



EVALUACIÓN DE LA INTERACCIÓN PACIENTE-ROBOT EN ESCENARIO DE REHABILITACIÓN CARDIACA

**Paula Insuasty, Nathalia Céspedes,
Carlos Cifuentes, Marcela Múnera**

**Mónica Rincón Roncancio, Luisa
Gutiérrez**

**Escuela Colombiana de Ingeniería
Bogotá, Colombia**

**Fundación Cardioinfantil
Bogotá, Colombia**

Resumen

La robótica de asistencia social se ha introducido en ámbitos tales como: la salud, la educación y la industria. Este estudio busca evaluar y cuantificar la interacción que tienen los pacientes hacia un robot de asistencia social en el área de Rehabilitación Cardíaca (RC). Siguiendo este objetivo, se usó una interfaz humano-robot que integra un módulo sensorial y un robot NAO. Dentro de las principales funcionalidades de la interfaz se encuentran: el monitoreo online de parámetros fisiológicos y el soporte cognitivo a través de la interacción social durante el ejercicio desempeñado en la RC.

Inicialmente, el robot realiza un reconocimiento facial del paciente, con el fin de personalizar las realimentaciones durante la sesión al utilizar el nombre del paciente y la información recopilada del desempeño en las sesiones anteriores. Durante el entrenamiento, la interfaz realiza la vigilancia de la frecuencia cardíaca y pregunta al paciente sobre su escala de Borg. Dependiendo de la respuesta dada por el paciente, el robot puede activar diferentes eventos de realimentación. Este estudio incluye el análisis de video de 7 pacientes que participaron activamente en las sesiones de RC asistida por el robot. Para esto se tuvieron en cuenta dos tipos de interacciones: (i) interacciones unidireccionales e (ii) interacciones bidireccionales. La primera corresponde a una acción de un agente (Robot o paciente) con respecto al otro, sin una respuesta (e.g. cuando el robot dice frases de motivación, el contacto visual del paciente hacia el robot, etc.). Por otra parte, en las interacciones bidireccionales se requiere una respuesta del paciente por medio de la interfaz tras una acción del robot (e.g. confirmación sobre el reconocimiento del paciente, alertas sobre el ritmo cardíaco, la solicitud de la escala de Borg, etc.).

Los resultados del estudio se encontraron al evaluar el efecto del robot sobre la terapia, realizando un análisis sobre la cantidad de eventos de contacto visual, la ejecución y seguimiento de instrucciones y la respuesta humano-robot (asociada a las interacciones bidireccionales), de igual forma se midió la actitud del paciente respecto a cada una de las interacciones presentadas. Respecto al porcentaje de interacción obtenido durante cada sesión se obtuvo un valor máximo de 16.11% y un promedio de 11.38%, se obtuvo un promedio del 64% de interacciones unidireccionales y un 36% de bidireccionales. Fue posible observar que, si bien la actitud de los pacientes fue en promedio 89% neutra, ellos mostraron interés sobre las solicitudes del robot y sobre las advertencias realizadas en caso de ser necesario.

Palabras clave: robótica de asistencia social; rehabilitación cardíaca; interacción humano-robot

Abstract

Socially Assistive robots has been introduced in areas such as healthcare, education, and industry. This study seeks to evaluate and quantify the interaction that patients have with a social assistance robot in the area of Cardiac Rehabilitation (CR). Following this objective, a human-robot interface was developed, this integrates a sensory module and a NAO robot. Among the main functionalities of the interface are: online monitoring of physiological parameters and providing cognitive support through social interaction during exercise performed in CR.

Initially, the robot performs a facial recognition of the patient, to personalize the feedback provided during the session through the use of the patient's name and the information collected from the general performance in the previous sessions. During training, the interface performs heart rate monitoring and asks the patient about their Borg scale. Depending on the response given by the patient, the robot can trigger different feedback events. This study includes the video analysis of 7 patients who actively participated in the robot-assisted CR sessions. For this, two types of interactions were taken into account: (i) unidirectional interactions and (ii) bidirectional interactions. Regarding the first classification, these focused on those performed by the robot without requiring a response from the patient or the patient's actions towards the robot (For example, when the robot performs motivations, the patient's eye contact towards the robot or the corrections made by the robot). On the other hand, in bidirectional interactions, a response from the patient was required through the interface due to some behavior of the robot. Examples of the latter included confirmation on patient recognition, heart rate alerts, and request for the Borg scale. The results of the study were found by evaluating the effect of the robot on therapy, performing an analysis on the number of eye contact events, the execution, and follow-up of instructions, and the human-robot response (associated with bidirectional interactions), in the same way, the patient's attitude was measured concerning each of the interactions presented. Regarding the percentage of interaction obtained during each session, a maximum value of 16.11% and an average of 11.38% were obtained, an average of 64% of unidirectional interactions and 36% of bidirectional interactions was obtained. It was possible to observe that, although the attitude of the patients was on average 89% neutral, they showed interest in the requests of the robot and in the warnings made if necessary.

