

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO**

**FACULTAD DE MEDICINA HUMANA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA HUMANA**



**“VALORACIÓN ECOCARDIOGRÁFICA DE LA FUNCIÓN DIASTÓLICA DEL  
VENTRÍCULO IZQUIERDO EN PACIENTES CON MAL DE MONTAÑA  
CRÓNICO Y EN HABITANTES DE GRAN ALTURA SANOS - HOSPITAL III  
ESSALUD-JULIACA-ENERO – NOVIEMBRE - 2013”**

**TESIS**

**PRESENTADO POR:**

**BACH. EDWIN FIDEL QUISPE SANCA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**MÉDICO CIRUJANO**

**PUNO – PERU**

**2014**

"VALORACIÓN ECOCARDIOGRÁFICA DE LA FUNCIÓN  
DIASTÓLICA DEL VENTRÍCULO IZQUIERDO EN PACIENTES CON  
MAL DE MONTAÑA CRÓNICO Y EN HABITANTES DE GRAN  
ALTURA SANOS - HOSPITAL III ESSALUD-JULIACA – ENERO -  
NOVIEMBRE - 2013"

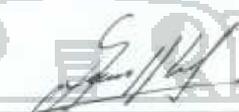
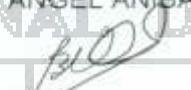
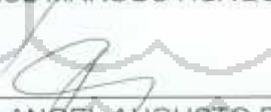
## TESIS

PRESENTADO POR:

**BACH. EDWIN FIDEL QUISPE SANCA**  
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**MÉDICO CIRUJANO**

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

<b>PRESIDENTE</b>	 Dr. ANGEL ANIBAL RAMOS CASAS MEDICO RADIOLOGO CAMP 10037 RNE 10740 REG. RES. "MIR" 0000
<b>PRIMER MIEMBRO</b>	 Dra. BLANCA SALOME LLERENA VILLAFUERTE MEDICINA INTERNA CAMP 21762 RNE 11540
<b>SEGUNDO MIEMBRO</b>	 Dr. ANGEL REMIGIO VILCA QUISPE MEDICO CIRUJANO CAMP 22295 RNE 12533 REG. RES. "MIR" PUNO
<b>DIRECTOR DE TESIS</b>	 Dr. SAUL MARCOS HUAQUISTO CHOQUE MEDICO CIRUJANO NEPROLOGO CAMP 30590 RNE 22858
<b>ASESOR DE TESIS</b>	 Dr. ANGEL AUGUSTO PEREZ URRUTIA MEDICO - CARDIOLOGO CAMP 40189 CAMP 10037 RNE 10740

AREA: CIENCIAS CLINICAS

TEMA: Enfermedades hematológicas - mal de montaña crónico

## DEDICATORIA

*A mis padres Carmeno y Dionisia, a mis hermanos(as) Digna, David, Edith y Gaby quienes me brindaron apoyo y comprensión durante los años que duró mi formación universitaria.*

*A mis compañeros(as) por esos momentos inolvidables sucedidos tanto en las aulas como en los ambientes hospitalarios.*



## AGRADECIMIENTO

*Mi gratitud a Dios por sus bendiciones y por darme fortaleza para superar las adversidades.*

*A mi alma Mater, Universidad Nacional del Altiplano - Puno, a mi Facultad de Medicina Humana y a mis docentes quienes hicieron de mí un profesional.*

*A mis pacientes quienes me enseñaron el significado que tiene la vida.*



## ÍNDICE

RESUMEN .....	8
INTRODUCCIÓN .....	11
<b>CAPÍTULO I: EL PROBLEMA</b> .....	13
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	13
1.2 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO .....	14
1.3 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO .....	18
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	21
OBJETIVO GENERAL: .....	21
OBJETIVOS ESPECÍFICOS: .....	22
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL</b> .....	23
2.1 MARCO CONCEPTUAL .....	23
2.2 MARCO TEÓRICO .....	24
INTERACCIÓN CARDIOPULMONAR .....	24
EFECTOS MECÁNICOS DE LOS MOVIMIENTOS TORÁCICOS EN EL SISTEMA CARDIOCIRCULATORIO. ....	25
CICLO CARDIACO .....	30

DISFUNCIÓN DIASTOLICA.....	33
ADAPTACIÓN FISIOLÓGICA DEL SISTEMA CARDIOVASCULAR A GRAN ALTURA.....	36
FUNCIÓN DIASTOLICA EN LA HIPOXIA.....	40
MAL DE MONTAÑA CRÓNICO Ó ENFERMEDAD DE MONGE ....	41
BASES DEL DOPPLER:.....	48
<b>CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES DE ESTUDIO.....</b>	<b>55</b>
3.1 HIPÓTESIS.....	55
3.2 VARIABLES DE ESTUDIO.....	55
3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	55
3.4 UTILIDAD DE LOS RESULTADOS.....	57
<b>CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>58</b>
4.1 NIVEL.....	58
4.2 EJE.....	58
4.3 UNIDAD DE ANÁLISIS.....	58
4.4 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	58
4.5 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	58
4.6 TÉCNICA Y RECOLECCIÓN DE DATOS.....	62

4.7 METODOLOGIA ESTADÍSTICA:.....	63
<b>CAPÍTULO V: CARACTERIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>64</b>
5.1 ÁMBITO DE ESTUDIO .....	64
<b>CAPÍTULO VI: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>65</b>
6.1 RESULTADOS. ....	65
6.2 DISCUSIÓN.....	80
<b>CAPÍTULO VII:</b>	
CONCLUSIONES.....	86
RECOMENDACIONES .....	87
BIBLIOGRAFÍA .....	88
ANEXOS .....	97

## RESUMEN

**INTRODUCCIÓN:** Los efectos de la hipoxia de la altura en habitantes de gran altura se traducen en aumento de la presión arterial pulmonar (PAP), hipertrofia ventricular derecha (HVD), y deterioro de la función sistólica del VD. Debido a la interdependencia ventricular y a la restricción pericárdica, esto causa un desplazamiento del tabique interventricular hacia el VI, retrasando el llenado del VI y reducción de la presión de llenado del VI. Estos cambios están presentes en la adaptación a la altura sobre todo en pacientes con Mal de Montaña Crónico.

**OBJETIVOS:** Determinar por ecocardiografía, la función y grados de disfunción diastólica del VI en pacientes con Mal de Montaña Crónico (MMC) y en habitantes de gran altura sanos, en el Hospital III EsSalud Juliaca-2013.

**MÉTODOS:** El análisis ecocardiográfico se realizó en 76 pacientes, 48 de sexo femenino y 28 de sexo masculino; de los cuales 19 pacientes de sexo masculino y femenino tenían MMC. La ecocardiografía permitió la determinación de los diámetros cardíacos y de las velocidades de flujo a través de la válvula mitral. Se comparó las variables categóricas mediante la prueba exacta de Fisher y se utilizó la prueba t de Student para los datos cuantitativos expresados en promedio  $\pm$  desviación estándar. El nivel de significancia estadística fue de 5%.

**RESULTADOS:** La media de la edad fue 57.68  $\pm$  12,12 años. Basado en los criterios de Xining, la mayoría de los pacientes tuvieron MMC en estadio leve (55%); y (8%) en estadio severo. Se encontró disfunción diastólica del VI en ambos grupos, 84.21 % de los pacientes con MMC y 26.31 % del grupo control;

presentando una diferencia estadísticamente significativa importante con un valor de  $p = 0,000$ . Siendo el sexo femenino con la mayor diferencia.

El DDVI fue de  $48.53 \pm 5.03$  mm para los pacientes masculinos con MMC y de  $39.67 \pm 7.35$  mm para los habitantes de gran altura masculinos ( $p = 0,007$ ), el DSVI fue de  $30.26 \pm 4.19$  mm y  $24.11 \pm 4.34$  mm para los varones con MMC y habitantes de gran altura masculinos ( $p = 0.003$ ), el área de AI fue de  $19.24 \pm 4.01$  mm<sup>2</sup> y  $15.14 \pm 2.94$  mm<sup>2</sup> para el grupo con MMC y el grupo control respectivamente ( $p = 0.000$ ), la velocidad de la onda E del flujo mitral fue de  $58.05 \text{ m/s} \pm 16.12$  para el grupo con MMC y de  $74.93 \text{ m/s} \pm 16.91$  ( $p = 0.000$ ),  $76.31\%$  de pacientes con MMC tenían una relación  $E/A < 1$  frente a un  $31.57\%$  del grupo control ( $p = 0,000$ ).

**CONCLUSIONES:** Los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas en índices de función diastólica del VI siendo en el sexo femenino con mayor diferencia ( $p = 0.000$ ); mostrando que los pacientes con MMC tienen alteraciones en la función diastólica con diversos grados de disfunción diastólica del VI a comparación de los habitantes sanos de gran altura. En la comparación de los valores del DDVI y DSVI en el sexo masculino ( $p = 0.007$  y  $p = 0.003$  respectivamente); sugieren que los pacientes con MMC poseen volúmenes mayores pero sin evidencia de dilatación o hipertrofia ventricular. El área auricular izquierda fue mayor en pacientes con MMC en ambos sexos ( $p = 0.000$ ) a predominio de los pacientes con DD grado II. La PSAP fue mayor en pacientes del sexo femenino con MMC ( $p = 0.000$ ); correlacionándose que dicho grupo posee una presión de llenado VI mayor y mayor disfunción diastólica del VI.

**PALABRAS CLAVES:**Mal de Montaña Crónico, ecocardiografía, función diastólica.



## INTRODUCCIÓN

Los efectos de la hipoxia inducida por la altura sobre las presiones pulmonares y sobre la geometría y función ventricular derecha en residentes de zonas situadas a gran altura se traducen en aumento de las presiones pulmonares, hipertrofia ventricular derecha, y alteraciones de la motilidad parietal y deterioro de la función sistólica del ventrículo derecho.

La presencia de cambios estructurales y en la función ventricular izquierda en pacientes sometidos a gran altitud, podría representar un hallazgo concomitante con las alteraciones en el ventrículo derecho y/o hipertensión pulmonar en individuos crónicamente expuestos a la misma; y de ser un grado avanzado en la evolución de la enfermedad. Los cambios anatómicos y funcionales del ventrículo derecho afectan al ventrículo izquierdo ya sea directa o indirectamente, generando alteraciones primero funcionales y después morfológicas. Conocer estas variaciones, sobre todo las funcionales, nos ayudan a predecir el pronóstico y evolución de las patologías que afectan al habitante de altura.

Debido a la esperanza de vida y la prevalencia de factores de riesgo como la hipertensión, la obesidad y la diabetes están aumentando a nivel mundial, la falla cardíaca se está convirtiendo en un importante problema de salud. El deterioro del ventrículo izquierdo y de la función diastólica, aparecen muy temprano en el curso de la enfermedad cardíaca. Las recientes directrices de falla cardíaca ponen especial énfasis en la detección de disfunción subclínica del VI y la identificación oportuna de los factores de riesgo de falla cardíaca.

La diferente adaptación crónica a la altitud lo constituye el Mal De Montaña Crónico que se caracteriza por síntomas como cefalea, disnea, tos, irritabilidad y somnolencia; los pacientes presentan dilatación ventricular derecha e hipertensión pulmonar. Afecta a cerca del 5 a 10% de las personas que residen a gran altitud, y su prevalencia es mayor en niños y en mujeres. Por tal razón, una falla cardiaca concomitante, sobre todo diastólica, puede ocasionar descompensaciones en la adaptación crónica a la altura; y con ello una aumento de la morbilidad. Conocer el grado de afectación cardiaca de pacientes con MMC ayudaría a mejorar las conductas terapéuticas y con ello mejorar la salud de los habitantes de altura y gran altura.

El presente estudio se encuentra estructurado en 6 capítulos; capítulo I: el problema, capítulo II: marco teórico y conceptual, capítulo III: hipótesis y variables de estudio, capítulo IV: metodología de la investigación, capítulo V: caracterización de la investigación, capítulo VI: resultados y discusión.

## CAPÍTULO I

### EL PROBLEMA

#### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En las personas expuestas a gran altitud, en el periodo de aclimatación el gasto cardíaco disminuye en reposo y en ejercicio en asociación con un descenso en el trabajo del ventrículo izquierdo, pero con un incremento en el trabajo ventricular derecho.<sup>1</sup> En personas normales sometidas agudamente a gran altitud se evidenció ecocardiográficamente la presencia de una modificación en el patrón de llenado ventricular izquierdo con una disminución en la velocidad inicial del mismo (onda E mitral) y un aumento en la contribución auricular (onda A del flujograma mitral).<sup>2</sup>

Estas variaciones en los patrones de llenado ventricular izquierdo nos determina alteraciones en la función diastólica, que aunados a una hipertensión pulmonar, propio de los habitantes de altura, nos indica mayor morbilidad de las mismas; y conocer estos parámetros nos ayudaría a mejorar la conducta a seguir para aminorar los índices de morbi-mortalidad de los habitantes de altura.

La identificación precoz de los sujetos con disfunción diastólica puede ayudar a estratificar el riesgo, a dirigir la terapia y a evitar la lesión de los

---

<sup>1</sup>Hirata K, Ban T, Jinnouchi Y, Kubo S. Echocardiographic assessment of left ventricular function and wall motion at high altitude in normal subjects. Department of Cardiovascular Surgery, Kyoto University Faculty of Medicine, Japan. Am J C 1991 Cardiol Dec 15;68(17):1962-7.

<sup>2</sup>Boussuges A, Molenat F, Burnet H, Et al. Operation Everest III: modifications of cardiac function secondary to altitude-induced hypoxia. An echocardiographic and Doppler study. Service de Reanimation Medicale et Hyperbarie, CHU Salvator, Marseille, France. Am J Respir Crit Care Med 2000 Jan;161(1):264-70.

órganos diana que pudieran presentarse a futuro.<sup>3</sup> Existen pruebas claras de que la valoración de la función diastólica sirve de gran ayuda para el tratamiento de los pacientes con enfermedades cardíacas avanzadas<sup>4</sup>, y que la mejoría de la función diastólica está relacionada con el éxito del tratamiento.<sup>5</sup>

Conocer las alteraciones de la función diastólica del ventrículo izquierdo en pacientes con Mal de Montaña Crónico y en pacientes sanos crónicamente expuestos a gran altitud, nos brindaría información acerca del compromiso cardíaco y con ello sistémico, en la valoración de los problemas que aquejan al habitante de altura y así poder dar una respuesta oportuna para mejorar su calidad de vida.

## FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Existe alteración en la función Diastólica del ventrículo izquierdo, valorada por ecocardiografía, en pacientes con Mal de Montaña Crónico y en habitantes de gran altura sanos, en el Hospital III EsSalud Juliaca-2013?

## 1.2 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

### A NIVEL INTERNACIONAL

Se realizaron estudios ecocardiográficos en reposo en voluntarios sanos a alturas simuladas de 5.000 y a 8000 msnm, mostrando una disminución en el volumen sistólico y alteración en la función diastólica. También se

<sup>3</sup>Beat C. Aeschbacher, Damian Hutter. La Disfunción Diastólica Precede A La Hipertrofia Miocárdica En El Desarrollo De La Hipertensión. American Journal of Hypertension (Ed. Esp.) 2001; 3: 195-202

<sup>4</sup>Klein AL, Hatle LK, Taliercio CP, Oh JK, Kyle RA, Gerz MA, Bailey KR, Seward JB, Tajik AJ: Prognostic significance of Doppler measures of diastolic function in cardiac amyloidosis. A Doppler echocardiography study. Circulation 1991; 83: 808-816

<sup>5</sup>Pinamonti B, Zecchin M, Di Lenarda A, Gregori D, Sinagra G, Camerini F: Persistence of restrictive left ventricular filling pattern in dilated cardiomyopathy: an ominous prognostic sign. J Am Coll Cardiol 1997; 29: 604-612.

reportaron disminución de la precarga de ambos ventrículos, pero mostraron un patrón anormal de llenado del VI con el llenado temprano disminuido y una mayor contribución de la contracción auricular, sin elevación de la presión diastólica final del VI y preservado la contractilidad del VI.<sup>6</sup>

La función diastólica del ventrículo izquierdo fue explorado con Doppler tisular en 41 voluntarios sanos que ascendieron en 24 horas a la altura de 4559 m en los Alpes italianos; encontrando resultados que sugieren que la exposición hipóxica a corto plazo es asociada con una función sistólica del VD conservado, ya sea mediado simpáticamente o a la adaptación homeométrica a la hipertensión pulmonar leve. Las alteraciones tempranas en la función diastólica del VD probablemente reflejan un aumento de la postcarga.

En resultados de las mediciones en 15 habitantes sanos de gran altitud del altiplano boliviano, a aproximadamente 4.000 msnm, se encontró que los indígenas presentaron relativamente menor PAP (presión arterial pulmonar) y la saturación de oxígeno superior, pero una alteración más pronunciada en los índices de la función diastólica de ambos ventrículos, una fracción de eyección del ventrículo izquierdo disminuida, disminución de la TAPSE y la onda S anillo tricúspide, y aumento del índice de Tei-VD. La presión de llenado del VI estimada fue algo menor en los nativos de altura, con el deterioro leve pero significativo de los índices tanto de la función sistólica y

---

<sup>6</sup> Robert Naeije: Physiological Adaptation of the Cardiovascular System to High Altitude. Erasme University Hospital, Brussels, Belgium. *Progress in Cardiovascular Diseases* 52 (2010) 456–466

diastólica en nativos de gran altura, a pesar de la hipertensión pulmonar menos marcada y una mejor oxigenación.<sup>7</sup>

Un trabajo realizado en ciudad de la Plata, usó la ecocardiografía Doppler color para estudiar la estructura y función sistólica y diastólica ventriculares izquierdas en poblaciones expuestas crónicamente a grandes alturas (altura mayor de 3000 msnm) concluyendo que el sexo femenino presentó un trastorno de la relajación del ventrículo izquierdo, y la función diastólica del ventrículo derecho está alterada en el sexo femenino y no en el masculino sugiriendo esto último una distinta adaptación cardiovascular a la altitud y a la hipoxia crónica.<sup>8</sup>

Dos estudios realizados en India y Tibet, evaluaron a personas residentes a gran altitud. El primero, estudió parámetros de función ventricular derecha e izquierda<sup>9</sup> y el segundo solamente evaluó las presiones pulmonares, en una población inmigrante con una exposición a la altura mayor de 15 años.<sup>10</sup>

En dos trabajos se realizaron estudios ecocardiográficos sobre la función y geometría ventricular izquierda en montañistas que ascendieron a más de 4500 msnm, antes y después de un periodo de aclimatación de 14 días.<sup>11</sup>

<sup>7</sup> Robert Naeije: Physiological Adaptation of the Cardiovascular System to High Altitude. Erasme University Hospital, Brussels, Belgium. *Progress in Cardiovascular Diseases* 52 (2010) 456–466

<sup>8</sup>García Díaz Germán M. Análisis De La Estructura Y Función Ventricular Izquierda En Pacientes Crónicamente Expuestos A Gran Altitud, Sin Patología Cardiovascular Concomitante. Facultad De Ciencias Médicas, Universidad Nacional De La Plata Argentina 2003.

<sup>9</sup>Sharma S. Indira Gandhi. Clinical, biochemical, electrocardiographic and noninvasive hemodynamic assessment of cardiovascular status in natives at high to extreme altitudes (3000 -5500m) of de Himalayan region. *Médical College, Shimla. Indian Heart J* 1990 Sep-Oct;42(5):375-9

<sup>10</sup>Pei SX, Chen XJ, Si Ren BZ, Liu YH, Cheng XS, Harris EM, Anand IS, Harris PC. Chronic mountain sickness in Tibet. Workers "Hospital of the Tibet Autonomous Region of the Peoples Republic of China, Lhasa, Tibet. *Q J Med* 1989 Jun; 71(266):555-74.

<sup>11</sup>Hirata K, Ban T, Jinnouchi Y, Kubo S. Echocardiographic assessment of left ventricular function and wall motion at high altitude in normal subjects. Department of Cardiovascular Surgery, Kyoto University Faculty of Medicine, Japán. *Am J C* 1991 *Cardiol Dec* 15;68(17):1962-7.

Uno de ellos que estudió 11 montañistas llevados a gran altura, objetivó la presencia de hipoquinesia del séptum interventricular en el estudio de la motilidad parietal segmentaria del ventrículo izquierdo, con una hiperquinesia compensatoria de la pared posterior del mismo. Se observó en dicho estudio que estas alteraciones persistían luego del periodo de aclimatación de 14 días a gran altitud. Asimismo también se evidenció un aumento significativo del gasto cardíaco en la altura persistiendo en menor medida posteriormente a los 14 días de aclimatación.<sup>12</sup>

En un estudio se ha investigado la estructura y función del ventrículo izquierdo a lo largo del tiempo, en hijos de padres hipertensos inicialmente normotensos durante un período de seguimiento de cinco años, en comparación con hijos homólogos de padres normotensos, los varones jóvenes, inicialmente delgados y normotensos hijos de hipertensos desarrollaron signos de disfunción diastólica en la ecocardiografía de doppler, sin que hubiera un aumento importante de la masa del VI.<sup>13</sup>

### **A NIVEL NACIONAL**

Algunas mediciones ecocardiográficas han sido también estudiadas en habitantes peruanos de gran altitud con diagnóstico de enfermedad de Monge, esta se define por la combinación de excesiva policitemia, retención de líquidos e hipoventilación relativa, acompañado por un aumento de la PAP en proporción a la disminución de la oxigenación arterial.

