

REPÚBLICA DE CUBA

**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS MÉDICAS DE LAS FAR
HOSPITAL MILITAR DE EJÉRCITO DOCENTE CLÍNICO QUIRÚRGICO
“Dr. OCTAVIO DE LA CONCEPCIÓN Y DE LA PEDRAJA”
CAMAGÜEY**

**ESTIMULACIÓN ELECTROMAGNÉTICA ASOCIADA A LOS FIJADORES
EXTERNOS EN EL TRATAMIENTO DE FRACTURAS ABIERTAS DE TIBIA**

**Tesis presentada en opción al grado científico de
Doctor en Ciencias Médicas**

**AUTOR: Cap. Dr. MARIO OSVALDO GUTIÉRREZ BLANCO
ESPECIALISTA DE SEGUNDO GRADO. MCs
PROFESOR AUXILIAR**

TUTOR: DR. C. FRANCISCO LEYVA BASTERRECHEA

CAMAGÜEY

2010

AGRADECIMIENTOS

Toda investigación necesita el apoyo de un colectivo de trabajo unido, esta hubiese sido imposible sin la colaboración y asesoría de cada uno de los integrantes de los Servicios de Ortopedia, Radiología, Fisiatría y Angiología, al Consejo Científico, La Universidad de Medicina, GeoCuba, y los Servicios Médicos de las FAR, que desde el comienzo mantuvieron un amplio intercambio enriquecedor; para todos y cada uno de ellos, nuestro más sincero reconocimiento.

A los profesores y amigos Dr. C Francisco Leyva Basterrechea y Rafael Avilés Merens, por sus valiosos asesoramientos, sabios consejos y procesamientos estadísticos.

Por sus recomendaciones precisas, búsqueda de información y la revisión crítica, al Dr. C Jorge Santana Álvarez.

Nuestro agradecimiento a los profesores Alfredo Ceballos Mesa, Juan L Vidal Ramos, Juan D Zayas Guillot, Lourdes Fons, Esther Medina, Liudmila Casas, Lourdes Yera y Ramón Romero por su apoyo personal, emocional e inestimable colaboración prestada en los momentos difíciles de la realización de esta investigación.

Al Dr. en Ciencias Amilcar Arenal por su ayuda en la búsqueda de la bibliografía.

Al Dr. en Ciencias Filológicas Ramón Alfonso Fernández por la revisión exhaustiva de la tesis.

A mis residentes, que durante muchos años colaboraron en esta tarea.

Y en especial, a todos los pacientes que accedieron a la realización de este estudio.

Muchas gracias.

PENSAMIENTO

No hay almas más puras
que las que adórnalas o no
fortunas o letras, buscan
sedientas el alivio del dolor.

José Martí

DEDICATORIA

A mis padres por las enseñanzas recibidas.

A mi esposa, hijos y familia, por su amor, su gran apoyo y la atención necesaria en todo para mis estudios.

A mis nietas Mariem y Mariam, por no haber podido estar a su lado todo el tiempo deseado.

A la Revolución Cubana.

SÍNTESIS

En el mundo contemporáneo los conflictos armados, catástrofes naturales y la accidentalidad en la vida cotidiana son cada vez más frecuentes, con ellos ocurren las fracturas complejas en las extremidades inferiores, lo que conlleva un grupo de métodos para su restauración, como son los fijadores externos. Esta investigación pretende estandarizar la aplicación de la estimulación electromagnética asociada acelerando la reparación hística ósea y reincorporación de lesionados lo más breve a sus actividades habituales, con la menor incidencia de complicaciones. Los objetivos consistieron en evaluar los tratamientos, comparar los resultados y pronosticar el resultado final a partir de variables predictoras. El Diseño Metodológico consistió en una investigación aplicada, de desarrollo, prospectiva y longitudinal acorde a la clasificación del CITMA, en el Hospital Militar de Camagüey del año 1988 al 2007. La muestra conformada por 244 pacientes, divididos en dos grupos, se trataron con fijadores externos de Ilizarov o RALCA y se les asoció estímulos eléctricos o campo electromagnéticos pulsátiles respectivamente. Los resultados fueron superiores en el segundo grupo. Conclusiones: se logró disminución del tiempo de consolidación y las complicaciones. Al aplicar el procedimiento multivariado de la regresión logística se identificó en los tres modelos obtenidos la variable predictora “grado” como significativa.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

Justificación del estudio

Problema de Investigación

Objetivo General

Objetivos Específicos

Hipótesis de la investigación

Métodos empleados

Novedad científica

Aporte teórico

Aporte práctico

Aporte socio-económico

CAPÍTULO I.

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes históricos de las fracturas abiertas

1.2 Estado actual del conocimiento del problema de investigación

Consideraciones parciales del capítulo I

CAPÍTULO II. .

DISEÑO METODOLÓGICO

2.1 Contexto y clasificación de la investigación

2.2 Universo y selección de la muestra

2.3 Definición conceptual y operacional de las variables.

2.4 Procedimientos. Seguimiento de los pacientes

2.5 Metodología de la recolección de datos. Procesamiento

2.6 Bioética. Consentimiento informado

Consideraciones parciales del capítulo II

CAPÍTULO III. CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA EN LOS GRUPOS

3.1 Caracterización de la muestra en los grupos

Consideraciones parciales del capítulo III

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1 Comparación de variables en relación con el interviene en el tiempo de consolidación según tratamientos

4.2 Complicaciones más frecuentes relacionadas en los grupos estudiados

Consideraciones parciales del capítulo IV

CAPÍTULO V. PRONÓSTICO DEL RESULTADO FINAL CON EL
EMPLEO DE LA REGRESIÓN LOGÍSTICA

Consideraciones parciales del capítulo V

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONESREFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

INTRODUCCIÓN

El manejo de las fracturas abiertas de tibia en la actualidad es muy controvertido, conlleva múltiples tipos de tratamientos, algunos muy costosos en el mercado internacional, además se producen gran cantidad de complicaciones, como son: pseudoartrosis, osteomielitis, deformidades, amputaciones, etc. y aún más se agravan en Cuba, que es un país bloqueado por el imperialismo yanqui o en tiempos de contingencias.

