

ESTRATEGIA PARA LA COMPRESIÓN DE LOS FUNDAMENTOS DE LA RESPIRACIÓN CELULAR MEDIANTE EL USO DE DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS

STRATEGY FOR UNDERSTANDING THE FUNDAMENTALS OF CELLULAR RESPIRATION THROUGH THE USE OF ELECTRONIC DEVICES

Autor:

 **Javier Hernando Jerez-Jaimes** ⁽¹⁾

 **Eliana Ximena Narváez-Parra** ⁽²⁾

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

Cómo citar este artículo:

Jerez-Jaimes, JH. y Narváez-Parra, EX. Estrategia para la comprensión de los fundamentos de la respiración celular mediante el uso de dispositivos electrónicos. Innovaciencia facultad ciencias exactas fis. naturales. 2016; 4(1): 5-18

Fecha de recepción:

Artículo recibido el 18 octubre de 2016 y aceptado para publicación el 21 noviembre de 2016.

DOI:

<http://dx.doi.org/10.15649/2346075X.397>

Palabras clave

Estrategia pedagógica, Glucómetro, Saturación de oxígeno, Test de paso

RESUMEN

Introducción: el desarrollo de estrategias que involucran la aplicabilidad de los conceptos aprendidos en situaciones cotidianas, constituye una herramienta clave para integrar las competencias del conocer con el hacer. Algunos dispositivos electrónicos utilizados frecuentemente en la labor del enfermero(a) para evaluar aspectos de la salud de los pacientes fueron probados como material de apoyo en la enseñanza de la respiración celular y actividad mitocondrial. **Materiales y Métodos:** Este proyecto fue desarrollado con un grupo de 34 estudiantes de primer semestre de Enfermería de la Universidad Cooperativa de Colombia, el cual fue dividido en ocho grupos de trabajo con roles asignados para evaluar de manera indirecta y mediante las técnicas de oximetría de pulso, glucometría y termometría infrarroja los procesos de respiración celular y su interrelación con el metabolismo durante tres momentos (reposo, ejercicio y relajación) en el test de paso. **Resultados y Discusión:** Los estudiantes formularon preguntas y establecieron hipótesis antes de realizar las mediciones de las variables. Los estudiantes mostraron una buena aceptación por el trabajo fuera del aula de clase. Mediante la rúbrica de evaluación se encontró que los estudiantes fallaron en la confrontación de las hipótesis debido a la incapacidad para identificar y graficar variables, de igual forma mostraron mínimas competencias para correlacionar e integrar la información obtenida experimentalmente. **Conclusiones:** Se desarrolló, ejecutó y evaluó la práctica propuesta integrando y conceptualizando los conocimientos relacionados con la respiración celular y actividad mitocondrial. Esta estrategia complementó el aprendizaje de los estudiantes, requirió poca inversión y favoreció las investigaciones cortas. Se desarrollaron competencias básicas en pensamiento científico y crítico para introducir al estudiante al mundo de la ciencia. Los estudiantes mostraron un mayor desempeño en el hacer que en el conocer.

¹ Javier Hernando Jerez-Jaimes. Maestro en ciencias en Biología. Profesor facultad de enfermería, Universidad Cooperativa de Colombia, sede Bucaramanga. Correo electrónico: javjerez@gmail.com; javier.jerezj@campusuce.edu.co

² Eliana Ximena Narváez-Parra. Maestro en ciencias en biología. Profesora facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad de Santander UDES. Correo electrónico: enarvaez@udes.edu.co

Keywords

Glucometer, Oxygen saturation, Pedagogical strategy, Test of step.

ABSTRACT

Introduction: The development of strategies that involve the applicability of the concepts learned in everyday situations, constitutes a key tool to integrate the competences of to know with the to do competences. Some electronic devices used frequently in the job of the nurse to assess aspects of the health of the patients were tested like materials to support the teaching of the cellular respiration and mitochondrial activity. **Methods:** This project was developed with a group of 34 students, from the first semester of Nursing Faculty of the Universidad Cooperativa de Colombia, they were divided into eight working groups with roles assigned to evaluate in an indirect form the processes of cellular respiration and its interrelationship with other biological systems through the techniques of pulse oximetry, glucometry and infrared thermometry, during three moments (rest, exercise and relaxation) in the test of step. **Results and Discussion:** The students raised scientific questions and established hypothesis before making the measurements of the variables. The students showed a good acceptance by the work outside the classroom. Using the evaluation rubric we found that students failed in the confrontation of the hypothesis due to the inability to identify and graphing variables, similarly showed minimal competences to correlate and integrate the information obtained experimentally. **Conclusions:** Was developed, implemented and evaluated the proposed practice integrating and conceptualising the knowledge related to the cellular respiration and mitochondrial activity. The strategy presented allows to improve the learning of the students, it requires little investment, favors the short researches, but requires basic skills in scientific and critical thinking, in addition to earlier practices that introduce the student to the world of science. The students showed a greater performance in to do competences more than to know competences.

INTRODUCCIÓN

La comprensión de las ciencias biológicas se construye en gran medida a través de la observación científica que implica el uso de la percepción sensorial, la cual nos lleva al planteamiento y diseño de experimentos que permitan entender fenómenos y responder a preguntas contrastando hipótesis. En el presente trabajo se utilizaron como ejes temáticos la Respiración celular y la función mitocondrial para orientar y reforzar competencias en el Conocer, Hacer y el Ser, además de desarrollar el pensamiento científico y crítico en los estudiantes del curso Bases de Biogenética de primer semestre del Programa de Enfermería de la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Bucaramanga. Se midió e interpretó la influencia de las variables como el oxígeno, el ritmo cardíaco, los niveles de glucosa en sangre y la temperatura durante actividades de reposo, ejercicio (Test de paso) y recuperación en cada uno de los ejes temáticos mediante dispositivos de uso común en el área de la salud como el oxímetro de pulso, el glucómetro y el termómetro de infrarrojos.