Keywords: *socially assistive robots; cardiac rehabilitation; human-robot interaction*



1. Introducción

La rehabilitación cardiaca RC es un programa de prevención secundaria de carácter tanto hospitalario como ambulatorio que tiene como pilares la educación y el ejercicio aeróbico. RC está diseñada para ayudar a mejorar la calidad de vida del paciente y permitirle recuperarse de diversas enfermedades del corazón o posterior a cirugía cardiovascular (N. Céspedes, 2021). Debido a el entrenamiento físico en el proceso de RC se incrementa la capacidad física, reduce la isquemia miocárdica, ayuda a controlar la angina de esfuerzo, tiene acción antiinflamatoria, entre otras (J.M. Maroto, 2009). Todos estos efectos inciden de forma positiva en la calidad de vida de los pacientes (J.M. Maroto, 2009). Sin embargo, el principal desafío es asegurar la adherencia al programa ya que a pesar de sus múltiples beneficios el porcentaje de deserción en estos programas del 30-80% (Rangel, et al, 2018). El programa de RC varía según el país, sin embargo, normalmente se divide en tres o cuatro fases (I.M. Graham, et al, 2011). En Colombia, en la Fundación Cardioinfantil se implementa un protocolo que consta de tres fases:

- La Fase I o la fase de hospitalización se lleva a cabo dentro de las 48 horas después de un evento cardiovascular. La fase ocurre cuando el paciente está hemodinámicamente estable. En esta fase, el paciente realiza movimientos pasivos para mantener el tono muscular y reducir los riesgos o cualquier complicación. (Juan S. Lara, et al, 2017)
- La fase II es una fase ambulatoria, que comienza inmediatamente después de que el paciente sale del hospital, tiene una duración de 36 sesiones y consta de dos sesiones por semana. Esta fase incluye una educación sobre factores de riesgo, hábitos saludables, adhesión a el tratamiento, la motivación y el control del ejercicio. (Juan S. Lara, et al, 2017)
- Fase III tiene una duración media de nueve meses con uno o dos sesiones por semana. El objetivo es reforzar la información y hábitos adquiridos durante la fase anterior. (Juan S. Lara, et al, 2017)

Por otra parte, la robótica de asistencia social (RAS) se ha referido en gran medida a un robot que brinda ayuda a un ser humano, los cuales pueden funcionar en una variedad de entornos incluyendo escuelas, hospitales y casas, dependiendo de la función a la cual este destinado (Feil-Seifer, 2005). Sin embargo, los robots de asistencia social no se han explorado completamente en los programas de RC. En un primer estudio, el robot tenía como objetivo ayudar a las enfermeras para la terapia y superar la escasez de enfermeras en RC. En este estudio realizado por (Kyong Il Kang, et al, 2005) se desarrolló un asistente de fisioterapia CLARA, que tuvo como objetivo ayudar a los pacientes en ejercicios de espirometría usando un servidor de seguimiento de color y un altavoz para comunicarse con el paciente, así como un detector de cama. El robot navega, interactúa con el paciente, realiza un seguimiento de los ejercicios y reporta los resultados recolectados y la disposición del paciente al personal del hospital. Este estudio concluyó a partir de cuestionarios que las personas estaban más motivadas durante la sesión con el robot resultando en una satisfacción promedio de 84.6%. (Kyong Il Kang, et al, 2005).