Todos los países tienen estructurados y organizados, de una u otra forma, los servicios médicos de salud. En las Fuerzas Armadas, la estructura y organización de ellos responden en definitiva a la ideología que sustenta el Estado, del cual forman parte, por lo que estarán en función de las clases dominantes.

Los heridos de extremidades en la II Guerra Mundial y en la de Corea fueron del 30 al 36%, en Vietnam del 20 al 45%. En el año 1999 un total de 1 422 pacientes con fracturas diafisarias de la tibia fueron tratados en hospitales de Finlandia, con una incidencia de 28 por cada 100 000 ¹.

En la guerra de Etiopía, en la ciudad de Harar, se produjeron 160 lesionados de cabeza, cuello y columna vertebral, 270 de tórax, abdomen y pelvis y 1 044 de extremidades, los cuales fueron atendidos por una Brigada Médica Internacionalista Cubana ².

En la Guerra de Iraq del 70 al 80% de las lesiones son de los miembros y se han reportado 2 700 mutilados hasta el año 2009. La mayor necesidad de especialistas para los soldados evacuados por lesiones durante las acciones combativas fue de Ortopédicos con el 38%, seguida de los Cirujanos con el 4% ^{3,4}.

La fractura de tibia es la más frecuente de de las que ocurren en huesos largos. En Estados Unidos suceden cada año entre 150 000 y 500 000 lesiones por armas de fuego y la mitad implican las extremidades. Se ha estimado que hay 492 000 nuevas cada año en el mundo, con una prevalencia de 100 000 casos sin consolidar. A pesar de las discusiones alrededor de que las fracturas de tibia son frecuentemente difíciles de tratar, la mayoría de ellas ocurren por traumas de baja energía y con un grado relativamente menor de lesión en los tejidos blandos. Así, Timothy OW y cols. realizaron un estudio epidemiológico

en Gran Bretaña y encontraron que el 76,5% de las fracturas fueron cerradas y el 53,6% abiertas grado I de Gustillo y Andersen ⁵.

Para garantizar el aseguramiento médico al herido de las extremidades en los conflictos bélicos, han existido numerosos sistemas organizativos y diferentes técnicas capaces de brindar la asistencia que ellos requieren, guardando relación con el desarrollo socioeconómico de cada país, la magnitud del conflicto y el avance paulatino que han ido alcanzando las ciencias médicas a lo largo de los años.

El uso sensato y oportuno de la fijación externa ósea, en el tratamiento de los heridos de guerra, ha significado un importante avance en relación con las lesiones más graves de los miembros ⁶.

El sistema nacional de salud está conformado para trabajar en situaciones normales (habituales), pero al país se le pueden presentar situaciones anormales. En estas circunstancias el sistema existente debe reordenarse y tomar un conjunto de medidas que le permitan actuar eficientemente, lograr cumplir su misión estratégica fundamental y restablecer la situación de salud en los plazos más breves posibles. Estas situaciones anormales constituyen "contingencias", que por definición es la situación que rompe el equilibrio existente entre los problemas de salud y el sistema que los resuelve, con un incremento notable de los primeros y un deterioro paralelo del segundo y solo pueden enfrentarse con el reordenamiento organizativo del sistema.

La Doctrina Única de Tratamiento y Evacuación en la Guerra de todo el Pueblo, Resolución Ministerial No 187, del año 2002, establece el tratamiento en la especialidad de Ortopedia y Traumatología para la asistencia médica especializada, según los incisos 9 y 12, e indica el uso de los fijadores externos como métodos de inmovilización ósea. En esta investigación se asocian la estimulación eléctrica y los campos electromagnéticos pulsátiles, con el objetivo de comprobar si, como método terapéutico, aceleran la formación del callo óseo y reducen las complicaciones inherentes a las fracturas abiertas de la tibia ⁷.

Dado el empeño de las FAR por mantener una óptima disposición combativa, nos preparamos en ejercicios y maniobras militares, además las exigencias de los estilos de vida moderna a causa del desarrollo técnico alcanzado, transportes más veloces y la violencia, hacen que la población esté expuesta a

más traumatismos, hecho que acontece con mayor frecuencia en personas jóvenes.

La fractura abierta de la tibia (FAT) es una de las primeras causas de morbilidad en los servicios de Ortopedia y Traumatología. En el Hospital Militar de Ejército Clínico Quirúrgico Docente "Dr. Octavio de la Concepción y de la Pedraja" de Camagüey, se ingresa como promedio, cada dos semanas, un paciente con este tipo de fractura, según registro estadístico y a la Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE) ⁸.

La tibia, por su disposición anatómica especial y por ser un hueso largo de sustentación, es el más afectado, pues cualquier lesión directa sobre la cara anterior, que está protegida solo por tejidos subcutáneos, induce a la gran probabilidad de una fractura abierta, incluso, si de inicio fuese cerrada.

Las FAT se caracterizan por su severidad y el complejo y prolongado tratamiento que requieren sus complicaciones, a pesar del avance tecnológico existente. Actualmente constituyen un problema de salud reconocido y representan una de las principales causas de morbilidad y secuelas funcionales en traumatología, lo que significa un incremento de los gastos por concepto de tratamiento, como resultado de una prolongada estadía hospitalaria del enfermo, necesidad de medicamentos y reintervenciones, además del costo social por incapacidad laboral y la tragedia que para el paciente representa.

Un análisis retrospectivo de la literatura evidencia un interés renovado por los aspectos relacionados con las FAT. Numerosos estudios clínicos y experimentales preconizan métodos para disminuir el tiempo de formación del callo óseo y las complicaciones, entre ellos, los estímulos electromagnéticos.

Se tomó como referencia la experiencia y los trabajos de los profesores Alfredo Ceballos Mesa y Juan Daniel Zayas Guillot, que en Cuba desde hace algunos años estudian los fenómenos relacionados con la electroestimulación, la magnetoterapia y sus efectos sobre la consolidación ósea. Desde el año 1986 se comenzó a trabajar y con su apoyo se han realizado varias investigaciones en el Servicio de Ortopedia y Traumatología, con los estímulos eléctricos y campos electromagnéticos asociados a los fijadores externos, como métodos terapéuticos no invasivos e indoloros, que reducen el tiempo de rehabilitación y la formación del callo óseo ⁹⁻¹¹.

