



Co-funded by
the European Union

Photobiomodulation: Wie schwaches Licht die Heilung anregt



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."





Co-funded by
the European Union

Inhaltsverzeichnis

- Einleitung
- Allgemeine Informationen
- Pädagogische Vorgaben
- Technische Spezifikationen



Project Number: 2023-I-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."



Einleitung

Dieses Dokument beschreibt die Augmented-Reality-Übung (AR) mit dem Titel „Photobiomodulation: Wie schwaches Licht die Heilung stimuliert“, die im Rahmen des europäischen Projekts BioS4You 2.0 (Arbeitspaket 3: AR-Übungen) für Schüler im Alter von 17 bis 19 Jahren entwickelt wurde.

Ziel dieser Übung ist es, den Schülern zu vermitteln, wie schwaches rotes und nahinfrarotes Licht zelluläre Reparaturmechanismen stimuliert und wie es in medizinischen Behandlungen eingesetzt wird, wobei Verbindungen zwischen Physik (elektromagnetisches Spektrum, wellenlängenabhängige Gewebedurchdringung), Chemie (Photochemie, mitochondriale Bioenergetik), Biologie (Zellstoffwechsel, Chromophoraktivierung) und Medizin (Wundheilung, Muskelregeneration, Narbenreduktion) hergestellt werden.

Dieses Dokument folgt der Standardvorlage für BioS4You-AR-Übungen und ist in folgende Abschnitte gegliedert:

Allgemeine Informationen: Titel, Autoren, Zielgruppe, Dauer, Schlüsselwörter und Themen
Pädagogische Spezifikationen: Lernziele, Methodik, Integration in den Lehrplan
Technische Spezifikationen: Hardware, Software, Gestaltung der AR-Erfahrung

Die Übung wurde nach dem 3E-Ansatz (Explore – Execute – Enhance) entwickelt und ermutigt die Studierenden, die Mechanismen der Photobiomodulation Schritt für Schritt anhand interaktiver AR-Szenen zu erkunden, die das Lichtspektrum und die Gewebedurchdringung, mitochondriale Chromophore (Cytochrom-C-Oxidase), den Mechanismus der ATP-Produktion sowie klinische Anwendungen veranschaulichen.





Name der Übung:

Allgemeine Informationen

Photobiomodulation: Wie schwaches Licht die Heilung stimuliert

Vom roten Licht zur Zellreparatur: Verständnis der mitochondrialen Aktivierung und der Gewebeheilung

Der Titel spiegelt sowohl die wissenschaftlichen Prinzipien als auch die praktischen Anwendungen der Photobiomodulationstherapie wider. „Photobiomodulation: Wie schwaches Licht die Heilung stimuliert“ betont den doppelten Fokus auf grundlegende Biophysik und klinische Anwendung, während der Untertitel „Vom roten Licht zur Zellreparatur“ den Weg von den Eigenschaften des Lichtspektrums (rote und nahinfrarote Wellenlängen) hin zu praktischen Anwendungen im Gesundheitswesen durch mitochondriale Aktivierung, Stimulation der Cytochrom-C-Oxidase, ATP-Produktion und beschleunigte Gewebereparatur hervorhebt.

Beschreibung der
der
Übungen:

„Photobiomodulation: Wie schwaches Licht die Heilung stimuliert“ richtet sich an Schüler im Alter von 17 bis 19 Jahren und ermöglicht es ihnen, die grundlegenden Prinzipien der Licht-Gewebe-Interaktion und medizinische Anwendungen mithilfe von Augmented Reality zu erkunden. Das Hauptziel besteht darin, den Schülern zu vermitteln, wie rotes und nahinfrarotes Licht Gewebe durchdringt und durch die Aktivierung der Mitochondrien zelluläre Reparaturmechanismen stimuliert, sowie wie die Photobiomodulationstherapie in klinischen Behandlungen eingesetzt wird.

