa.
Criteri di valutazione e valutazione	Gli studenti saranno valutati in base alla loro comprensione dei principi della fotobiomodulazione, alla capacità di applicare le conoscenze teoriche a scenari pratici e al coinvolgimento in esercizi interattivi. I criteri di valutazione includono l'identificazione accurata delle lunghezze d'onda della luce, degli strati tissutali e delle risposte mitocondriali, la corretta interpretazione dei meccanismi di produzione di ATP e la capacità di spiegare come la fotobiomodulazione supporti la guarigione e il recupero dei tessuti. La partecipazione degli studenti alle simulazioni di realtà aumentata (AR) e il completamento degli esercizi guidati saranno valutati, inclusa la loro capacità di manipolare le variabili, fare osservazioni e trarre conclusioni basate su prove concrete. Attività di riflessione e quiz valuteranno il pensiero critico e la capacità di collegare i processi cellulari ad applicazioni nel mondo reale. Saranno presi in considerazione anche la collaborazione, la chiarezza delle spiegazioni e la profondità della comprensione. La valutazione combina la valutazione formativa attraverso compiti interattivi e quiz con la valutazione sommativa basata su relazioni, presentazioni e risultati di riflessione, garantendo una misurazione completa sia delle conoscenze che delle competenze applicate.





Introduzione:

Vi siete mai chiesti se la luce potesse guarire il vostro corpo? Potrebbe sembrare fantascienza, ma è molto reale, e recenti ricerche hanno dimostrato che la luce può avere effetti profondi sulla nostra biologia. Gli scienziati hanno scoperto che la **luce rossa o nel vicino infrarosso (NIR) a bassa intensità** può stimolare i processi di riparazione naturali del tuo corpo, attivando le cellule in modi che un tempo si ritenevano impossibili. Questo affascinante processo è noto come **fotobiomodulazione (PBM)**.

A differenza dei laser ad alta potenza utilizzati in chirurgia, che sono invasivi e richiedono una formazione medica specialistica, la fotobiomodulazione (PBM) è sicura, delicata e non invasiva, il che la rende accessibile per l'uso quotidiano. Dalla fisioterapia al recupero sportivo, dalla cura di piccole ferite alla cura della pelle, la PBM permette al corpo di utilizzare la propria energia e le proprie risorse in modo più efficiente. In sostanza, aiuta le cellule a lavorare in modo più intelligente, non più intensamente, accelerando la guarigione senza bisogno di farmaci o interventi chirurgici.

PBM funziona prendendo di mira i **mitocondri**. Spesso definiti le centrali energetiche della cellula, questi minuscoli centri convertono i nutrienti in ATP (adenosina trifosfato), la molecola energetica che alimenta quasi tutte le funzioni cellulari. Quando i mitocondri vengono stimolati dalla luce rossa o nel vicino infrarosso (NIR), producono più ATP, fornendo alle cellule energia extra per riparare i tessuti, ridurre l'infiammazione e ripristinare le funzioni cellulari più rapidamente di quanto farebbero da soli. *È come dare alle tue cellule una spinta turbo per la guarigione.*

Al di là dei suoi effetti scientifici, la fotobiomodulazione (PBM) è anche fonte di ispirazione per il suo legame con la vita di tutti i giorni. La luce a cui siamo esposti quotidianamente – luce solare, lampade o schermi – può influenzare i processi biologici. La PBM sfrutta una porzione molto specifica dello spettro luminoso che penetra in profondità nei tessuti, raggiungendo esattamente le parti del corpo che ne hanno più bisogno. Questo la rende un esempio affascinante di come la comprensione del mondo naturale possa portare a tecnologie che supportano la salute e le prestazioni in modo semplice e non invasivo.





Grande Idea Luce rossa/vicino infrarosso → stimola i mitocondri → produce più ATP → i tessuti guariscono più velocemente.