Con el uso de los dispositivos anteriormente mencionados se puede dilucidar el metabolismo aeróbico en el que los nutrientes son oxidados a dióxido de carbono y agua, constituyendo un paso importante en la historia de la vida sobre la tierra. El oxímetro de pulso permite observar las variaciones de oxígeno durante una fase de reposo y una de actividad máxima (ejercicio) ya que los organismos obtienen más energía de los nutrientes por oxidación aeróbica que por oxidación anaeróbica. La glucometría nos indica la concentración de glucosa en sangre, a partir de cada molécula de glucosa es posible fabricar 30 a 32 moléculas de ATP por su oxidación aeróbica completa a dióxido de carbono y agua ⁽¹⁾. La respiración celular comprende el flujo de electrones en o a través de la membrana mitocondrial interna, desde coenzimas reducidas hasta un aceptor de electrones, normalmente acompañado de la producción de ATP. Para muchos organismos el aceptor final de electrones es el oxígeno, la forma reducida de este aceptor es el agua y se conoce al proceso como Respiración aeróbica, aun-

que existen otros aceptores finales de electrones que son usados principalmente por las bacterias como son el azufre (S/H₂S), los protones (H⁺/H₂) y los iones de hierro (Fe³⁺/Fe²⁺), los procesos respiratorios que incluyen aceptores de electrones como éstos, no requieren el oxígeno molecular y representan ejemplos de respiración anaerobia, similar a lo que sucede en la fabricación de bebidas alcohólicas como la cerveza, el vino, entre otros, así como la elaboración de alimentos mediante procesos fermentativos o la fermentación láctica que ocurre en las fibras musculares al momento de presentarse los calambres por sobreesfuerzo físico. El oxígeno hace posible la respiración aeróbica sirviendo como el aceptor terminal de electrones proporcionando un modo de reoxidación continua del NADH y de otras coenzimas reducidas. Estas moléculas aceptan electrones durante la oxidación posterior de intermediarios orgánicos derivados del piruvato u otros sustratos oxidables. Transfieren después estos electrones al oxígeno por medio de una secuencia de transportadores de electrones unidos a la membrana mitocondrial, de esta manera la respiración aerobia incluye rutas de oxidación en las que se liberan los electrones de sustratos orgánicos son transferidos a coenzimas transportadoras, como procesos concomitantes en los que las coenzimas reducidas son reoxidadas por el transporte de electrones al oxígeno con la producción indirecta del ATP ⁽²⁾.

La cantidad de oxígeno se mide rutinariamente en la práctica clínica mediante la técnica de oximetría de pulso (SpO₂), que corresponde a la estimación de la saturación arterial de oxígeno (SaO₂) en forma no invasiva, usando dos emisores de luz y un receptor colocados a través de un lecho capilar pulsátil ⁽³⁾. El principio en el que se fundamenta la determinación de la saturación de O₂, con el oxímetro de pulso, es la ley de Beer. Todas las técnicas de oximetría se basan en análisis espectrofotométricos que miden las porciones de luz transmitida y absorbida por la hemoglobina, combinado con el principio de la pletismografía (relación de la medida del volumen de un gas a temperatura constante siendo inversa a la presión). Las sustancias químicas son capaces de absorber luz (o radiación electromagnética) de determinadas longitudes de onda. Cuando un haz de

luz monocromática (de una sola longitud de onda) incide sobre una solución de una sustancia que se absorbe, la intensidad de la luz transmitida (la que atraviesa la solución) es menor que la incidente. Así pues, la transmitancia (T) de una solución se define como la fracción incidente de luz transmitida por la solución. Se expresa en porcentaje:

$T = I/I_0$, en donde I = Intensidad de luz después del paso a través de una muestra (transmitida), I_0 = Intensidad de luz inicial (incidente) y la absorbancia es el logaritmo decimal del inverso de la transmitancia. La ecuación es la siguiente:

$$A = -\log_{10} T = -\log(I/I_0)$$

El O_2 es un gas claro, sin olor, constituye el 21% de los gases del aire, es esencial para producir la energía indispensable para el metabolismo. Mucho o poco O_2 puede ocasionar enfermedad o muerte, por lo que es necesario cuantificar la cantidad de O_2 en la sangre. La hemoglobina es la parte activa en el transporte de O_2 del eritrocito, está constituida por cuatro átomos de hierro (hem) y cuatro cadenas de polipéptidos (globina), cada átomo de hierro reacciona con una molécula de O_2 . Un gramo de hemoglobina transporta 1.34 mL de O_2 ⁽⁴⁾. La sangre del adulto habitualmente contiene cuatro especies de hemoglobina: Oxihemoglobina (O_2Hb), desoxihemoglobina (RHb), carboxihemoglobina (COHb) y metahemoglobina (MetHb). Las dos últimas se encuentran en mínimas concentraciones, excepto en condiciones patológicas ⁽⁵⁾. La otra vía de transporte de O_2 es el plasma. La cantidad de O_2 a una presión atmosférica normal es solamente el 3% del total del O_2 transportado, la mayor cantidad se une a la hemoglobina. Hay tres factores que pueden afectar el total de O_2 liberado a las células: perfusión tisular, cantidad de hemoglobina y saturación de O_2 con hemoglobina. Si todas las moléculas hem se enlazan con las moléculas de O_2 , la hemoglobina se encuentra totalmente saturada (100%). La gran afinidad del hem por el O_2 origina una saturación muy cercana al total en la sangre arterial en personas sanas, usualmente es del 97%. El oxímetro de pulso aporta una estimación no invasiva de la saturación de hemoglobina, variable que está di-

rectamente relacionada al contenido de O_2 de la sangre arterial ⁽⁴⁾. La glucólisis es un proceso exergónico donde el calor liberado pasa al torrente sanguíneo y de allí a la piel, liberándose en forma de vapor de agua, este proceso de enfriamiento y los principios de homeostasis pueden ser evaluados y contrastados con el uso del termómetro de infrarrojo que permite hacer mediciones en diferentes partes del cuerpo.