Die Schüler werden:

- die Eigenschaften des Lichtspektrums und die wellenlängenabhängige Gewebedurchdringung verstehen
- Mitochondriale Chromophore (Cytochrom-C-Oxidase) und die Photonenabsorption visualisieren
- den durch rotes/NIR-Licht ausgelösten Mechanismus der ATP-Produktion erforschen
- sich mit den klinischen Anwendungen der Photobiomodulation (Wundheilung, Muskelregeneration, Narbenreduktion) vertraut machen

Das AR-Erlebnis nutzt Delightex Studio – Spaces (Marker) mit 6





aufeinanderfolgenden Szenen und 6 integrierten Quizfragen.

Teilnehmer:

Die Übung eignet sich sowohl für einzelne Studierende als auch für kleine Gruppen von 3–5 Mitgliedern. Die Arbeit in Gruppen wird empfohlen, um Diskussionen über Licht-Gewebe-Wechselwirkungen anzuregen, Beobachtungen zu mitochondrialen Aktivierungsprozessen und ATP-Produktionsmechanismen zu vergleichen und Fähigkeiten zur gemeinsamen Problemlösung bei der Analyse klinischer Anwendungen der Photobiomodulation zu entwickeln.

Altersgruppe der
Teilnehmer:

Die Studierenden sollten über Grundkenntnisse in Physik, Chemie und Biologie verfügen, insbesondere über die Konzepte des elektromagnetischen Spektrums, der Wellenlängen, der Lichteigenschaften, der Zellstruktur, der Mitochondrien und des Energiestoffwechsels. Vorkenntnisse in den Grundlagen der Zellbiologie (Organellen, Zellatmung, ATP) und der grundlegenden Anatomie (Gewebeschichten) werden empfohlen, sind jedoch nicht zwingend erforderlich.

MINT-Fach und
spezifisches Thema:

MINT-Fach: Physik, Chemie, Biologie, Medizin, Ingenieurwesen

Spezifisches Thema: Photobiomodulationstherapie, Lichtspektrum, wellenlängenabhängige Gewebedurchdringung, mitochondriale Chromophore (Cytochrom-C-Oxidase), ATP-Produktionsmechanismus, zelluläre Bioenergetik, klinische Anwendungen (Wundheilung, Muskelregeneration, Narbenreduktion)

Hauptschwierigkeit des Themas: Studierende haben oft Schwierigkeiten zu verstehen, wie unsichtbares Licht biologische Wirkungen entfalten kann, warum bestimmte Wellenlängen (Rot und Nahinfrarot) tiefer eindringen als andere, wie Cytochrom-C-Oxidase Photonen absorbiert und die ATP-Produktion anregt und wie erhöhte Zellenergie die Gewebereparatur beschleunigt. AR-Visualisierung hilft dabei, diese abstrakten Prozesse auf Nano- und Zellebene mit greifbaren klinischen Anwendungen zu verknüpfen.





Gamification- Prozess:

Die Gamification-Strategie folgt den Richtlinien von BioS4YOU WP2 und konzentriert sich auf herausforderungsbasiertes Lernen und sofortiges Feedback mit Delightex Studio.

Herausforderungsbasiertes Lernen: Die Studierenden folgen dem Weg von den Eigenschaften des Lichtspektrums über zelluläre Reparaturmechanismen bis hin zu medizinischen Anwendungen. Jede Szene enthält ein Quiz, das korrekt beantwortet werden muss, um zur nächsten Stufe zu gelangen, wodurch ein progressiver Lernpfad entsteht.

Sofortiges Feedback: Delightex liefert sofortiges visuelles Feedback, wenn die Schüler Quizfragen beantworten. Richtige Antworten schalten die Schaltfläche „WEITER“ frei und treiben die Handlung voran, während falsche Antworten die Schüler dazu veranlassen, die zugrunde liegenden biophysikalischen und zellulären Prinzipien zu überdenken.