<sup>12</sup>Scognamiglio R, Ponchia a, Fasoli G, miraglia G. Changes in structure and function of the human left ventricle after acclimatization to high altitude. Department of Cardiology, University of Padua, Italy. Eur J Appl Physiol Occup Physiol 1991;62(2):73-6.

<sup>13</sup>Beat C. Aeschbacher, Damian Hutter. La Disfunción Diastólica Precede A La Hipertrofia Miocárdica En El Desarrollo De La Hipertensión. American Journal of Hypertension (Ed. Esp.) 2001; 3: 195-202

Los pacientes con Enfermedad de Monge presentaron gradientes transtricuspidos en promedio de 34 mmHg, que está en el rango reportado en tierras bajas climatizadas, y una dilatación del VD con un aumento del índice de Tei a un promedio de 0,54, mayor que reportado en habitantes sanos de gran altura, esto puede reflejar una alteración más importante de la función del VD.

Los recientes progresos en la ecocardiografía Doppler portátil ha puesto de manifiesto que estos sujetos pueden presentar hipertensión pulmonar hipóxica grave e inducir fallo agudo del corazón derecho a gran altitud, caracterizado por una dilatación de cavidades derechas con un desplazamiento del tabique, dilatación de la vena cava inferior con pérdida de colapso inspiratorio, lo que indica el aumento de la aurícula derecha y VD, reflejando una contracción asincrónica del VD.<sup>14</sup>

No existen estudios a nivel local.

### 1.3 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Las consecuencias de la hipoxia se manifiestan con un incremento en la frecuencia cardíaca, un aumento en la contractilidad miocárdica y en el gasto cardíaco en los primeros días. Luego de una aclimatación a la exposición a gran altitud, el gasto cardíaco disminuye en reposo y en

---

<sup>14</sup> Robert Naeije: Physiological Adaptation of the Cardiovascular System to High Altitude. Erasme University Hospital, Brussels, Belgium. Progress in Cardiovascular Diseases 52 (2010) 456–466

ejercicio en asociación con un descenso en el trabajo del ventrículo izquierdo, pero con un incremento en el trabajo ventricular derecho.<sup>15</sup>

Las interacciones ventriculares han sido correlacionadas indirectamente en pacientes con patología de un ventrículo y la disfunción diastólica del ventrículo vecina. La disfunción diastólica del ventrículo derecho se ha observado en condiciones patológicas que resultan en elevada presión del ventrículo izquierdo, tales como hipertensión sistémica, la estenosis aórtica y cardiomiopatía hipertrófica. También ha sido a la inversa en pacientes con el volumen o presión elevada del ventrículo derecho con alteración de la función diastólica ventricular izquierda. La disfunción diastólica ventricular derecha observada en los pacientes con insuficiencia cardíaca, puede ser causada indirectamente por coexistencia de una disfunción diastólica ventricular izquierda. Por ello la interacción ventricular diastólica puede jugar un papel importante en la progresión de la disfunción diastólica subclínica a la insuficiencia cardíaca clínica.<sup>16</sup>

En personas normales sometidas agudamente a gran altitud se evidenció ecocardiográficamente la presencia de una modificación en el patrón de llenado ventricular izquierdo con una disminución en la velocidad inicial del mismo (onda E mitral) y un aumento en la contribución auricular (onda A del flujograma mitral).<sup>17</sup>

<sup>15</sup>Hirata K, Ban T, Jinnouchi Y, Kubo S. Echocardiographic assessment of left ventricular function and wall motion at high altitude in normal subjects. Department of Cardiovascular Surgery, Kyoto University Faculty of Medicine, Japan. Am J C 1991 Cardiol Dec 15;68(17):1962-7.

<sup>16</sup>Schwarz Ernst R, Dashti Raja. The Clinical Quandary of Left and Right Ventricular Diastolic Dysfunction and Diastolic Heart Failure. Cardiovascular Journal of Africa. Vol 21, No 212 4, July/August 2010

<sup>17</sup>Boussuges A, Molenat F, Burnet H, Et al. Operation Everrest III: modifications of cardiac function secondary to altitude-induced hypoxia. An echocardiographic and Doppler study. Service de Reanimation Medicale et Hyperbarie, CHU Salvator, Marseille, France. Am J Respir Crit Care Med 2000 Jan;161(1):264-70.

Las variaciones en los patrones de llenado ventricular izquierdo nos determina alteraciones en la función diastólica, que aunados a una hipertensión pulmonar, propio de los habitantes de altura, nos indica mayor morbilidad de las mismas; y conocer estos parámetros nos ayudaría a mejorar la conducta a seguir para aminorar los índices de morbi-mortalidad de los habitantes de altura.

La disfunción diastólica del VI como una medida temprana de daño cardiaco se asocia comúnmente con la hipertensión y puede preceder el desarrollo de la hipertrofia del VI en la hipertensión. Alrededor de la mitad de los pacientes con insuficiencia cardíaca con fracción de eyección normal (ICFEP) o insuficiencia cardíaca diastólica, se asocian comúnmente con alteración de la relajación del VI y aumento de la rigidez diastólica. La disfunción diastólica e ICFEP se asocian comúnmente con la edad y la hipertensión y el aumento de la prevalencia en relación con estas condiciones. El control de la hipertensión parece ser la estrategia más efectiva en la mejora de la función diastólica y, posiblemente, para la reducción de la morbilidad y la mortalidad asociada con ICFEP.<sup>18</sup>

La identificación precoz de los sujetos con disfunción diastólica puede ayudar a estratificar el riesgo, a dirigir la terapia y a evitar la lesión de los órganos diana que pudieran presentarse a futuro.<sup>19</sup> Existen pruebas claras de que la valoración de la función diastólica sirve de gran ayuda para el

---

<sup>18</sup>Verma A, Solomon SD. Diastolic dysfunction as a link between hypertension and heart failure. *J Med Clin North Am.* 2009 May; 93(3):647-64.

<sup>19</sup>Beat C. Aeschbacher, Damian Hutter. La Disfunción Diastólica Precede A La Hipertrofia Miocárdica En El Desarrollo De La Hipertensión. *American Journal of Hypertension (Ed. Esp.)* 2001; 3: 195-202

tratamiento de los pacientes con enfermedades cardíacas avanzadas<sup>20</sup>, y que la mejoría de la función diastólica está relacionada con el éxito del tratamiento.<sup>21</sup>

Lo anterior mencionado nos indica la importancia de la función diastólica del ventrículo izquierdo como un importante factor diagnóstico, pronóstico y de seguimiento de múltiples patologías, sobre todo en pacientes que habitan en zonas de altura.

Considero importante conocer las alteraciones de la función diastólica del ventrículo izquierdo en pacientes con Mal de Montaña Crónico y en pacientes sanos crónicamente expuestos a gran altitud, porque nos brindaría información del compromiso cardíaco y con ello sistémico, en la valoración de los problemas que aquejan al habitante de altura y así poder dar una respuesta oportuna para mejorar su calidad de vida.

#### 1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

##### OBJETIVO GENERAL:

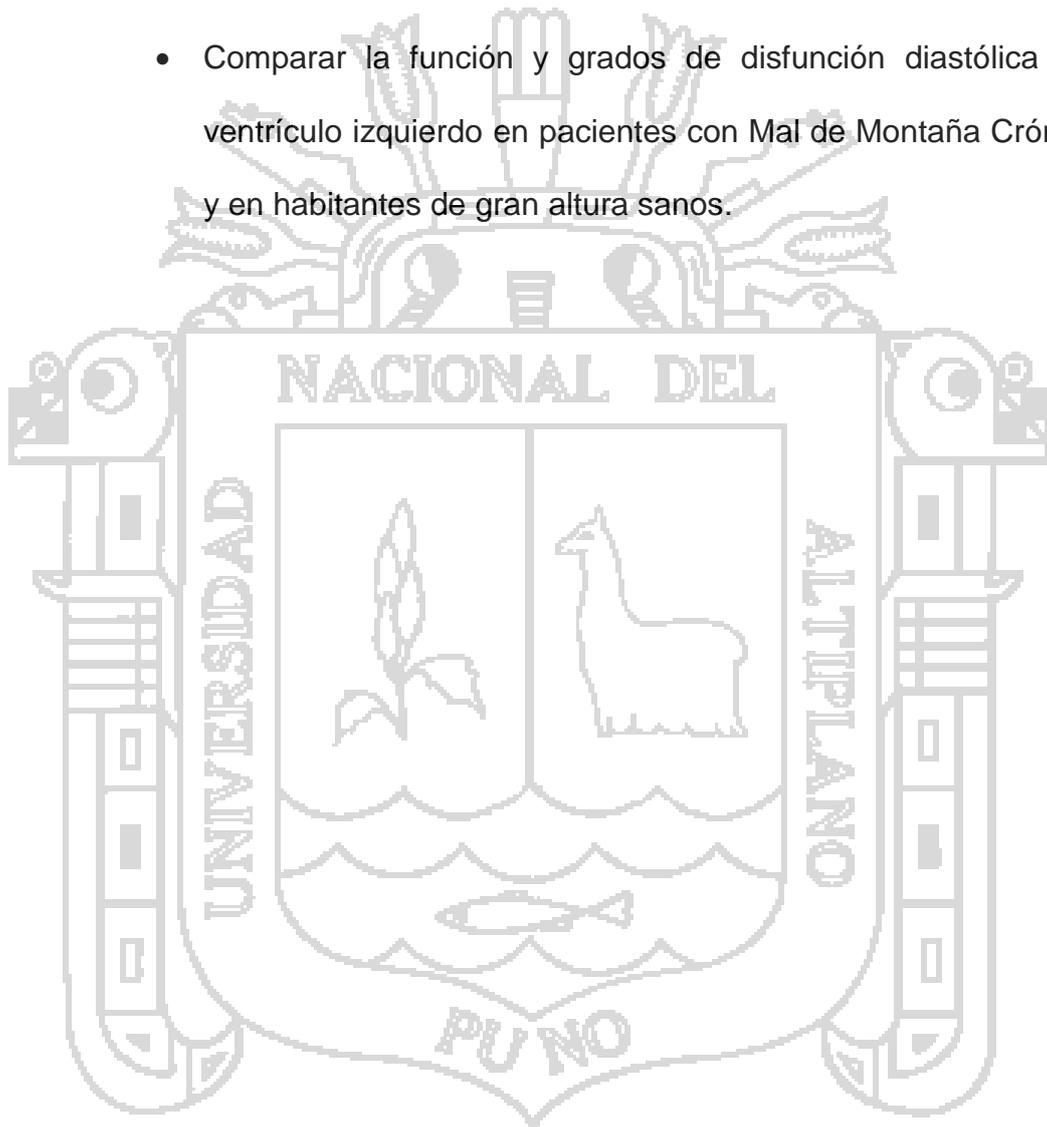
- Determinar por ecocardiografía, la función y grados de disfunción diastólica del ventrículo izquierdo en pacientes con Mal de Montaña Crónico y en habitantes de gran altura sanos, en el Hospital III EsSalud Juliaca-2013.

<sup>20</sup>Klein AL, Hatle LK, Taliencio CP, Oh JK, Kyle RA, Gerz MA, Bailey KR, Seward JB, Tajik AJ: Prognostic significance of Doppler measures of diastolic function in cardiac amyloidosis. A Doppler echocardiography study. *Circulation* 1991; 83: 808-816

<sup>21</sup>Pinamonti B, Zecchin M, Di Lenarda A, Gregori D, Sinagra G, Camerini F: Persistence of restrictive left ventricular filling pattern in dilated cardiomyopathy: an ominous prognostic sign. *J Am Coll Cardiol* 1997; 29: 604-612.

**OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Determinar por ecocardiografía, la función y grados de disfunción diastólica del ventrículo izquierdo en los pacientes según sexo.
- Comparar la función y grados de disfunción diastólica del ventrículo izquierdo en pacientes con Mal de Montaña Crónico y en habitantes de gran altura sanos.



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

#### 2.1 MARCO CONCEPTUAL

- **LA ACOMODACIÓN** es la respuesta inicial a la exposición aguda a la hipoxia de altura y se caracteriza por aumento de la ventilación y de la frecuencia cardiaca.
- **LA ACLIMATACIÓN** se presenta en los individuos que están temporalmente expuestos a la altura y, que en cierto grado, les permite tolerar la altura. En esta fase hay un incremento en la eritropoyesis, se incrementa la concentración de hemoglobina y mejora la capacidad de transporte de oxígeno, se le conoce también como aclimatación adquirida.
- **LA ADAPTACIÓN** es el proceso de aclimatación natural donde entran en juego las variaciones genéticas y la aclimatación que les permiten a los individuos nacer, crecer y reproducirse en la altura en forma natural y normal. Para conseguir la adaptación se requiere el paso de muchas generaciones.<sup>22</sup>

**ALTITUD:** altura geográfica expresada en metros sobre el nivel del mar (msnm); distinguiéndose:

- **GRAN ALTITUD:** Altura geográfica igual o superior a los 3.000 msnm e inferior a 5.500 msnm, en donde la mayoría de los individuos tiene cambios fisiológicos, anatómicos y bioquímicos reversibles.

<sup>22</sup> Gonzales Gustavo F. Hemoglobina Y Testosterona: Importancia En La Aclimatación Y Adaptación A La Altura. Rev Peru Med Exp Salud Pública. 2011; 28(1): 92-100.

- **EXTREMA ALTITUD:** Altura geográfica igual o superior a 5.500 msnm, en donde el ser humano no es capaz de aclimatarse, pero puede permanecer períodos cortos de tiempo con riesgo elevado para su salud.
- **FUNCIÓN DIASTÓLICA NORMAL:** Es la que permite un adecuado llenado ventricular, en reposo y en ejercicio, sin un incremento anormal de las presiones diastólicas.
- **DISFUNCIÓN DIASTÓLICA:** Es la condición en la cual, para mantener un gasto cardíaco normal, la presión de llenado se encuentra aumentada.

## 2.2 MARCO TEÓRICO

### INTERACCIÓN CARDIOPULMONAR

Los efectos directos de los cambios de la presión pulmonar en el corazón y los grandes vasos son más complejos de lo que pueda parecer a simple vista, ya que no son sólo estructuras por las que circula la sangre siguiendo leyes hidrodinámicas sencillas, sino que también son órganos distensibles, cuyo volumen fluctúa con los cambios de presión transmural. Además el corazón funciona como una bomba cuyo rendimiento depende de su precarga (llenado) y postcarga (aumento de presión que debe producir para conseguir un flujo adecuado) que también se ven influidos por las variaciones de presión intratorácica.

## EFFECTOS MECÁNICOS DE LOS MOVIMIENTOS TORÁCICOS EN EL SISTEMA CARDIOCIRCULATORIO.

### RETORNO VENOSO.

Existen varios mecanismos extra- e intra-torácicos relacionados con la respiración que influyen en el retorno venoso: la contracción de los músculos, las fluctuaciones en la presión abdominal y la alternancia de la presión torácica.

- **Contracción muscular:** Todos los músculos esqueléticos exprimen las venas durante la contracción impulsando la sangre hacia el corazón debido a la presencia de válvulas venosas que impiden el flujo retrógrado. Este fenómeno también ocurre con la contracción de los músculos respiratorios, aunque su magnitud no es muy significativa.
- **Aumento de la presión abdominal:** Mucho más relevante es el efecto de la contracción del diafragma, y cuando ocurre, la de los músculos de la pared abdominal sobre las vísceras abdominales. También en este caso la orientación de las válvulas venosas hace que la sangre circule hacia el corazón. En respiraciones vigorosas como la tos y en los primeros instantes tras una maniobra de Valsalva, la compresión del abdomen produce un flujo venoso considerable. El aumento de la presión abdominal no colapsa la vena

cava inferior porque se mantiene abierta de forma activa por el diafragma en el punto de entrada en el tórax.<sup>23</sup>

- **Alternancia de la presión intratorácica:** El retorno venoso aumenta cuando disminuye la presión dentro del tórax durante la inspiración y lo contrario ocurre durante la espiración al aumentar la presión pleural.

Los cambios en la presión dentro del tórax modifican el flujo venoso a la aurícula derecha de forma que en la inspiración aumenta y en la espiración decrece. En las inspiraciones profundas es posible que las venas extratorácicas se colapsen parcialmente, particularmente las venas del territorio de la cava superior.

#### **VENTRÍCULO DERECHO**

- **PRECARGA DEL VENTRÍCULO DERECHO:**

La inspiración normal en reposo causa un aumento del volumen telediastólico del ventrículo derecho por aumento de la precarga. La consecuencia es un aumento del gasto cardíaco en el circuito derecho. El aumento de la presión intratorácica durante la espiración reduce el retorno venoso y por tanto la precarga.<sup>24</sup>

- **POSTCARGA DEL VENTRÍCULO DERECHO:**

La postcarga del ventrículo derecho aumenta durante la inspiración pues aumentan las resistencias vasculares pulmonares, debido a la distensión de los espacios aéreos. Este fenómeno es algo menos

<sup>23</sup>Richard CH, Teboul JL, Archambaud F, et al. Left ventricular function during weaning of patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Intensive Care Med* 1994; 20:181-186.

<sup>24</sup>Madden JA, Dawson CA, Harder DR. Hypoxia-induced activation in small isolated pulmonary arteries from the cat. *J Appl Physiol* 1985; 59:113-118

acusado en bipedestación porque, aunque las zonas de los pulmones que están por debajo del corazón experimentan mayor cambio de volumen, también desciende la posición relativa de los pulmones respecto del corazón en la inspiración, aumentando la presión hidrostática, lo que favorece el reclutamiento vascular. La dilatación y reclutamiento vascular son fenómenos de importancia fisiológica en situaciones en las que se eleva el gasto cardíaco, como en el ejercicio,

- **DISTENSIBILIDAD DE LA FOSA CARDIACA:**

Existen numerosas evidencias de que ambos ventrículos interactúan funcionalmente dependiendo de la forma de cada uno. El análisis de la compliance del pericardio parece mostrar que esta membrana no llega a limitar la expansión cardíaca, aunque el ligamento pericárdico sí pueda servir para estabilizar el corazón en las distintas posiciones que puede adoptar el cuerpo en condiciones fisiológicas. De hecho son las estructuras que componen la fosa cardíaca (el espacio anatómico formado por el lecho del corazón en los pulmones, el diafragma y el esternón) las que actúan como horma de la expansión del corazón y por ello la interacción entre los ventrículos sufre variaciones con el ciclo respiratorio al volverse más rígida la fosa cardíaca a medida que aumenta el volumen pulmonar.<sup>25</sup>

Los cambios de rigidez parecen uno de los mecanismos que contribuyen a estabilizar el gasto durante la respiración, durante la inspiración aumenta la precarga del ventrículo derecho y en

---

<sup>25</sup>Eisensehr I, Ehrenberg BL, Noachtar S, Korbett K, Byrne A, McAuley A et al. Platelet activation, epinephrine, and blood pressure in obstructive sleep apnea syndrome. *Neurology* 1998; 51(1):188-195.

consecuencia su volumen tele-diastólico, pero siendo menos deformable la fosa cardiaca este aumento de volumen telediastólico se traduce en una abombamiento mayor del tabique interventricular hacia el ventrículo izquierdo, lo que reduce su volumen amortiguando el efecto sobre el gasto cardiaco. Por el contrario, durante la espiración el aumento de la presión en el tórax limita el retorno venoso al ventrículo derecho, pero en esta fase del ciclo respiratorio la mayor distensibilidad de la fosa cardiaca permite un mayor llenado del ventrículo izquierdo.

De esta manera los efectos contrapuestos de los movimientos respiratorios sobre el retorno venoso y el volumen tele-diastólico del ventrículo izquierdo reducen la amplitud de las oscilaciones en el gasto cardiaco, particularmente con los suspiros, ronquidos, la tos o al hablar. Este efecto estabilizador es particularmente importante en ejercicio en el que el flujo de retorno venoso es mayor.

## **VENTRÍCULO IZQUIERDO**

- **PRECARGA DEL VENTRÍCULO IZQUIERDO:**

La precarga del ventrículo izquierdo está determinada también por el balance entre el retorno venoso y los cambios de volumen de las venas pulmonares. Los segmentos extrapulmonares de estas venas son muy deformables y tienen una elevada capacitancia, llenándose en la inspiración, con lo que se reduce el flujo a la aurícula izquierda,

y vaciándose en espiración contribuyendo también a compensar los efectos de los cambios de presión pleural sobre el gasto cardiaco.<sup>26</sup>

Hay evidencias que sugieren que justo a la salida de los pulmones las venas pulmonares pueden colapsarse y limitar el flujo sanguíneo de forma parecida a lo que ocurría con la vena cava superior.