En este trabajo se presentan los resultados de la experiencia clínico quirúrgica del autor y un grupo de colaboradores, con el uso del estimulador eléctrico óseo y el campo electromagnético pulsátil, como coadyuvante en el tratamiento de las fracturas abiertas de la tibia con fijadores externos, lesiones éstas de difícil solución para los ortopédicos y traumatólogos.

Justificación del estudio

De los traumatizados en tiempo de guerra, grandes accidentes y catástrofes, el 70% de los pacientes son tratados por la especialidad de Ortopedia. Las lesiones del miembro inferior constituyen el 52% y de ellas el 7,5% son fracturas abiertas de la tibia. Por lo que su incidencia es elevada.

Problema de Investigación

¿El tratamiento en las fracturas abiertas de tibia con la fijación externa y la estimulación electromagnética asociada, permitirá disminuir el tiempo de formación del callo óseo (osteogénesis) y las complicaciones producidas, tanto en tiempo de paz como en contingencias?

Objeto de la investigación

Es la aplicación de los fijadores externos en las FAT recientes, de distintos grados, con la asociación de estímulos electromagnéticos.

Campo de acción

Lo constituyen los pacientes con fracturas abiertas de tibia que han sido tratados mediante fijación externa y estímulos eléctricos o campos electromagnéticos pulsátiles asociados.

Límites del alcance de la investigación

Se usan solo dos tipos de Fijadores Externos (FE), cada uno asociado a un estímulo: fijador tipo Ilizarov asociado a la Estimulación Eléctrica (EE) y fijador tipo RALCA asociado a los Campos Electromagnéticos Pulsátiles (CEMP), por las características propias de cada uno. Solo se realiza el estudio en el sexo masculino, por ser baja la incidencia de pacientes del sexo femenino en esta investigación.

Objetivo General

Evaluar los resultados del tratamiento en las fracturas abiertas de tibia con fijación externa y estímulos eléctricos o campos electromagnéticos pulsátiles asociados.

Objetivos Específicos

1. Comparar los resultados del tratamiento con estimulación eléctrica y campo electromagnético pulsátil en las fracturas abiertas de tibia.
2. Caracterizar la muestra estudiada en cada grupo según variables biológicas y clínicas de interés.
3. Pronosticar el resultado final a partir de las variables predictoras.

Hipótesis de la investigación

El empleo de los fijadores externos en el tratamiento de las fracturas abiertas de la tibia, asociados a la estimulación electromagnética permite acelerar el proceso de consolidación ósea y disminuir las complicaciones aún más con los campos electromagnéticos pulsátiles.

Métodos empleados

Nivel teórico

El histórico-lógico, para determinar la evolución del callo óseo y la disminución de las complicaciones. El analítico-sintético y el inductivo-deductivo para caracterizar las consecuencias de las complicaciones y la evolución de las FAT, así como para interpretar la información obtenida por la aplicación de los métodos empíricos. La abstracción-concreción, para las valoraciones críticas en la construcción del marco teórico y para la fundamentación del modelo teórico de la fijación externa.

El enfoque de sistema para el uso de los EE y CEMP con anterioridad en nuestra provincia.

Estos equipos disminuyen el tiempo de consolidación de las fracturas y las complicaciones. El paciente puede deambular e incorporarse rápidamente a sus labores. Otros elementos novedosos están dados en que la osteogénesis aumenta con la estabilización y compresión que produce esta técnica. Las

articulaciones están libres y no se produce por lo tanto hipotrofia muscular, ni rigidez articular.

Nivel empírico

El método clínico y las radiografías en la formación del callo óseo y las complicaciones en pacientes que cumplen los criterios de selección, para aplicarle la técnica quirúrgica, validarla en la disminución de las complicaciones y acelerar la osteogénesis.

El método experimental

Para evaluar la técnica quirúrgica de los fijadores externos y colocación de los estímulos eléctricos y campos magnéticos pulsátiles asociados.

Novedad científica

Se realiza por primera vez en Cuba un estudio comparativo, en el tratamiento de las FAT con fijadores externos, asociándoles equipos de EE y CEMP.

Aporte teórico

Está en la fundamentación y aplicación de los métodos científicos propuestos, además realizar el pronóstico de consolidación en FAT.

Aporte práctico

Es la propia técnica quirúrgica que se aplica, en las FAT, con la colocación de los FE asociados a los EE y CEMP. La aplicación de esta técnica tiene un significativo aporte, al lograr que los pacientes formen callo óseo y no sufran complicaciones.

Aporte socio-económico

Aunque no fue propósito hacer un estudio económico con la aplicación de estos procedimientos, es evidente que al reducir el tiempo de la consolidación ósea, pueden disminuir las rebajas de servicios e incorporar a los pacientes en menor tiempo a sus labores. Hay ahorro de materiales de osteosíntesis, ya que los fijadores externos son reciclables **12**. Los EE y CEMP son reutilizables, además se disminuyen los antibióticos y analgésicos. Evolución rápida y menos complicaciones en los pacientes e integrarlos en más breve tiempo a la sociedad. Se logra a bajo costo, reducir los indicadores hospitalarios y factibilidad de generalizar a otras instituciones.

Importancia médico-militar

Se pone de manifiesto cuando se incorporan los pacientes rápidamente a la prestación de sus servicios, con los Fijadores Externos y los EE o CEMP asociados; en tiempos de contingencias realizan labores de aseguramientos o de guarnición, disminución de días perdidos en actividades de preparación combativa y política, la evacuación se hace más fácil, ya que puede realizarse por transporte ordinario, o por sus medios, aún por condiciones difíciles del terreno en las diferentes zonas de defensa del país, con gran relevancia por los resultados durante las acciones combativas y características del militar para las Fuerzas Armadas Revolucionarias.

Impacto de la investigación

Es el aporte al conocimiento y los beneficios socio-económicos, en los diferentes elementos sobre la efectividad de la fijación externa, si le asociamos la estimulación eléctrica y magnética en las FAT recientes.

La tesis está estructurada en: introducción, cinco capítulos, conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

Objetivos:

1. Exponer los antecedentes históricos de las fracturas abiertas.
2. Presentar el estado actual del conocimiento del problema de investigación.