In questa unità esplorerai molteplici dimensioni della fotobiomodulazione, tra cui:

- Come la luce interagisce con il tuo corpo a livello cellulare, aiutandoti a visualizzare ciò che normalmente è invisibile all'interno di ogni cellula.
- Come la PBM supporta la guarigione delle ferite, la riduzione dell'infiammazione e il recupero muscolare, collegando i principi scientifici a risultati concreti.
- Metodi sicuri e pratici per esplorare gli effetti della luce attraverso esperimenti concreti, che ti permettono di interagire direttamente con la scienza.
- Simulazioni interattive in realtà aumentata che mostrano i mitocondri in azione e la produzione di ATP in tempo reale, rendendo visibili processi invisibili e collegando la teoria con esperienze di apprendimento immersive.

Attraverso questo percorso di esplorazione, acquisirete una comprensione completa della PBM, dai principi fondamentali della fisica della luce alle applicazioni pratiche che la rendono un potente strumento per la salute e le prestazioni.

Video di coinvolgimento: *La luce che guarisce: Introduzione alla fotobiomodulazione*

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

<https://www.youtube.com/watch?v=CQ3tCtDC9vQ>

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





Sezione 1: Esplora

Comprendere la luce e i suoi poteri

La luce non è solo qualcosa che vediamo; è una forma di energia che si propaga in onde, ognuna delle quali trasporta una quantità specifica di energia determinata dalla sua lunghezza d'onda. La lunghezza d'onda della luce ne determina il colore e, soprattutto, la profondità di penetrazione nella materia. Le lunghezze d'onda più corte, come il blu e il violetto, sono energetiche ma tendono a disperdersi o ad essere assorbite vicino alla superficie. Le lunghezze d'onda più lunghe, come il rosso (600-700 nm) e il vicino infrarosso (NIR, 780-1100 nm), possono penetrare più in profondità, raggiungendo gli strati nascosti dei tessuti dove svolgono la loro azione terapeutica.

Luce come una foresta di colori

Immaginate di camminare in una fitta foresta a mezzogiorno. La luce del sole filtra dall'alto, ma non tutti i colori raggiungono il suolo. La luce blu e verde viene per lo più assorbita o diffusa dalle foglie, sfiorando appena le piante sottostanti. La luce rossa e arancione, invece, filtra attraverso la chioma, raggiungendo il sottobosco e nutrendo le piante che vi crescono.

Nel tuo corpo, la situazione è simile. La "copertura" è composta da pelle, grasso e altri tessuti. La luce rossa e NIR agisce come la luce solare filtrata che riesce a penetrare questa copertura, raggiungendo il "sottobosco" – i mitocondri all'interno delle tue cellule – senza causare alcun danno.

Metafora visiva / idea schematica:

Luce solare (spettro completo)

↓

Cappottina (pelle e tessuto)

Blu/Verde	→ assorbito in gran parte
Rosso/NIR	→ penetra più in profondità





↓
Sottobosco → mitocondri all'interno delle cellule

Fotoni: piccoli messaggeri

La luce è composta da fotoni, i più piccoli pacchetti di energia. Si possono immaginare i fotoni come minuscoli messaggeri, ognuno dei quali trasporta un'"istruzione" alle cellule. Quando i fotoni rossi o NIR raggiungono i mitocondri, consegnano questo messaggio: *"Produci più energia!"*

Il ruolo della luce nella guarigione

Aumentando la produzione di ATP, la luce rossa e quella nel vicino infrarosso accelerano i meccanismi di riparazione naturali dell'organismo:

- Le cellule riparano i danni più velocemente.
- Lo stress ossidativo si riduce.
- Nel complesso, la funzionalità cellulare migliora.

In sostanza, la luce è più di una semplice illuminazione: è un messaggero biologico, capace di influenzare la vita a livello molecolare. Come la luce del sole che nutre il sottobosco nascosto, energizza gli strati più profondi del corpo, promuovendo la guarigione e la vitalità dall'interno.

Un'immersione nel mondo delle cellule e dei mitocondri

Le cellule sono i mattoni di tutti gli esseri viventi e i mitocondri sono le loro centrali energetiche. Immaginate un mitocondrio come una minuscola fabbrica all'interno della cellula, dove il carburante viene convertito in energia sotto forma di ATP (adenosina trifosfato). Ogni movimento, ogni battito cardiaco, ogni processo di riparazione nel vostro corpo richiede ATP.