- **POSTCARGA DEL VENTRÍCULO IZQUIERDO:**

A medida que la presión que rodea el corazón aumenta, disminuye la presión transmural y por tanto la postcarga y lo contrario ocurre cuando la presión intratorácica baja. El efecto difiere en función del momento del ciclo cardíaco. En la sístole la aorta está en comunicación con el ventrículo izquierdo y por ello los cambios de presión pleural se traducen directamente en cambios en el flujo y la presión sistólica. En diástole cuando la presión pleural aumenta, la presión del ventrículo izquierdo se hace mayor también y la diferencia entre la presión diastólica del ventrículo y de la aorta disminuye (la aorta al estar en comunicación con las arterias extratorácicas tiene un régimen de presiones similar a ellas, aunque se ve afectada por los cambios de presión en el tórax, estos cambios son pequeños debido a la rigidez de su pared y por tanto la válvula aórtica se abre antes y está más tiempo abierta. Lo contrario ocurre durante la inspiración.

Este mecanismo junto a las diferencias de llenado del ventrículo izquierdo son la causa de las oscilaciones respiratorias del pulso. En situaciones en las que se producen grandes cambios de la presión

---

<sup>26</sup>Braun B, Rock PB, Zamudio S, Wolfel GE, Mazzeo RS, Muza SR et al. Women at altitude: short-term exposure to hypoxia and/or alpha(1)-adrenergic blockade reduces insulin sensitivity. J Appl Physiol 2001; 91(2):623-631.

intratorácica, como en la EPOC grave o la crisis asmática, el aumento inspiratorio la postcarga del ventrículo izquierdo (por aumento de la presión transmural) podría reducir el volumen sistólico.<sup>27</sup>

## VASOS SANGUÍNEOS

- **Aorta:** Los efectos de los cambios de presión intratorácicos también afectan a la aorta de manera diferente según el ciclo cardiaco. En diástole, cuando la válvula aórtica está cerrada, la inspiración aumenta el volumen de la aorta intratorácica, reduciendo el gasto cardiaco. Dada la magnitud de los cambios de presión pleural y la reducida distensibilidad de la aorta, el efecto es pequeño durante la respiración corriente.
- **Vasos pulmonares:** son capaces de mitigar las oscilaciones del gasto cardíaco que se producirían por los cambios de presión en el tórax. La distensión y compresión alternativa de los vasos pulmonares durante la respiración, particularmente durante el ejercicio en que los cambios de presión son más acusados, actúan como una bomba suplementaria contribuyendo al desplazamiento de la sangre de forma análoga a lo que ocurre con las venas periférica durante la contracción de los músculos esqueléticos.<sup>28</sup>

## CICLO CARDIACO

<sup>27</sup>Chin K, Shimizu K, Nakamura T, Narai N, Masuzaki H, Ogawa Y et al. Changes in intra-abdominal visceral fat and serum leptin levels in patients with obstructive sleep apnea syndrome following nasal continuous positive airway pressure therapy. *Circulation* 1999; 100(7):706-712.

<sup>28</sup>Pino F. García Río. *Interacción Cardiopulmonar Y Transporte Gaseoso*. Rev Edita Sanitaria 2006; 1-203

La sístole cardíaca se inicia con el cierre de la válvula mitral y termina con el cierre de la válvula aórtica; consta de un período de contracción isovolumétrica cuyo final es marcado por la apertura de la válvula aórtica, un período de eyección rápida y un período de eyección lenta.

Los determinantes de la contracción cardíaca son bien conocidos:

- La precarga: longitud de la fibra antes de la contracción;
- La postcarga: cargas contra las cuales debe verificarse la eyección del ventrículo
- La contractilidad: fenómenos mecánicos y bioquímicos del músculo mismo.

Actualmente se piensa que estos tres factores no son completamente independientes entre sí pues tienen un substrato bioquímico común: interrelaciones del calcio con los elementos contráctiles.

La calidad de la eyección depende en buena parte de los eventos de la diástole (por ejemplo la precarga). Después de la eyección el músculo debe relajarse para ser llenado. La relajación del músculo empieza verdaderamente en la última parte de la sístole y se prolonga hasta la fase de llenado rápido, proceso activo dado por la salida del calcio de su sitio en la unión actina-miosina y su recaptación por el retículo sarcoplásmico.

Después de la relajación isovolumétrica y la fase de llenado rápido viene un período de llenado pasivo, la diástasis, para terminar la diástole con la fase de contracción auricular. El llenado rápido provee el 75% del volumen de diástole, la diástasis el 10% y la contracción auricular el 15%, normalmente.

El desempeño óptimo del ventrículo izquierdo depende de su capacidad para alternar entre dos estados:

1. Una cámara distensible durante la diástole que permite el llenado ventricular con bajas presiones en la AI; y
2. Una cámara rígida (con una presión de rápido incremento) en sístole, que eyecta el volumen sistólico a presiones arteriales.

El ventrículo posee dos funciones alternantes: eyección sistólica y llenado diastólico. De manera adicional, el volumen sistólico debe incrementarse en respuesta a ciertas demandas, tales como el ejercicio, sin incrementos considerables en la presión de la AI.<sup>29</sup>

En el análisis de la disfunción diastólica deben señalarse dos aspectos: la relajación (proceso activo) y los factores que producen la rigidez de la cavidad ventricular (factores pasivos).

La relajación es un proceso activo y muy complejo dependiente de tres factores básicos:

- Condiciones de carga durante la última parte de la sístole, la relajación isovolumétrica y parte de la fase de llenado rápido.
- El proceso de desactivación de la unión del calcio con la actina-miosina y la recaptación del calcio.
- La uniformidad de la relajación.

---

<sup>29</sup> Nagueh Sherif F. Appleton Christopher P. Recomendaciones Para La Evaluación De La Función Diastólica Del Ventrículo Izquierdo Por Ecocardiografía. Asociación De Ecocardiografía De La Sociedad Interamericana De Cardiología (Ecosiac). J Am Soc Echocardiogr 2009; 22:107-133

Las hipertrofias, la enfermedad coronaria y las insuficiencias valvulares mitral o aórtica agudas son las causas más frecuentes de disfunción diastólica. Estas entidades producen en mayor o menor grado alteraciones de la relajación y/o de las condiciones de rigidez del músculo.

La principal consecuencia fisiológica de la disfunción diastólica es el incremento en las presiones de llenado<sup>30</sup>. Las presiones de llenado se consideran elevadas cuando la presión media de enclavamiento capilar pulmonar (presión wedge, PMECP) es >12 mm Hg. La elevación en las presiones de llenado inducida por el ejercicio limita la capacidad de ejercicio y puede ser un indicador de disfunción diastólica. Las presiones de llenado del VI están determinadas principalmente por el llenado y por las propiedades pasivas de la pared del VI, pero podrían estar moduladas, además, por la relajación miocárdica incompleta y por las variaciones en el tono miocárdico durante la diástole.

#### **DISFUNCIÓN DIASTOLICA.**

La prevalencia de anomalías diastólicas y disfunción diastólica son mayor que el de la disfunción sistólica y se incrementan en los ancianos. Sin embargo, en ausencia de factores de riesgo para las anomalías diastólicas o disfunción diastólica como la hipertrofia del ventrículo izquierdo, hipertensión arterial, enfermedad de la arteria coronaria, la

---

<sup>30</sup>Kuznetsova T, Herbots L, Jin Y, Stolarz-Skrzypek K, Staessen JA. Systolic and diastolic left ventricular dysfunction: from risk factors to overt heart failure. *Expert Rev Cardiovasc Ther.* 2010; 8(2):251-8.

obesidad y la diabetes; la enfermedad es rara, incluso en sujetos de edad avanzada.<sup>31</sup>

La disfunción diastólica está presente en la mitad de los pacientes con hipertensión y se ha demostrado que se asocia con aumento de la morbilidad y mortalidad cardiovascular, así como el desarrollo de la insuficiencia cardíaca. Con la alta prevalencia de la hipertensión y sus complicaciones asociadas, el tratamiento de la disfunción diastólica en la hipertensión es un objetivo importante y deseable.<sup>32</sup>

La enfermedad cardíaca es a menudo asintomática; siendo la disfunción diastólica ventricular izquierda el deterioro cardíaco más temprano. Varias enfermedades sistémicas y cardíacas causan un deterioro de llenado del ventrículo izquierdo o de la capacidad de mantener el gasto cardíaco, sin un aumento en la presión diastólica final. La prevalencia de la disfunción diastólica parece ser más alta que la disfunción sistólica en la mayoría de los estudios. Muchas de las condiciones fisiológicas (edad, sexo y peso corporal), y procesos patológicos, como las enfermedades cardíacas o sistémicas, pueden aumentar la incidencia de la disfunción diastólica. El diagnóstico precoz de la insuficiencia diastólica del ventrículo izquierdo se ha demostrado que tiene importantes implicaciones terapéuticas. Esto tienen particular relevancia pronóstica ya que la disfunción diastólica puede

---

<sup>31</sup>M. Fischer, A. Baessler. Prevalence of Left Ventricular Diastolic Dysfunction in the Community Results from a Doppler Echocardiographic-Based Survey of a Population Sample. *European Heart Journal* (2003) 24, 320–328

<sup>32</sup>Ginelli P, Bella JN. Treatment of diastolic dysfunction in hypertension. Department of Medicine, Bronx-Lebanon Hospital Center and Albert Einstein College of Medicine, Bronx, NY, USA. 2011.

permanecer asintomática durante un largo período antes de que resulta en insuficiencia cardíaca manifiesta.<sup>33</sup>

La disfunción diastólica del VI puede manifestarse como relajación lenta del VI, lento el llenado del VI o alta rigidez diastólica del VI. Anormalidades diastólicas se han descrito en el corazón senescente, en la insuficiencia cardíaca con fracción de eyección conservada, en fibrilación auricular, en la miocardiopatía diabética, en estenosis de la válvula aórtica, en la miocardiopatía hipertrófica, así como en la enfermedad de Fabry.<sup>34</sup>

En otro estudio control con pacientes portadores de artritis reumatoide y sanos el hallazgo más importante fue la frecuencia incrementada de disfunción diastólica ventricular izquierda en los pacientes con AR, comparados con los controles.<sup>35</sup>

Una gran proporción de individuos, con edad entre 60 y 80 años, presenta función diastólica normal por el análisis Doppler-ecocardiográfico del flujo mitral. Adultos sanos, portadores de disfunción diastólica del VI del tipo alteración de la relajación, exhiben mayor diámetro de la raíz de la aorta e intervalo PR más prolongado.<sup>36</sup>

La disfunción diastólica del VI como una medida temprana de daño cardiaco se asocia comúnmente con la hipertensión y puede preceder el desarrollo de la hipertrofia del VI en la hipertensión. Alrededor de la mitad de los

<sup>33</sup>Caserta MA, Milan A, Naso D, Magnino C, ET AL. Left ventricular diastolic function and dysfunction: a single cardiac target for various systemic diseases. *G Ital Cardiol (Rome)*. 2007 May;8(5):279-98.

<sup>34</sup>Czuriga D, Paulus WJ, Czuriga I, Édes I, Papp Z, Borbély A. Cellular mechanisms for diastolic dysfunction in the human heart. *J Curr Pharm Biotechnol*. 2012 Oct;13(13):2532-8.

<sup>35</sup> Lascano C, Alba P. Disfunción Diastólica Ventricular Izquierda En La Artritis Reumatoidea. Universidad Nacional De Córdoba. Córdoba. Argentina, *Revista De La Facultad De Ciencias Médicas* 2009; 66(2): 58-65

<sup>36</sup>Alves-Silva Luiz S. Nassri Camara Edmundo J. Frecuencia De Disfunción Diastólica Del Ventrículo Izquierdo Por Doppler Mitral En Adultos Sanos. *Arq Bras Cardiol* 2009; 93(4) : 321-326

pacientes con insuficiencia cardíaca con fracción de eyección normal (ICFEP) o insuficiencia cardíaca diastólica, se asocian comúnmente con alteración de la relajación del VI y aumento de la rigidez diastólica. La disfunción diastólica e ICFEP se asocian comúnmente con la edad y la hipertensión y el aumento de la prevalencia en relación con estas condiciones. El control de la hipertensión parece ser la estrategia más efectiva en la mejora de la función diastólica y, posiblemente, para la reducción de la morbilidad y la mortalidad asociada con ICFEP.<sup>37</sup>

### **ADAPTACIÓN FISIOLÓGICA DEL SISTEMA CARDIOVASCULAR A GRAN ALTURA MORFOLOGÍA Y LA FUNCIÓN CARDIACA EN HIPOXIA**

La hipoxia sostenida ejerce efectos opuestos sobre la circulación sistémica y el músculo liso vascular pulmonar, provocando la vasodilatación en la circulación sistémica, pero la vasoconstricción y remodelación estructural consecuente en la circulación pulmonar. La hipertensión pulmonar se desarrolla como resultado de la hipoxia crónica, mientras que la presión arterial sistémica es normal o incluso por debajo normales en sujetos bien adaptados. En investigaciones fiables sobre el efecto de gran altura en el sistema cardiopulmonar informaron que primero los hombres y mujeres sanos que viven en gran altura tienen algún grado de hipertensión pulmonar e hipertrofia VD. Estas observaciones fueron confirmadas en personas que

---

<sup>37</sup>Verma A, Solomon SD. Diastolic dysfunction as a link between hypertension and heart failure. *J Med Clin North Am.* 2009 May; 93(3):647-64.

viven en los andes del Perú, en residentes que viven a gran altura en el Estados Unidos, y en residentes temporales en el Himalaya.<sup>38</sup>

La altitud crítica para el desarrollo de hipertensión pulmonar y de la hipertrofia del VD en los hombres puede ser de 3000 msnm. La hipertrofia crónica del VD inducida por la gran altitud, es una adaptación beneficiosa, permitiendo que el VD responder adecuadamente a un aumento de la postcarga y para mantener un gasto cardíaco normal.

Los resultados de estudios en altura demostraron una dilatación marcada del VD, que se asocia con un aumento de la presión arterial pulmonar que se desarrolla a gran altura por la hipoxia inducida por la vasoconstricción pulmonar. Debido a la interdependencia ventricular y a la restricción pericárdica, la sobrecarga de presión del VD puede causar un paradójico desplazamiento del tabique interventricular hacia el VI, lo que retrasa el llenado del VI y la reducción del volumen diastólico del VI, con la posterior reducción de la presión de llenado del VI y de las dimensiones del volumen sistólico y cardíaco.<sup>39</sup>

Las mediciones ecocardiográficas en reposo en voluntarios sanos a alturas simuladas de 5.000 m y a 8000 m mostró una frecuencia cardíaca aumentada en todas las altitudes, acompañados por una disminución en el volumen sistólico, y el gasto cardíaco se mantuvo sin cambios. La onda E mitral disminuyó, y la relación E/A se redujo, lo que sugiere una alteración en la función diastólica.

<sup>38</sup>B. Ostadal, F. Kolar: Cardiac adaptation to chronic high-altitude hypoxia: Beneficial and adverse effects. Rev Elsevier Respiratory Physiology-Neurobiology 158 (2007) 224–236

<sup>39</sup> S.T. de Vries, S.A. Kleijn: Impact of high altitude on echocardiographically determined cardiac morphology and function in patients with coronary artery disease and healthy controls. European Journal of Echocardiography (2010) 11, 446–450

Los volúmenes telesistólico y telediastólico ventricular izquierda disminuyeron, y también existe una disminución del volumen telediastólico del ventrículo derecho. La proporción de volúmenes telediastólicos de VD a VI tendió a aumentar. La fracción de eyección y porcentaje de acortamiento fraccional del VI tendió a aumentar. En conjunto, estas medidas reportaron disminución de la precarga de ambos ventrículos, pero mostraron un patrón anormal de llenado del VI con el llenado temprano disminuido y una mayor contribución de la contracción auricular, sin elevación de la presión diastólica final del VI y preservado la contractilidad del VI.<sup>40</sup>

Estos resultados sugieren que la exposición hipóxica a corto plazo está asociada a una función sistólica del VD conservado, ya sea mediada simpáticamente o a la adaptación homeométrica a la hipertensión pulmonar leve. Las alteraciones tempranas en la función diastólica del VD probablemente reflejan un aumento de la postcarga.

En resultados de mediciones en 15 habitantes sanos de gran altitud del altiplano boliviano, a aproximadamente 4.000 msnm, se encontró que los indígenas presentaron relativamente menor PAP y la saturación de oxígeno superior, pero una alteración más pronunciada en los índices de la función diastólica de ambos ventrículos, una fracción de eyección del ventrículo izquierdo disminuida, disminución de la TAPSE y la onda S anillo tricúspide, y aumento del índice de Tei-VD.

La presión de llenado del VI estimada fue algo menor en los nativos de altura. Por lo tanto, la adaptación cardíaca a la altura es cualitativamente

---

<sup>40</sup> Robert Naeije: Physiological Adaptation of the Cardiovascular System to High Altitude. Erasme University Hospital, Brussels, Belgium. Progress in Cardiovascular Diseases 52 (2010) 456–466

similar, con el deterioro leve pero significativo de los índices tanto de la función sistólica y diastólica en nativos de gran altura, a pesar de la hipertensión pulmonar menos marcada y una mejor oxigenación.

Los autores explican estos resultados por los efectos combinados de un menor grado de activación del sistema nervioso simpático, relativa hipovolemia, y puede haber algunos efectos inotrópicos negativos de una exposición hipóxica de larga duración.

Estudios ecocardiográficos en habitantes peruanos de gran altitud con diagnóstico de enfermedad de Monge, presentaron gradientes transtricuspidales en promedio de 34 mmHg, que está en el rango reportado en tierras bajas climatizadas, y una dilatación del VD con un aumento del índice de Tei a un promedio de 0.54, mayor que reportado en habitantes sanos de gran altura, esto puede reflejar una alteración más importante de la función del VD.

Los recientes progresos en la ecocardiografía Doppler portátil ha puesto de manifiesto que estos sujetos pueden presentar hipertensión pulmonar hipóxica grave e inducir fallo agudo del corazón derecho a gran altitud, caracterizado por una dilatación de cavidades derechas con un desplazamiento del tabique, dilatación de la vena cava inferior con pérdida de colapso inspiratorio, lo que indica el aumento de la aurícula derecha y VD, reflejando una contracción asincrónica del VD.

En resumen, la exposición hipóxica aguda es generalmente asociada con la hipertensión pulmonar leve, el aumento de frecuencia cardiaca, disminución del volumen sistólico, el aumento de los índices de la función

sistólica del VI, patrones de función y llenado diastólico alterado sin el aumento de las presiones de llenado en ambos ventrículos. Estos cambios se explican por los efectos combinados del aumento de la PAP, la activación del sistema nervioso simpático, y adaptación homeométrica de la función del VD a la postcarga e hipovolemia. La adaptación de la función cardíaca incluso en nativos de altura con hipertensión pulmonar leve es cualitativamente similar, a pesar de que los índices de la presión arterial sistólica y la función diastólica de ambos ventrículos parecían estar un poco deprimidos. Estas diferencias se explican por un diferente nivel de tono nervioso simpático, disminución precarga y, posiblemente, efectos cardíacos directos de toda la vida con privación de oxígeno.<sup>41</sup>

### **FUNCION DIASTOLICA EN LA HIPOXIA**

La comprensión de las alteraciones en el metabolismo cardíaco y la función cardíaca asociada a la exposición crónica a la hipoxia de altura puede estar asociada con aumento de la demanda metabólica (por ejemplo, hipertrofia cardíaca, taquicardia sostenida), o reducido el suministro de oxígeno. Por lo tanto, es posible que la menor disponibilidad de oxígeno celular pueda contribuir a insuficiencia contráctil. Se ha demostrado que la hipoxia hipobárica está asociada con cambios sostenidos, pero reversible en los volúmenes cardíacos, función y metabolismo energético en individuos jóvenes sanos. La disminución de la fosfocreatina cardíaca -ATP (PCr / ATP), causado por una baja disponibilidad de oxígeno y la reducción de la masa cardíaca y capacidad oxidativa mitocondrial, puede ser la base de la

---

<sup>41</sup> Robert Naeije: Physiological Adaptation of the Cardiovascular System to High Altitude. Erasme University Hospital, Brussels, Belgium. Progress in Cardiovascular Diseases 52 (2010) 456–466

disfunción diastólica observada después de la exposición a la hipoxia de altitud.<sup>42</sup>

Las caídas en el volumen sistólico inducidas por hipoxia crónica tanto en reposo como en ejercicio se asocian con la reducción de las dimensiones del ventrículo izquierdo y la presión de llenado. Una explicación obvia de esto es la reducción en el volumen de plasma observada a gran altura, y la función sistólica ventricular anormal. El aumento de la resistencia vascular pulmonar conduce a la sobrecarga de presión del ventrículo derecho; esto puede deteriorar la función del ventrículo derecho, y reducir el volumen sistólico y el retorno venoso a la aurícula izquierda<sup>43</sup>. La interacción entre los ventrículos derecho e izquierdo, que comparten un tabique común está potencialmente limitada en volumen por el pericardio, lo que puede poner en peligro el llenado diastólico del ventrículo izquierdo, como consecuencia de la sobrecarga de presión ventricular derecha.<sup>44</sup>

## **MAL DE MONTAÑA CRÓNICO Ó ENFERMEDAD DE MONGE**

### **DEFINICION**

Es un síndrome clínico que se caracteriza por una eritrocitosis excesiva (Hb mujeres > 19 g/dl Hb hombres > 21 g/dl), severa hipoxemia y en algunos casos hipertensión pulmonar severa o moderada.<sup>45</sup>

### **ETIOLOGÍA**

<sup>42</sup>Holloway Cameron J. Montgomery Hugh E. Cardiac Response to Hypobaric Hypoxia: Persistent Changes in Cardiac Mass, Function, and Energy Metabolism after a Trek to Mt. Everest Base Camp. The FASEB Journal Research Communication Mt. Everest Base Camp. Faseb J. 25, 792-796 (2011)

<sup>43</sup>Maggiorini M. Cardio-pulmonary interactions at high altitude. Pulmonary hypertension as a common denominator. Adv Exp Med Biol. 2003;543:177-89.