1.1 Antecedentes históricos de las fracturas abiertas

En la “Era Primitiva” solo existía la autoayuda o la “atención” brindada por los curanderos. En esqueletos del hombre primitivo encontrados en Europa, Asia y el norte de África, se hallan evidencias de enfermedades óseas, entre estas la osteomielitis. El hombre del paleolítico utilizó una férula rudimentaria con tablillas de corteza de árbol o de arcilla para inmovilizar los miembros fracturados, de la Edad de Hierro datan las primeras evidencias de la cirugía ósea ¹³.

Los primeros testimonios escritos de la práctica en la medicina se remontan a 3 000 años ANE. en Mesopotamia. En el papiro de Smith atribuido a Immhotep (Egipto, fecha dudosa), se describen y clasifican las heridas, así como su tratamiento ¹³.

La escuela de Zozer recomendaba no cerrar ninguna herida que estuviera complicada con una fractura y se utilizaban los vendajes de hilo en las inmovilizaciones. El primer dato sobre la existencia de las muletas (2800 ANE) se encuentra en el portal de la tumba de Kirkouf en Egipto ¹³.

Hipócrates (Cos, 460-370 ANE) escribió el Tratado sobre las heridas y las úlceras, considerado hoy como el primer estudio con características científicas sobre infecciones, se recomendaba mantener las heridas abiertas y húmedas con compresas de agua, vino o esencia de trementina, sin vendajes apretados como método de antisepsia ¹³.

Claudius Galeno (Pérgamo, 131-201 ANE) consideraba que la teoría es superior a la práctica, escribió sobre las fracturas abiertas y el pus laudable, en el tratamiento de las heridas. Utilizó el concepto de caries óseas, término poco preciso en el que se incluían todos los procesos destructivos de los huesos, desde infecciones de etiología variada hasta algunas neoplasias. Habló de la

destrucción ósea, de los secuestros y de la reparación en la osteomielitis y llegó a realizar resecciones en algunos casos ¹³.

Se le atribuye a Rhazés (850-923) el uso por primera vez de “férulas” con un molde de cal y clara de huevo hasta la curación total de las fracturas ¹⁴.

Guy de Chauliac (1290-1368) en su *Inventarium artis Chirurgialis Medicinae* (Chirurgia magna), expuso reglas para el tratamiento de las heridas incisas y de las profundas, usó contraaberturas para favorecer el drenaje además, pesas y poleas para la tracción continua ¹⁴.

La incidencia de las fracturas abiertas de la diáfisis tibial se incrementó dramáticamente desde el año 1338, en que se introducen las primeras armas de fuego; al surgir el uso del cañón en la batalla de Crecy en el año 1346, se presentó un gran número de heridos con afecciones en las extremidades que en muchas de las ocasiones terminaban en la amputación y la muerte ¹.

Leonardo da Vinci (1452-1519) recogió sus estudios en el Manuscrito Anatómico, centrado en la osteología y la miología ¹⁵.

En el Siglo XVI, Ambrosie Paré (1510-1590) condenó el uso del aceite hirviente, la cauterización de las heridas, resecó hueso enfermo, aplicó pomadas, vendajes, defendió la irrigación acuosa de heridas, utilizó ligaduras y brazos y piernas artificiales ¹⁴.

Por su parte, en el año 1600 el físico y médico Wiliam Gilbert, estableció teorías sobre la electricidad y el magnetismo ¹⁶.

En sus publicaciones, Frank Antón Mesmer en 1700, afirmó que las propiedades del imán natural eran un remedio para todas las enfermedades ¹⁶

En el año 1741, Nicolás Andry utilizó por primera vez la palabra Ortopedia y el emblema de esta especialidad médica ¹⁴.

Durante el año 1775 Lapujade y Sicre (Toulouse, Francia) realizaron la primera fijación interna en una fractura reciente y en el año 1798 Eaton mencionó por primera vez, el uso de inmovilización con yeso, tratamiento que fue visto por él en Basora (Turquía) ¹⁴.

El surgimiento de la corriente eléctrica con fines terapéuticos se remonta a 1801, cuando el cirujano Birch M (del Saint Thomas Hospital de Londres), empezó empíricamente a pasar corriente, que denominaba “fluidos eléctricos” a través de tejidos dañados ¹⁷.

Los descubrimientos de la fisiología del hueso fueron realizados cuando Cushing (1836), Fluorens (1842) y Paget (1847), establecieron la secuencia fundamental del proceso de reparación de una fractura ¹⁴.

En 1840, Juan Francisco Malgaigne publicó el primer caso de fijación externa para el tratamiento de las fracturas, utilizó una abrazadera de cuero con una punta metálica para inmovilizar una fractura de tibia que representó los inicios de la fijación externa en el mundo ^{11, 17}.

El científico Hartshorne, en 1842, reportó un caso de consolidación de una fractura de tibia que había tratado ese año, pasando a través de los extremos óseos – shocks of electric fluid – por seis semanas y Goodsir, en el año 1845, realizó el descubrimiento del callo óseo y el osteoblasto ¹⁷.

Así, Lente, en 1850, informó tres casos tratados con corriente galvánica, en los cuales se obtuvo aparentemente consolidación bajo este tratamiento ¹⁷.

El eminente científico Virchow, en 1851, estableció la identidad o analogía entre los tejidos óseo, cartilaginoso y conectivo y Müller, en 1858, descubrió la calcificación con relación al crecimiento ¹⁷.

A partir de sus experiencias, en 1867, Cahours publicó la utilización de la irrigación acuosa en las heridas de combate durante las batallas napoleónicas ¹⁴.

En 1872, Xavier L y Ollier EL (1830-1900) propusieron las curas oclusivas inamovibles, como tratamiento de las fracturas abiertas durante la guerra franco-prusiana ¹⁴.

La “Ley de Julius Wolf” que forma parte fundamental de los conocimientos sobre osteogénesis fue emitida en 1892 ¹⁷⁻¹⁹.

El eminente Paul Leopold Friedrichd, en el año 1898, demostró experimentalmente que el desbridamiento realizado en un período menor de seis horas después de producida la herida, generalmente tiene éxito en prevenir la infección ¹⁵.