El objetivo de esta experiencia se centró en el diseño e implementación de una serie de actividades en torno al tema de la Respiración Celular para desarrollar las competencias estipuladas en el programa del curso Bases de Biogenética para estudiantes de Enfermería de primer semestre, lo que implicó la explicación de los determinantes biológicos y genéticos para establecer los estados de enfermedad. De igual forma también se pretendió indagar el nivel de las competencias en pensamiento científico y crítico, así como las relacionadas con el componente cognitivo y las de carácter tecnológico. También se buscó el integrar las competencias del “conocer” con el “hacer”, al conectar estas actividades con la “Respiración celular” y lograr que el estudiante relacionara el quehacer de sus actividades como enfermero(a) con el conocer del estado de salud de su paciente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se realizó con 34 estudiantes de primer semestre matriculados en uno de los grupos del curso Bases de Biogenética del programa de Enfermería de la Universidad Cooperativa de Colombia sede Bucaramanga.

Conferencia introductoria

Se dictó una conferencia dialéctica sobre los principios del método científico y su aplicabilidad en las ciencias de la salud, haciendo énfasis en la formulación de preguntas y la prueba de hipótesis, de igual forma se presentaron las bases de elaboración de informes científicos. La discusión de los temas pertinentes a la respiración celular se realizó durante las sesiones de clase.

Conocimientos requeridos

Durante el desarrollo del curso de Bases de Biogenética y semanas previas a la actividad presentada se analizaron los principios de la respiración celular, funciones de la mitocondria y enfermedades mitocondriales.

Equipos

Para desarrollar esta actividad y responder a las preguntas propuestas por los estudiantes se utilizaron dos Fingertip Pulse Oximeter Ver. 1.0 Oled Display, un glucómetro Onetouch SelectSimple de Johnson & Johnson y una pistola láser Fluke 62 Mini IR Thermometer (Figura 1A).

Grupos y roles

Los estudiantes se distribuyeron en seis grupos de cuatro estudiantes y dos grupos de cinco estudiantes. En cada grupo se asignaron roles de trabajo de la siguiente manera: un líder de grupo, un relator, un especialista (que midió las variables) y un voluntario, quienes desarrollaron el test de paso propuesto por Kusnitz y Fine en 1995 ⁽⁶⁾, a partir de la cual se realizaron las siguientes pruebas:

Como parte del proceso de enseñanza-aprendizaje aplicado a partir de la temática de respiración celular y la función mitocondrial, los estudiantes propusieron los siguientes planteamientos de hipótesis:

Planteamiento de la pregunta

¿Cuál será el comportamiento de cada una de las variables?

Las hipótesis se basan en las fases experimentales:

- Prueba de termometría infrarroja.

Hipótesis nula H_0 : La temperatura se mantuvo constante en los tres momentos de la fase experimental.

Hipótesis alterna H_a : La temperatura presentó diferencias en los tres momentos de la fase experimental.

- Prueba de oximetría de pulso

Hipótesis nula H_0 : El ritmo cardiaco se mantuvo constante en los tres momentos de la fase experimental.

Hipótesis alterna H_a : El ritmo cardiaco presentó variaciones en los tres momentos de la fase experimental.

Hipótesis nula H_0 : La presión de O_2 se mantuvo constante en los tres momentos de la fase experimental.

Hipótesis alterna H_a : La presión de O_2 presentó variaciones en los tres momentos de la fase experimental.

- Prueba de Glucometría

Hipótesis nula H_0 : La concentración de glucosa se mantuvo constante en los tres momentos de la fase experimental.

Hipótesis alterna H_a : La concentración de glucosa presentó variaciones en los tres momentos de la fase experimental.

Además de las hipótesis propuestas anteriormente, a los estudiantes se les plantearon algunos cuestionamientos con el fin de hallar la relación entre las competencias del Hacer y el Conocer tomando como referente el tema de estudio, lo que les permitió proponer hipótesis para desarrollar fuera del aula de clase como por ejemplo:

¿La relación entre la pO_2 y el peso de las personas?
 H_0 :? H_a :?

¿Existe alguna relación entre los valores de glucosa y el peso de las personas?
 H_0 :? H_a :?

¿Existen diferencias en el desarrollo de la prueba entre hombres y mujeres?
 H_0 :? H_a :?

También se indagó a los estudiantes sobre:
El comportamiento de las variables analizadas en la célula y en la mitocondria. ¿En cuáles compartimentos celulares o mitocondriales se incrementan o disminuyen esas variables? Sustentar las respuestas basándose en los resultados obtenidos y en la literatura científica consultada.

Explicación del fenómeno e integración de las técnicas y contenidos.

Para este componente se le solicitó a los grupos de trabajo elaborar una figura, dibujo o cartoon donde se explicara el fenómeno estudiado con base en los resultados obtenidos y los conceptos discutidos en la clase y ampliados por ellos en la consulta y revisión de literatura científica.

Uso de los dispositivos electrónicos Prueba de Oximetría de pulso

Por medio de esta prueba se determina la saturación de oxígeno en la sangre de un individuo la cual permitirá observar la variación de este gas durante las tres fases del experimento (test de paso), el cual es necesario para la oxidación de la glucosa por vía aerobia.

Para esta prueba se utilizó el equipo Fingertip Pulse Oximeter Ver. 1.0 Oled Display, el cual se colocó en el lecho ungueal o punta digital ⁽⁷⁾ del dedo índice de la mano izquierda, verificándose previamente que no existieran interferencias en la medición como esmalte de uñas, cremas, etc, y que el sitio de medición se encontrara bien perfundido, no vaso contraído, ni frío, con la piel seca, no sudorosa, evitando cualquier presión sobre el lugar de la medición, además de que el individuo se encontrara lo más tranquilo posible durante la medición ⁽³⁾. El fotodiodo emisor de luz (luz roja) se ubicó hacia el lecho ungueal y el fotodiodo receptor (que no emite luz) en el extremo totalmente opuesto (en línea paralela) hacia el pulpejo del dedo (Figura 1B).



Figura 1. Materiales y pruebas aplicadas. A. Materiales utilizados, B. Prueba de oximetría de pulso Fingertip, C. Prueba de glucometría, D. Prueba termometría de infrarrojos.

Fuente: Javier Hernando Jerez-Jaimes

Prueba de Glucometría

Esta prueba permite evaluar los niveles de glucosa en sangre de un individuo, durante las tres fases del experimento (test de paso) se observarán las variaciones de concentración de este carbohidrato esencial para procesos oxidativos y función mitocondrial. No se tuvo en cuenta un control de los niveles de glucosa en sangre ya este trabajo no se centra en la validación de pruebas clínicas.