Respecto a los antecedentes del uso de robótica de asistencia social en escenario de rehabilitación cardiaca en Colombia, en un primer estudio se presenta el trabajo de (Casas, et al, 2018), este estudio tuvo como objetivo comparar el progreso y la adherencia de los pacientes en el programa de RC convencional con la RC asistida por un robot de asistencia social, el cual monitoreó



continuamente los pacientes durante el ejercicio para proporcionar retroalimentación y motivación basadas en medidas sensoriales (B. Irfan, 2020), este estudio tuvo ciertas limitaciones como los asociados a la asignación aleatoria de los 15 pacientes del estudio ya que se presentó un desequilibrio entre las poblaciones, especialmente respecto al género, edad, diferentes niveles de educación y condición física (N. Céspedes, 2021). De igual forma, como los comportamientos del robot fueron idénticos entre los diferentes pacientes, tanto los clínicos como los pacientes sugirieron realizar mejoras en los comportamientos sociales del robot (N. Céspedes, 2021). Por lo tanto, en el presente estudio se implementó un módulo de memoria (N. Céspedes, 2020), en el cual se integró un sistema de identificación, por medio del cual el robot tuviera la capacidad de identificar al paciente por su rostro. De esta forma se busca mejorar la adaptación al robot, eliminar la percepción de repetitividad o aburrimiento y de esta manera, aumentar la motivación del paciente para asistir a las sesiones de rehabilitación cardiaca. Sin embargo, en los estudios anteriormente mencionados no se tomó en cuenta la interacción entre el paciente y el robot.

Al trabajar con robots de asistencia social es importante tener en cuenta la interacción humano-robot (IHR), el objetivo principal de la IHR es dotar a los robots de diversas competencias que permitirían facilitar la interacción de los agentes robóticos con los humanos (Billard, 2012). La importancia de la IHR ha aumentado a medida que los robots se vuelven más comunes. Cuando eran poco frecuentes, la falta de interacciones efectivas se compensaba por medio de una mayor capacitación de los usuarios. Sin embargo, a medida que más personas se encuentran con los robots durante la vida cotidiana, se ha vuelto más importante que los usuarios no capacitados puedan interactuar y utilizar de manera más efectiva e intuitiva estos robots. (Billard, 2012).

La interacción de parte de los usuarios hacia el robot de asistencia social debe ser intuitiva y efectiva. Por tanto, al integrar el robot de asistencia social en las sesiones de rehabilitación cardiaca se busca que el paciente interactúe de una forma cómoda con el robot y que lo acepte como una herramienta de apoyo en la sesión, en el monitoreo de los parámetros y como un soporte cognitivo durante el proceso de rehabilitación. Este estudio busca evaluar la eficacia del robot basándose en la evaluación de la interacción que tiene el paciente hacia el robot clasificando las posibles interacciones.

2. Metodología

La sesión de rehabilitación cardiaca se lleva a cabo en 3 fases principales, calentamiento, ejercicio y enfriamiento. Durante la fase del ejercicio en la cual el paciente se encuentra sobre la banda sin fin es en la que comienza el monitoreo por parte del robot.

A. INTERFAZ HUMANO – ROBOT

Tal como se ha descrito en trabajos interiores (N Céspedes, 2020), la interfaz humano-robot cuenta con tres componentes principales:

- Interfaz sensorial: El conjunto de sensores consiste en un sensor de ritmo cardiaco Zephyr HxM BT (Medtronic, USA) a partir del cual obtenemos la frecuencia cardiaca del paciente a tiempo real. De igual forma, contamos con un sensor laser URG-04LX-UG01 (Hokuyo



Automatic, Japon), el cual permite medir los parámetros espaciotemporales de la marcha, tales como la longitud de paso, velocidad de la marcha y cadencia. Estos parámetros se visualizan por medio de una interfaz gráfica.

- Interfaz gráfica: Esta interfaz se visualiza en una tablet Microsoft Surface (Microsoft, USA), que permite mostrar los datos de los sensores al usuario y el ingreso de la escala de Borg por parte del usuario.
- Robot: El robot utilizado es el robot NAO (Softbank robotics, Japón), que cuenta con 25 grados de libertad, 7 sensores de presión ubicados en su cabeza, manos y pies, sonares e IMUs para percibir el entorno y ubicarse en el espacio, 4 micrófonos y altavoces para interactuar con humanos y dos cámaras 2D para reconocer formas, objetos e incluso personas (Softbank robotics). El robot realiza el monitoreo y brinda motivación y realimentación al paciente.

B. COMPORTAMIENTOS DEL ROBOT

Se utilizaron comportamientos del robot diseñados en estudios anteriores como los presentados por (N Céspedes, 2020) los cuales son reconocimiento, motivación, corrección, alerta y peligro.