La fotobiomodulazione (PBM) fornisce una spinta energetica extra stimolando i mitocondri con la luce. Questa energia aggiuntiva è fondamentale per riparare i tessuti danneggiati, ridurre l'infiammazione e accelerare il recupero. È come fornire operai e macchinari extra in una fabbrica per completare un progetto importante più velocemente.

Perché la luce rossa e la luce NIR funzionano meglio

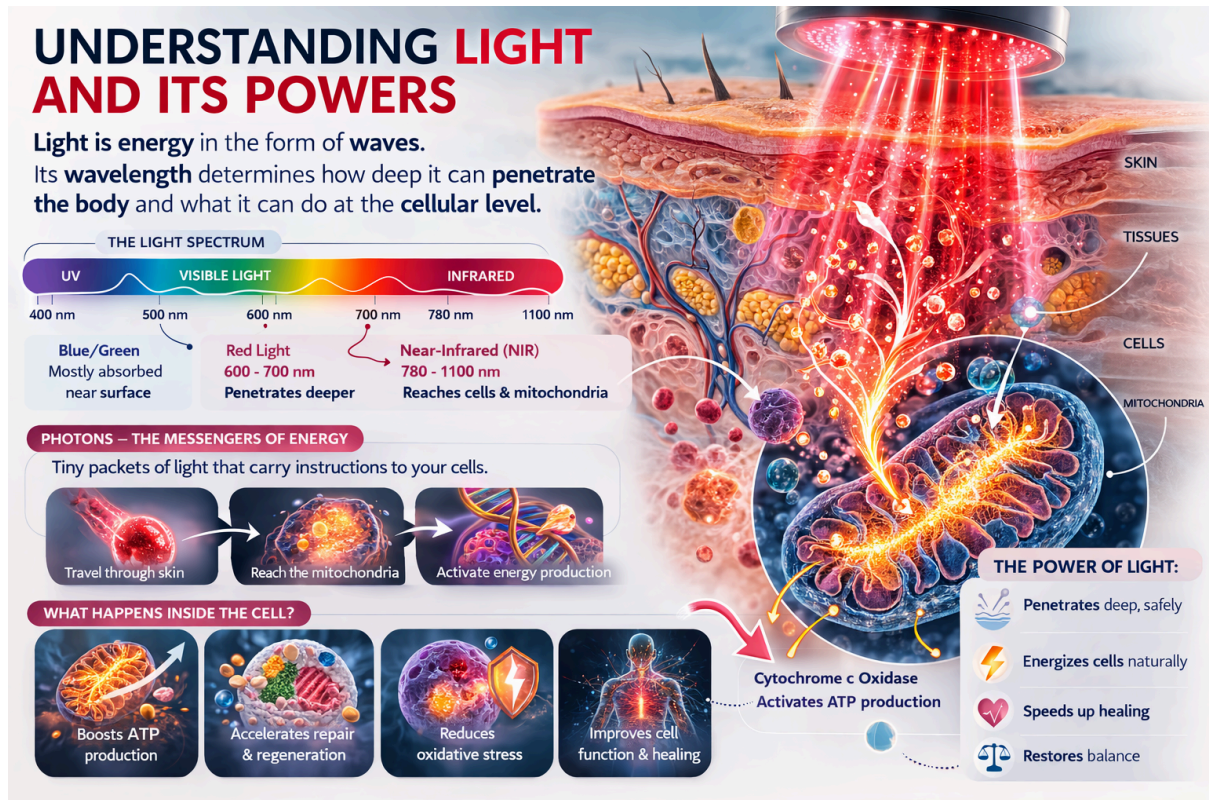
All'interno dei mitocondri, una molecola chiamata **citocromo c ossidasi** - Una molecola che funge da guardiano per la produzione di energia cellulare: assorbe i fotoni della luce rossa e del vicino infrarosso. Questo innesca una serie di reazioni chimiche che portano a una maggiore produzione di ATP (la





molecola che alimenta quasi tutte le funzioni cellulari) e a una riduzione dello stress ossidativo. Il risultato sono cellule più sane e attive, in grado di rispondere in modo più efficiente a lesioni o stress.