Para esta prueba se tuvieron en cuenta las normas de bioseguridad para trabajar con fluidos corporales. Previamente los estudiantes se lavaron las manos y para tomar la muestra de sangre se desinfectó el área del dedo índice con un algodón impregnado con alcohol antiséptico, se ejerció presión en la yema del dedo índice y posteriormente se realizó la punción con la lanceta, la muestra de sangre se tomó en la tira reactiva insertada en el glucómetro Onetouch SelectSimple de Johnson & Johnson (Figuras 1C, 2B).



Prueba de termometría de infrarrojos

La termometría de infrarrojos permite medir la temperatura superficial a través de la radiación infrarroja que emite el cuerpo humano, la cual aumenta a medida que ocurren procesos exotérmicos intracelulares como los que se presentan durante la glucólisis, una de las etapas de la respiración celular.

Se utilizó la pistola láser Fluke 62 Mini IR Thermometer, la cual se orientó hacia los puntos más calientes del cuerpo como las manos, las axilas y la frente⁽⁸⁾. Se registraron los valores que reportó este equipo (Figura 1D).

Figura 2. Test de paso (A) y prueba de Glucometría (B).



Test o prueba de paso ⁽⁶⁾

Esta prueba es un procedimiento aceptado y usado para determinar el estado cardiovascular, se fundamenta en considerar el tiempo como un índice confiable para establecer la tolerancia aeróbica o capacidad cardiorespiratoria. El test de paso consistió en un ejercicio sencillo de subir y bajar un escalón o grada durante tres minutos (Figura 2A).

VARIABLES CONSIDERADAS EN ESTE ESTUDIO

Temperatura: se midió en la frente

Presión de oxígeno

Ritmo cardíaco

Concentración de glucosa

Todas las variables se midieron en tres momentos de la fase experimental: reposo, ejercicio, y relajación.

VARIABLES EN ESTADO DE REPOSO

El estudiante voluntario de cada grupo de trabajo relacionó datos básicos como edad, sexo, peso y altura, así como los valores obtenidos de cada una de las variables durante esta fase.

VARIABLES DURANTE EL TEST DE PASO

Transcurrido tres minutos se procedió a medir las variables de interés y los valores se consignaron en la tabla de resultados.

VARIABLES EN ESTADO DE RECUPERACIÓN

Una vez terminado el test de paso, el estudiante voluntario de cada grupo de trabajo descansó durante cinco minutos y se procedió a medir las variables y a consignar los valores en la tabla de resultados.

REGISTRO DE DATOS

Todos los grupos diligenciaron la tabla de resultados con sus datos y los de los demás grupos.

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LAS VARIABLES

Se utilizó el programa Excel de MS Office para graficar el comportamiento de las variables (temperatura, ritmo cardíaco, concentración de glucosa y pO₂ durante el reposo y el test de paso para determinar la relación entre ellas, igualmente se utilizó el software estadístico PAST ⁽⁹⁾ para el análisis de datos.

ASESORÍAS

Para orientar la formulación de preguntas, hipótesis, variables y el uso de la hoja de cálculo excel y el programa estadístico PAST en los estudiantes que desarrollaron este trabajo, se estableció una sesión de asesorías semanal.

ENTREGA DE INFORME

Con base en los datos obtenidos los grupos de trabajo elaboraron un informe siguiendo las secciones del artículo científico (indicaciones presentadas por el profesor en el aula de clase), incluyeron las preguntas e hipótesis planteadas en torno a la temática central de respiración celular y función mitocondrial, la tabla de resultados, las figuras de las variables y una discusión sobre las hipótesis aceptadas y rechazadas, así como las actividades realizadas y los principios o fundamentos de cada una de las pruebas.

EVALUACIÓN DE LA PRÁCTICA

Basados en los ejemplos de Durante Montiel et al (2012)⁽¹⁰⁾ sobre la evaluación de competencias en Ciencias de la Salud se elaboró una rúbrica para valorar los informes grupales y la escala de cumplimiento de los indicadores: 1) formulación de preguntas, 2) formulación de hipótesis, 3) identificación de variables, 4) representación gráfica de las variables, 5) respuesta a las preguntas planteadas con base en los resultados, 6) elaboración de la figura o cartoon de correlación de conceptos y 7) literatura consultada, cuyos niveles de desempeño se establecieron de la siguiente manera: por mejorar (0-2), regular (3), bueno (4) y excelente (5).

RESULTADOS

TOMA Y COLECCIÓN DE DATOS

Se observó la participación activa de los estudiantes en cada grupo de trabajo, de igual forma se evidenció el trabajo y aprendizaje colaborativo ya que aquellos estudiantes con experiencia como auxiliares de enfermería guiaron a sus compañeros en el manejo de los equipos (oxímetro, glucómetro, termómetro de infrarrojos). Al final de la sesión práctica se consolidaron los datos de todos los grupos (Tabla 1).

Estudiante	Sexo	Edad años	Peso Kg	Altura cm	Reposo			Durante el ejercicio			Recuperación					
					T °C	pO ₂	Rc	Glu mg/dL	T °C	pO ₂	Rc	Glu mg/dL	T °C	pO ₂	Rc	Glu mg/dL
1	F	19	69	153	35,6	96	73	91	32,6	98	120	80	33,8	98	108	79
2	F	17	43	164	35,2	99	113	80	31,6	92	106	84	32,2	98	129	104
3	F	26	69	156	34	98	74	117	33,6	97	115	92	32,6	97	90	74
4	F	17	65	155	35,6	99	111	94	33,4	96	117	94	33,4	97	135	89
5	F	17	54	163	35,8	98	99	93	34,8	99	110	81	34,8	97	136	81
6	M	17	60	169	35	99	114	113	31,8	96	103	95	33,4	96	125	86
7	M	26	64	170	34,6	99	76	91	32,4	99	148	91	32,8	99	86	81
8	M	18	69	175	34,6	99	72	90	33,4	96	91	82	33,6	98	86	70
Media		20	62	163	35	98	92	96	33	97	114	87	33	98	112	83
Desviación estándar		4,0	9,2	8,0	0,6	1,1	19,5	12,4	1,1	2,3	16,6	6,2	0,8	0,9	22,1	10,4

Tabla 1. Relación de variables de los estudiantes sometidos a la prueba de paso.