- Reconocimiento: El robot realiza un reconocimiento facial por medio de la cámara de la tablet, posteriormente se le solicita al paciente una confirmación respecto a si el reconocimiento fue correcto.
- Motivación: El robot brinda una motivación al paciente por medio de frases comúnmente usadas en el programa.
- Corrección: El robot realiza correcciones respecto a la postura cervical del paciente, es decir, si el paciente no se encuentra mirando hacia el frente el robot realiza la corrección de forma verbal diciéndole "mira el frente", con el objetivo de evitar mareos o caídas.

Debido a la importancia del monitoreo de la frecuencia cardiaca y de la escala de Borg (nivel de cansancio percibido por el paciente) se implementó un algoritmo con el objetivo de realizar alertas al personal médico para garantizar la seguridad del paciente en medio de la sesión por medio del robot NAO.

- Alerta: Este comportamiento se presenta en caso de que la frecuencia cardiaca del paciente se encuentre en un valor igual o mayor que un primer umbral que el personal clínico informa al inicio de la sesión. En este caso se le pregunta al paciente como se siente, si se siente bien la sesión continua normalmente. Por otra parte, si el nivel de la escala de Borg se encuentra en un nivel alto pero la frecuencia cardiaca se encuentra baja, también se le pregunta una confirmación al paciente, en caso de que la respuesta sea confirmada entra al comportamiento de peligro.
- Peligro: Este comportamiento ocurre si el valor de la frecuencia cardiaca supera el segundo umbral otorgado por parte de los clínicos o si el nivel de la escala de Borg se encuentra en un valor alto. El robot llama inmediatamente al personal de salud con el fin de brindar al paciente atención medica lo antes posible.



C. PERSONALIZACIÓN – ESCENARIO DE MEMORIA EN EL ROBOT

Basados en la realimentación obtenida en trabajos anteriores (Casas, et al, 2018), se personalizó la sesión por medio del reconocimiento del paciente usando reconocimiento facial. Este reconocimiento se logra tomando una foto del paciente utilizando la cámara de la tablet e indicando el nombre del paciente y se le solicita al paciente la confirmación de su identidad. Posteriormente el robot inicia la sesión dándole la bienvenida al paciente utilizando su nombre y mencionando la velocidad e inclinación con la que empezará la sesión (B. Irfan, 2020), también se utiliza información obtenida en sesiones anteriores para realizar un comentario de motivación inicial respecto al desempeño esperado en la sesión actual. De igual forma, en el transcurso de la sesión, el robot continuará con el monitoreo constante de los parámetros del paciente y en caso de realizar una motivación, una solicitud de escala de Borg o una corrección, el robot utilizará el nombre del paciente como forma de personalización y para llamar más su atención.

D. PROTOCOLO

En este trabajo, se busca cuantificar la interacción humano-robot con el fin de evaluar si el robot es aceptado por el paciente como herramienta. Para comprobarlo se integró el robot y se realizó la grabación de las sesiones de RC de 7 pacientes durante 11 sesiones, con dos sesiones por semana correspondientes a fase II. Consecuentemente, los criterios de inclusión para nuestro estudio son:

- Criterios de inclusión: Pacientes adultos con patologías cardíacas que se encuentren realizando el programa de rehabilitación cardíaca en fase 2 en la Fundación Cardioinfantil con habilidad normal de la marcha, los cuales han aceptado participar voluntariamente en el estudio.
- Criterios de exclusión: Ninguno de los participantes puede tener ninguna dificultad para caminar, el equilibrio o problemas físicos resultantes del deterioro muscular asociados a la edad. Por otra parte, ninguno de los participantes puede tener ningún tipo de alteración de la función cognitiva que impida la comprensión de las instrucciones dadas en el protocolo.
- Criterios de eliminación: Se eliminará del estudio y se contará como deserción a participantes que no asistan a tres sesiones seguidas sin justificación por la falla.

E. MEDIDAS DE INTERACCIÓN

Para ejecutar el procesamiento se realizó la identificación y clasificación de los diversos eventos ocurridos en la terapia, los cuales se dividieron en dos categorías: interacciones unidireccionales (IU) e interacciones bidireccionales (IB).

- IU consisten en las interacciones desde el robot hacia el paciente o del paciente hacia el robot, que no requieren una respuesta de parte del paciente (por ejemplo, contacto visual y motivaciones).
- IB corresponden a la interacción entre el paciente y el robot. En esta se incluye la confirmación del reconocimiento del paciente, con el fin de utilizar su nombre en medio de la sesión, solicitud de escala de Borg, correcciones de postura, motivación, contacto visual,



advertencia asociada al primer umbral de frecuencia cardiaca y comportamiento de peligro asociado al segundo umbral de frecuencia cardiaca.