Según Warnke U y Warnke UTE en el texto “La historia del empleo terapéutico de campos magnéticos en medicina”, durante el período de 1900 a 1950 decayó el interés del uso de los campos magnéticos en el mundo ¹⁸.

Entre 1914 y 1918, en la Primera Guerra Mundial se utilizaron materiales de osteosíntesis en las fracturas abiertas y las reacciones de intolerancia eran

frecuentes, fue la Primera Guerra en la historia en que se utilizaron las técnicas de asepsia ¹⁴.

En el año 1938, Hoffman añadió una barra para producir osteotaxis con su fijador externo. En 1941, durante la Segunda Guerra Mundial se comenzó a realizar el cierre secundario de las heridas ^{11,15}.

Los científicos Yasuda y Fukada en 1953, demostraron por inducción eléctrica la aparición de hueso de neoformación en la vecindad del cátodo (electrodo negativo), con una corriente de un rango de un miliampere, durante tres semanas en el fémur de un conejo. También descubrieron un fenómeno conocido como piezoeléctrico, es decir, el hueso que es sometido a una determinada compresión, aparece en el lado de la concavidad una carga negativa y en el de la convexidad una carga positiva ¹⁷.

Los argumentos expuestos por Fukada demostraron la presencia de potenciales, que aparecen en relación con las solitudes mecánicas del hueso. En estudios posteriores han demostrado que su aparición depende de la estructura colágeno mineral del hueso, dichos potenciales, son independientes de la viabilidad celular y se demuestran desde el hueso como órgano y hasta el hueso como tejido ¹⁷⁻²⁰.

Todos los autores están de acuerdo en que inmediatamente después de la fractura hay una inversión de la polaridad y la diáfisis se hace negativa en relación con la epífisis y microcorrientes alternas y directas, tienen un efecto de osteogénesis ²¹⁻²⁵.

Durante la Guerra de Viet Nam (1959-1974) se realizaron cierres primarios diferidos de las heridas poco contaminadas y se lograron buenos resultados ¹⁵. En el año 1961, Conwell HE, en Management of fractures dislocations and sprains planteó: “el manejo adecuado de una fractura abierta exige convertirla en una fractura cerrada, en el tiempo más corto que sea compatible con la ausencia de riesgo” ²⁶.

Los investigadores Bassett CAL ^{27, 28} y Becker RO ^{29, 30} en 1962 fueron los primeros en aplicar la estimulación eléctrica al hueso y le llamaron “callo óseo eléctrico”. A partir de entonces, refiere Ceballos Mesa, “esta terapéutica ha tenido un acelerado desarrollo en la especialidad de Ortopedia y Traumatología” ¹⁷.

En 1963 las propiedades del potencial piezoeléctrico para el hueso vivo, fueron corroboradas por Bassett CAL y cols, relacionadas con muchos procesos fisiológicos importantes en los tejidos vivos, los principios señalados por este autor, se utilizaron para tratar las fracturas recientes con resultados satisfactorios ^{31,32}.

En el año 1967, Ilizarov G del Instituto Kurgan (URSS), establece los principios de la Fijación Externa y realizó la primera transportación ósea, de la que se tiene referencia, con un sistema que había desarrollado desde 1950 ¹¹.

En Cuba, desde 1970 existen equipos de magnetoterapia importados 9-10. El primero en utilizar en humanos la estimulación eléctrica asociada a la fijación externa fue Torben Eising J en 1972, quien trató a un grupo de pacientes con fracturas de tibia con el fijador externo de Hoffman, cuyos alambres proximal y distal los hacía funcionar como electrodos, pasando a través de ellos corriente directa asimétrica de baja frecuencia ³³.

Los resultados referidos por Richard Blakemore, quien en 1975 anunció que algunas bacterias reaccionan al magnetismo y las llamó magnetostáticas ¹⁴.

El Profesor Rodrigo Álvarez Cambras diseñó y desarrolló en 1976, un versátil sistema de fijación ósea externa de múltiples planos ³⁴.

Los científicos Gustilo RB y Anderson JT, realizaron la primera versión de su clasificación de las fracturas abiertas en el año 1976 ^{35,36}.

En el año 1977, Brighton CT demostró que el acero inoxidable puede ser usado como electrodo para la aplicación de corriente, lo que abarata el procedimiento y puede unir a los fijadores externos ²³.

A partir del año 1978, se introduce en Cuba la metodología soviética de fijación externa, la cual se desarrolla, se extiende y perfecciona en todo el país ¹¹.

Durante sus investigaciones, Hinsenkamp M ³⁷ en 1978 encontró corrosión en alambres de los fijadores externos en dos pacientes tratados con estimulación eléctrica.

En el año 1980, se constituye la Sociedad Internacional de Reparación Celular y Crecimiento por Estímulos Biométricos -BRAGS, Bioelectrical Repair and Growth Society- ^{18,37}.

Al año siguiente, se creó en nuestro país un grupo de trabajo formado por especialistas del CENIC, CIMEQ y Hospital Militar Central “Dr. Carlos J. Finlay”, que después de los correspondientes ensayos preclínicos en animales de experimentación en laboratorios, se comenzó aplicar la estimulación electromagnéticas en individuos que presentaban fracturas abiertas o cerradas y pseudoartrosis, entre otras lesiones, cuyos resultados alentadores promovieron la fabricación de equipos electro estimuladores y de los campos magnéticos pulsátiles ^{9,33}.

En Cuba, entre los años 1985 y 1986, se comienza la producción de campos magnéticos pulsátiles, llamados ECMP-01 y los de corriente directa bipolar, llamados CDB-402. En 1988 se fabricaron los modelos ECMP-02 y CDB-04; en la segunda mitad de la década de los noventa del pasado siglo, aumentó la producción aún más y fue objeto de varias investigaciones en el país ³⁸⁻⁴⁰.

Entre tanto, en Santiago de Cuba se crea en el año 1987 el Centro Nacional Magnetismo aplicado a la agricultura, las industrias y la medicina.

En 1988 se comenzó una investigación científica en todos los Hospitales Militares del país, dirigida por los Servicios Médicos de las FAR, y se evaluó el tratamiento de las fracturas abiertas de tibia y el peroné, mediante la EE asociada a la fijación externa, la cual arrojó que los pacientes tratados con campo electromagnético pulsátil no apareció osteomielitis, ni pseudoartrosis como complicación ¹⁰.