<sup>44</sup>Gibbs JS. Biventricular function at high altitude: implications for regulation of stroke volume in chronic hypoxia. Adv Exp Med Biol. 2007; 618:13-24

<sup>45</sup>Wu T.Y., Chen Q.H., Li W.S., Wei C.Y., Li Y., Wang X.Z., Chui Z.Z., Zhao G.C., GonDong, and Jin Y.S. The study of diagnostic criteria of chronic mountain sickness. Xining, China 2004. Chin. J. High Alt. Med. 7:16.

En ausencia de enfermedad pulmonar se acepta a la hipoventilación como causa principal del MMC.<sup>46</sup>

## EPIDEMIOLOGIA

En la ciudad minera Cerro Pasco (4300 m), 475 hombres adultos fueron encuestados y la mayoría de los encuestados presentaba síntomas de MMC (en ellos se desarrolló un puntaje basado en los signos y síntomas más importantes del MMC) y se les midió la SaO<sub>2</sub> y la hemoglobina.<sup>47</sup>

La frecuencia del MMC en Cerro de Pasco fue de 15.6%. Los datos epidemiológicos en el Tibet revelan considerables variaciones en la prevalencia del MMC entre las diversas regiones del mundo. La prevalencia del MMC en nativos del altiplano tibetano de Qhingai es sólo el 12.1% comparada con 5.59% en los inmigrantes chinos de la etnia HAN.

## FISIOPATOLOGIA

La explicación fisiopatológica para la aparición del MMC se basa en la secuencia de hipoventilación a hipoxemia (baja presión arterial de O<sub>2</sub>, PaO<sub>2</sub>) a eritrocitosis excesiva. Estos eventos se sucederían en el enfermo como un sistema de regulación positiva sin fin.

La hiperventilación es un rasgo característico de habitantes de altura sanos. Una reducción gradual de la hiperventilación que varía a una hipoventilación relativa es el mecanismo inicial probable de una cascada de eventos que conduce a un deterioro progresivo de la adaptación y el desarrollo de Mal

<sup>46</sup> Arregui Alberto, León Velarde Fabiola. Mal De Montaña Crónico Entre Mineros De Cerro De Pasco: Evidencias Epidemiológicas Y Fisiológicas. Rev Med Hered 1990; 1 (1)

<sup>47</sup> Arregui Alberto, León Velarde Fabiola. Mal De Montaña Crónico Entre Mineros De Cerro De Pasco: Evidencias Epidemiológicas Y Fisiológicas. Rev Med Hered 1990; 1 (1)

de Montaña Crónico. El menor nivel de ventilación alveolar es inducido por hipoxemia de mayor grado, como consecuencia, hay una mayor respuesta de eritropoyetina, policitemia exagerada, y un mayor grado de hipertensión pulmonar. La compleja interacción de las vías respiratorias y cambios hematológicos induce la aparición de síntomas neuropsíquicos.<sup>48</sup>

El MMC es una variedad de hipoventilación alveolar crónica que resulta en un síndrome complejo que integra 4 componentes principales:

- **Funciones respiratorias:** se caracterizan por hipoventilación alveolar, relativa hipercapnia, desajuste V / Q, gradiente pO<sub>2</sub> ( A-a ) amplio, y el aumento de la hipoxemia .
- **Hematológica:** se caracterizan por policitemia excesiva, el aumento de la viscosidad sanguínea y aumento del volumen sanguíneo pulmonar.
- **Cardiopulmonar:** incluyen hipertensión pulmonar moderada o grave e hipertrofia del VD, que puede evolucionar a cor pulmonale hipóxico e insuficiencia cardiaca.
- **Neuropsíquico:** los síntomas incluyen trastornos del sueño, dolor de cabeza, mareos, y fatiga mental.

El complejo sintomático del MMC puede resultar como una complicación que se desarrolla a partir de otros síndromes de hipoventilación alveolar

<sup>48</sup>Penaloza Dante; Arias-Stella Javier. The Heart And Pulmonary Circulation At High Altitudes American Heart Association, Inc. 2006. Rev Circulation. 2007;115:1132-1146

crónicas tales como las enfermedades pulmonares obstructivas crónicas, obesidad, síndrome de Down, síndrome de apnea obstructiva del sueño, trastornos neuromusculares, y deformidades de la pared torácica.

## CUADRO CLINICO

- **Síntomas:** dolor de cabeza, mareos, sofocaciones o palpitaciones, disturbios del sueño, fatiga, cianosis localizada, quemazón en las palmas de las manos y las plantas de los pies, dilatación de las venas, dolor muscular y articular, pérdida de apetito, falta de concentración mental, alteraciones de la memoria.
- **Signos:** eritrocitosis excesiva (mujeres, Hb>19g/dl hombres, Hb>21g/dl), hipoxemia severa, hipertensión pulmonar de altura (no obligatoria), insuficiencia cardíaca (no obligatoria).

## DIAGNOSTICO

### Criterios de Diagnóstico

Por acuerdo internacional (Xining, China 2004) se usa el puntaje de Xining (Xining store):<sup>49</sup>

- Tiene usted dificultad para respirar (siente que le falta el aire) o palpitaciones del corazón:
  0. No tiene dificultad para respirar y no tuvo palpitaciones
  1. Poca dificultad para respirar y/o palpitaciones
  2. Moderada dificultad para respirar y/o palpitaciones

<sup>49</sup>Wu T.Y., Chen Q.H., Li W.S., Wei C.Y., Li Y., Wang X.Z., Chui Z.Z., Zhao G.C., GonDong, and Jin Y.S. The study of diagnostic criteria of chronic mountain sickness. Xining, China 2004. Chin. J. High Alt. Med. 7:16.

3. Severa dificultad para respirar y/o palpitaciones
- Tiene alguna dificultad para dormir
    0. Durmió como de costumbre
    1. No durmió tan bien como de costumbre
    2. Despertó muchas veces, escaso sueño
    3. No pudo dormir.
  - Tiene usted cianosis: La cara/ manos se han puesto azul o moradas
    0. No
    1. Poco
    2. Moderado
    3. Severo
  - Presenta usted dilatación de venas manos/ pies:
    0. No presenta dilatación de venas
    1. Ligera dilatación de venas
    2. Moderada dilatación de venas
    3. Severa dilatación de venas
  - Presenta usted Parestesia (le queman/ arden plantas de pies/ manos):
    0. No presenta parestesia
    1. Presentó ligera parestesia
    2. Moderada parestesia
    3. Severa parestesia
  - Tiene usted dolor de cabeza
    0. No presenta dolor de cabeza
    1. Ligero dolor de cabeza

2. Moderado dolor de cabeza
3. Presentó fuerte dolor de cabeza que lo incapacitó

- Presenta usted Tinnitus (zumbido en los oídos)

0. No tiene zumbidos de oídos
1. Ligero zumbido de oídos
2. Moderado zumbido de oídos
3. Severo zumbido de oídos

- Hemoglobina/ Hematocrito

Hombres: Hemoglobina > 18g - 21 g/dl = 0 puntos

Hematocrito >54% a 63%. = 0 puntos

Hemoglobina >21 g/dl = 3 puntos

Hematocrito > 63% = 3 puntos

Mujeres: Hemoglobina > 16g - 19 g/dl = 0 puntos

Hematocrito >48% a 57%. = 0 puntos

Hemoglobina >19 g/dl = 3 puntos

Hematocrito > 57% = 3 puntos

El diagnostico se basa en:

- Ausente            puntaje        = 0 - 5
- Leve                puntaje            = 6 - 10
- Moderado            puntaje        = 11 – 14
- Severo              puntaje        > 15

## EXAMENES AUXILIARES

- **Radiografía de Tórax:** Incremento de los volúmenes cardíacos, prominencia de la arteria pulmonar y sus ramas. Agrandamiento de la aurícula derecha.
- **Electrocardiograma:** Desviación del eje del AQRS a la derecha y arriba, compatible con hipertrofia ventricular derecha. Ondas P acuminadas en precordiales derechas sugestivas de dilatación auricular derecha. Ondas S de V1 a V6, inversión de ondas T en precordiales derechas, onda R alta en V1 y V2 con ondas S profundas en V2 y V3.

## MANEJO Y TRATAMIENTO

- **Descender:** Dado a la causa de la enfermedad está relacionada a la pérdida de tolerancia a vivir en un ambiente hipóxico. A nivel del mar, desaparecen los síntomas y signos, con tiempos diferentes de normalización.
- **Oxigenoterapia** y entrenamiento respiratorio, mejora la oxigenación de la sangre y reduce la concentración de eritropoyetina.
- **Medroxyprogesterona:** 20 - 60 mg/día por 10 semanas. Aumenta la ventilación y normaliza las presiones alveolares y arteriales de O<sub>2</sub> con una disminución paralela del hematocrito y la subsecuente reducción de síntomas.
- **Acetazolamida:** (250 mg/día por 3 semanas). Aumenta la ventilación durante el sueño y mejora notablemente las presiones alveolares de

CO<sub>2</sub> con una disminución paralela del hematocrito, y la subsecuente reducción de síntomas. Protege de la alcalosis respiratoria.<sup>50</sup>

## COMPLICACIONES

El mecanismo de muerte en contados casos puede ser debido a embolismo pulmonar, trombosis cerebral, o a insuficiencia cardiaca congestiva debida a insuficiencia ventricular derecha. Las complicaciones frecuentes son: Tromboflebitis, edema cerebral, bronconeumonía, trombosis venosa profunda, accidente cerebro vascular, hemorragia retinas, síncope debido a hipoxia severa.

## BASES DEL DOPPLER:

El eco dopler es una tecnica que consiste en el analisis de velocidades de los flujos sanguineos dentro del corazón utilizando las células sanguineas como superficie reflectiva.

La valoración de la función cardiaca izquierda por ECO se ha realizado tradicionalmente a través del estudio de la fracción de eyección y acortamiento (función sistólica izquierda), mediante ecocardiografía en modo M y del flujo transmitral y de las venas pulmonares por Doppler (valoración diastólica)<sup>51</sup>.

La ecocardiografía con Doppler ha obtenido en los últimos años la prioridad clínica en la evaluación de función diastólica. Varios parámetros de la función diastólica pueden ser evaluados con el estudio de los flujos por

<sup>50</sup> Richalet JP, Rivera M, Bouchet P, Chirinos E, Onnen I, Petitjean O, Bienvenu A, Lasne F, Moutereau S, LeónVelarde F. Acetazolamide: a treatment for chronic mountain sickness. *Am J Respir Crit Care Med* (2005).172(11): 1427-1433.

<sup>51</sup> Bocian Jorge L, Ennis Irene, Pinilla Oscar A. Evaluación De La Función Sistólica Del Ventrículo Izquierdo En Jóvenes Y Su Modificación Según Geometría Ventricular. *Insuf Card* 2010; (Vol 5) 3:113-119

Doppler: relajación ventricular, rigidez e incluso estimulación de las presiones de llenado del VI. El flujo Doppler tranmitral característico de disfunción diastólica se manifiesta por una disminución en la velocidad de llenado precoz (E), un aumento del llenado tardío (A), relación E/A inferior a 1, aumento de los tiempos de relajación isovolumetricos (TRI) y de desaceleración de la onda E. este patrón de flujo transmitral se encuentra influenciado por otras variables como la compliance ventricular y auricular, la inercia de la válvula mitral y la presión de la aurícula izquierda.<sup>52</sup>

Un incremento de las presiones de llenado acorta el tiempo de relajación, aumenta el gradiente y la velocidad de flujo transmitral precoz y disminuye el tiempo de desaceleración de la onda E. es el denominado patrón pseudonormal que si persiste se transforma en patrón restrictivo.

El análisis de flujo de las venas pulmonares a la llegada a la AI, cuyo patrón de flujo normal consiste en una onda S (sistólica) de mayor velocidad, una onda D (diastólica) menor y una onda reversa auricular pequeña que es la onda A (contracción auricular). En pacientes con aumento de las presiones de llenado, disminución de las compliance auricular y ventricular o con insuficiencia mitral severa, el flujo de las venas pulmonares característicamente es con una onda S pequeña, una onda D mayor y una onda auricular A prominente reversa, y ha sido usado para diferenciar los patrones transmitrales normales de los pseudonormales.

Se ha demostrado que E', es el mejor parámetro de discriminación entre normales y pseudonormales cuando se comparó con cualquier otro índice.

---

<sup>52</sup> Evangelista Masip Arturo. Guías De Práctica Clínica En Ecocardiografía De La Sociedad Española De Cardiología. Rev Esp Cardiol 2000; 53: 663-683

El patrón diagnóstico de disfunción diastólica se basa en una disminución de la onda E' (diastólica precoz) un aumento de la onda A' (diastólica tardía o auricular) y una relación E/A inferior a uno. Este dato aparece en forma precoz y es parcialmente independiente de la precarga.<sup>53</sup>

La relación E/E' mitral (relación de la E del doppler transmitral con la E' del anillo mitral) es la que más se ha estudiado para correlacionar con la presión capilar pulmonar (PCP), una relación E/E' superior a 10 se relaciona con PCP media superior a 15 mmHg, una E/E' menor a 8 predice con exactitud una función diastólica normal, una E/E' > 15 identifica presiones mayores a la normal.

El estudio con Doppler posibilita la determinación de las velocidades de flujo a través de la válvula mitral (y tricúspide). La velocidad del flujo durante la fase de llenado rápido se denomina onda E y durante la contracción atrial se denomina onda A. Normalmente la onda E es mayor que la onda A. El aumento patológico de la onda E sobre la A puede indicar un aumento en la rigidez pasiva de la cavidad (asumiendo que la relajación y sus determinantes sean constantes en el momento de la medición). Una onda A mayor que la E puede deberse a alteraciones en la relajación. Debe tenerse en cuenta que este método presenta variaciones importantes si las condiciones de precarga, postcarga, frecuencia cardíaca o estado contráctil cambian; sin embargo el análisis por Doppler de las alteraciones en las velocidades de flujo a través de la válvula mitral permite la valoración de la función diastólica.

---

<sup>53</sup> Muñoz Martínez León. Utilidad Del Ecocardiograma En La Valoración Del Paciente Con Insuficiencia Cardíaca Diastólica. Rev Urug Cardiol 2005; 20: 102-115

Los indicadores de las presiones diastólicas temprana del VI y de la AI son el cociente  $E/E'$ , y el TD de la onda E mitral en pacientes con FE disminuida, y hasta cierto punto, la dilatación de la AI, que refleja los cambios crónicos (más que agudos) en la presión. La tasa de desenrollamiento del VI puede ser útil en el estudio de los efectos de la succión sobre el llenado del VI y la relación entre las funciones sistólica y diastólica del VI.

### **PRESIONES SISTÓLICA Y DIASTÓLICA DE LA ARTERIA PULMONAR.**

Los pacientes sintomáticos con disfunción diastólica suelen presentar una presión elevada de la arteria pulmonar (AP). Entonces, en ausencia de enfermedad pulmonar, los incrementos en las presiones de la AP pueden ser indicadores de una presión de llenado del VI elevada. En efecto, se ha documentado una significativa correlación entre la presión sistólica de la AP y las presiones de llenado del VI medidas en forma no invasiva. La velocidad pico del jet de regurgitación tricuspídea (IT) con Doppler continuo, y la presión diastólica de la aurícula derecha (AD) son empleados conjuntamente para calcular la presión sistólica de la AP (PSAP). En pacientes con IT severa y un bajo gradiente de presión sistólica entre el ventrículo derecho y la AD, la precisión del cálculo de la presión sistólica en la AP depende de la confiabilidad de la estimación de la presión sistólica en la AD.<sup>54</sup>

---

<sup>54</sup> Nagueh Sherif F. Appleton Christopher P. Recomendaciones Para La Evaluación De La Función Diastólica Del Ventrículo Izquierdo Por Ecocardiografía. Asociación De Ecocardiografía De La Sociedad Interamericana De Cardiología (Ecosiac). J Am Soc Echocardiogr 2009; 22:107-133

En corazones normales y en disfunción diastólica tipo I sus valores son de 27 mmHg, en el tipo II es de 38 mmHg; y en el tipo III es de 64 mmHg.

### **GRADOS DE DISFUNCIÓN DIASTÓLICA**

El esquema de gradación consiste en: leve o grado I (patrón de relajación prolongada), moderada o grado II (pseudonormal), y severa (llenado restrictivo) o grado III.

Es de importancia remarcar que incluso en pacientes asintomáticos, la disfunción diastólica grado I se asoció con un incremento en 5 veces de la mortalidad en 3 a 5 años en comparación con los sujetos con función diastólica normal. Las evaluaciones deben considerar la edad y la frecuencia cardíaca de los pacientes (E mitral, el cociente E/A, y la E' anular, disminuyen a medida que aumenta la frecuencia cardíaca).

Específicamente en sujetos ancianos sin antecedentes de enfermedad cardiovascular, se debe ser cauteloso antes de concluir la existencia de disfunción diastólica grado I. Dado que la mayoría de los sujetos mayores de 60 años de edad sin antecedentes de enfermedad cardiovascular exhiben un cociente E/A  $<1$  y un TD  $>200$  ms, tales valores en ausencia de indicadores adicionales de enfermedad cardiovascular (por ejemplo, hipertrofia del VI) pueden ser considerados normales para la edad.<sup>55</sup>

<sup>55</sup> Nagueh Sherif F. Appleton Christopher P. Recomendaciones Para La Evaluación De La Función Diastólica Del Ventrículo Izquierdo Por Ecocardiografía. Asociación De Ecocardiografía De La Sociedad Interamericana De Cardiología (Ecosiac). J Am Soc Echocardiogr 2009; 22:107-133

- **DISFUNCIÓN DIASTÓLICA LEVE**, el cociente E/A mitral es  $< 0,8$  , el TD es  $>200$  ms, el TRIV es  $100$  ms, se observa un flujo sistólico predominante en el flujo venoso pulmonar ( $S > D$ ), la E' anular es  $<8$  cm/s y el cociente E/E' es  $<8$  (septal y lateral). Estos pacientes poseen una reserva diastólica reducida que puede ser evidenciada por las pruebas de esfuerzo. Sin embargo, puede observarse un cociente E/A mitral reducido en presencia de velocidades anulares por Doppler tisular normales en sujetos normales con depleción de volumen, por lo que un cociente E/A  $<0,8$  no debería ser utilizado universalmente para inferir la presencia de disfunción diastólica. En la mayoría de los casos, cuando el cociente E/A es  $<0,8$ , la presión media de la aurícula izquierda no se encuentra elevada, excepto en algunos pacientes con relajación miocárdica severamente comprometida, como se observa en la hipertensión de larga data o los casos de miocardiopatía hipertrófica.
- **DISFUNCIÓN DIASTÓLICA MODERADA (GRADO II)**, el cociente E/A mitral se encuentra entre  $0,8$  y  $1,5$  (pseudonormal) y disminuye en  $50\%$  durante la maniobra de Valsalva, el cociente E/E' (promedio) se encuentra entre  $9$  y  $12$ , y E' es  $<8$  cm/s. Otros datos que apoyan el diagnóstico incluyen una velocidad Ar  $>30$  cm/s y un cociente S/D  $<1$ . En algunos pacientes con disfunción diastólica moderada, la presión de fin de diástole del ventrículo izquierdo es la única presión que se halla incrementada (es decir, la presión de la aurícula izquierda es normal), y es reconocible por una duración del intervalo rA – A  $30$  ms. La disfunción diastólica de grado II

representa una relajación miocárdica alterada con elevación leve a moderada de las presiones de llenado del VI.