En el presente estudio buscamos cuantificar y evaluar los siguientes factores:

- Número total de interacciones: suma de interacciones IU e IB que se presentan por sesión
- Porcentaje de interacciones: porcentaje de interacciones clasificadas como IU o como IB respecto al total de interacciones.
- Porcentaje de interacción por sesión: cantidad de tiempo en el cual se presenta una interacción de parte del paciente hacia el robot o del robot hacia el paciente respecto al tiempo total de la sesión.
- Número de eventos de contacto visual: número de veces que el paciente observa al robot durante la sesión.

Así mismo, se evaluó la actitud del paciente en cada evento catalogándola como positiva, negativa o neutra. De igual forma se buscó evaluar estas variables en el tiempo para el efecto novedad y la evolución de la percepción.

3. Resultados y discusión

En este trabajo se presentarán los resultados de 7 pacientes durante 11 sesiones de RC, los 7 pacientes cuyos datos se presentan son hombres, con un rango de edad de 60.1 ± 7.7 años, respecto a la condición física un 50% se encuentra en la categoría de peso saludable y un 50% en condición de sobrepeso, respecto al nivel de educación máximo obtenido un 16.6% obtuvieron el grado de primaria, un 50% un título universitario de pregrado y un 33.3% obtuvieron un posgrado. Todos ellos presentaron algún evento cardiovascular siendo el más predominante, el infarto agudo al miocardio.

En la Figura 1 se presenta el promedio del número total de interacciones por sesión, en este se realizó el promedio del número de interacciones por sesión de cada uno de los pacientes. Se obtuvo un promedio general de 16 interacciones por sesión en todos los pacientes y un valor máximo en promedio de 21.1 interacciones por sesión en el paciente 7. Es posible evidenciar que se presentaron un total de 22 interacciones en promedio en la primera sesión obteniendo el valor máximo de interacciones, sin embargo, en la sesión 2 se presenta una disminución a 10 interacciones en promedio obteniendo el valor más bajo, posteriormente se estabiliza este valor en un rango de 16-18 interacciones por sesión en promedio, estas variaciones pueden deberse a la pérdida del factor de novedad que se suele presentar durante las primeras sesiones.



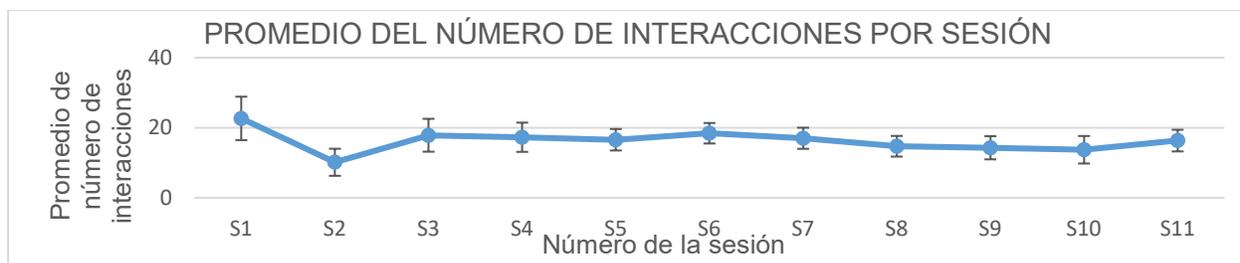


Figura 1: Promedio del número de interacciones por sesión, este consiste en la suma de las interacciones IU e IB presentadas durante la sesión, se obtuvo un máximo de 22.6 interacciones en la primera sesión y un valor mínimo de 10,14 en la segunda sesión.

Se presentaron 1.214 interacciones durante las sesiones presentadas, el 64% (781 interacciones) corresponden a IU y el restante 36% (433 interacciones) corresponden a IB. Esto indica que los pacientes realizaron interacciones en mayor medida por voluntad propia o debida a eventos de motivación que las que solicitaba el robot como parte de su trabajo de monitoreo, por tanto, se puede afirmar que preliminarmente los pacientes interactúan en mayor medida con el robot debido a acciones propias que a acciones solicitadas o inducidas por el robot.