Desde 1993, con carácter anual, se realizan talleres nacionales de la Especialidad de Ortopedia en las FAR, donde se discuten y analizan las proyecciones para el uso de los distintos estímulos electromagnéticos y sus resultados.

El Dr.C. Alfredo Ceballos Mesa publicó su libro “Callo óseo eléctrico”, con una gran revisión bibliográfica y expuso sus experiencias en 1996 ¹⁷.

En el año 2003 se realizó el primer congreso de magnetismo aplicado a las ciencias médicas; y en el año 2006, se celebró en La Habana la 3ª Convención Nacional de la Sociedad Cubana de Medicina Bioenergética. Posteriormente se realizó el Evento Retionalis - 2007, donde se trataron temas como: Magnetismo y pseudociencias en la medicina ⁴¹.

En mayo de 2008, se realizó en el Centro de Investigaciones Médico Quirúrgicas (CIMEQ) un evento internacional en conmemoración por los 30 años de la introducción en Cuba de la técnica de fijación externa circular.

1.2 Estado actual del conocimiento del problema de investigación

1.2.1 Concepto de fractura abierta de la tibia

Por definición son fracturas que asientan en la diáfisis de la tibia, cinco o seis centímetros por debajo y por encima de las interlíneas articulares de la rodilla y el tobillo respectivamente. Se conoce por fractura abierta de tibia a toda solución de continuidad en la estructura ósea de la tibia que comunique con el exterior debido a la existencia de una lesión de la piel, de mayor o menor gravedad, en las partes blandas que las recubren, casi siempre ocasionadas estas por traumatismo de alta energía ³⁴.

1.2.2 Anatomía de la pierna

La tibia es el segundo hueso más largo del esqueleto, situado al lado interno de la pierna, se articula lateralmente con el peroné, distalmente con el tobillo y proximalmente con el fémur formando la parte articular de la rodilla, con fijaciones al ligamento de la rótula y a varios músculos, incluyendo el poplíteo, el flexor digital largo, entre otros. También se le llama a la tibia, hueso del Shin. La localización subcutánea de los huesos de la pierna (tibia y peroné), tienen implicaciones desde el punto de vista de la vulnerabilidad al trauma y principalmente en las fracturas abiertas, en la consolidación de las mismas ya que la vascularización en esta porción distal es menor que en el área cubierta por tejido muscular. Se hace referencia solamente a la tibia porque el peroné soporta menos del 20% del peso corporal y por tanto estabiliza muy poco la pierna.

La diáfisis tibial es de forma triangular con una cresta o borde anterior el cual se va aplanando en la porción distal de la misma. La porción distal de la tibia se encuentra en relación íntima con múltiples estructuras de tipo tendinosas, con muy poca cobertura muscular, lo cual determina una pobre irrigación sanguínea en esta área.

La pierna está dividida en cuatro compartimentos, por fascias que los envuelven rígidamente. Es importante tener en cuenta las diferentes estructuras contenidas en cada uno de estos compartimentos para poder reconocer un síndrome compartimental que puede asociarse a las fracturas de tibia.

La vascularización arterial de la tibia proviene como en otros huesos largos, de dos sistemas principales: circulación endóstica y circulación perióstica. Es responsable la circulación endóstica de la nutrición de la mayor parte del espesor del hueso.

La circulación endóstica ingresa al hueso a través de su arteria nutricia, en la unión del tercio proximal con el tercio medio de la diáfisis, por encima de la inserción del músculo sóleo. Es rama de la arteria tibial posterior y al ingresar se ramifica en tres ramas ascendentes y una rama descendente.

La irrigación básica parte del tronco tibioperoneo, por su rama colateral (nutricia de la tibia) y penetra en el agujero nutricio principal, generalmente situado un poco por debajo de la línea oblicua de la tibia en su cara posterior, en la región más proximal de su tercio medial. Por lo que en teoría todas las fracturas por debajo del agujero nutricio tienen un aporte sanguíneo limitado.

La circulación se lleva a cabo bajo condiciones normales, de manera centrífuga es decir desde el canal medular hacia la corteza del hueso. Luego de una fractura o de una lesión de la circulación endóstica, por ejemplo al realizar un fresado del canal medular, se invierte el flujo sanguíneo, de manera centrípeta (del periostio hacia el canal medular), por lo que cobra gran importancia en la nutrición del hueso la circulación perióstica.

Las venas del miembro inferior se dividen en profundas y superficiales, según estén situadas por debajo o por encima de la aponeurosis superficial.

El grupo ganglionar principal del miembro inferior está constituido por los inguinales, situado en el pliegue y reciben todos los vasos linfáticos del miembro inferior, procedentes del ganglio tibial anterior y poplíteos.

Los músculos de la pierna se dividen en tres grupos, que son: anterior, externo y posterior. Estos tres grupos musculares están separados por el esqueleto de la pierna, el ligamento interóseo y dos tabiques intermusculares que reciben los nombres de anterior y externo, los tabiques se extienden de la cara profunda de la aponeurosis tibial a los bordes anterior y externo del peroné.

De aquí se deriva la importancia que tiene preservar la envoltura de los tejidos blandos con el periostio durante los procedimientos quirúrgicos, así se han abandonado algunos métodos de fijación interna que requieren gran desperiostización de la tibia, como son las placas AO y materiales de osteosíntesis que necesiten rimado del canal medular, por lo que se reserva su utilización solo en casos seleccionados

El nervio ciático poplíteo externo es la rama de la bifurcación externa del ciático. Inerva los músculos y los tegumentos de la región anteroexterna de la pierna y de la región dorsal del pie. El nervio ciático poplíteo interno es más voluminoso y está destinado a los músculos de la pierna, de la planta del pie y los tegumentos.