Grazie alla corretta lunghezza d'onda e al dosaggio ottimale, la fotobiomodulazione (PBM) stimola in modo sicuro la guarigione senza surriscaldare i tessuti, a differenza dei laser chirurgici ad alta potenza. Questo rende la PBM un trattamento sicuro e ripetibile per diverse patologie.



Alla scoperta della PBM nella vita di tutti i giorni

La fotobiomodulazione (PBM) non è solo un fenomeno di laboratorio; trova applicazione in diversi ambiti, dalla medicina allo sport. Le cliniche la utilizzano per accelerare la guarigione delle ferite, ridurre l'infiammazione e favorire il recupero da lesioni muscolari. Gli atleti la impiegano per il recupero post-allenamento, al fine di ridurre affaticamento e indolenzimento. Persino gli studi dentistici la utilizzano per ridurre gonfiore e fastidio dopo gli interventi.

Immaginate un calciatore con una distorsione alla caviglia. Normalmente, potrebbero essere necessarie due settimane per recuperare la piena funzionalità. Con la fotobiomodulazione (PBM), la caviglia guarisce più velocemente perché le cellule hanno più energia per riparare i tessuti. Anche





lesioni minori o dolori post-allenamento possono essere alleviati più rapidamente.

Spunto di riflessione:

Discutete in piccoli gruppi: se poteste utilizzare la fotobiomodulazione (PBM) su un infortunio o dopo un allenamento intenso, in che modo vi aiuterebbe nel recupero? Quali precauzioni prendereste?

Attività

Prova a trovare altri video su “*PBM in azione: esempi di guarigione nel mondo reale*” che illustra scenari come il recupero muscolare, la guarigione delle ferite e la riduzione dell'infiammazione.

La scienza alla base della guarigione

È affascinante osservare come la luce, qualcosa che diamo per scontato, possa avere effetti così profondi a livello microscopico. La fotobiomodulazione (PBM) ci ricorda che i nostri corpi sono sistemi finemente sintonizzati che rispondono all'energia in modi molto precisi. Comprendendo la scienza alla base della PBM, acquisiamo una maggiore conoscenza dei processi cellulari, della produzione di energia e del potenziale delle terapie non invasive per migliorare la salute.

Questa sezione incoraggia gli studenti a pensare in modo critico e a immaginare applicazioni nella vita quotidiana, nello sport e in ambito medico. Gli studenti possono chiedersi: In che modo la fotobiomodulazione (PBM) potrebbe essere utile a un atleta rispetto a un paziente con una ferita cronica? Perché la lunghezza d'onda è importante? Cosa potrebbe succedere se l'intensità luminosa fosse troppo alta o troppo bassa?





Sezione 2: Esegui

La sezione "Esegui" di questa unità didattica sulla fotobiomodulazione (PBM) è pensata per immergere gli studenti in un apprendimento attivo e pratico, colmando il divario tra conoscenza teorica ed esperienza sul campo. Mentre la sezione precedente introduce i principi fondamentali della PBM, inclusa l'interazione della luce rossa e del vicino infrarosso con i tessuti biologici, la sezione "Esegui" permette agli studenti di osservare questi concetti in azione, fornendo una comprensione tangibile di come la PBM influenzi cellule, tessuti e sistemi biologici.

Attraverso attività attentamente strutturate, gli studenti avranno l'opportunità di condurre esperimenti, effettuare osservazioni dettagliate e analizzare i risultati. Ad esempio, potranno esplorare come diverse lunghezze d'onda della luce penetrano nei modelli di tessuto, o come la fotobiomodulazione (PBM) influenzi l'attività cellulare in ambienti controllati. Questo approccio esperienziale incoraggia gli studenti a interagire attivamente con la materia, promuovendo il pensiero critico, la curiosità e il ragionamento scientifico.

Inoltre, la sezione pone l'accento sulla discussione e sulla riflessione, incoraggiando gli studenti a confrontare i risultati sperimentali con le previsioni teoriche e a considerare le applicazioni concrete del PBM, dalle terapie cliniche alle pratiche di benessere. Combinando osservazione, sperimentazione e dialogo guidato, la sezione "Esecuzione" trasforma i concetti astratti in esperienze di apprendimento significative e memorabili.