Respecto a los eventos que se presentaron con mayor frecuencia fueron los eventos de corrección de postura (28%) [CORRECCIÓN], debido a estas correcciones es posible evitar eventos como caídas o mareos favoreciendo la seguridad del paciente al mantenerlo enfocado en la sesión. De igual forma se encuentran los eventos de contacto visual (22%) [OBSERVA AL ROBOT], posteriormente los relacionados a motivación (21%) [MOTIVACIÓN], las solicitudes de escala de Borg (19%) [BORG] y finalmente las advertencias realizadas por el robot (10%) [ADVERTENCIA] (Ver figura 2). Si bien las advertencias asociadas a ritmo cardiaco elevado o escala de Borg alto no presentaron un porcentaje elevado en predominancia en las interacciones, si se puede concluir que la presencia de estas es la que más influye al evaluar la seguridad percibida que sienten los pacientes hacia la presencia del robot.

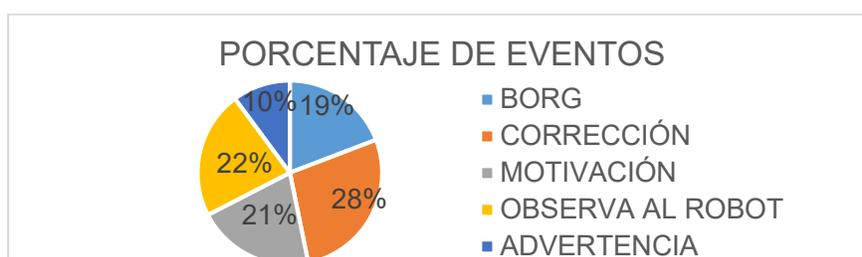


Figura 2: Porcentaje de los eventos asociados a las interacciones. Se presentan 5 eventos principales, el de mayor repetición fueron los eventos de corrección de postura cervical (28%) y el de menor repetición fue el evento de advertencia de parte del robot hacia los clínicos (10%).

Por otra parte, en la Figura 3 se presenta la tendencia respecto al número de eventos de contacto visual. Al procesar los videos correspondientes a las sesiones de RC se puede evidenciar que a medida que el paciente avanza en el proceso de rehabilitación este valor tiende a descender a medida que avanzan las terapias de RC. Sin embargo, se presenta un valor promedio de 2.88 eventos de contacto visual por sesión y un valor máximo de 20 eventos de contacto visual en la



primera sesión. Se puede ver la influencia de estos eventos de interacción en la cantidad de eventos presentados en la sesión, ya que al igual que con el número de interacciones por sesión, la cantidad de eventos de contacto visual disminuyó en todos los pacientes en las sesiones posteriores y al igual que en el número de interacciones por sesión, después de disminuir, se tiende a estabilizar este valor, lo cual puede ser beneficioso a largo plazo en el proceso de RC ya que se busca que el paciente se encuentre enfocado en su proceso de rehabilitación.



Figura 3: Número promedio de eventos de contacto visual por sesión con desviación estándar. El mayor número de eventos de contacto visual ocurren en la primera sesión y este valor tiende a disminuir debido a la pérdida del factor novedad.

El porcentaje de interacción (Figura 4) corresponde al porcentaje de tiempo en el cual el paciente y el robot tienen algún tipo de interacción durante la sesión, durante cada sesión se obtuvo un valor máximo de 16.12% en una sesión y un promedio de 6.27%. A diferencia de los eventos de contacto visual y del número total de interacciones se presenta un comportamiento constante en el promedio de interacción por sesión, es importante resaltar que si bien el robot se encuentra realizando un proceso de monitoreo y realimentación de manera constante durante la terapia, son eventos que no tienen una duración prolongada, por lo tanto, no distraen en gran medida al paciente lo que le permite estar más enfocado en su proceso de RC. Al estar este valor promedio en un valor máximo de 7.23% se observa si bien existe una presencia constante del robot, esta no representa un porcentaje de interacción con un valor significativo que pueda generar alguna alteración en el desarrollo normal de la sesión de RC que pueda generar algún efecto negativo en el paciente o en su proceso de rehabilitación.



Figura 4: Promedio del porcentaje de interacción por sesión con desviación estándar, se refiere al porcentaje de tiempo de la sesión en la cual se presentan tanto IB como IU respecto al tiempo total de la sesión de RC. Este valor se mantuvo en un rango de 4.43% a 7.23%, por lo tanto, no genera una afectación significativa en el desarrollo normal de la RC.