Las articulaciones de la rodilla y el tobillo están formadas por el hueso tibial que forman en la porción proximal los platillos tibiales y distal los maléolos respectivamente, para lograr el apoyo tan necesario en la deambulaci3n ^{36. 42-45.}

1.2.3 Cuadro Clínico

Dolor intenso, impotencia funcional absoluta, el lesionado no puede separar el tal3n del plano del lecho; equimosis, edema, tumefacci3n, dolor localizado, espont3neo y a la presi3n. Movilidad anormal, si est3 fracturado el peron3 tambi3n. Rotaci3n y acortamiento. Crepitaci3n3sea. La presencia de vacuolas de grasa en la sangre que sale es signo casi inequívoco de fractura expuesta. Bulas generalmente de contenido sanguinolento ⁴²⁻⁴⁶.

El examen f3sico debe completarse buscando posibles lesiones vasculares, neurol3gicas o compromisos de la piel.

El diagn3stico de las fracturas de tibia es f3cil sin tener que recurrir a maniobras semiol3gicas, proscritas por el dolor y peligro de la movilizaci3n, ya que pueden lesionar vasos o nervios importantes.

El diagn3stico diferencial se debe realizar con: fracturas del peron3, fracturas patol3gicas (tumor de Paget, osteomalacia, met3stasis) y lesiones ligamentosas de rodilla, entre otras.

1.2.4 Exámenes complementarios

Los exámenes complementarios de laboratorio que deben realizarse son: hemograma con diferencial, coagulación, sangramiento, grupo, Rh y otros, en dependencia de la edad y enfermedades concomitantes del paciente.

El examen radiográfico simple debe ser realizado de inmediato con las siguientes exigencias: radiografía (30 x 40cm.) que permita el examen de toda la tibia, incluyendo las dos articulaciones. En proyección antero posterior, lateral y oblicua, con correcta técnica.

La semiología radiográfica permite investigar: el estado biológico del esqueleto y el nivel de la fractura, la anatomía del rasgo: único, múltiple, conminución, dirección, forma, etc., el compromiso del peroné y desviación de los fragmentos.

En la mayoría de los casos es suficiente con las radiografías simples para realizar un diagnóstico concluyente, pero si no, se indica Tomografía Axial Computarizada (TAC) que permite un estudio más exacto, si son dudosas o se requieren mayor información, sobre todo en las FAT con compromisos articulares. Se cuenta con equipos avanzados, de tecnología helicoidal que reduce el tiempo de exploración, ofrece mayor resolución y el desarrollo de reconstrucciones multiplanares, o en tercera dimensión que demuestran con mayor detalle las lesiones que no fueron observadas.

- Arteriografías: solo se realizan si es necesario descartar lesiones vasculares.
- Ultrasonidos: se indican para buscar lesiones de partes blandas.
- Ultrasonido doppler: para precisar lesiones vasculares.
- Gammagrafía ósea: se realizan si es necesario descartar infección o pseudoartrosis.

Los datos referidos son esenciales para configurar el pronóstico y plan terapéutico ^{34, 46-48}.

1.2.5 Clasificación de las fracturas

La localización subcutánea y distal en el miembro hace a la tibia muy susceptible a los traumatismos, como demuestra la gran incidencia de sus fracturas, que pueden producirse por diferentes mecanismos:

Mecanismos indirectos: agrupan entre un tercio y la mitad de los casos en los que la torsión determina la aparición de la fractura. Dependiendo de la energía aplicada en el momento del traumatismo y de la asociación de un factor de compresión o no, el trazo será simple o complejo. La forma más frecuente es la caída con un giro del cuerpo, mientras el pie queda atrapado en el suelo (por ejemplo en un deporte, con una irregularidad del terreno, caída de alturas o fatiga en marchas). Según el sentido de la rotación el peroné presentará un trazo superior e inferior al de la tibia, que es continuación de este.

Mecanismos directos: el resto de los casos que han sufrido un impacto directo y por un mecanismo de flexión se fractura la tibia. El trazo de fractura depende de la intensidad de la energía aplicada, desde una fractura transversal simple hasta la conminuta abierta.

Hay distintos criterios para la agrupación de las lesiones, de acuerdo con el punto que se considere fundamental: la lesión anatómica, el desplazamiento, la estabilidad y el estado de la cobertura cutánea.

- Fracturas diafisarias de tibia y peroné pueden ser por:

Trauma directo: conminutiva, transversales o ligeramente oblicuas.

Trauma indirecto: por flexión (oblicuas) y por torsión o flexión-torsión (espiroideas).

Traumas combinados: conminutivas o segmentarias.

- Fracturas aisladas (directo o indirecto) transversales, oblicuas o conminutivas.

- Fracturas aisladas de peroné:

Fracturas del cuello o diafisarias altas con posible lesión del ligamento lateral externo o cruzados anteriores.

Otros niveles bajos son posibles las diástasis tibioperonea.

- Fracturas patológicas.

- Etiopatogenia de las fracturas diafisarias de la tibia y peroné.

Por trauma directo:

El trazo se produce en el sitio del impacto, es transversal, irregular y estable.

Si la pierna es comprimida en sentido opuesto, se producen fracturas conminutivas. En las fracturas transversales, casi siempre el peroné se fractura al mismo nivel.

Por trauma indirecto:

Las fracturas que ocurren por flexión son oblicuas largas muy inestables.

En las fracturas por torsión regularmente son espiroideas, en la mitad distal de la diáfisis, sobre el peroné es más alta (por continuación en el plano de rotación superior de la espina tibial), la punta superior del borde de la fractura es puntiaguda e interna, en ocasiones perfora los tegumentos, estos tipos de fracturas son muy inestables.

Por trauma combinado:

Las segmentarias o conminutivas son muy inestables, se complican con retardo de consolidación y pseudoartrosis por necrosis de fragmentos.

Desde el punto de vista anatómico se pueden clasificar en:

Según la localización se dividen en tercios: medio, proximal y distal, porque la vascularización es distinta en cada uno ellos.

Según el trazo y su complejidad pueden ser:

Simple: las espiroideas suelen asentar en la región metafisodiafisaria y estar producidas por un mecanismo indirecto. Los trazos oblicuos cortos y transversales se localizan en la región media de la diáfisis de preferencia.

Con un tercer fragmento: las más sencillas son en ala de mariposa, bien por un traumatismo directo, o por un mecanismo de torsión, dan paso a las fracturas bifocales.

Conminutas: son las formas más graves, consecuencias de traumatismo de alta energía; cursan con mucha frecuencia con lesión importante de las partes blandas. También en ocasiones concomitan las FAT con lesiones articulares de la rodilla o el tobillo.