Freischaltung von Erfolgen: In Szene 6 müssen alle drei Quizfragen zu medizinischen Anwendungen beantwortet werden, um die abschließende Glückwunschmeldung zu erhalten, was ein Gefühl der Leistung und der Beherrschung vermittelt.

Schriftliche oder grafische Beschreibung der Augmented-Reality- Informationen:

Die AR-Erfahrung wurde in Delightex Studio – Spaces (Marker) entwickelt und umfasst:

Szene 1: Titel und Einführung Titel „Photobiomodulation: Wie schwaches Licht die Heilung stimuliert“ mit START-Schaltfläche

Szene 2: Lichtspektrum & Gewebedurchdringung Zwei Diagramme, die das elektromagnetische Spektrum zeigen (mit Hervorhebung der Wellenlängen Rot 600–700 nm und NIR 700–1100 nm) sowie einen Gewebeschnitt, der die wellenlängenabhängige Eindringtiefe durch Haut-, Fett- und Muskelschichten veranschaulicht

Szene 3: Zellen, Mitochondrien & Chromophore Zellquerschnitt mit Mitochondrien und vergrößerte Ansicht, die Cytochrom-C-Oxidase bei der Absorption von roten/NIR-Photonen zeigt Quiz: Welches Molekül in den Mitochondrien absorbiert rotes und nahinfrarotes Licht?

Szene 4: Mechanismus der ATP-Produktion Schritt-für-Schritt-Diagramm, das die Photonenabsorption durch Cytochrom-C-Oxidase, die Aktivierung der Elektronentransportkette und den Anstieg der ATP-Produktion zeigt Quiz: Wie stimuliert die Photobiomodulation die Heilung?





Erforderliche
externe (oder
zusätzliche)
Hilfsmittel

Links (Video, Bilder,
Online-Text usw.).

Szene 5: Klinische Anwendungen Drei Tafeln, die Wundheilung, Muskelregeneration und Narbenreduktion mit Vorher-Nachher-Vergleichen zeigen Quiz: Die Photobiomodulation unterscheidet sich von chirurgischen Lasern, weil sie...

Szene 6: Medizinische Anwendungen Drei Quizfragen zu:

- Wellenlängen, die in der Photobiomodulationstherapie verwendet werden
- Warum rote/NIR-Wellenlängen tiefer eindringen als blaues Licht
- Klinische Anwendungen (Wundheilung, Muskelregeneration, Entzündungshemmung)

Abschließende Glückwunschkmeldung nach Abschluss aller Quizfragen.

- Geräte: Smartphones oder Tablets mit installierter Delightex-App (iOS oder Android)
- AR-Marker: Erforderlich; Delightex Studio – Spaces (Marker) nutzt markerbasierte AR. Die Schüler scannen den bereitgestellten Marker, um das AR-Erlebnis zu starten
- Ausgedruckte Arbeitsblätter: Optional zum Notieren während der Erkundung der AR-
- Internetverbindung: Erforderlich für den ersten App-Download und das Laden der AR-Inhalte

QUIZ

Die Quizze sind nativ in Delightex Studio integriert (Szenen 3–6) und erfordern keine externen Links. Die Schüler beantworten die Fragen direkt innerhalb des AR-Erlebnisses und erhalten automatisches Feedback.





Pädagogische Spezifikationen

Hier sammeln wir Informationen darüber, wie die Übung im Unterricht eingesetzt wird und welche Ergebnisse und Vorteile sich aus pädagogischer Sicht daraus ergeben.