- **DISFUNCIÓN DIASTÓLICA SEVERA (GRADO III)**, existe un llenado restrictivo del ventrículo izquierdo, con un cociente  $E/A \geq 2$ , un TD  $< 160$  ms, un TRIV  $\geq 60$  ms, una fracción de llenado sistólico  $\leq 40\%$ , una duración del flujo A mitral menor a la duración de rA, y un cociente  $E/E'$  promedio  $> 13$  (o un  $E/E'$  septal  $\geq 15$  y un  $E/E'$  lateral  $> 12$ ). El llenado del ventrículo izquierdo, en algunos pacientes, puede revertirse a un patrón de relajación prolongada en el caso de tratamiento exitoso (grado IIIa), mientras que en otros, el llenado del ventrículo izquierdo continúa siendo restrictivo (grado IIIb). Este último es un hallazgo ominoso y se asocia con un alto riesgo de morbilidad y mortalidad cardiovascular. No obstante, la disfunción grado IIIb no debe ser determinada con un solo examen, y requiere estudios seriados luego de optimizar el tratamiento.<sup>56</sup>

El volumen de la aurícula izquierda se halla incrementado en la disfunción diastólica de grados II y III, pero puede encontrarse dentro de los límites normales en la disfunción diastólica grado I y en los pacientes con enfermedad preclínica.

<sup>56</sup>Zile Michael R; Brutsaert Dirk L. New Concepts In Diastolic Dysfunction And Diastolic Heart Failure: Part I Diagnosis, Prognosis, And Measurements Of Diastolic Function. American Heart Association, Rev Circulation. 2002;105:1387-1393.

## CAPÍTULO III

## HIPÓTESIS Y VARIABLES DE ESTUDIO

## 3.1 HIPÓTESIS

Los pacientes con Mal de Montaña Crónico tienen algún grado de Disfunción Diastólica del ventrículo izquierdo en comparación a los habitantes de gran altura sanos.

## 3.2 VARIABLES DE ESTUDIO

Valoración de la función diastólica y grados de disfunción diastólica del ventrículo izquierdo en pacientes con mal de montaña crónico y en habitantes de gran altura sanos.

## 3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	INTERRELACION	NATURALEZA	ESCALA DE MEDICION	DIMENSIÓN	ANALISIS ESTADÍSTICO
Mal de montaña crónico	Independiente	Cualitativa	Discreta	Puntaje Xining: 0-24	
Disfunción diastólica	Independiente	Cualitativa	Discreta	Grados de severidad: I-III	Prueba exacta de Fisher
Sexo	independiente	Cualitativa	Discreta	Femenino Masculino	

**Fuente:** Elaboración propia.

## PARAMETROS DE FUNCION DIASTOLICA

PARAMETRO	NATURALEZA	ESCALA DE MEDICION	DIMENSIÓN	ANALISIS ESTADÍSTICO
DDVI	Cuantitativa	Continua	Milímetros	T de student
DSVI	Cuantitativa	Continua	Milímetros	T de student
Área de AI	Cuantitativa	Continua	Milímetros <sup>2</sup>	T de student
Onda E	Cuantitativa	Continua	Milímetros	T de student
Onda A	Cuantitativa	Continua	Milímetros	T de student
Onda E´	Cuantitativa	Continua	Milímetros	T de student
Cociente E/A	Cuantitativa	Continua	Milímetros	T de student
Cociente E/E´	Cuantitativa	Continua	Milímetros	T de student
TD E	Cuantitativa	Continua	Milímetros	T de student
PSAP	Cuantitativa	Continua	mmHg	T de student

### 3.4 UTILIDAD DE LOS RESULTADOS

Debido a la esperanza de vida y la prevalencia de factores de riesgo como la hipertensión, la obesidad y la diabetes están aumentando a nivel mundial, la falla cardiaca se está convirtiendo en un importante problema de salud. El deterioro del ventrículo izquierdo y de la función diastólica, aparecen muy temprano en el curso de la enfermedad cardíaca. Las recientes directrices de falla cardiaca ponen especial énfasis en la detección de disfunción subclínica del VI y la identificación oportuna de los factores de riesgo de falla cardiaca.

Los cambios anatómicos y funcionales del ventrículo derecho afectan al ventrículo izquierdo ya sea directa o indirectamente, generando alteraciones primero funcionales y después morfológicas. Identificar precozmente a los sujetos con disfunción diastólica puede ayudar a estratificar el riesgo, a dirigir la terapia y a evitar la lesión de los órganos diana que pudieran presentarse a futuro.<sup>57</sup>

Lo anterior mencionado nos indica la importancia de la función diastólica como un importante factor diagnóstico, pronóstico y de seguimiento de múltiples patologías, sobre todo en pacientes que habitan en zonas de altura.

---

<sup>57</sup>Beat C. Aeschbacher, Damian Hutter. La Disfunción Diastólica Precede A La Hipertrofia Miocárdica En El Desarrollo De La Hipertensión. American Journal of Hypertension (Ed. Esp.) 2001; 3: 195-202

## CAPÍTULO IV

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

**4.1 NIVEL:** Descriptivo.

**4.2 EJE:** Clínico.

**4.3 UNIDAD DE ANÁLISIS:**

Pacientes con Mal de Montaña Crónico y habitantes de gran altura sanos; que acuden para evaluación cardiológica al Hospital III Essalud Juliaca - 2013.

**4.4 TIPO DE INVESTIGACIÓN:** Descriptivo, transversal, retrospectivo

**4.5 POBLACIÓN Y MUESTRA**

La población esta dada por todos los pacientes con Mal de Montaña Crónico, quienes presentan puntaje mayor de 6 en los criterios diagnósticos de Xining para Mal de Montaña Crónico; sin comorbilidades asociadas como obesidad mórbida, hipertensión arterial, cardiopatías, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, artritis reumatoide, amiloidosis y otras colagenopatias.

#### MUESTREO DE PACIENTES

Para obtener una muestra representativa para una población infinita, del cual desconocemos la cantidad exacta de pacientes con Mal de Montaña Crónico; utilizamos la siguiente fórmula para obtener el tamaño de la muestra:

$$N = Z^2 pq / e^2$$

Donde:

- **N:** tamaño de muestra
- **Z:** nivel de confianza, un nivel de confianza del 95% (también lo expresamos así:  $\alpha = .05$ ) corresponde a  $z = 1.96$  sigmas o errores típicos;  $z = 2$  (dos sigmas) corresponde a un 95.5% (aproximadamente,  $\alpha = .045$ ).
- **p** = proporción de respuestas en una categoría o prevalencia del parámetro a estudiar
- **q** = proporción de repuestas en la otra categoría
- **e**= error admitido

La muestra que necesitamos con un nivel de confianza del 95% ( $\alpha = .05$ ), al que corresponde  $z = 1.96$ , y admitiendo un margen de error del 5%, si la prevalencia del Mal de Montaña Crónico es de 15% ( $p=0.15$  ;  $q=0.85$  ) y  $pq=0.1275$

$$N = (1.96)^2(.1275)/0.05^2 = 195.9; \text{ redondeamos}$$

$$N=196 \text{ pacientes.}$$

Para estudios comparativos entre dos muestras utilizamos la formula para tamaño de muestra a compararse entre dos grupos (t de Student)

La fórmula [Cohen, 1988:59] es ésta: 
$$n_{\text{nuevo}} = \frac{(n_{\text{disponible}})(n_{\text{tablas}})}{2n_{\text{disponible}} - n_{\text{tablas}}}$$

Donde: n es el tamaño de muestra.

El valor de n tablas; calculamos a partir del nivel de diferencia (delta); considerando un error admitido de 0.05 y delta de 0.5, para un 50% de diferencia o igualdad entre ambos grupos a estudiar.

nivel de confianza	d = .20	d = .30	d = .50	d = .70	d = .80	d = .1.0	d = 1.20
.05	392	174	63	32	25	16	12
.01	586	260	93	48	36	23	18

Si tenemos un grupo de 196 pacientes con Mal de Montaña Crónico y deseamos compararlo con un grupo de pacientes habitantes de gran altura sanos; estamos interesados en detectar al menos una diferencia moderada ( $d = .50$ ) a un nivel de confianza de  $= .05$ : En las tablas vemos que necesitaríamos 63 sujetos en cada grupo; por lo tanto el tamaño del nuevo grupo deberá ser:

$$n = (196) \times (63) / (2 \times 196) - 63$$

$$n = 37.5$$

Por lo tanto se requiere 38 pacientes con Mal de Montaña Crónico y 38 pacientes habitantes de gran altura sanos.

## MUESTRA

### GRUPO 1

Se consideró a 38 pacientes con Mal de Montaña Crónico con criterios de diagnóstico clásicos de entre 1 y 5 años de diagnóstico, seleccionados al azar del Servicio de cardiología del Hospital III Essalud Juliaca-2013.

### GRUPO 2

Se consideró a 38 pacientes habitantes de gran altura sanos, seleccionados al azar de la lista de consulta del servicio de cardiología del Hospital III Essalud Juliaca-2013.

### CRITERIOS DE INCLUSIÓN:

- Pacientes con Mal De Montaña Crónico que presenten un puntaje mayor de 6 en la valoración de los criterios diagnósticos del Mal De Montaña Crónico.
- Pacientes habitantes de gran altura sin antecedentes cardiovasculares previos, con examen físico dentro de límites normales concurrentes al laboratorio de ecocardiografía del Hospital III EsSalud Juliaca, para evaluación cardiológica.

### CRITERIOS DE EXCLUSIÓN:

- Pacientes con signos clínicos de insuficiencia cardíaca, crepito pulmonar, ingurgitación yugular, hepatomegalia, edema de miembros inferiores, tercero o cuarto ruido y soplos cardíacos patológicos audibles en cualquiera de los cuatro focos clásicos de auscultación.

- Pacientes con inadecuada ventana acústica para la realización del ecocardiograma Doppler.
- Pacientes con puntaje menor de 6 en la valoración de los criterios diagnósticos del Mal de Montaña Crónico.
- Pacientes con otras patologías: HTA, artritis reumatoide, obesidad mórbida.

#### 4.6 TÉCNICA Y RECOLECCIÓN DE DATOS

**TÉCNICA:** OBSERVACIÓN DIRECTA: permitió obtener información sobre las características clínicas del paciente con Mal de Montaña Crónico.

#### **INSTRUMENTO:**

- **FICHA CLÍNICA:** estuvo elaborada en base a los objetivos de la investigación permitiendo al investigador registrar la información sobre las características personales de cada paciente y datos ecocardiográficos de cada uno de ellos. (ver anexos 1 y 2).
- **ECOCARDIOGRAFÍA:** se utilizó un ecocardiógrafo portátil con transductor de 2.5-3.5 Mhz. El estudio con Doppler permitió la determinación de las velocidades de flujo a través de la válvula mitral; este análisis por Doppler de las alteraciones en las velocidades de flujo a través de la válvula mitral permitió la valoración de la función diastólica.

#### 4.7 METODOLOGIA ESTADÍSTICA:

Se empleó estadística descriptiva; los resultados obtenidos fueron representados en tablas de contingencia en Excel 2010.

Se comparó las variables categóricas entre los grupos portadores o no de disfunción diastólica mediante la prueba exacta de Fisher, para comparar los datos cuantitativos, se utilizó la prueba t de Student. El nivel de significancia estadística fue preestablecido en el 5% y los datos numéricos del doppler mitral fueron expresados en promedio  $\pm$  desviación estándar.



## CAPÍTULO V

### CARACTERIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

#### 5.1 ÁMBITO DE ESTUDIO

La presente investigación se realizó en el Hospital III EsSalud Juliaca, específicamente en los ambientes de consulta externa del servicio de cardiología; en el periodo comprendido desde enero a noviembre del 2013.

La ciudad de Juliaca se encuentra en la parte céntrica de la Meseta del Collao, área comprendida entre las cadenas occidental y oriental de los Andes del Sur, y en el lado noroeste del Lago Titicaca; perteneciendo a la región SUNI, a una altura de 3824 msnm (gran altura), sus coordenadas de acuerdo al INEI son: 15° 29´ 24” de latitud Sur y de 70° 80´ 00” de longitud Oeste. Limita al norte con el distrito de Calapuja (Prov. Lampa) y Caminaca (Prov. Azángaro), al sur con el distrito de Cabana y Caracoto, al este con el distrito de Pusi (Prov. Huancané) y Samán (Prov. Azángaro), y al oeste con el distrito de Lampa y Cabanillas (Prov. Lampa).

Con una superficie de 533,47 km<sup>2</sup>; tiene una densidad demográfica de 109,66 hab/km<sup>2</sup> aproximadamente; su población total es de 225.146 habitantes (114.285 son mujeres y 110.861 son hombres).

El hospital III EsSalud-Juliaca se encuentra ubicado al noroeste de la ciudad de Juliaca, en la Urbanización La Capilla, cuenta con 4 cardiólogos quienes realizan procedimientos de ecocardiografía en horarios establecidos por la dirección, que comprenden en promedio dos veces por semana.

## CAPÍTULO VI

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## 6.1 RESULTADOS.

El estudio se realizó en 76 pacientes, 48 de sexo femenino y 28 de sexo masculino; de los cuales 19 pacientes de sexo masculino y 19 pacientes de femenino tenían MMC. Las principales características de los pacientes evaluados en este estudio se muestran en la tabla nº 01. La media de la edad fue  $53.99 \pm 12.68$  años, el IMC promedio fue de  $25.9 \pm 3.34$  kg/m<sup>2</sup>. El promedio del hematocrito en pacientes con MMC fue de  $61.33 \pm 4.74$  %, y en los habitantes de gran altura sanos fue de  $45.66 \pm 4.98$  %.

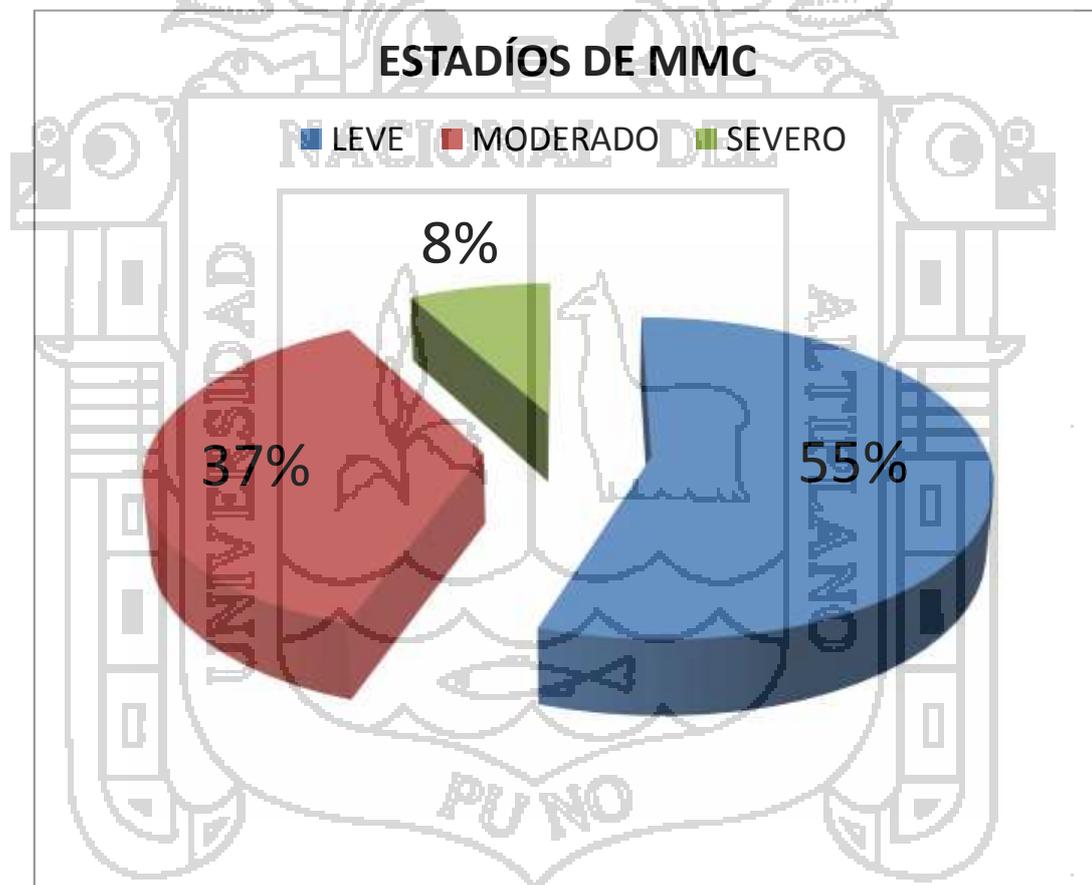
**Tabla Nº 01:** Características de los pacientes incluidos en el estudio.

	Mal de Montaña Crónico Fem	Mal de Montaña Crónico Mas	Habitante de gran altura Fem	Habitante de gran altura Mas
<b>FRECUENCIA</b>	19	19	29	9
<b>EDAD</b>	60.30±9.73	55.10±13.89	50.90±13.42	48.20±13.20
<b>EDAD min</b>	36	35	29	30
<b>EDAD max</b>	75	86	80	64
<b>IMC</b>	24.91±3.32	26.26±3.20	26.26±3.53	25.91±3.13
<b>HB</b>	20.56±0.91	21.14±1.94	15.0±1.69	16.66±1.33
<b>HCTO</b>	60.93±3.21	61.73±5.96	44.60±5.06	48.93±3.03

**Fuente:** Elaboración propia.

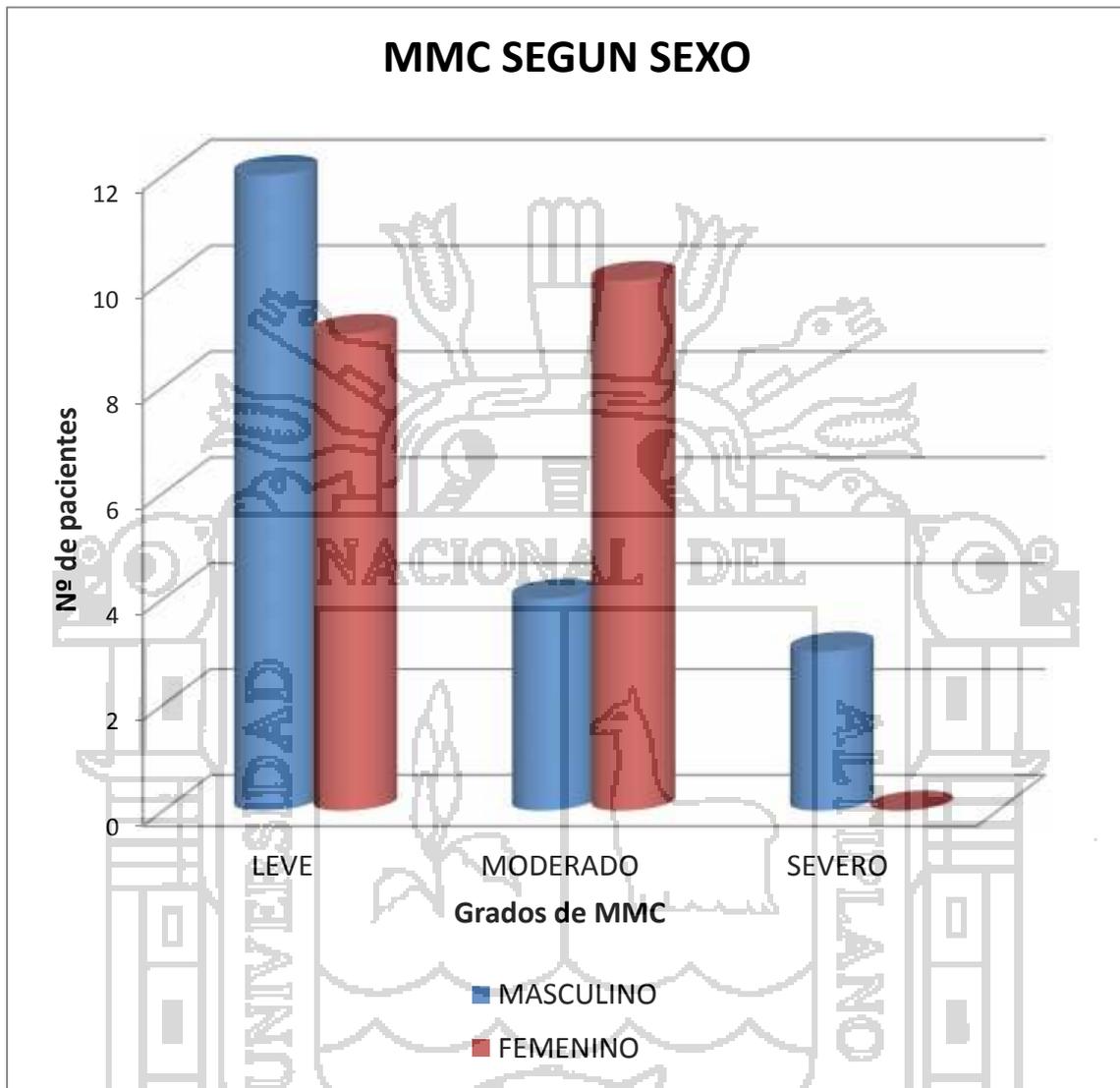
Basado en los criterios de Xining para el diagnóstico de Mal de Montaña Crónico (MMC), la mayoría de los pacientes (55%), tuvieron Mal de Montaña Crónico en estadio leve; y 3 pacientes (8%) en estadio severo, estos últimos fueron del sexo masculino. Ver gráficos N° 01 y 02