In definitiva, gli studenti lasceranno questa sezione con una maggiore comprensione sia dei principi scientifici che della rilevanza pratica della fotobiomodulazione, preparandosi ad applicare queste conoscenze nella ricerca, nell'assistenza sanitaria o in ulteriori studi.

Attività 1: Osservare la luce

Utilizza un prisma o dei filtri colorati per studiare il comportamento della luce. Osserva quali colori attraversano i materiali e quali vengono bloccati. Registra le tue osservazioni in una tabella, annotando il colore, il potenziale di penetrazione e altre considerazioni.

Questa semplice attività aiuta gli studenti a capire perché la luce rossa e quella nel vicino infrarosso possono raggiungere i tessuti profondi.





Discutete in gruppo: in che modo questo si collega alla fotobiomodulazione (PBM)? Perché alcune lunghezze d'onda potrebbero essere più efficaci di altre per la guarigione?

Attività 2: Analogia con i mitocondri

Costruisci un semplice modello di "fabbrica cellulare" utilizzando bicchieri di carta, palline o altri piccoli oggetti per rappresentare le molecole di ATP. Usa una torcia rossa per simulare la luce PBM. Osserva come la "fabbrica" produce più ATP sotto la luce. Rifletti su come l'energia extra contribuisce ai processi di riparazione nel corpo.

Scrivi un breve testo che descriva il modello: in che modo questa analogia ti aiuta a comprendere l'attivazione dei mitocondri? Cosa succede quando l'energia è bassa?

Attività 3: Casi di studio

Esaminare le applicazioni PBM in ambito clinico o sportivo:

- recupero muscolare post-infortunio
- riduzione del gonfiore dentale
- guarigione delle ferite cutanee

Per ciascun caso, redigere una breve relazione: Qual era il problema? Come è stata applicata la PBM? Qual è stato il risultato? Discutere perché la PBM si è dimostrata efficace in questi scenari e collegarla alla produzione di energia cellulare.

Attività 4: Progettazione di un dispositivo PBM

Gli studenti collaborano per progettare un ipotetico dispositivo PBM:

- Scegli la lunghezza d'onda (rosso o NIR)
- Decidere l'intensità e la durata
- Prevedi quali tessuti trarrebbero maggior beneficio

Presentate i vostri progetti alla classe, giustificando le scelte effettuate in base a quanto appreso sulla penetrazione della luce, sui mitocondri e sulla produzione di ATP.

Attività 5: Riflessione approfondita

Immagina uno scenario in cui la PBM (Posizione Biofisica del Popolo) potrebbe migliorare la vita quotidiana: recupero post-sportivo, lesioni minori o persino stress legato allo studio (attraverso l'alleviamento della tensione muscolare). Scrivi una narrazione che colleghi la teoria alla pratica, incoraggiando una comprensione più approfondita e un coinvolgimento personale.





Co-funded by
the European Union

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."





Sezione 3: Migliora

Realtà aumentata per una comprensione più profonda

In questa parte dell'unità didattica, gli studenti entrano nel mondo immersivo della realtà aumentata, dove possono esplorare e manipolare processi biologici normalmente invisibili a occhio nudo. A differenza delle lezioni tradizionali, questa sezione invita gli studenti a vedere, interagire e sperimentare sui meccanismi cellulari, rendendo tangibili e memorabili i concetti astratti. Attraverso sei scene attentamente progettate, gli studenti possono seguire il percorso della luce dalla superficie della pelle fino ai mitocondri, osservando in tempo reale come la fotobiomodulazione influenzi l'attività cellulare e la riparazione dei tessuti.

Il viaggio nella realtà aumentata inizia con **Scena 1: Introduzione**

Gli studenti vedono il titolo "Fotobiomodulazione: come la luce a bassa intensità stimola la guarigione" visualizzato in un testo tridimensionale sullo sfondo dell'ambiente di realtà aumentata. Un pulsante START li invita a iniziare l'esplorazione, creando attesa e concentrazione prima di immergersi nella scienza.