Wie können diese erweiterten Informationen genutzt werden, um ein STEAM-Thema für die Schüler interessanter zu

Die AR-Übung verwandelt abstrakte biophysikalische Konzepte in visuelle, interaktive Erlebnisse, die die Schüler in Echtzeit erkunden können. Durch die Visualisierung der Eigenschaften des Lichtspektrums und der wellenlängenabhängigen Gewebedurchdringung, das Beobachten der Photonenabsorption durch mitochondriale Chromophore (Cytochrom-C-Oxidase), das Betrachten der ATP-Produktionsmechanismen in den Kraftwerken der Zellen und das Herstellen direkter Verbindungen zu realen klinischen Anwendungen überbrücken die Schüler die Kluft zwischen theoretischer Biophysik und medizinischer Praxis. Der immersive Charakter von AR ermöglicht es den Lernenden, unsichtbare zelluläre Prozesse zu manipulieren und zu beobachten, wodurch die Photobiomodulationstherapie greifbar und ansprechend wird und gleichzeitig die interdisziplinären Verbindungen zwischen Physik, Chemie, Biologie und Medizin aufgezeigt werden.

gestalten?

Welche pädagogischen Ziele werden durch dieses Szenario angesprochen?





Die Übung bedient mehrere pädagogische Ziele in verschiedenen Lernbereichen. Die Studierenden entwickeln ein Verständnis für die Eigenschaften des Lichtspektrums, die wellenlängenabhängige Gewebedurchdringung und die grundlegende Rolle mitochondrialer Chromophore bei der zellulären Energieproduktion. Sie lernen, die Funktion der Cytochrom-C-Oxidase und die Mechanismen der ATP-Produktion zu beschreiben sowie klinische Anwendungen der Photobiomodulation mit ihren spezifischen therapeutischen Einsatzbereichen zu identifizieren. Mithilfe von AR-Visualisierung stellen die Studierenden einen Zusammenhang zwischen photonisch-molekularen Wechselwirkungen im Nanobereich und makroskopischen Gewebeheilungsergebnissen her, analysieren Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge in der zellulären Bioenergetik (Photonenabsorption → ATP-Produktion → Gewebereparatur) und bewerten geeignete Anwendungen der Photobiomodulation für verschiedene Erkrankungen. Auf der Kompetenzebene fördert die Übung das wissenschaftliche Denken über Licht-Gewebe- und Licht-Zell-Wechselwirkungen sowie kritisches Denken hinsichtlich der Sicherheit und Wirksamkeit der Photobiomodulationstherapie im Gesundheitswesen.

Welche Ergebnisse sollen mit dem Einsatz dieser Übung erzielt werden?

Von den Studierenden wird erwartet, dass sie erklären können, warum rote und nahinfrarote Wellenlängen tiefer in das Gewebe eindringen als kürzere Wellenlängen, die Rolle der Cytochrom-C-Oxidase als wichtigstem mitochondrialen Chromophor, der rote/NIR-Photonen absorbiert, beschreiben, verstehen, wie die Photonenaabsorption die ATP-Produktion und zelluläre Reparaturmechanismen auslöst, und verschiedene Anwendungen der Photobiomodulation (Wundheilung, Muskelregeneration, Narbenreduktion) anhand der Wellenlängeneigenschaften und der Gewebedurchdringungstiefe den entsprechenden klinischen Szenarien zuordnen. Die Bewertung dieser Lernergebnisse umfasst den erfolgreichen Abschluss aller sechs Quizfragen während der AR-Erfahrung, die nachgewiesene Fähigkeit, Unterschiede in der Gewebeschichtendurchdringung über das gesamte Lichtspektrum hinweg zu erklären, die korrekte Erklärung des Prozesses der Photonenaabsorption und ATP-Produktion sowie die angemessene Auswahl der Photobiomodulationstherapie für spezifische klinische Zustände.





Technische Spezifikationen

Welche Vorteile sollen durch den Einsatz erzielt werden?