De igual forma, por medio del procesamiento de los videos se buscó clasificar la reacción del paciente hacia el robot en los diferentes comportamientos realizados por parte del robot, se obtuvo un 86% de reacciones neutras, un 11% de reacciones positivas las cuales incluyen sonrisas hacia



el robot, comentarios hacia el comportamiento e incluso pláticas con el robot, finalmente un 3% de las actitudes hacia las interacciones fueron clasificadas como negativas, estas últimas se evidenciaron en actitudes como malos gestos faciales hacia el robot o en forma de comentarios negativos respecto a características propias del robot como su voz. Gracias a la información recopilada a través del procesamiento de los videos y por medio de los comentarios realizados por los pacientes buscamos reducir la cantidad de reacciones negativas hacia el robot y aumentar la positividad en estas, por esto sugerimos en un trabajo futuro variar los comportamientos y algunas propiedades físicas del robot con el fin de identificar con cuales de estos cambios los pacientes se sentirían más cómodos al trabajar con el robot como una herramienta de apoyo en el proceso de RC y de esta manera convertir al robot un instrumento óptimo para trabajar con diferentes tipos de poblaciones en escenarios de rehabilitación.

4. Conclusiones

En el presente estudio se incluyó un robot social en sesiones de rehabilitación cardiaca, midiendo principalmente la interacción de los pacientes con éste en el transcurso de 11 sesiones. Algunos pacientes expresaron una motivación adicional para asistir a la sesión. Si bien la actitud de los pacientes fue en promedio 89% neutra, ellos mostraron interés sobre las solicitudes del robot y sobre las advertencias realizadas. Un 64% de las interacciones son IU, lo que quiere decir que los pacientes interactuaron con el robot en mayor medida con acciones propias o de ejecución de instrucciones comparado a las IB 36% en las que el robot solicitaba información al paciente.

El evento con mayor porcentaje es el de ejecución y seguimiento de instrucciones (43%), posteriormente van las interacciones bidireccionales (37%) y finalmente los eventos de contacto visual (20%). Las interacciones que más se presentaron en todos los pacientes son las relacionadas con correcciones de postura y advertencias de ritmo cardiaco elevado, permitiendo concluir el robot cumple con su función de realimentación y monitoreo frecuente de los parámetros del paciente generando una herramienta de ayuda para el trabajo de los clínicos. De igual forma, los eventos de motivación tienen un porcentaje relevante respecto a las interacciones presentadas y generó más respuestas de actitud positiva en los pacientes.

El escenario de memoria, reconocimiento facial y consecuentemente personalización de la sesión usando el nombre del paciente y recordando el desempeño en sesiones, generaron interés en los pacientes y reacciones positivas al robot reconocerlos y utilizar su nombre para hacer los comentarios ya que sentían que era una experiencia personalizada.

Durante la primera sesión se suele presentar el efecto novedad, en el cual el paciente presenta un interés hacia el robot que se evidencia por medio de eventos de contacto visual lo que aumenta el número de interacciones por sesión, sin embargo, el porcentaje de interacción por sesión se mantiene relativamente constante a medida que los pacientes avanzan en el programa de RC, esto significa que si bien si se presenta una ligera reducción inicial en el porcentaje de interacción asociado a la disminución en los eventos de contacto visual, estos se presentan en instantes de tiempo cortos por lo que este porcentaje no llega a un valor considerablemente alto que pueda afectar el desarrollo normal de la sesión de RC o que sea una distracción para el paciente.



Como trabajo futuro se sugiere realizar variaciones en los comportamientos del robot y su aspecto. Esto debido a sugerencias realizadas por pacientes como aspectos por mejorar en la apariencia y comportamientos del robot, debido a esto se buscará elaborar un nuevo escenario en el cual se puedan variar distintos parámetros que influyen en el robot tales como aspecto físico y diálogos con el fin de evidenciar cuales de estos comportamientos son los preferidos por los pacientes y que permitirían una mejor interacción humano-robot.

5. Agradecimientos

Al proyecto Minciencias “Evaluación del impacto de la intervención de un robot social en las respuestas cardiovasculares de los pacientes del programa de Rehabilitación Cardíaca de la Fundación Cardioinfantil-Instituto de Cardiología” SORCAR. Contrato 813- 2017