**Gráfico N°01:** Prevalencia de los Grados de severidad de Mal de Montaña Crónico en la población estudiada.



**Fuente:** Elaboración propia.

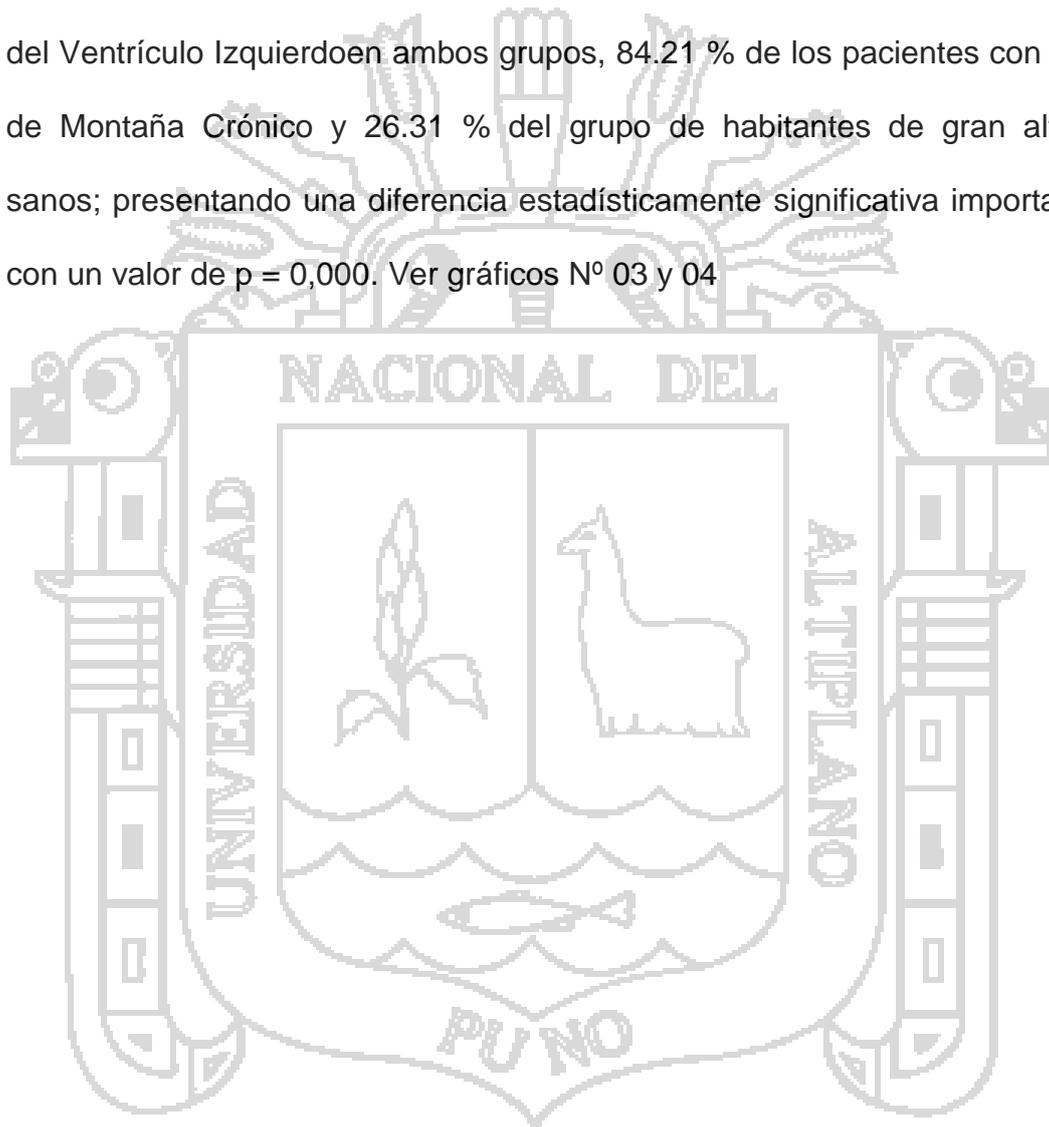
**Gráfico N°02:** Frecuencia de los grados de severidad de Mal de Montaña Crónico en la población estudiada según sexo.



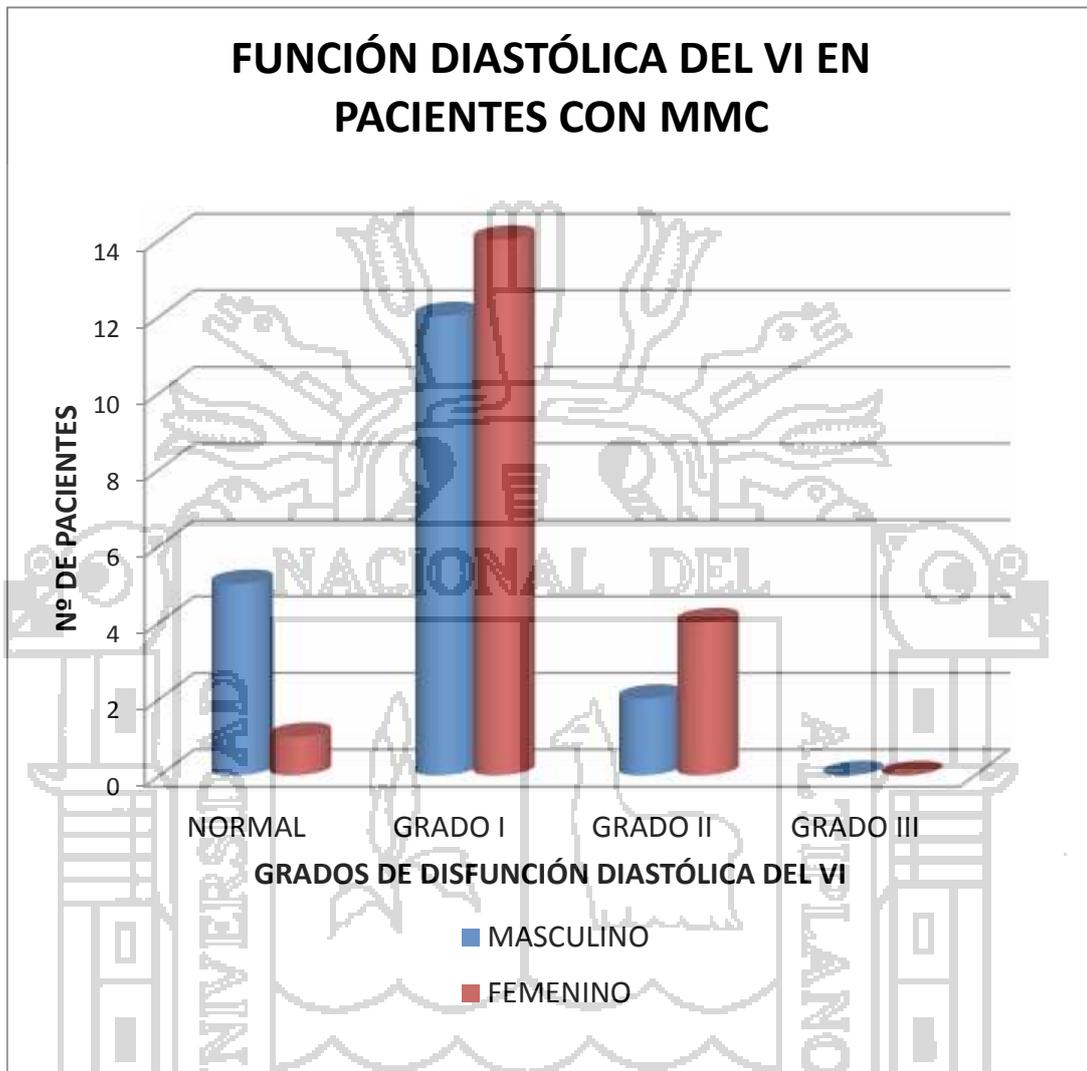
Fuente: Elaboración propia.

## RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA POBLACIÓN ESTUDIADA MEDIANTE ECOCARDIOGRAFÍA DOPPLER COLOR.

El análisis ecocardiográfico se realizó en 76 pacientes, 48 de sexo femenino y 28 de sexo masculino; de los cuales 19 pacientes de sexo masculino y femenino tenían Mal de Montaña Crónico. Se encontró disfunción diastólica del Ventrículo Izquierdo en ambos grupos, 84.21 % de los pacientes con Mal de Montaña Crónico y 26.31 % del grupo de habitantes de gran altura sanos; presentando una diferencia estadísticamente significativa importante con un valor de  $p = 0,000$ . Ver gráficos N° 03 y 04

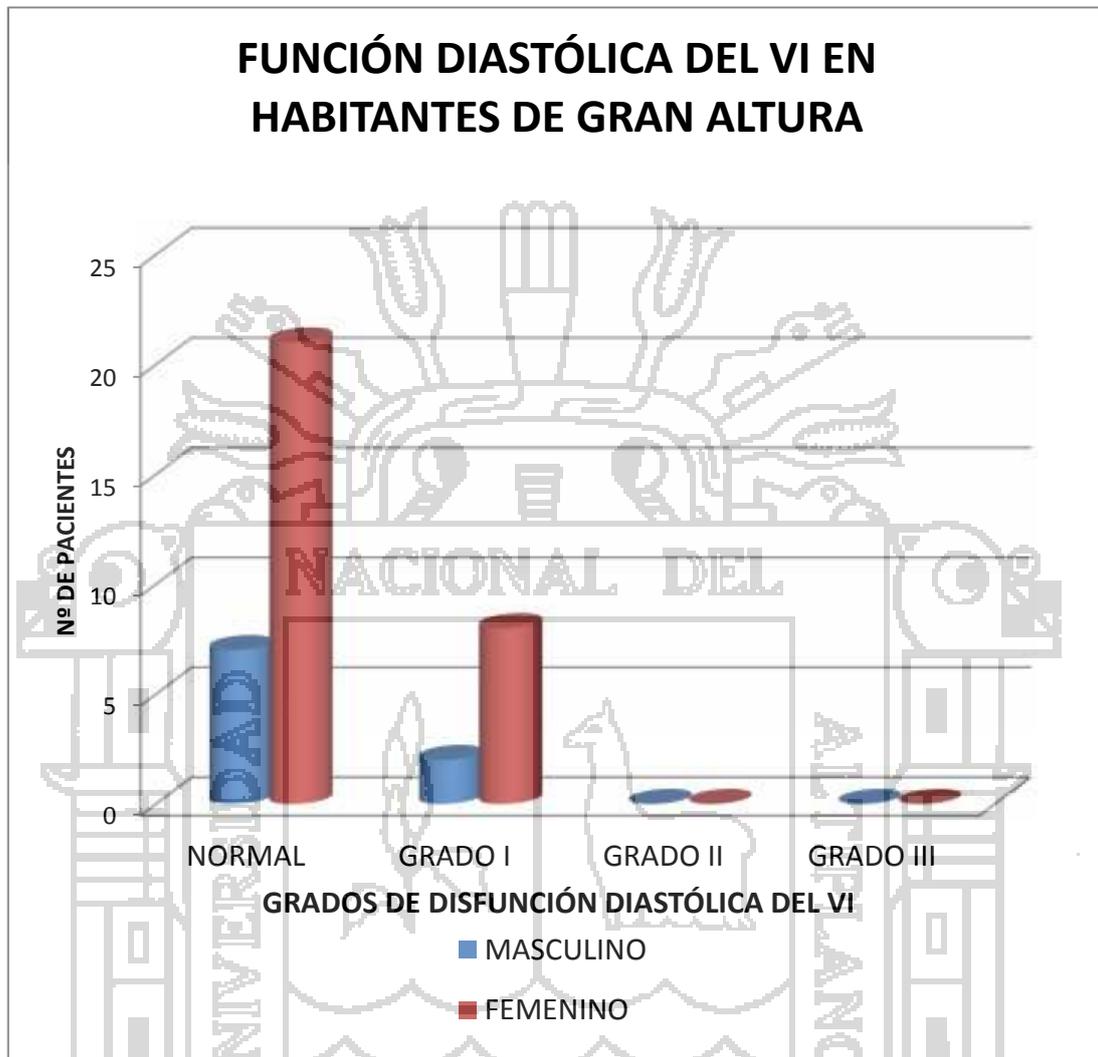


**Gráfico N°03:** Características de la función diastólica del VI en pacientes con Mal de Montaña Crónico.



Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico N°03:** Características de la función diastólica del VI en habitantes de gran altura.



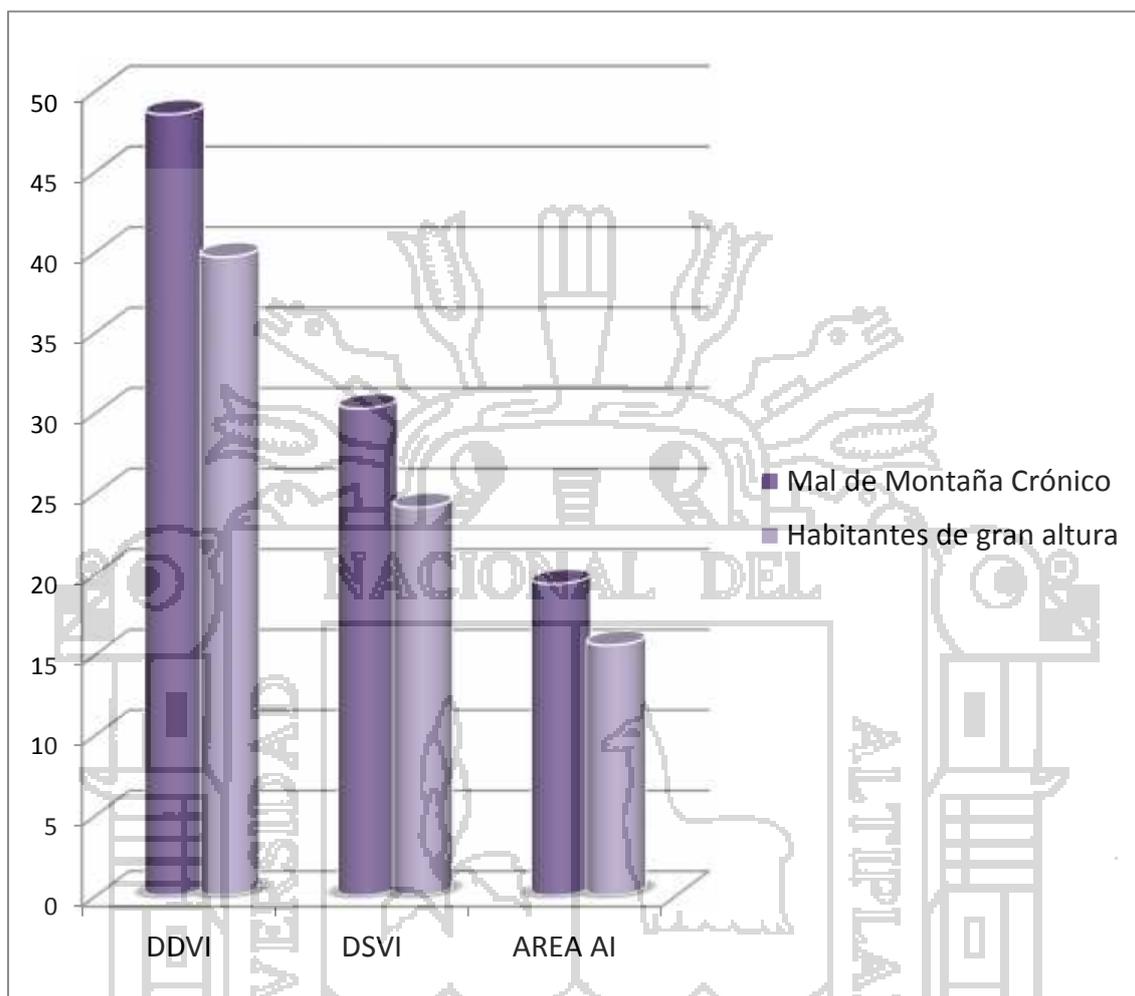
Fuente: Elaboración propia.

En la comparación de los valores promedio de la muestra total, el diámetro diastólico del ventrículo izquierdo fue de 45.76 mm $\pm$ 7.66 mm para los pacientes con Mal de Montaña Crónico y de 41.87 mm $\pm$ 5.18 para el grupo de habitantes de gran altura sanos; presentando una diferencia estadísticamente significativa con un valor de  $p=0,012$ . Ver gráficos N° 04 y 05

Los valores promedio del diámetro sistólico del ventrículo izquierdo fueron de 27.19 mm  $\pm$ 5.05 y 24.92 mm $\pm$ 4.14 para el grupo con Mal de Montaña Crónico y el grupo de habitantes de gran altura sanos respectivamente, con una  $p=0.036$ .

Cuando se compararon los grupos haciendo una división entre pacientes de sexo masculino y femenino, se objetivó que el diámetro diastólico del ventrículo izquierdo promedio hallado en pacientes de sexo masculino con Mal de Montaña Crónico fue de 48.53  $\pm$  5.03 mm y el de los habitantes de gran altura de 39.67  $\pm$  7.35 mm; persistiendo una diferencia estadísticamente significativa en este grupo de pacientes con un valor de  $p=0.007$ . Ver gráfico N° 04.

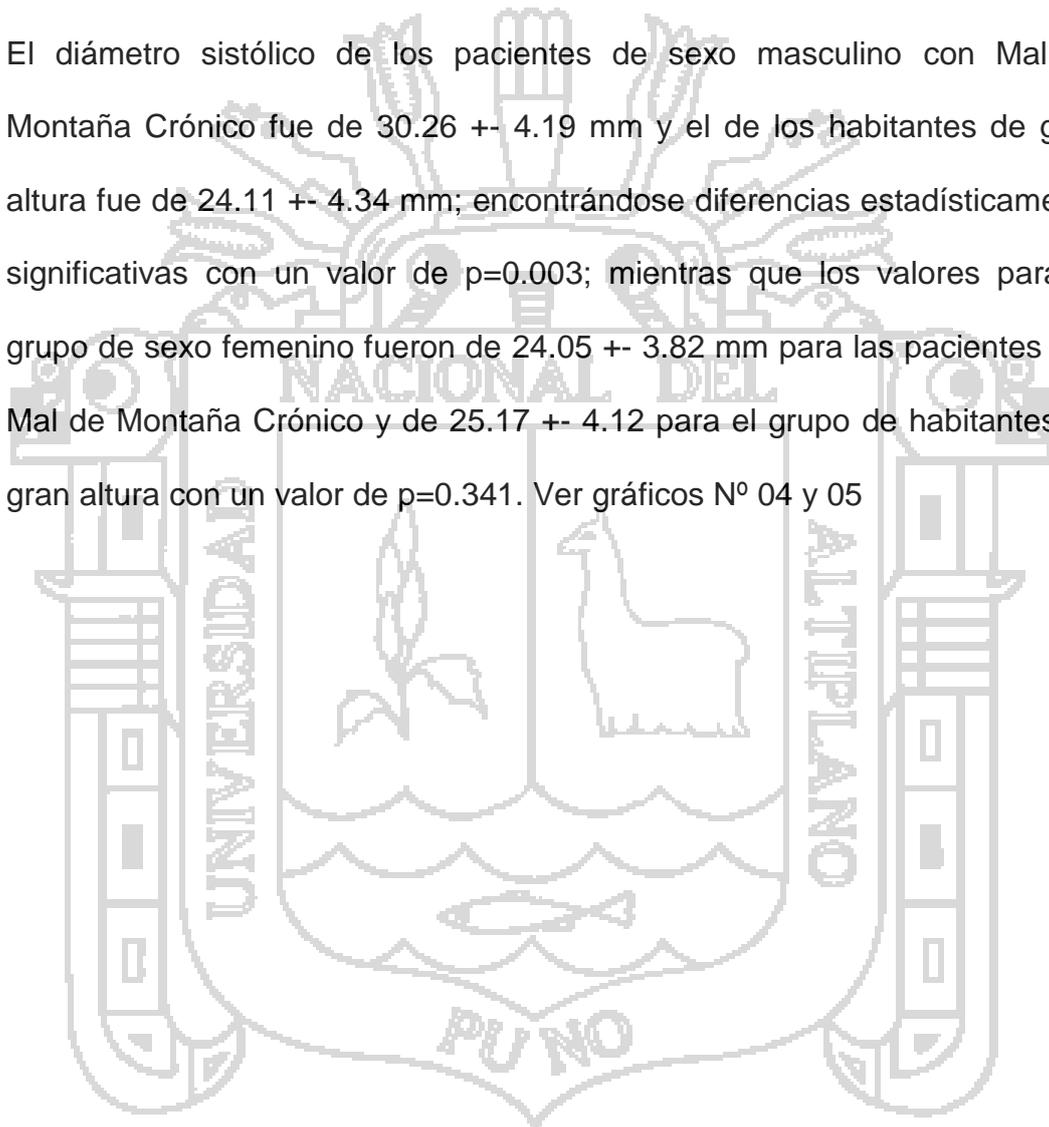
**Gráfico N° 04.** Datos ecocardiográficos de ambos grupos estudiados de sexo masculino.