Die Übung ermöglicht eine verbesserte Visualisierung von zellulären und biophysikalischen Phänomenen, die nicht direkt beobachtet werden können, und steigert das Engagement der Studierenden durch interaktive AR-Technologie, während sie gleichzeitig sofortiges Feedback liefert, das das selbstbestimmte Lernen unterstützt. Gamification-Elemente sorgen für anhaltende Motivation während der gesamten Erfahrung. Aus interdisziplinärer Perspektive integriert die Übung Physik (elektromagnetisches Spektrum, wellenlängenabhängige Gewebedurchdringung), Chemie (Photochemie, mitochondriale Bioenergetik), Biologie (Zellstoffwechsel, Chromophore) und Medizin (Anwendungen) und bietet einen realen Kontext, der die Relevanz von MINT im Gesundheitswesen demonstriert und eine Brücke zwischen theoretischer Wissenschaft und klinischer Praxis schlägt. Zu den langfristigen Vorteilen gehören die Schaffung einer Grundlage für weiterführende Studien in den Bereichen Photomedizin, regenerative Medizin, Sportmedizin oder Biomedizintechnik, die Entwicklung eines Verständnisses für den sicheren Einsatz der Photobiomodulationstherapie und Dosimetrie in verschiedenen beruflichen Kontexten sowie die Förderung des kritischen Denkens hinsichtlich der Wellenlängenauswahl und der Behandlungsparameter auf der Grundlage von Gewebedurchdringungseigenschaften und zellulären Mechanismen.

In diesem Teil muss angegeben werden, ob die Übung für die Umsetzung mit AR-Technologie konzipiert wurde. Dieser Teil ist für den Übersetzungsprozess von grundlegender Bedeutung. Bitte fügen Sie Text, Audiotext und alle erforderlichen Materialien bei.





AR-INFORMATIONEN

Technologie

<https://edu.delightex.com/ACG-EUM>



Delightex Studio – Spaces (Marker)

Die Übung ist vollständig für die Umsetzung mit Augmented Reality konzipiert. Sie nutzt markerbasierte AR, da Delightex Studio – Spaces (Marker) erfordert, dass die Studierenden einen gedruckten Marker scannen, um das AR-Erlebnis zu starten und die zellulären Mechanismen der Photobiomodulation sowie die klinischen Anwendungen auf dem Bildschirm ihres Geräts anzuzeigen.

Falls ein Marker benötigt wird, Beschreibung des Markers

Für Delightex Studio – Spaces (Marker) ist ein spezieller Marker erforderlich. Der Marker ist ein gedrucktes Bild oder Muster, das die Studierenden mit der Kamera ihres Smartphones oder Tablets scannen, um das AR-Erlebnis zu starten. Der Marker kann ein individuell gestaltetes Bild mit Bezug zur Photobiomodulationstherapie sein (z. B. ein Symbol für die Wellenlänge von rotem/NIR-Licht, ein Mitochondrien-Diagramm oder ein ATP-Molekül) oder ein von Delightex bereitgestelltes Standardmuster im QR-Stil.

Erforderliche Hardware und Software:

- Hardware: Smartphones oder Tablets mit Kamera und Internetverbindung. Gyroskop und Beschleunigungsmesser sind erforderlich (in den meisten modernen Geräten standardmäßig vorhanden)
- Software: Delightex-App (kostenlos, verfügbar für Android und iOS). Lehrkräfte benötigen ein Delightex-Bildungskonto, um auf das AR-Projekt zuzugreifen und es zu teilen
- Sonstiges: Gedruckter Marker für jeden Schüler oder jede Gruppe

Art der Augmented-

Das AR-Erlebnis integriert verschiedene Arten von Inhalten:





Reality-Daten

- 3D-Text (Titel „Photobiomodulation: Wie schwaches Licht die Heilung stimuliert“, Szenenbeschriftungen, Quizfragen)
- Bilder (Lichtspektrumdiagramm, Querschnitt der Gewebedurchdringung, Zelle und Mitochondrien mit Cytochrom-C-Oxidase, Mechanismus der ATP-Produktion, Vorher-Nachher-Vergleiche klinischer Anwendungen)
- Interaktive Schaltflächen (START, WEITER, QUIZ)
- Text-Overlays (erklärende Meldungen zu Wellenlängendurchdringung, Chromophoraktivierung, ATP-Produktion, Gewebeheilung)
- Quiz-Oberfläche (Multiple-Choice-Fragen mit automatischem Feedback)