Scena 2: Spettro luminoso e penetrazione nei tessuti

Unisce due concetti fondamentali in un'unica esperienza immersiva. Gli studenti visualizzano innanzitutto le onde luminose rosse e del vicino infrarosso (NIR) (600-700 nm e 700-1100 nm) all'interno dello spettro elettromagnetico, confrontando queste lunghezze d'onda terapeutiche con altri colori di luce. Osservano quindi come queste lunghezze d'onda interagiscono con la struttura stratificata di pelle, grasso e muscolo, guardando la luce attraversare le barriere biologiche per raggiungere i tessuti profondi. L'ambiente di realtà aumentata mostra due diagrammi affiancati: lo spettro che evidenzia le lunghezze d'onda terapeutiche e una sezione trasversale del tessuto che dimostra come la luce UV e blu si fermi in superficie, mentre i fotoni rossi e NIR penetrano in profondità nel tessuto muscolare.





Osservando il comportamento delle diverse lunghezze d'onda, gli studenti acquisiscono una comprensione intuitiva delle proprietà fisiche che rendono efficace la PBM, colmando il divario tra fisica e biologia in un modo che i diagrammi tradizionali non riescono a trasmettere.

Questa esplorazione interattiva mette in evidenza il percorso compiuto dai fotoni, dimostrando che la superficie del corpo non è una barriera statica, bensì un mezzo dinamico che influenza gli esiti terapeutici.

Scena 3: Cellule e mitocondri. Questo strumento avvicina ulteriormente gli studenti all'azione. Possono ingrandire virtualmente una singola cellula e osservarne i mitocondri con dettagli sorprendenti. La simulazione in realtà aumentata mostra i mitocondri che assorbono fotoni e avviano i processi biochimici che portano alla produzione di energia. Un quiz sfida gli studenti a identificare quale molecola nei mitocondri assorbe la luce rossa e nel vicino infrarosso, rafforzando la loro comprensione della citocromo c ossidasi come fotoaccettore chiave.

Questa prospettiva ravvicinata permette agli studenti di collegare l'esposizione alla luce all'attivazione cellulare, osservando in prima persona come la fotobiomodulazione (PBM) stimoli la vita a livello microscopico.

In **Scena 4: Meccanismo di produzione dell'ATP.** L'esperienza AR trasforma la biologia molecolare in uno spettacolo visibile. Gli studenti osservano i fotoni innescare reazioni chimiche all'interno dei mitocondri, che portano alla produzione di molecole di ATP. Possono seguire queste molecole mentre vengono distribuite in tutta la cellula per supportare la riparazione, la crescita e le funzioni che richiedono energia.

Un quiz chiede agli studenti di spiegare come la fotobiomodulazione stimoli la guarigione, assicurandosi che comprendano la connessione tra l'aumento della produzione di ATP e l'accelerazione della riparazione dei tessuti.

Visualizzando queste reazioni, gli studenti acquisiscono una comprensione concreta di come la luce si traduca in energia cellulare, un concetto che risulta astratto e complesso se insegnato solo attraverso libri di testo o immagini statiche.





Scena 5: Applicazioni cliniche. Il corso sposta l'attenzione dalle cellule ai tessuti e alla loro rilevanza nel mondo reale. Gli studenti interagiscono con rappresentazioni virtuali di tessuti, simulando scenari come la guarigione delle ferite, il recupero muscolare e la riduzione delle cicatrici. Confrontando i tessuti trattati con quelli non trattati, gli studenti possono osservare gli effetti tangibili della fotobiomodulazione (PBM) e comprenderne il valore terapeutico. Un quiz sfida gli studenti a spiegare in che modo la fotobiomodulazione si differenzia dai laser chirurgici, sottolineando che la PBM utilizza luce a bassa intensità per stimolare i tessuti anziché distruggerli.

Questa scena invita a riflettere su come i cambiamenti microscopici si traducano in miglioramenti tangibili in termini di salute e prestazioni, collegando la scienza all'applicazione pratica.