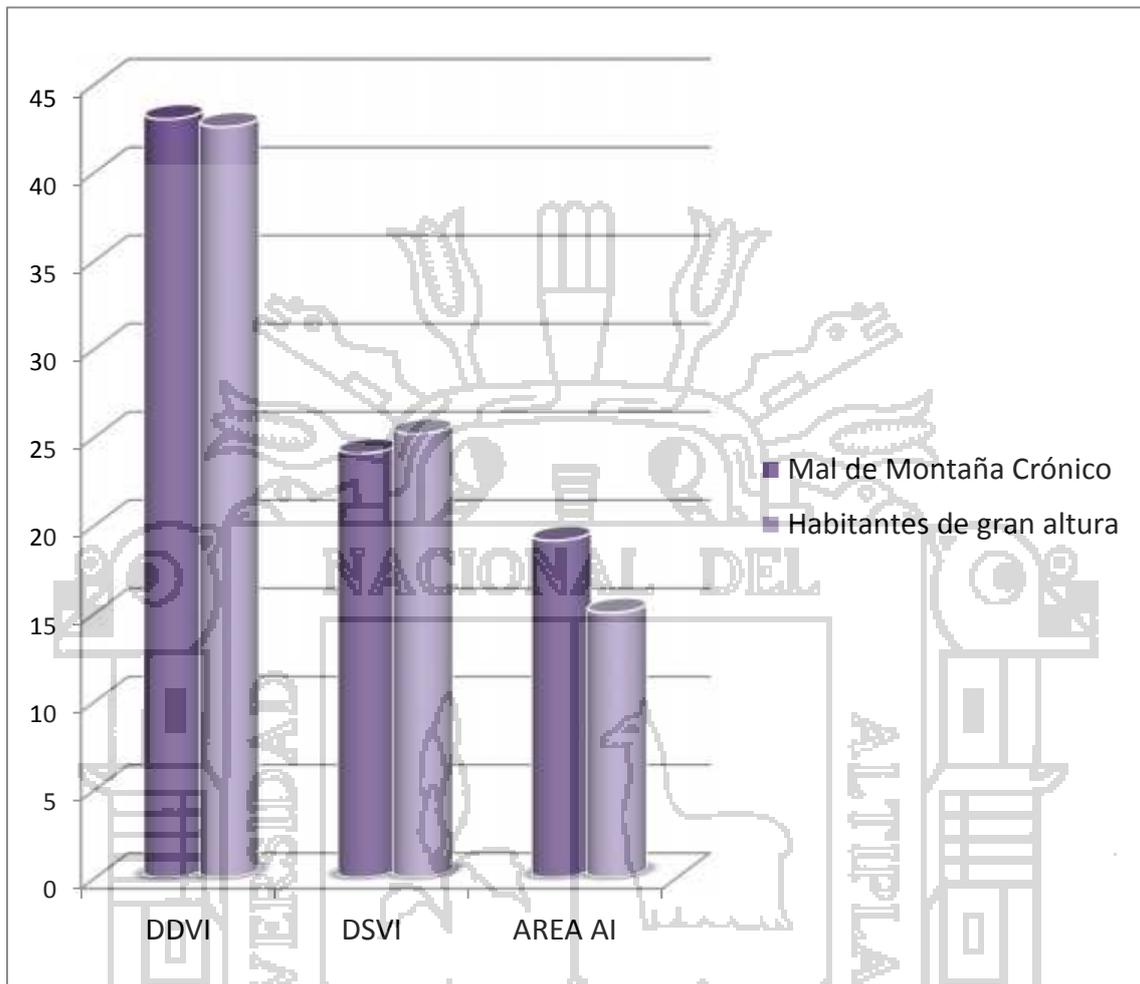
Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado la comparación del diámetro diastólico del ventrículo izquierdo entre los grupos de pacientes de sexo femenino no mostraron diferencias estadísticamente significativas siendo los valores de  $43.00 \pm 8.91$  mm y para el grupo de Mal de Montaña Crónico y de  $42.55 \pm 4.24$  para el grupo de habitantes de gran altura con un valor de  $p=0.839$ . Ver gráfico N° 05.

El diámetro sistólico de los pacientes de sexo masculino con Mal de Montaña Crónico fue de  $30.26 \pm 4.19$  mm y el de los habitantes de gran altura fue de  $24.11 \pm 4.34$  mm; encontrándose diferencias estadísticamente significativas con un valor de  $p=0.003$ ; mientras que los valores para el grupo de sexo femenino fueron de  $24.05 \pm 3.82$  mm para las pacientes con Mal de Montaña Crónico y de  $25.17 \pm 4.12$  para el grupo de habitantes de gran altura con un valor de  $p=0.341$ . Ver gráficos N° 04 y 05



**Gráfico N° 05.** Datos ecocardiográficos de ambos grupos estudiados de sexo femenino.



Fuente: Elaboración propia.

Los valores promedio del área auricular izquierda fueron de  $19.24 \pm 4.01$  mm y  $15.14 \pm 2.94$  mm para el grupo con Mal de Montaña Crónico y el grupo de habitantes de gran altura respectivamente, estableciendo una diferencia estadísticamente significativa con una  $p=0.000$ .

Para los pacientes de sexo masculino con Mal de Montaña Crónico el diámetro auricular izquierdo promedio fue de  $19,37 \pm 3,27$  mm y para los habitantes de gran altura de  $15,56 \pm 2,07$  mm ( $p=0.004$ ); mientras que para las pacientes de sexo femenino los valores fueron de  $19,11 \pm 4,73$  mm para el grupo con Mal de Montaña Crónico y de  $15,02 \pm 3,18$  mm para los habitantes de gran altura, encontrándose diferencias estadísticamente significativas con un valor de  $p=0.001$ .

En la comparación de los valores promedio derivados del estudio Doppler en la muestra total se evidenció una diferencia estadísticamente significativa en la comparación de la velocidad de la onda E del flujo mitral, con valores de  $58.05\text{m/s} \pm 16.12$  para el grupo con Mal de Montaña Crónico y de  $74.93\text{m/s} \pm 16.91$  para el grupo de habitantes de gran altura con un valor de  $p=0.000$ . Ver tablas N° 02 y 03.

**Tabla N° 02.** Datos ecocardiográficos y Doppler del sexo masculino.

	<b>Mal de Montaña Crónico Masculinos</b>	<b>Habitantes de gran altura Masculinos</b>	<b>Valor p</b>
<b>DDVI mm</b>	48.53 +- 5,03	39.67 +- 7,35	0.007
<b>DSVI mm</b>	30,26 +- 4,19	24.11 +- 4,34	0.003
<b>Área AI mm</b>	19,37 +- 3,27	15,56 +- 2,07	0.004
<b>Función diastólica</b>			
<b>Onda E m/s</b>	57,84 +- 17,87	74,60 +- 13,64	0.020
<b>Onda A m/s</b>	64,37 +- 17,98	57,78 +- 11,48	0.326
<b>Onda E' m/s</b>	7,45 +- 1,94	10,27 +- 1,78	0.001
<b>TD E ms</b>	190,11 +- 33,41	165,11 +- 47,97	0.120
<b>PSAP mmHg</b>	38.05 +- 8.71	38.67 +- 2.40	0.776

**Fuente:** Elaboración propia.

Haciendo una comparación entre los grupos de sexo masculino y femenino, se evidenció que la velocidad promedio de la onda E mitral en los pacientes de sexo masculino fue de  $57.84 \pm 17.87$  m/s en el grupo con Mal de Montaña Crónico y de  $74.60 \pm 13.64$  m/s en los habitantes de gran altura, presentando diferencias estadísticamente significativas ( $P=0.020$ ). Por otro lado los valores de la velocidad de la onda E del flujo mitral para las pacientes de sexo femenino fueron de  $58.26 \pm 14.64$  m/s para las pacientes con Mal de Montaña Crónico y de  $75.03 \pm 18.02$  m/s para las habitantes de gran altura persistiendo una diferencia estadística altamente significativa con un valor de  $p=0.001$ . Ver tabla N° 02 y 03.

No se evidenció una diferencia estadísticamente significativa en la comparación de la velocidad de la onda A del flujo mitral, con valores de  $71.16 \pm 18.64$  m/s para el grupo con Mal de Montaña Crónico y de  $65.47 \pm 20.26$  mm/s para el grupo de habitantes de gran altura con un valor de  $p=0.256$ .

Se evidenció una diferencia estadísticamente significativa en la comparación de la velocidad de la onda E' del flujo mitral, con valores de  $6.84 \pm 1.69$  m/s para el grupo con Mal de Montaña Crónico y de  $9.85 \pm 2.32$  m/s para el grupo de habitantes de gran altura con un valor de  $p=0.000$ .

**Tabla N° 02.** Datos ecocardiográficos y Doppler del sexo femenino.

	<b>Mal de Montaña Crónico Femeninos</b>	<b>Habitantes de gran altura Femeninos</b>	<b>Valor p</b>
<b>DDVI mm</b>	43,00 +- 8,91	42.55 +- 4,24	0.839
<b>DSVI mm</b>	24,05 +- 3,82	25.17 +- 4,12	0.341
<b>Área AI mm</b>	19,11 +- 4,73	15,02 +- 3,18	0.001
<b>Función diastólica</b>			
<b>Onda Em/s</b>	58,26 +- 14,64	75,03 +- 18,02	0.001
<b>Onda Am/s</b>	77,95 +- 17,13	67,86 +- 21,91	0.097
<b>Onda E´m/s</b>	6,22 +- 1,15	9,72 +- 2,48	0.000
<b>TD E ms</b>	219,00 +- 51,09	222,86 +- 45,01	0.784
<b>PSAP mmHg</b>	58.95+-18.34	37.24+-4.70	0.000

Fuente: Elaboración propia.

La PSAP (presión sistólica de la arteria pulmonar) fue de 48.50 mmHg +- 17.68 en pacientes con Mal de Montaña Crónico, y de 37.58 mmHg +- 4.28 en los habitantes de gran altura ( $p=0.001$ ); mostrando que los pacientes de sexo masculino tienen valores promedio similares entre ambos grupos (38.05 mmHg +- 8.71 en pacientes con Mal de Montaña Crónico y de 38.67 mmHg +- 2.40 en los habitantes de gran altura,  $p=0.776$ ); sin embargo se muestra una diferencia estadísticamente significativa en pacientes del sexo femenino con valores de 58.95 mmHg +-18.34 y 37.24 mmHg +- 4.70; con una  $p=0.000$ .

El hallazgo más importante del estudio, fue la frecuencia claramente incrementada de disfunción diastólica ventricular izquierda en los pacientes con Mal de Montaña Crónico, comparada con los habitantes de gran altura. El análisis de los índices de función diastólica ventricular izquierda (FDVI) por Doppler mostró que una gran proporción de pacientes con Mal de Montaña Crónico (29/38; 76.31%) tenían una relación  $E/A < 1$ ; mientras que en el grupo de habitantes de gran altura (12/38; 31.57%) presentó esa relación disminuida. Esta diferencia fue estadísticamente muy significativa con un valor de  $p = 0,000$ . La media del valor del TDE (tiempo de desaceleración de la onda E) en los pacientes con Mal de Montaña Crónico (204,55+-45,03 ms) no fue más larga que la del grupo de habitantes de gran altura (209,18+-51,48 ms), con un valor de  $p = 0,657$ .

## 6.2 DISCUSIÓN

Los resultados de la investigación que comparó los índices ecocardiográficos y Doppler de pacientes con Mal de Montaña Crónico y habitantes de gran altura, mostraron diferencias estadísticas altamente significativas en índices de función diastólica ventricular izquierda ( $p=0.000$ ), con diferencias entre los sexos, siendo en el sexo femenino con la mayor diferencia; mostrando que los pacientes con Mal de Montaña Crónico poseen algún grado de disfunción diastólica del VI a comparación de los habitantes sanos de gran altura; dichos resultados coinciden con los hallados en un trabajo realizado en ciudad de la Plata, que usó la ecocardiografía Doppler color para estudiar la estructura y función sistólica y diastólica ventriculares izquierdas en poblaciones expuestas crónicamente a grandes alturas (altura mayor de 3000 msnm) concluyendo que el sexo femenino presentó un trastorno de la relajación del ventrículo izquierdo, y la función diastólica del ventrículo derecho está alterada en el sexo femenino y no en el masculino sugiriendo esto último una distinta adaptación cardiovascular a la altitud y a la hipoxia crónica.<sup>58</sup>

La comprensión de las alteraciones en el metabolismo cardíaco y la función cardíaca asociada a la exposición crónica a la hipoxia de altura puede estar asociada con aumento de la demanda metabólica (hipertrofia cardíaca, taquicardia sostenida), o reducido el suministro de oxígeno; más aún en pacientes con Mal de Montaña Crónico que poseen excesiva policitemia,

<sup>58</sup>García Díaz Germán M. Análisis De La Estructura Y Función Ventricular Izquierda En Pacientes Crónicamente Expuestos A Gran Altitud, Sin Patología Cardiovascular Concomitante. Facultad De Ciencias Médicas, Universidad Nacional De La Plata Argentina 2003.

retención de líquidos e hipoventilación relativa, acompañado por un aumento de la PAP en proporción a la disminución de la oxigenación arterial<sup>59</sup>; por lo tanto, es posible que la menor disponibilidad de oxígeno celular pueda contribuir a insuficiencia contráctil. Se ha demostrado que la hipoxia hipobárica está asociada con cambios sostenidos, pero reversible en los volúmenes cardíacos, función y metabolismo energético en individuos jóvenes sanos. La disminución de la fosfocreatina cardíaca -ATP (PCr / ATP), causado por una baja disponibilidad de oxígeno y la reducción de la masa cardíaca y capacidad oxidativa mitocondrial, puede ser la base de la disfunción diastólica observada después de la exposición a la hipoxia de altitud.<sup>60</sup>

Los recientes progresos en la ecocardiografía Doppler portátil ha puesto de manifiesto que los pacientes con Mal de Montaña Crónica pueden presentar hipertensión pulmonar hipóxica grave e inducir fallo agudo del corazón derecho a gran altitud. Los cambios en la función cardíaca se explican por los efectos combinados del aumento de la PAP, la activación del sistema nervioso simpático, y adaptación homeométrica de la función del Ventrículo Derecho a la postcarga e hipovolemia. La adaptación de la función cardíaca incluso en nativos de altura con hipertensión pulmonar leve es cualitativamente similar, a pesar de que los índices de la presión arterial sistólica y la función diastólica de ambos ventrículos parecen estar un poco deprimidos. Estas diferencias se explican por un diferente nivel de tono

<sup>59</sup> Robert Naeije: Physiological Adaptation of the Cardiovascular System to High Altitude. Erasme University Hospital, Brussels, Belgium. *Progress in Cardiovascular Diseases* 52 (2010) 456–466

<sup>60</sup> Holloway Cameron J. Montgomery Hugh E. Cardiac Response to Hypobaric Hypoxia: Persistent Changes in Cardiac Mass, Function, and Energy Metabolism after a Trek to Mt. Everest Base Camp. *The FASEB Journal Research Communication Mt. Everest Base Camp*. *FASEB J.* 25, 792–796 (2011)

nervioso simpático, disminución precarga y, posiblemente, efectos cardíacos directos de toda la vida con privación de oxígeno.<sup>61</sup>

En la comparación de los valores del diámetro diastólico y sistólico del ventrículo izquierdo en el sexo masculino, se encontró diferencias significativas ( $p=0.007$  y  $p=0.003$  respectivamente); sugiriendo que los pacientes del sexo masculino con mal de montaña crónico poseen mayores volúmenes ventriculares que los controles; pero dentro del rango de valores considerados normales, sin evidencia de dilatación o hipertrofia ventricular<sup>62</sup>. Los valores promedio del DDVI y del DSVI (diámetro sistólico y diastólico del ventrículo izquierdo) en habitantes de gran altura masculinos no difieren de los valores promedio hallados en estudios realizados sobre la estructura y función ventricular izquierda en pacientes crónicamente expuestos a gran altitud.<sup>63</sup>

En pacientes femeninos con Mal de Montaña Crónico y habitantes de gran altura femeninos que fueron estudiados se encuentran valores similares del DDVI y del DSVI, resultados que no difieren a los hallados en otros estudios y se muestran a favor de las teorías de la adaptación del sistema cardiovascular frente a la hipoxia que demostraron que la dilatación del ventrículo derecho, se asocia con un aumento de la presión arterial pulmonar que se desarrolla a gran altura por la hipoxia inducida, y debido a la interdependencia ventricular y a la restricción pericárdica, la sobrecarga

<sup>61</sup> Robert Naeije: Physiological Adaptation of the Cardiovascular System to High Altitude. Erasme University Hospital, Brussels, Belgium. *Progress in Cardiovascular Diseases* 52 (2010) 456–466

<sup>62</sup> Nagueh Sherif F. Appleton Christopher P. Recomendaciones Para La Evaluación De La Función Diastólica Del Ventrículo Izquierdo Por Ecocardiografía. *Asociación De Ecocardiografía De La Sociedad Interamericana De Cardiología (Ecosiac). J Am Soc Echocardiogr* 2009; 22:107-133

<sup>63</sup> García Díaz Germán M. Análisis De La Estructura Y Función Ventricular Izquierda En Pacientes Crónicamente Expuestos A Gran Altitud, Sin Patología Cardiovascular Concomitante. *Facultad De Ciencias Médicas, Universidad Nacional De La Plata Argentina* 2003.

de presión del ventrículo derecho puede causar un paradójico desplazamiento del tabique interventricular hacia el ventrículo izquierdo, lo que retrasa el llenado del ventrículo izquierdo y la reducción del volumen diastólico del ventrículo izquierdo, con la posterior reducción de la presión de llenado del ventrículo izquierdo y de las dimensiones del volumen sistólico y cardíaco.<sup>64</sup>

El área auricular izquierda fue mayor en pacientes con mal de montaña crónico en ambos sexos ( $p=0.000$ .) con dilatación de la aurícula izquierda en pacientes con disfunción diastólica; esto debido a disfunción diastólica de II grado que se acompaña de crecimiento auricular izquierdo o por hipertensión pulmonar propia de los pacientes de altura; mostrando un patrón anormal de llenado del ventrículo izquierdo por una mayor contribución de la contracción auricular, coincidiendo con resultados encontrados en estudios sobre la adaptación cardiovascular frente a la hipoxia.<sup>65</sup>

Se encontraron diferencias altamente significativas en los pacientes de ambos sexos en la comparación de la velocidad pico de la onda E del flujo mitral ( $p=0.000$ ), al igual que en personas normales sometidas agudamente a gran altitud encontrado en un estudio realizado en el monte Everest<sup>66</sup>; lo

<sup>64</sup> S.T. de Vries, S.A. Kleijn: Impact of high altitude on echocardiographically determined cardiac morphology and function in patients with coronary artery disease and healthy controls. *European Journal of Echocardiography* (2010) 11, 446–450

<sup>65</sup> Robert Naeije: Physiological Adaptation of the Cardiovascular System to High Altitude. *Erasmus University Hospital, Brussels, Belgium. Progress in Cardiovascular Diseases* 52 (2010) 456–466

<sup>66</sup> Boussuges A, Molinat F, Burnet H, Et al. Operation Everrest III: modifications of cardiac function secondary to altitude-induced hypoxia. An echocardiographic and Doppler study. *Service de Reanimation Medicale et Hyperbarie, CHU Salvator, Marseille, France. Am J Respir Crit Care Med* 2000 Jan;161(1):264-70.

que puede traducirse en una alteración en la relajación del ventrículo izquierdo en los pacientes con Mal de Montaña Crónico<sup>67</sup>.

La PSAP (presión sistólica de la arteria pulmonar) fue mayor en pacientes del sexo femenino con Mal de Montaña Crónico (58.95 mmHg +-18.34) que los habitantes de altura (37.24 mmHg +- 4.70) con una  $p=0.000$ ; correlacionándose que dicho grupo posee una presión de llenado ventrículo izquierdo mayor, esto se traduce en una disfunción diastólica del ventrículo izquierdo. Sin embargo en los pacientes masculinos se encontraron valores similares.