Asesorías

El tema principal de las asesorías para esta actividad fue el uso de Excel y la graficación de los datos obtenidos. Se observaron serios problemas en la formulación de las preguntas de investigación y en la identificación de las variables dependientes e independientes.

Informes de Investigación

Análisis de las variables por parte de los estudiantes

La figura 3 permite comparar las hipótesis planteadas por los estudiantes previa ejecución de la práctica con los resultados obtenidos de los ocho estudiantes evaluados. Se puede observar que la percepción que tienen los estudiantes sobre la variación de la temperatura en el cuerpo humano no se ajusta a la realidad de la conexión de los diferentes sistemas biológicos involucrados. Lo mismo sucedió con la variable presión de oxígeno pO₂. El objetivo de contraste de hipótesis para este trabajo se logró para las variables anteriormente mencionadas ya que tuvieron que rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna. La hipótesis nula para el ritmo cardiaco y concentración de glucosa en sangre fue aceptada ya que los resultados obtenidos muestran una curva similar. No formularon argumentos para explicar el por qué las hipótesis se debían rechazar o aceptar.

Estructuración del Pensamiento complejo y organizado

En la observación preliminar manifestada por los estudiantes sobre la hipótesis planteada de si “existían diferencias en el comportamiento de las variables entre hombres y mujeres”, percibieron que el ritmo cardiaco aumentaba, siendo mayor este incremento en los hombres durante la actividad aeróbica (Figura 4). También pudieron observar que existe una heterogeneidad en la respuesta de las variables, como se aprecia en la figura 3 y tabla 1, por lo que los estudiantes propusieron trabajar con los promedios para solucionar este problema y evitar un sesgo en las observaciones y conclusiones.

Los informes finales

La mayoría de los grupos no superó los niveles de desempeño para los indicadores de valoración del informe, los indicadores con una valoración por mejorar fueron la búsqueda de literatura científica para argumentación y la elaboración de figuras de correlación de conceptos. Los indicadores formulación de preguntas, hipótesis, identificación y graficación de variables tuvieron una valoración grupal regular (Tabla 2). Ninguno de los grupos de trabajo alcanzó a cumplir el objetivo del diseño de la caricatura o cartoon demostrando la no comprensión de la interacción de las diferentes variables con los órganos involucrados durante la experi-

mentación y las fallas en el entendimiento de los principios que rigen la Respiración celular y la influencia de la función mitocondrial. Además, los estudiantes manifestaron que una de las razones para no cumplir con este objetivo era su incapacidad para dibujar.

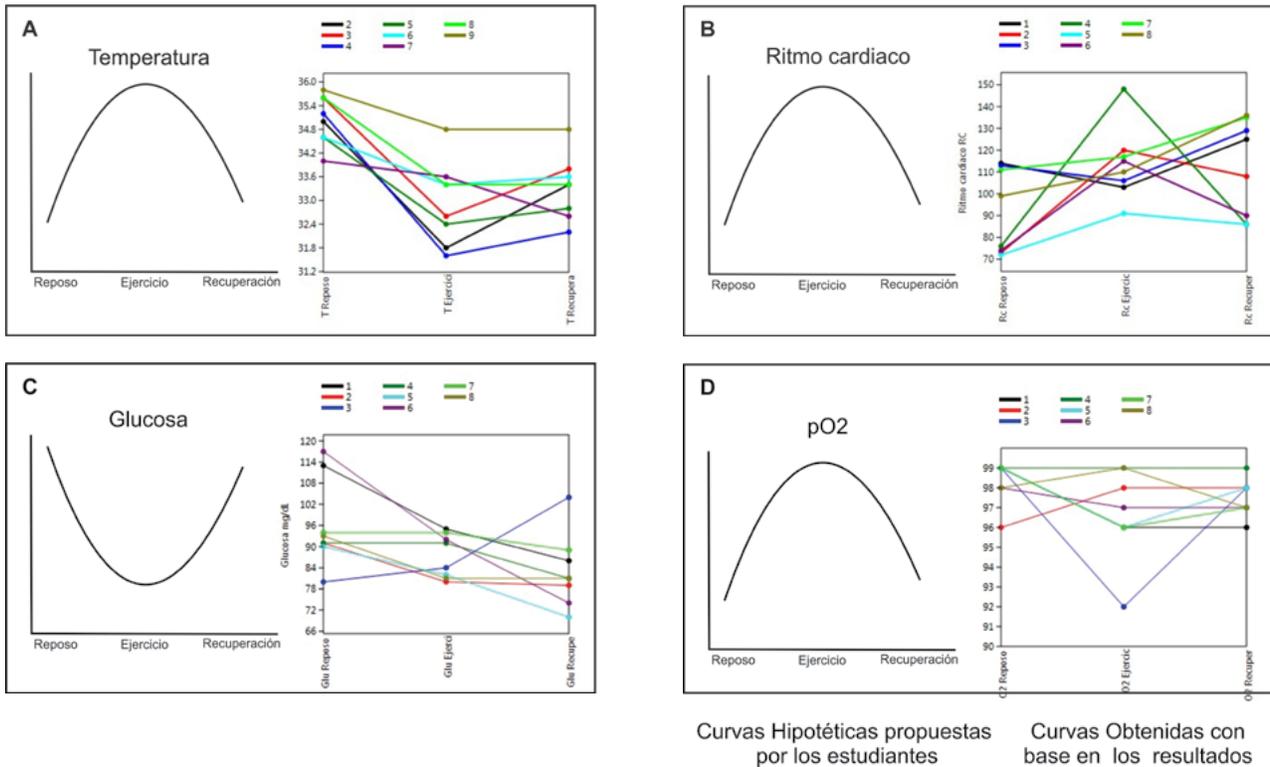
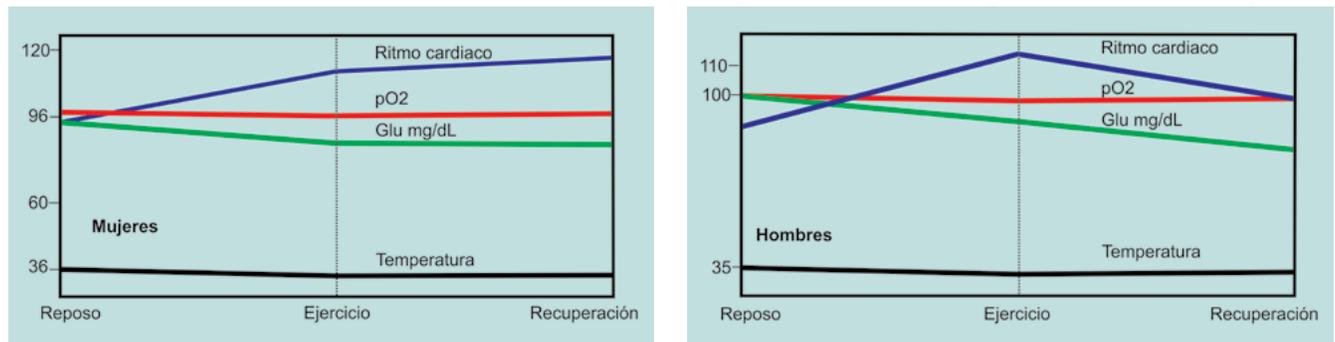