Infine, la Scena 6: Applicazioni mediche e valutazione finale consolida l'apprendimento attraverso tre quiz completi. Gli studenti devono dimostrare la padronanza rispondendo correttamente alle domande su: (1) quali lunghezze d'onda vengono utilizzate nella terapia di fotobiomodulazione (rosso 600-700 nm e NIR 700-1100 nm), (2) perché le lunghezze d'onda rosse e NIR penetrano più in profondità della luce blu e (3) applicazioni cliniche tra cui la guarigione delle ferite, il recupero muscolare e la riduzione dell'infiammazione. Il completamento con successo di tutti e tre i quiz sblocca il messaggio di congratulazioni finale: "Ora hai capito come la luce rossa e infrarossa a bassa intensità stimola i mitocondri per accelerare la guarigione e ridurre l'infiammazione". Questa conclusione basata sul raggiungimento degli obiettivi fornisce agli studenti un senso di padronanza e di realizzazione.

Conclusione:

Giunti alla fine di questo percorso di apprendimento, prendetevi un momento per riflettere sul viaggio che avete appena intrapreso. Avete iniziato esplorando il mondo invisibile della luce e delle cellule, dove i fotoni rossi e del vicino infrarosso viaggiano silenziosamente attraverso gli strati di pelle, grasso e muscoli, raggiungendo le minuscole centrali energetiche all'interno delle vostre cellule: i mitocondri. Attraverso gli esercizi in realtà aumentata, non vi siete limitati a leggere di questi processi, ma li avete visti svolgersi. Avete osservato i fotoni essere assorbiti, le reazioni chimiche prendere vita e le molecole di ATP essere prodotte e distribuite in tutta la cellula, alimentando la riparazione e la rigenerazione. *Ciò che un tempo era invisibile ora è vivido nella tua*





mente, quasi tangibile, e puoi percepire la connessione tra luce, energia e la vita stessa.

Hai anche esplorato come questi processi microscopici si traducano in effetti concreti. Hai manipolato tessuti virtuali, osservando la guarigione più rapida delle ferite, il recupero muscolare e l'attenuazione delle cicatrici sotto l'influenza della fotobiomodulazione (PBM). Hai iniziato a immaginare come questa conoscenza potrebbe essere applicata, non solo in laboratorio, ma anche in cliniche, impianti sportivi o persino nella vita di tutti i giorni, aiutando le persone a guarire, a mantenersi in salute e a preservare il proprio benessere. Ogni scena in realtà aumentata, ogni esperimento interattivo, ti ha avvicinato alla comprensione di come la luce non si limiti a illuminare, ma **potenzi il corpo dall'interno**.

Al termine di questo modulo, avrete acquisito molto più di semplici nozioni e cifre. Avrete vissuto un'esperienza, una storia di luce che attraversa le cellule, generando energia e sostenendo la vita in modi normalmente invisibili. Avrete assistito alla trasformazione dell'invisibile in visibile, dell'astratto in concreto, e avrete visto in prima persona come la fotobiomodulazione può trasformare sia le cellule che il corpo umano. Questa non è una conoscenza da memorizzare, ma da **sperimentare, sentire e comprendere**, pronti ad applicarla in modo significativo.

La luce è diventata più di un concetto; ora è una forza tangibile di guarigione e tu hai gli strumenti per vederla, esplorarla e sfruttarne il potenziale nel mondo che ti circonda.

Fase	Descrizione
Esplorare	- Ricerca e scoperta: Gli studenti analizzano esempi di fotobiomodulazione nella vita reale e in medicina, come la guarigione delle ferite, il recupero muscolare, la riduzione delle cicatrici e il supporto cognitivo. Attraverso ricerche guidate, video e discussioni in classe, esplorano come la luce rossa e quella del vicino infrarosso (NIR) interagiscono con i tessuti biologici, in particolare con i mitocondri, e perché specifiche lunghezze d'onda risultano efficaci.
	- Sviluppo dei contenuti: Gli insegnanti introducono il concetto di interazione luce-tessuto e di attivazione mitocondriale utilizzando confronti visivi (onde luminose, strati di tessuto, cellule, mitocondri) e brevi animazioni che mostrano come i fotoni innescano la produzione di ATP. Diagrammi e modelli concettuali aiutano gli studenti a visualizzare processi che sono invisibili nella realtà.