El análisis de los índices de función diastólica ventricular izquierda (FDVI) por Doppler mostró que una gran proporción de pacientes con Mal de Montaña Crónico tenían una relación E/A < 1; presentando una diferencia estadísticamente muy significativa ( $p = 0,000$ ).Mostrando que los pacientes con Mal de Montaña Crónico tienen alteraciones en la función diastólica<sup>68</sup> con diversos grados de disfunción diastólica del ventrículo izquierdo a comparación de los habitantes de gran altura sanos; esto causado por una baja disponibilidad de oxígeno y capacidad oxidativa mitocondrial, tal y como se evidencia en un estudio realizado sobre la respuesta cardíaca frente a la hipoxia hipobárica<sup>69</sup>; con similares resultados a los encontrados en mediciones ecocardiográficas en reposo en voluntarios

<sup>67</sup> Nagueh Sherif F. Appleton Christopher P. Recomendaciones Para La Evaluación De La Función Diastólica Del Ventrículo Izquierdo Por Ecocardiografía. Asociación De Ecocardiografía De La Sociedad Interamericana De Cardiología (Ecosiac). J Am Soc Echocardiogr 2009; 22:107-133

<sup>68</sup> Zile Michael R; Brutsaert Dirk L. New Concepts In Diastolic Dysfunction And Diastolic Heart Failure: Part I Diagnosis, Prognosis, And Measurements Of Diastolic Function. American Heart Association, Rev Circulation. 2002;105:1387–1393.

<sup>69</sup> Holloway Cameron J. Montgomery Hugh E. Cardiac Response to Hypobaric Hypoxia: Persistent Changes in Cardiac Mass, Function, and Energy Metabolism after a Trek to Mt. Everest Base Camp. The Faseb Journal Research Communication Mt. Everest Base Camp. Faseb J. 25, 792–796 (2011)

sanos a alturas simuladas de 5.000 m y a 8000 msnm donde se encontró una alteración en la función diastólica.<sup>70</sup>



<sup>70</sup>Robert Naeije: Physiological Adaptation of the Cardiovascular System to High Altitude. Erasme University Hospital, Brussels, Belgium. Progress in Cardiovascular Diseases 52 (2010) 456–466

## CAPÍTULO VII

### CONCLUSIONES

- Los resultados de la investigación mostraron diferencias estadísticas altamente significativas en índices de función diastólica ventricular izquierda con diferencias entre los sexos, siendo en el sexo femenino con la mayor diferencia. Mostrando que los pacientes con Mal de Montaña Crónico tienen alteraciones en la función diastólica con diversos grados de disfunción diastólica del ventrículo izquierdo a comparación de los habitantes sanos de gran altura ( $p=0.000$ ).
- En la comparación de los valores del diámetro diastólico y sistólico del ventrículo izquierdo en el sexo masculino, se encontró diferencia estadísticamente significativa ( $p= 0.007$  y  $p=0.003$  respectivamente); pero dentro del rango de valores considerados normales, sin evidencia de dilatación o hipertrofia ventricular.
- El área auricular izquierda fue mayor en pacientes con mal de montaña crónico en ambos sexos ( $p=0.000$ .) a predominio de los pacientes con disfunción diastólica de grado II.
- La PSAP (presión sistólica de la arteria pulmonar) fue mayor en pacientes del sexo femenino con Mal de Montaña Crónico que los habitantes de gran altura ( $p=0.000$ ); correlacionándose que dicho grupo posee una presión de llenado ventricular izquierdo mayor, esto se traduce en mayor disfunción diastólica del ventrículo izquierdo.

## RECOMENDACIONES

- Se necesitan estudios a mayor escala para establecer parámetros diastólicos fin de lograr una mejor identificación de los pacientes con Mal de Montaña Crónico y habitantes de gran altura, con el fin de detectar etapas tempranas de enfermedad cardíaca y eventualmente la implementación de acciones terapéuticas específicas.
- Son necesarios estudios de evolución ecocardiográfica en todos los pacientes con Mal de Montaña Crónico debido a la morbi-mortalidad cardiovascular en esta entidad.
- Son necesarios estudios para evaluar las características asociadas a manifestaciones severas del Mal de Montaña Crónico, así como de criterios de diagnóstico específicos de Mal de Montaña Crónico.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Alves-Silva Luiz S. Nassri Camara Edmundo J. Frecuencia De Disfunción Diastólica Del Ventrículo Izquierdo Por Doppler Mitral En Adultos Sanos. *Arq Bras Cardiol* 2009; 93(4): 321-326
- Arregui Alberto, Cabrera Juan. Mal De Montaña, Migraña Y Depresión: ¿Coexistencia Casual O Causal? Posible Rol De La Hipoxia Ambiental. *Rev. Med Hered* 1996; 6: 163-167
- Arregui Alberto, León Velarde Fabiola. Mal De Montaña Crónico Entre Mineros De Cerro De Pasco: Evidencias Epidemiológicas Y Fisiológicas. *Rev Med Hered* 1990; 1 (1)
- B. Ostadal, F. Kolar: Cardiac adaptation to chronic high-altitude hypoxia: Beneficial and adverse effects. *Rev Elsevier Respiratory Physiology-Neurobiology* 158 (2007) 224–236
- Bocian Jorge L, Ennis Irene, Pinilla Oscar A. Evaluación De La Función Sistólica Del Ventrículo Izquierdo En Jóvenes Y Su Modificación Según Geometría Ventricular. *Insuf Card* 2010; (Vol 5) 3:113-119
- Boussuges A, Molenat F, Burnet H, Et al. Operation Everrest III: modifications of cardiac function secondary to altitude-induced hypoxia. An echocardiographic an Doppler study. *Service de Reanimation Medicale et Hyperbarie, CHU Salvator, Marseille, France. Am J Respir Crit Care Med* 2000 Jan;161(1):264-70.

- Braun B, Rock PB, Zamudio S, Wolfel GE, Mazzeo RS, Muza SR et al. Women at altitude: short-term exposure to hypoxia and/or alpha(1)-adrenergic blockade reduces insulin sensitivity. *J Appl Physiol* 2001; 91(2):623-631.
- Cabeza Letrán María L., Rodríguez Puras María J. Función Diastólica E Hipertensión Arterial Pulmonar Asociada a Cortocircuitos Congénitos. *Rev Esp Cardiol*. 2011;64 Supl 3:109
- Carod-Artal F.J. Cefalea De Elevada Altitud Y Mal De Altura. Servicio De Neurología, Hospital Virgen De La Luz, Cuenca, España. *Rev Neurología*. 2012;30(20):30-30
- Caserta MA, Milan A, Naso D, Magnino C, ET AL. Left ventricular diastolic function and dysfunction: a single cardiac target for various systemic diseases. *G Ital Cardiol (Rome)*. 2007 May;8(5):279-98.
- Czuriga D, Paulus WJ, Czuriga I, Édes I, Papp Z, Borbély A. Cellular mechanisms for diastolic dysfunction in the human heart. *J Curr Pharm Biotechnol*. 2012 Oct;13(13):2532-8.
- Chin K, Shimizu K, Nakamura T, Narai N, Masuzaki H, Ogawa Y et al. Changes in intra-abdominal visceral fat and serum leptin levels in patients with obstructive sleep apnea syndrome following nasal continuous positive airway pressure therapy. *Circulation* 1999; 100(7):706-712.

- Eisensehr I, Ehrenberg BL, Noachtar S, Korbett K, Byrne A, McAuley A et al. Platelet activation, epinephrine, and blood pressure in obstructive sleep apnea syndrome. *Neurology* 1998; 51(1):188-195.
- Evangelista Masip Arturo. Guías De Práctica Clínica En Ecocardiografía De La Sociedad Española De Cardiología. *Rev Esp Cardiol* 2000; 53: 663-683
- G. Viscor, A. Ricart and C. Leal. International Working Group for Chronic Mountain Sickness. In: *Health & Height: Proceedings of the 5th World Congress on Mountain Medicine and High Altitude Physiology*. Edited by Universitat de Barcelona, Barcelona, (2003) pp. 39-42.
- G. Zubieta-Castillo, G.R. Zubieta-Calleja, L. Zubieta-Calleja. Chronic Mountain Sickness: The Reaction of Physical Disorders To Chronic Hypoxia. *Journal of Physiology and Pharmacology* 2006, 57, Supp 4, 431.442
- García Díaz Germán M. Análisis De La Estructura Y Función Ventricular Izquierda En Pacientes Crónicamente Expuestos A Gran Altitud, Sin Patología Cardiovascular Concomitante. Facultad De Ciencias Médicas, Universidad Nacional De La Plata Argentina 2003.
- Ge RL, Helun G. Current concept of chronic mountain sickness: pulmonary hypertension-related high-altitude heart disease. *Qinghai High Altitud Medical Science Institute, China. Wilderness Environ Med.* 2001 Fall; 12(3):190-4.

- Gibbs JS. Biventricular function at high altitude: implications for regulation of stroke volume in chronic hypoxia. *Adv Exp Med Biol.* 2007; 618:13-24
- Ginelli P, Bella JN. Treatment of diastolic dysfunction in hypertension. Department of Medicine, Bronx-Lebanon Hospital Center and Albert Einstein College of Medicine, Bronx, NY, USA. 2011.
- Gonzales Gustavo F. Hemoglobina Y Testosterona: Importancia En La Aclimatación Y Adaptación A La Altura. *Rev Peru Med Exp Salud Pública.* 2011; 28(1): 92-100.
- Grocott Michael, Montgomery Hugh and Vercueil Andre. High-Altitude Physiology and Pathophysiology: Implications and Relevance For Intensive Care Medicine. *Critical Care* 2007, 11:203
- Hirata K, Ban T, Jinnouchi Y, Kubo S. Echocardiographic assessment of left ventricular function and wall motion at high altitude in normal subjects. Department of Cardiovascular Surgery, Kyoto University Faculty of Medicine, Japan. *Am J C 1991 Cardiol Dec 15;68(17):1962-7.*
- Holloway Cameron J. Montgomery Hugh E. Cardiac Response to Hypobaric Hypoxia: Persistent Changes in Cardiac Mass, Function, and Energy Metabolism after a Trek to Mt. Everest Base Camp. *The FASEB Journal Research Communication Mt. Everest Base Camp.* *FASEB J.* 25, 792–796 (2011)
- Klein AL, Hatle LK, Taliario CP, Oh JK, Kyle RA, Gerz MA, Bailey KR, Seward JB, Tajik AJ: Prognostic significance of Doppler measures of

diastolic function in cardiac amyloidosis. A Doppler echocardiography study. *Circulation* 1991; 83: 808-816.

- Kuznetsova T, Herbots L, Jin Y, Stolarz-Skrzypek K, Staessen JA. Systolic and diastolic left ventricular dysfunction: from risk factors to overt heart failure. *Expert Rev Cardiovasc Ther.* 2010; 8(2):251-8.
- Lalande Sophie and Johnson Bruce D. Diastolic Dysfunction: A Link Between Hypertension And Heart Failure. *Drugs Today (Barc).* 2009 July 22.
- Lascano C, Alba P. Disfunción Diastólica Ventricular Izquierda En La Artritis Reumatoidea. Universidad Nacional De Córdoba. Córdoba. Argentina, *Revista De La Facultad De Ciencias Médicas* 2009; 66(2): 58-65
- M. Fischer, A. Baessler. Prevalence of Left Ventricular Diastolic Dysfunction in the Community Results from a Doppler Echocardiographic-Based Survey of a Population Sample. *European Heart Journal* (2003) 24, 320–328
- Madden JA, Dawson CA, Harder DR. Hypoxia-induced activation in small isolated pulmonary arteries from the cat. *J Appl Physiol* 1985; 59:113-118
- Maggiorini M. Cardio-pulmonary interactions at high altitude. Pulmonary hypertension as a common denominator. *Adv Exp Med Biol.* 2003;543:177-89.

- Mejía Olga M. Prchal Josef T. Genetic Association Analysis of Chronic Mountain. *Haematologica/The Hematology Journal* | 2005; 90(1)
- Muñoz Martínez León. Utilidad Del Ecocardiograma En La Valoración Del Paciente Con Insuficiencia Cardíaca Diastólica. *Rev Urug Cardiol* 2005; 20: 102-115
- Nagarakanti R, Ezekowitz M. Diastolic dysfunction and atrial fibrillation. *J Interv Card Electrophysiol*. 2008 Aug; 22(2):111-8.
- Nagueh Sherif F. Appleton Christopher P. Recomendaciones Para La Evaluación De La Función Diastólica Del Ventrículo Izquierdo Por Ecocardiografía. Asociación De Ecocardiografía De La Sociedad Interamericana De Cardiología (Ecosiac). *J Am Soc Echocardiogr* 2009; 22:107-133
- Oh JK, Ding ZP, Gersh BJ, Bailey KR, Tajik AJ: Restrictive left ventricular diastolic filling identifies patients with heart failure after acute myocardial infarction. *J Am Soc Echocardiogr* 1992; 5: 497-503.
- Pei SX, Chen XJ, Si Ren BZ, Liu YH, Cheng XS, Harris EM, Anand IS, Harris PC. Chronic mountain sickness in Tibet. Workers "Hospital of the Tibet Autonomous Region of the Peoples Republic of China, Lhasa, Tibet. *Q J Med* 1989 Jun; 71(266):555-74.
- Penalosa Dante; Arias-Stella Javier. The Heart and Pulmonary Circulation At High Altitudes. American Heart Association, Inc. 2006. *Rev Circulation*. 2007;115:1132-1146

- Pinamonti B, Zecchin M, Di Lenarda A, Gregori D, Sinagra G, Camerini F: Persistence of restrictive left ventricular filling pattern in dilated cardiomyopathy: an ominous prognostic sign. *J Am Coll Cardiol* 1997; 29: 604-612.
- Pino F. García Río. Interacción Cardiopulmonar Y Transporte Gaseoso. *Rev Edita Sanitaria* 2006; 1-203
- Richalet JP, Rivera M, Bouchet P, Chirinos E, Onnen I, Petitjean O, Bienvenu A, Lasne F, Moutereau S, LeónVelarde F. Acetazolamide: a treatment for chronic mountain sickness. *Am J Respir Crit Care Med* (2005).172(11): 1427-1433.
- Richard CH, Teboul JL, Archambaud F, et al. Left ventricular function during weaning of patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Intensive Care Med* 1994; 20:181-186.
- Robert Naeije: Physiological Adaptation of the Cardiovascular System to High Altitude. Erasme University Hospital, Brussels, Belgium. *Progress in Cardiovascular Diseases* 52 (2010) 456–466
- S.T. de Vries, S.A. Kleijn: Impact of high altitude on echocardiographically determined cardiac morphology and function in patients with coronary artery disease and healthy controls. *European Journal of Echocardiography* (2010) 11, 446–450
- Scognamiglio R, Ponchia a, Fasoli G, miraglia G. Changes in structure and function of the human left ventricle after acclimatization to high

- altitude. Department of Cardiology, University of Padua, Italy. Eur J Appl Physiol Occup Physiol 1991;62(2):73-6.
- Schwarz Ernst R, Dashti Raja. The Clinical Quandary of Left and Right Ventricular Diastolic Dysfunction and Diastolic Heart Failure. Cardiovascular Journal of Africa. Vol 21, No 212 4, July/August 2010
  - Sharma S. Indira Gandhi. Clinical, biochemical, electrocardiographic and noninvasive hemodynamic assessment of cardiovascular status in natives at high to extreme altitudes (3000 -5500m) of the Himalayan region. Medical College, Shimla. Indian Heart J 1990 Sep-Oct;42(5):375-9
  - Velásquez Jorge G. Función Y Disfunción Diastólica. Acta Médica Colombiana Vol. 15 N° 6 Noviembre-Diciembre. 1990
  - Verma A, Solomon SD. Diastolic dysfunction as a link between hypertension and heart failure. J Med Clin North Am. 2009 May; 93(3):647-64.
  - Wu T.Y., Chen Q.H., Li W.S., Wei C.Y., Li Y., Wang X.Z., Chui Z.Z., Zhao G.C., Gong Dong, and Jin Y.S. The study of diagnostic criteria of chronic mountain sickness. Xining, China 2004. Chin. J. High Alt. Med. 7:16.
  - Zile Michael R; Brutsaert Dirk L. New Concepts In Diastolic Dysfunction And Diastolic Heart Failure: Part I Diagnosis, Prognosis, And

Measurements Of Diastolic Function. American Heart Association, Rev  
Circulation. 2002;105:1387–1393.)



## ANEXOS

**FICHA DE RECOLECCION DE DATOS: PACIENTE CON MAL DE MONTAÑA CRONICO**

Nombre: .....

Edad:.....Sexo:.....IMC:.....Procedencia:.....

Años de dx de MMC:.....tratamiento:.....

- Tiene usted dificultad para respirar (siente que le falta el aire) o palpitaciones del corazón:
  0. No tiene dificultad para respirar y no tuvo palpitaciones
  1. Poca dificultad para respirar y/o palpitaciones
  2. Moderada dificultad para respirar y/o palpitaciones
  3. Severa dificultad para respirar y/o palpitaciones
- Tiene alguna dificultad para dormir
  0. Durmió como de costumbre
  1. No durmió tan bien como de costumbre
  2. Despertó muchas veces, escaso sueño
  3. No pudo dormir.
- Tiene usted cianosis: La cara/ manos se han puesto azul o moradas
  0. No
  1. Poco
  2. Moderado
  3. Severo
- Presenta usted dilatación de venas manos/ pies:
  0. No presenta dilatación de venas
  1. Ligera dilatación de venas
  2. Moderada dilatación de venas
  3. Severa dilatación de venas
- Presenta usted Parestesia (le quemar/ arden plantas de pies/ manos):
  0. No presenta parestesia
  1. Presentó ligera parestesia
  2. Moderada parestesia
  3. Severa parestesia
- Tiene usted dolor de cabeza
  0. No presenta dolor de cabeza
  1. Ligero dolor de cabeza
  2. Moderado dolor de cabeza
  3. Presentó fuerte dolor de cabeza que lo incapacitó
- Presenta usted Tinnitus (zumbido en los oídos)
  0. No tiene zumbidos de oídos
  1. Ligero zumbido de oídos
  2. Moderado zumbido de oídos
  3. Severo zumbido de oídos
- Hemoglobina.....Hematocrito.....
- Sat O2.....
- Presión arterial.....
- Otras patologías concomitantes:..... Puntaje:.....

DATOS ECOCARDIOGRAFICOS							
<b>NOMBRE:</b>					<b>Fecha :</b>		
<b>Edad :</b>		<b>Sexo :</b>		<b>Talla</b>	<b>FC:</b>	<b>IMC</b>	
MODO M				MODO BIDIMENSIONAL			
Aorta raíz		mm	(<40mm)	Vol. diastólico VI		cc	
Apertura aórtica		mm	(15-26mm)	Vol. sistólico VI		cc	
Aurícula izquierda		mm	(<40mm)	Area Aurícula Izq.		cm2	(<20cm <sup>2</sup> )
Ventrículo derecho		mm	(<33mm)	Area Aurícula Der.		cm2	(<20cm <sup>2</sup> )
Séptum Interventricular		mm	(<10mm)	Vol Aurícula Izq.		(<60cm3)	<29/34ml/m2
VI. diástole		mm	(<55mm)	FEVI geométrico:		%	97 ml/57 ml
VI. sístole		mm	(<35mm)	Arteria Pulmonar		mm	(<21mm)
Pared posterior VI		mm	(<10mm)	Aorta ascendente		mm	(<37mm)
Fracción acortamiento		%	(30-48%)	Cayado aórtico		mm	(<35mm)
FE VI <b>biplano</b>		%	(>55%)	Aorta descendente		mm	(<35mm)
Masa		gr	V<294g m <198g	Cava inferior		mm	(<17mm)
TAPSE		mm	(>14mm)	Colapso inspiratorio		%	(>50%)
Fracción eyección VD		%	(32-60%)	Gasto cardiaco		L/min	

**EVALUACIÓN DOPPLER**

**MITRAL:**

Onda E:	mm/s	Onda A	mm/s	E/A:		TD E:	cm/seg
E':	mm/s	A':	mm/s	E/E':		S':	
Grad. Máx:	mmHg	Grad. Med:	mmHg	AVM:	cm2	Vel.Mit:	m/s
dP/dt:		V contracta:	mm	Area Reg:	cm2	Planim:	
Vol Reg :	ml	ORE:	cm2	E' lateral		VTI VM	cm

**AÓRTICA:**

Vel. Máx:	m/s	Grad máx:	mmHg	Grad. Med:	mmHg	Area:	cm2
THP:	s	VC:	mm	Diám. Regurg/TSVI:		%	VTI TSVI
Vol Reg:	ml	ORE:	cm2	Grad. Máx. TSVI:		mmHg	AREA TSVI

**TRICUSPÍDEA:**

Grad VD/AD:	mmHg	Vmax VD/AD:		PSAP:	mmHg
-------------	------	-------------	--	-------	------

**PULMONAR**

Grad Max:	mmHg	PDAP:	mmHg	PAPmedia:	mmHg
-----------	------	-------	------	-----------	------

**VENTRICULO DERECHO**

BASAL	<29	MEDIO	<34	LONGITU	<80
-------	-----	-------	-----	---------	-----

INTERPRETACIÓN
Cavidades cardiacas :
Grosor de miocardio :
Válvulas cardiacas :
Doppler color muestra :
Tracto de salida de VI :
CONCLUSIONES