Figura 3. Contraste de las hipótesis planteadas por los estudiantes con los resultados obtenidos en la práctica.



	Formulación de preguntas	Formulación de Hipótesis	Identificación de variables	Representación gráfica de las variables	Respuesta a las preguntas planteadas con base en los resultados	elaboración de la figura o cartoon de correlación de conceptos	Literatura consultada	totales cuantitativos por grupo de trabajo
Grupo 1	Por mejorar 1	Por mejorar 1	por mejorar 1	Por mejorar 1	Por mejorar 1	Por mejorar 1	Por mejorar 1	1,0
Grupo 2	Bueno 4	Por mejorar 1	Regular 3	Regular 3	Por mejorar 1	Por mejorar 1	Por mejorar 1	2,0
Grupo 3	Bueno 4	Bueno 4	Bueno 4	Bueno 4	Bueno 4	Por mejorar 1	Por mejorar 1	3,1
Grupo 4	Bueno 4	Bueno 4	Bueno 4	Bueno 4	Por mejorar 1	Por mejorar 1	Por mejorar 1	2,7
Grupo 5	Bueno 4	Bueno 4	Bueno 4	Bueno 4	Por mejorar 1	Por mejorar 1	Por mejorar 1	2,7
Grupo 6	Regular 3	Regular 3	por mejorar 1	Por mejorar 1	Regular 3	Por mejorar 1	Por mejorar 1	1,9
Grupo 7	Bueno 4	Por mejorar 1	por mejorar 1	Por mejorar 1	Por mejorar 1	Por mejorar 1	Por mejorar 1	1,4
totales cuantitativos por indicador	Regular 3,428571429	Regular 2,571428571	Regular 2,571428571	Regular 2,571428571	Regular 1,714285714	Por mejorar 1	Por mejorar 1	2

Tabla 2. Indicadores y niveles de desempeño de los informes de los estudiantes.

DISCUSIÓN

La actividad práctica fue estimulante para los estudiantes ya que generó su participación activa y curiosidad por trabajar fuera del salón de clases y utilizar equipos de uso cotidiano en la práctica de la enfermería. Algunos aspectos a favor y en contra de esta estrategia se relacionan en la Tabla 3.

Aspectos a favor	Aspectos en contra
<p>Trabajar fuera del aula de clase</p> <ul style="list-style-type: none">• Uso de equipos.• Uso e interpretación de unidades de medida.• Trabajo colaborativo.• Resultados variables en las prácticas.• Aplicabilidad de los conceptos.• Análisis de resultados reales.• Organización de las actividades.• Interrelación de conceptos.• Desarrollo de competencias científicas y críticas.	<p>Se requiere desarrollo de competencias tecnológicas en manejo de software.</p> <p>Se requiere desarrollo de competencias lecto escritoras.</p> <p>Se requiere un proceso de formación en la elaboración de informes.</p> <p>Se requiere formación en crítica argumentativa.</p>

Tabla 3. Ventajas y requerimientos para desarrollar esta estrategia

En cuanto a las habilidades y destrezas que se buscaban desarrollar y fortalecer en los estudiantes de primer semestre del curso Bases de Biogenética de la carrera de Enfermería, mediante la relación de los ejes temáticos tratados en este estudio como la Respiración celular y la función mitocondrial, se pudo observar que el estudiante en general es un buen ejemplo del desarrollo de las competencias en el Hacer, desconociendo los principios que fundamentan cada una de las pruebas desarrolladas de la fase experimental de este trabajo, sin alcanzar la integración de esquemas conceptuales y procedimentales (Tabla 2), con lo que se demuestra que no es capaz de relacionar lo aprendido en la teoría con la interpretación de los resultados de la práctica, que en un futuro tendrá que aplicar en su profesión por ejemplo el glucómetro, es un instrumento de observación directa que debe ser sometido a pruebas de precisión y exactitud en la práctica de enfermería,

Trujillo⁽¹¹⁾ en su editorial “Los glucómetros en la práctica de la enfermería” nos recuerda el fundamento físico y bioquímico de tipo enzima sustrato que se desarrolla en la tira reactiva mediante la enzima glucosa deshidrogenasa, en este sentido se aprecia la correlación del uso de estos dispositivos en la complementación de cursos como Bioquímica clínica y de igual forma se introduce en el hábito de la calibración de estos instrumentos y los conceptos de precisión y exactitud.

Los estudiantes asistieron a asesorías básicamente para el manejo del programa Excel en lo referente a la construcción de las figuras, persistiendo en el hecho de desconocer la importancia de la pregunta para la identificación de variables dependientes e independientes en la elaboración de éstas. Se apreció en los informes de los estudiantes que no desarrollaron las competencias en la elaboración

de las gráficas de las variables, su interpretación y discusión, de igual forma el soporte bibliográfico para la argumentación fue mínimo, lo que es contradictorio con el entusiasmo manifestado en la parte práctica.