6. Referencias

- B. Irfan et al., 2020, «Using a Personalized Socially Assistive Robot for Cardiac Rehabilitation: A Long-Term Case Study», en 2020 29th IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN), ago. 2020, pp. 124-130.
- Billard A., Grollman D. (2012) Human-Robot Interaction. In: Seel N.M. (eds) Encyclopedia of the Sciences of Learning. Springer, Boston, MA.
- D. Feil-Seifer y M. J. Mataric, 2005, «Socially Assistive Robotics», en 9th International Conference on Rehabilitation Robotics, 2005. ICORR 2005., Chicago, IL, USA, 2005, pp. 465-468,
- M. Graham, N. Fallon, S. Ingram, T. Leong, J. Gormley, V. O’Doherty, V. Maher, and S. E. Benson, 2011, “Rehabilitation of the Patient with Coronary Heart Disease,” Hurst’s The Heart, 13e, pp. 1–33, 2011.
- J. Casas et al., 2018, «Social Assistive Robot for Cardiac Rehabilitation: A Pilot Study with Patients with Angioplasty», en Companion of the 2018 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction, New York, NY, USA, mar. 2018, pp. 79-80.
- José María Maroto Montero. 2009. Rehabilitación cardíaca. Acción Médica, Madrid.
- Juan S. Lara, Jonathan Casas, Andres Aguirre, Marcela Munera, Monica Rincon-Roncancio, Bahar Irfan, Emmanuel Senft, Tony Belpaeme, and Carlos A. Cifuentes. 2017. Human-robot sensor interface for cardiac rehabilitation. In 2017 International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR), IEEE, London, 1013–1018.
- Kyong Il Kang, S. Freedman, M.J. Mataric, M.J. Cunningham, and B. Lopez. 2005. A Hands-Off Physical Therapy Assistance Robot for Cardiac Patients. In 9th International Conference on Rehabilitation Robotics, 2005. ICORR 2005., IEEE, Chicago, IL, USA, 337–340.
- L. M. P. Rangel, D. U. Guarín, y J. M. A. Hernández, 2018, «Adherencia al tratamiento fisioterapéutico. Una revisión de tema.», 1, vol. 10, n.º 1, Art. n.º 1, jun. 2018.
- Nathalia Céspedes Gómez, 2020, «Development of a patient-robot interface for a long-term interaction in cardiac rehabilitation at fundación cardioinfantil - instituto de cardiología», Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Bogotá (Colombia).
- Nathalia Céspedes, Bahar Irfan, Emmanuel Senft, Carlos A. Cifuentes, Luisa F. Gutierrez, Mónica Rincon-Roncancio, Tony Belpaeme, and Marcela Múnera. 2021. A Socially Assistive Robot for Long-Term Cardiac Rehabilitation in the Real World. Front. Neurorobot. 15, (2021).
- Softbank Robotics, NAO the humanoid and programmable robot | SoftBank Robotics. Retrieved June 11, 2021 from <https://www.softbankrobotics.com/emea/en/nao>



Sobre los autores

- **María Paula Insuasty:** Estudiante de Ingeniería Biomédica, Asistente de investigación en ingeniería de rehabilitación, Escuela Colombiana de Ingeniería – Universidad del Rosario. maria.insuasty@mail.escuelaing.edu.co
- **Nathalia Céspedes:** Ingeniera Biomédica, Máster en ingeniera electrónica, estudiante de doctorado en ciencias de la computación e ingeniería electrónica de la Universidad Queen Mary de Londres, n.cespedesgomez@qmul.ac.uk
- **Carlos A. Cifuentes:** Ingeniero electrónico (Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito), Máster en Ingeniería biomédica (Universidad Nacional de Entre Rios, Argentina), Doctor en Robótica (Universidade Federal de Espiritu Santo, Brasil). Profesor Asistente, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. carlos.cifuentes@escuelaing.edu.co
- **Mónica Rincón Roncancio:** MD MA MSc PhD. Médica Especialista en Medicina Física y Rehabilitación. Jefe del Servicio de Rehabilitación de la Fundación Cardio Infantil Instituto de Cardiología. Docente de las Universidades de La Sabana, Rosario, Nacional de Colombia, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito Bogotá-Colombia. mrinron@hotmail.com
- **Luisa Gutiérrez:** Médica con énfasis en gerencia en salud, especialista en medicina física y rehabilitación (Universidad de la sabana), Docente clínica Universidad del Rosario y Universidad de la Sabana. luisis81@yahoo.com
- **Marcela Múnera:** Bioingeniera (Universidad de Antioquia), Máster en mecánica y materiales (École Nationale d'Ingenieurs de Metz, Francia), Doctora en mecánica y biomecánica (Université de Reims Champagne- Ardenne, Francia). Profesor Asistente, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito marcela.munera@escuelaing.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2021 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)