Schriftliche Beschreibung der AR-Daten

Wenn die Studierenden die Übung mit der Delightex-App öffnen und den Marker scannen, beginnen sie mit Szene 1, in der der Titel „Photobiomodulation: Wie Low-Level-Licht die Heilung stimuliert“ als 3D-Text angezeigt wird. Ein Tippen auf START führt zu Szene 2, in der zwei Diagramme gezeigt werden: das elektromagnetische Spektrum mit hervorgehobenen Wellenlängen im roten (600–700 nm) und nahinfraroten (700–1100 nm) Bereich sowie ein Gewebeschnitt, der veranschaulicht, wie verschiedene Wellenlängen Haut-, Fett- und Muskelschichten durchdringen. Die Schüler beobachten, dass UV-/Blaulicht an der Oberfläche gestoppt wird, während Rot-/NIR-Licht tief eindringt und das Muskelgewebe erreicht. Mit der Schaltfläche „NEXT“ geht es ohne Quiz weiter.

Szene 3 zeigt einen Zellquerschnitt mit Mitochondrien und eine vergrößerte Ansicht eines Mitochondriums, in der Cytochrom-C-Oxidase (das Chromophor-Molekül) auf der inneren Membran zu sehen ist. Die Schüler sehen, wie rote/NIR-Photonen in die Zelle eindringen und von der Cytochrom-C-Oxidase in den Mitochondrien-Cristae absorbiert werden. Ein Quiz fragt, welches Molekül rotes und nahinfrarotes Licht absorbiert, bevor „NEXT“ aktiviert wird.

Szene 4 zeigt den Mechanismus der ATP-Produktion in vier Schritten: Eindringen von Photonen in die Mitochondrien, Aktivierung der Cytochrom-C-Oxidase, Reaktionen der Elektronentransportkette mit Sauerstoff und Protonen sowie die Bildung von ATP-Molekülen durch die ATP-Synthase. Die Schüler visualisieren den gesamten Stoffwechselweg von der





Wenn Bild

Photonenabsorption bis zur zellulären Energieproduktion. Das Quiz behandelt die Frage, wie die Photobiomodulation die Heilung stimuliert.

Szene 5 stellt klinische Anwendungen in drei Feldern dar: Wundheilung (geschädigtes Gewebe → geheiltes Gewebe mit reorganisiertem Kollagen), Muskelregeneration (entzündeter Muskel → regenerierter Muskel mit reduzierter Entzündung) und Narbenreduktion (desorganisiertes Kollagen → organisierte Kollagenmatrix). Das Quiz behandelt den Unterschied zwischen Photobiomodulation und chirurgischen Lasern.

Szene 6 präsentiert drei aufeinanderfolgende Quizfragen zu Anwendungen der Photobiomodulation: in der Therapie verwendete Wellenlängen (Rot 600–700 nm und NIR 700–1100 nm), warum Rot-/NIR-Licht tiefer eindringt als blaues Licht (Gewebedurchdringungstiefe) und klinische Anwendungen (Wundheilung, Muskelregeneration, Entzündungsreduktion). Nach Beantwortung aller drei Fragen erscheint eine Glückwunschnachricht.

Wenn es sich bei den AR-Daten um Bilder handelt, werden die Formate .jpg und .png benötigt (Größe vorzugsweise < 2 MB). Die Übung verwendet mehrere Bilder:

- Szene 2: Lichtspektrumdiagramm, das das elektromagnetische Spektrum mit hervorgehobenen Wellenlängen für Rot (600–700 nm) und NIR (700–1100 nm) zeigt
- Szene 2: Querschnitt zur Gewebedurchdringung, der Haut, Dermis, subkutanen Fett- und Muskelschichten zeigt, mit farbigen Pfeilen, die die wellenlängenabhängige Durchdringung veranschaulichen (UV/Blau bleiben an der Oberfläche, Rot/NIR erreichen die tiefen Muskelschichten)
- Szene 3: Zellquerschnitt mit Mitochondrien und vergrößerter Mitochondrie, die Cytochrom-C-Oxidase auf den Cristae der inneren Membran zeigt, die rote/NIR-Photonen absorbiert
- Szene 4: Schematische Darstellung des ATP-Produktionsmechanismus in Mitochondrien, die die Photonenabsorption, die Aktivierung der Cytochrom-C-Oxidase, die Elektronentransportkette und die ATP-Synthase bei der Produktion von ATP-Molekülen zeigt
- Szene 5: Klinische Anwendungen mit drei Bildfeldern und





Wenn Text

Vorher-Nachher-Vergleichen: Wundheilung (geschädigtes → geheiltes Gewebe), Muskelregeneration (entzündeter → regenerierter Muskel), Narben -Reduktion (desorganisiertes → organisiertes Kollagen)

Kurze Erläuterungen werden als Textüberlagerungen in Delightex Studio angezeigt.

Szene 1: Titel und Untertitel

Szene 2: „Rotes Licht (600–700 nm) und Nahinfrarotlicht (700–1100 nm) dringen tief in das Gewebe ein, erreichen die Muskeln und aktivieren die Zellen. Kürzere Wellenlängen wie Blau und UV werden an der Oberfläche absorbiert“

Szene 3: „Mitochondrien sind die Kraftwerke der Zellen. Rote und NIR-Photonen werden von Cytochrom-C-Oxidase absorbiert, einem Schlüsselmolekül in den Mitochondrien, das die Energieproduktion anregt“

Szene 4: „Wenn Cytochrom-C-Oxidase Photonen absorbiert, löst sie chemische Reaktionen aus, die mehr ATP (Adenosintriphosphat) produzieren – die Energiewährung der Zellen. Mehr ATP bedeutet eine schnellere Gewebereparatur und eine Verringerung von Entzündungen.“

Szene 5: „Die Photobiomodulation hat bewährte klinische Anwendungsbereiche: Sie beschleunigt die Wundheilung, lindert Muskelkater und Entzündungen nach Sportverletzungen und verbessert das Erscheinungsbild von Narben. Im Gegensatz zu hochleistungsfähigen chirurgischen Lasern nutzt die PBM schwaches Licht, um Gewebe zu stimulieren, nicht um es abzutragen.“

Quizfragen:

- Welches Molekül in den Mitochondrien absorbiert rotes und nahinfrarotes Licht?
- Wie stimuliert die Photobiomodulation die Heilung?
- Die Photobiomodulation unterscheidet sich von chirurgischen Lasern, weil sie:
- Welche Wellenlängen werden in der Photobiomodulationstherapie verwendet?
- Warum wirken rote und NIR-Wellenlängen bei der Heilung





von tiefem Gewebe besser als blaues Licht?

- Zu den klinischen Anwendungen der Photobiomodulation gehören:

Abschließende Botschaft: „Herzlichen Glückwunsch! Sie haben die Erkundung der Photobiomodulation erfolgreich abgeschlossen! Sie verstehen nun, wie schwaches rotes und nahinfrarotes Licht die Mitochondrien stimuliert, um die Heilung zu beschleunigen und Entzündungen zu reduzieren.“

Wenn Video

-

Wenn Audio

-

Wenn 3D-Modell

3D-Modelle in Delightex Studio können in plattformkompatiblen Formaten (.gltf, .obj) verwendet werden. Die Übung nutzt in erster Linie 3D-Textelemente für Titel und Beschriftungen. Eine optionale Erweiterung könnte den Import von 3D-Modellen von Mitochondrien, Zellstrukturen, ATP-Molekülen oder Geräten für die Photobiomodulationstherapie aus mit Delightex kompatiblen Bibliotheken umfassen.





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-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.