La importancia de la práctica, toda pregunta es importante

¿Para qué esta actividad práctica?

Resolviendo esta actividad se llegan a comprender muchos aspectos sobre la Respiración Celular que en las clases no se pueden apreciar. La figura 5, es el modelo que desarrollamos al momento de escribir este artículo y surge de los datos obtenidos en esta corta investigación donde se escudriñan algunos secretos del proceso de generación y consumo de energía en nuestras células, comprende y representa las competencias mínimas esperadas para esta actividad, es decir, la comprensión del proceso de respiración celular, la integración con el cerebro, el páncreas, el hígado, pulmones, riñones y el corazón para sostener el mecanismo de transformación energética y de regulación de la temperatura, así como la relevancia de hormonas como el glucagón y la epinefrina. Siendo estos aspectos de gran relevancia ya que el curso de Bases de Biogenética se encuentra en simultaneidad con los cursos de Bioquímica, Anatomía y Morfología.

Reconstruyendo la historia de la Respiración Celular con base en las evidencias obtenidas.

Al iniciar la prueba de paso, la respuesta inmediata es que el músculo esquelético va a incrementar su capacidad oxidativa. Existen dos poblaciones diferenciadas de mitocondrias en el músculo esquelético, las mitocondrias subsarcolemas (SS) que residen cerca al sarcolema, proveen energía para eventos membranales como señalización celular, transporte de iones y sustratos y las mitocondrias intermiofibrilares (IMF) que están localizadas entre las miofibrillas y suministran ATP para la contracción de las miofibrillas ^(12,13,14). Por lo tanto, al parecer la actividad mitocondrial que se evaluó durante esta práctica correspondió a las mitocondrias tipo IMF.

Para comenzar cualquier ejercicio se requiere un suplemento de energía extra, en este momento la hormona glucagón producida en las células alfa del páncreas y la epinefrina liberada por las glándulas suprarrenales estimularán la ruptura de glucógeno almacenado en el hígado y los músculos respectivamente. El hígado liberará glucosa y la enviará por el torrente sanguíneo a las fibras musculares, de igual forma la adrenalina estimulará la producción de glucosa dentro de la célula muscular por la degradación del glucógeno. En el citoplasma de

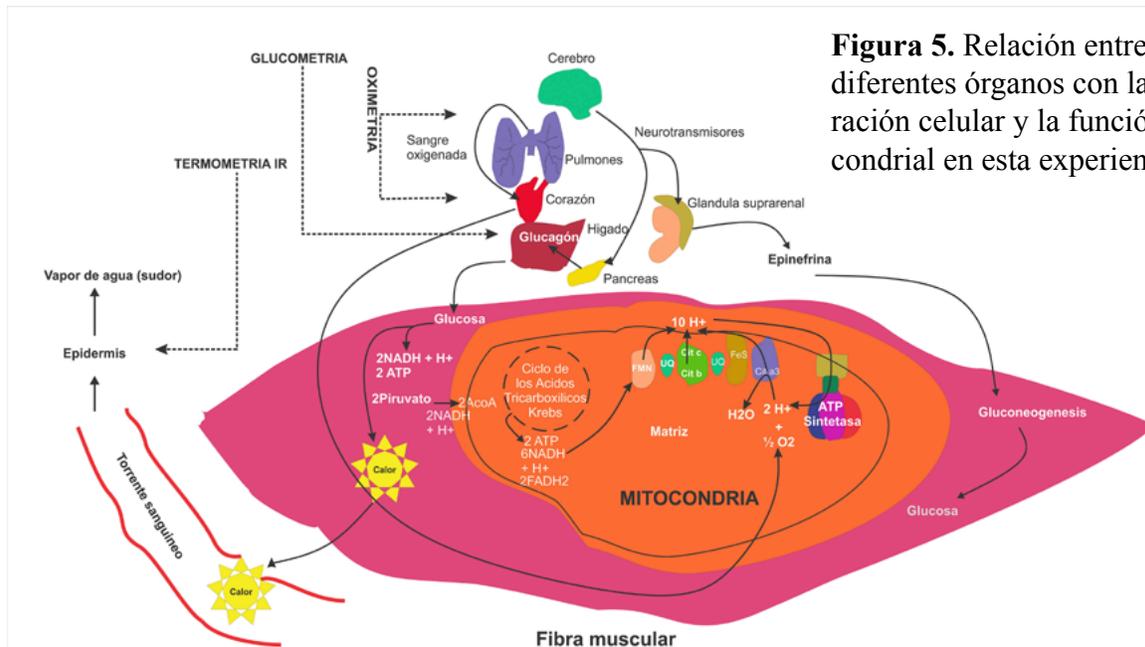


Figura 5. Relación entre los diferentes órganos con la Respiración celular y la función mitocondrial en esta experiencia.

Fuente: Javier Hernando Jerez-Jaimes

la célula se llevará a cabo la glucólisis generando dos moléculas de piruvato, 2NADH más H⁺ y dos ATP, los piruvatos y el NADH ingresarán a la mitocondria, el piruvato se convertirá en acetilcoenzima A para iniciar el Ciclo de Krebs y los NADH pasarán a la cadena de Transporte de electrones para dar el rendimiento final de energía (ATP) con la producción de agua, para formar esta agua se requiere el oxígeno que es colectado por los pulmones y enviado vía sistema circulatorio a los tejidos. En esta práctica se aprecia que en la mayoría de los casos la glucosa y el oxígeno disminuyeron durante el ejercicio debido a su consumo (Figura 3 C y D), de igual forma el ritmo cardiaco se incrementó para transportar más rápidamente estas moléculas (Figura 3 B).