	- Analisi dei bisogni: Gli insegnanti valutano le conoscenze pregresse degli studenti in merito a luce, cellule e produzione di energia. Gli studenti condividono le loro idee su come la luce potrebbe influenzare la funzione cellulare e discutono di idee sbagliate, come ad esempio confondere la normale esposizione alla luce con gli effetti terapeutici.
Eseguire	- Attuazione del curriculum: Gli studenti studiano come la luce rossa e quella nel vicino infrarosso stimolano i mitocondri e aumentano la produzione di ATP. Attraverso schede di lavoro guidate ed esercizi strutturati, analizzano la cascata di reazioni biochimiche innescate dall'assorbimento di fotoni ed esplorano come l'aumento di ATP favorisca la riparazione e la rigenerazione dei tessuti. - Esercizi interattivi: Gli studenti lavorano in gruppo per completare attività come ordinare gli strati di tessuto in base alla profondità di penetrazione della luce, abbinare le lunghezze d'onda della luce ai bersagli cellulari e descrivere le fasi dell'attivazione mitocondriale. Studi di caso su applicazioni della fotobiomodulazione (PBM), come il recupero muscolare, la guarigione delle ferite o la gestione delle cicatrici, consentono agli studenti di discutere l'efficacia e i risultati ottenuti. - Raccolta di feedback: Gli studenti presentano i loro risultati e riflettono sui meccanismi della fotobiomodulazione (PBM). Gli insegnanti guidano le discussioni sui vantaggi pratici, come la non invasività e i potenziali benefici terapeutici. Lo scambio tra pari rafforza la comprensione e chiarisce le idee sbagliate sulla fototerapia.
Migliorare	- Integrazione con la realtà aumentata (AR): Gli studenti utilizzano un'applicazione di realtà aumentata (AR) per visualizzare i processi PBM in 3D. L'esperienza AR include scene che mostrano onde luminose rosse e nel vicino infrarosso (NIR), la penetrazione della luce attraverso la pelle, il grasso e i muscoli, e l'attivazione mitocondriale all'interno delle cellule. - Apprendimento interattivo: grazie alla realtà aumentata, gli studenti possono manipolare variabili come la lunghezza d'onda della luce, l'intensità o la durata dell'esposizione, osservando come questi cambiamenti influenzano la produzione di ATP mitocondriale e la riparazione dei tessuti. Possono visualizzare direttamente processi normalmente invisibili a occhio nudo. Contenuti ludicizzati: - Punti e distintivi: Gli studenti guadagnano punti rispondendo correttamente alle domande del quiz AR, identificando gli strati dei tessuti o spiegando le risposte mitocondriali. - Missioni e livelli: I gruppi completano sfide progressive di realtà aumentata, come tracciare i percorsi della luce verso i mitocondri, prevedere i risultati della produzione di ATP e simulare gli effetti della fotobiomodulazione su diversi tipi di tessuto. - Ricompense per l'esplorazione. Vengono assegnati punti aggiuntivi per la scoperta di nuove applicazioni PBM o per la proposta di scenari terapeutici innovativi. - Compiti collaborativi gamificati: I team progettano esperimenti basati sulla realtà aumentata che simulano piani di trattamento PBM e discutono i risultati attesi. Valutazioni basate sulla realtà aumentata: Gli studenti dimostrano la loro comprensione completando attività guidate dalla realtà aumentata e producendo brevi relazioni che spiegano come la luce rossa/vicino infrarosso interagisce con i mitocondri, stimola la produzione di ATP e favorisce la guarigione dei tessuti.





Riferimenti bibliografici

1. Hamblin, M. R. (2017). La scienza della luce curativa. Fotochimica e fotobiologia, 93(2), 199–207.
2. Chung, H., et al. (2012). Terapia laser a basso livello: come funziona. Annals of Biomedical Engineering, 40, 516–533.
3. Karu, T. I. (2010). Mitocondri e luce: come le cellule producono energia. IUBMB Life, 62(8), 607–610.
4. Lima, D. P., et al. (2020). Fotobiomodulazione e guarigione. 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.