En cuanto al aporte energético y control de la temperatura corporal durante el ejercicio físico, la actividad metabólica produce calor el cual es útil para ayudar a mantener la temperatura corporal interna. En este proyecto se midió la temperatura corporal en la frente por considerarse uno de los sitios con mayor liberación de calor a partir de la sudoración durante el ejercicio. El mantenimiento de una temperatura interna constante se relaciona con el equilibrio entre el calor obtenido del metabolismo y el ambiente con el que se pierde a través del cuerpo ⁽¹⁵⁾, además la producción de calor corporal guarda directa proporcionalidad con la intensidad y duración del ejercicio físico realizado ⁽¹⁶⁾. De acuerdo a lo planteado por Wilmore y Costill en 1999 ⁽¹⁷⁾, para que el cuerpo pierda calor al ambiente debe llegar al exterior, desde el interior del cuerpo es transportado por la sangre a la piel en donde se transfiere al ambiente por conducción, convección, radiación o evaporación. La evaporación es la vía más importante para disipar calor durante el ejercicio físico, si la temperatura corporal se eleva, aumenta la producción de sudor, la piel se humedece y la evaporación disminuye el calor de la superficie de la piel, corroborándose con los resultados obtenidos en la Figura 3A. Esta transferencia de calor constituye cerca del 80% de la pérdida total de calor durante actividades físicas. Para poder ejercer esta función de regulación térmica, el hipotálamo y la piel poseen termorreceptores que detectan

cambios en la temperatura de la sangre cuando circula a través del cerebro y cambios en la temperatura ambiental a través de la piel. ⁽¹⁷⁾.

CONCLUSIONES

Se desarrolló, ejecutó y evaluó la práctica propuesta para la integración y conceptualización de los conocimientos relacionados con la respiración celular y actividad mitocondrial a nivel metabólico.

Se desarrollaron competencias en el trabajo y aprendizaje colaborativos a partir de la estrategia y actividades propuestas.

Se orientó a los estudiantes en el desarrollo del método científico y el desarrollo de las competencias científicas, de pensamiento crítico y tecnológicas. Se observaron falencias en la comprensión de los resultados obtenidos en esta práctica, en la identificación de variables, su representación gráfica e interpretación y correlación con el quehacer del enfermero (a).

Se evidenció la falta de la argumentación en los resultados obtenidos en cada una de las actividades propuestas debido a la mínima búsqueda de información científica válida.

Los estudiantes mostraron un mayor desempeño en el hacer que en el conocer los principios que rigen la respiración celular y función mitocondrial.

Se sugiere diseñar una serie de actividades prácticas formativas previas para poder desarrollar esta estrategia pedagógica.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los estudiantes del programa académico de Enfermería matriculados en el Curso Bases de Biogenética, grupo 1203 del primer semestre del año 2016 por su participación en el desarrollo de este proyecto. A la Enfermera Jefe Martha Patricia Gómez, Coordinadora Académica del Programa de Enfermería de la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Bucaramanga, por sus sugerencias y estímulo en el desarrollo de actividades prácticas para este curso.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores expresan que no existen conflictos de intereses y aceptan todo el contenido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Campbell M K, Farrell SO. Bioquímica. Sexta Edición. México, D.F: Cengage Learning Editores, S. A; 2009.
2. Becker W, Kleinsmith L, Hardin J. El Mundo de la Célula. Sexta edición. Madrid: Pearson Educación, S. A; 2007.
3. Palacios S, Alvarez C, Schönfeldt P, Céspedes J, Gutiérrez M, Oyarzún, M. Guía para realizar oximetría de pulso en la práctica clínica. Comisiones de Función Pulmonar de adultos y pediátrica, Sociedad Chilena de Enfermedades respiratorias. Revista Chilena de Enfermedades respiratorias. 2010. 26:49-51.
4. López-Herranz GP Oximetría de pulso: A la vanguardia en la monitorización no invasiva de la oxigenación. Revista Médica del Hospital General de México. 2003. 66; (3): 160-69.
5. Trempe K, Baker SJ. Pulse oximetry. Anesthesiology. 1989. 70: 98-108.
6. Kusnitz I, Fine M. Your Guide To Getting Fit. Tercera edición. California, USA: Mayfield Publishing Company; 1995.
7. Gutiérrez GV, Oropeza MJR, Meza-Pérez A. Reparación del lecho ungueal con 2-octilcianoacrilato. Cirugía Plástica. 2001. 2; 2: 61-66.
8. Jerez-Jaimes JH. Biología Celular y Molecular Aplicadas. Enfermería. Primera edición. Colombia. Autor Editor. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad de Santander UDES. 2010
9. Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. Palaeontología Electrónica. 2001. 4;(1): 9pp. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
10. Durante MMaBI, Lozano SJR, Martínez GA, Morales LS, Sánchez MM. Evaluación de Competencias en Ciencias de la Salud. Buenos Aires, Argentina: Editorial Médica Panamericana; 2012.
11. Trujillo JA. Los glucómetros en la práctica de enfermería. Desarrollo científico de la enfermería. 19 (10): 328.2011.
12. Cogswell AM, Stevens RJ, Hood DA. Properties of skeletal muscle mitochondria isolated from subsarcolemmal and intermyofibrillar regions. Am J Physiol (Endocrinol. Metab). 1993.264:C383–C89.
13. Palmer JTB, Hoppel C. Biochemical Properties of Subsarcolemmal and Interfibrillar Mitochondria Isolated from Rat Cardiac Muscle. The Journal of Biological Chemistry 1977. 252:8731–39. [PubMed: 925018]
14. Menshikova EV, Ritov VB, Fairfull L, Ferrell RE, Kelley DE, Goodpaster BH. Effects of Exercise on Mitochondrial Content and Function in Aging Human Skeletal Muscle. J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 2006. 61;(6): 534–40
15. Ruiz JR, Mesa JL, Pérez FM, Sáinz AG, Garzón M J. Hidratación y rendimiento: pautas para una elusión efectiva de la deshidratación por ejercicio. Apunts. Educación Física y Deportes. 2003. 70: 26-33.
16. Aragón-Vargas LF, Maughan RJ, Rivera-Brow A, Meyer F, Murray R, de Barros TL, et al. VII Simposio Internacional de Actualización en Ciencias del Deporte. Rosario, Argentina Editorial Biosystem, Servicio Educativo. 1999. 222-30.
17. Wilmore HJ, Costill DL. Fisiología del esfuerzo y del deporte. Segunda edición. Barcelona:Paidotibo; 1999.