De acuerdo a la severidad:

Menores, Moderadas y Mayores, teniendo en cuenta los aspectos siguientes: - desplazamiento, - angulación, - conminución, - herida.

a. Menores: no hay desplazamiento (20% del diámetro de la diáfisis), ni conminución, ni angulación, puede ser cerrado o herida grado I. Según Gustilo y Anderson consolidan en 10 semanas. El retardo de consolidación es de 2 a 9%.

b. Moderadas: desplazamiento total (20-40% del diámetro de la diáfisis), angulación moderada, conminución corta, herida tipo I y II de Gustilo y Anderson. Consolidan en 15 semanas. Retardo de consolidación de 11%.

c. Mayores: completo desplazamiento (más del 50% de la diáfisis), angulación severa, gran conminución, herida tipo II o III según Gustilo y Anderson. Consolidan en 23 semanas y el retardo de consolidación es de 30 a 60%.

La clasificación de alta o baja energía tiene resultados útiles para el pronóstico en dependencia de la cinética del traumatismo, según sea el impacto producido por un gran accidente, por aplastamientos o caídas de grandes alturas, entre otras.

Existen múltiples clasificaciones para las FAT. En 1976 Gustilo y Anderson describió la que actualmente es la más usada en el mundo, que permite definir el daño de las partes blandas y estimar un pronóstico., por lo que fue utilizada en este trabajo. Los aspectos a tener en cuenta son:

1. Dirección de la herida.
2. Severidad de la herida.
3. Grado de contaminación.
4. Mecanismo de producción.
5. Intensidad del traumatismo.

Así la subdividió en tres grados:

Grado I: fractura abierta con herida menor de un cm. herida limpia, existe daño mínimo de partes blandas y es provocada por trauma de bajo valor energético, ocurre de adentro hacia fuera.

Grado II: fractura abierta con herida mayor de un cm., sin daño extenso de las partes blandas ni contaminación.

Grado III: fractura abierta, groseramente contaminada, existe daño muscular severo, herida de más de cinco cm., producida por trauma de alto valor energético.

Grado III-A: fractura abierta con herida mayor de 10cm, daño extenso de partes blandas y contaminación, no necesita injerto.

Grado III-B: fractura abierta con daños extensos de partes blandas, denudación de periostio y músculos con exposición ósea que requiere cirugía plástica.

Grado III-C: fractura abierta asociada a intenso daño muscular o vascular que requiere reparación quirúrgica.

Se incluyen como categorías especiales del grado III las variantes siguientes:

Fracturas abiertas ocurridas en medios agrícolas o rurales, en aguas de ríos, lagos o albañales, producidas por traumatismo de alta energía y todas las producidas en contingencias y por proyectil de armas de fuego.

De la velocidad del proyectil y de la considerable resistencia ósea dependen los grandes destrozos que ocasionan los de pequeño calibre al lesionar los huesos, efectos verdaderamente explosivos que han merecido la atención cuidadosa de numerosos investigadores ^{35, 36, 39, 48-51}.

1.2.6 Complicaciones más frecuentes

- Inmediatas:

a. Locales: Lesión vascular severa de partes blandas con conminución. Fracturas abiertas. Fracturas de fémur concomitante (Rodilla flotante). Fracturas intraarticulares. Pérdida de fragmentos óseos. Luxación asociada. Infección, con el consecuente riesgo de afectación sistémica o convertirse en Osteomielitis. Hematoma. Edema por el trauma o manipulación. Desplazamiento. Dermatitis. Necrosis de piel. Síndrome compartimental. Deformidad de Wolkman. Síndrome doloroso regional complejo o Atrofia de Sudek.

b. Generales: Hipovolemia. Asfixia traumática. Coma traumático. Escaras de decúbito. Bronconeumonía. Sépsis urinaria. Trombo embolismo pulmonar. Empeoramiento de una enfermedad de base. Embolismo grasa.

- Tardías: Retardo de consolidación. Seudoartrosis. Osteomielitis.

Osteítis. Tromboembolismo venoso. Formación de un callo óseo exuberante. Consolidación viciosa. Limitación articular. Atrofia muscular. Deformidad en

garra del flexor del 1er artejo. Secuestros. Involucros. Defectos óseos. Vaso espasmo. Amputación.

Existen muchas complicaciones pre., trans. y post-operatorias que pueden ocurrir, además de aparecer secuelas funcionales en la marcha por déficit de la flexión en las articulaciones, o acortamientos y defectos angulares ^{34, 43, 44, 52-55}.

1.2.7 Histogénesis ósea

Las células mesenquimáticas pluripotenciales se diferencian directamente en el seno del tejido conjuntivo en células formadoras óseas (osteoblastos) en respuesta a las moléculas de adhesión y los factores solubles de señal. Este tipo de formación ósea directa es lo que caracteriza el desarrollo del hueso intramembranoso. Donde se hace más evidente el proceso de osteogénesis es en los centros de osificación primaria de los huesos largos, entre la epífisis y la metáfisis. En la metáfisis los condrocitos en diferentes estadios de evolución, se disponen ordenadamente en columnas longitudinales, lo que permite el crecimiento del hueso en longitud, a través de los centros de osificación secundaria, cuando los osteoblastos provenientes del pericondrio invaden los espacios dejados por los condrocitos degenerados e inician la formación ósea. Independientemente de la ruta de la histogénesis ósea, no existe ninguna diferencia bioquímica, morfológica o funcional entre el hueso endondral y el intramembranoso, y durante la reparación ósea del esqueleto en el adulto también responden a los mismos factores. Las diferencias entre estos huesos de distinto origen se encuentran en la carga funcional y la vascularización. Por ejemplo, el hueso intramembranoso tiene una vascularización mayor que el de las extremidades, puede ser un factor determinante para permitir mayor concentración de proteínas morfogenéticas óseas a nivel local.

Microscópicamente el hueso se caracteriza por presentar dos aspectos distintos, el esponjoso y el compacto o lamelar. La transformación de hueso esponjoso en compacto se debe al aumento del espesor de las trabéculas con la progresiva invasión de los espacios medulares por parte del tejido mineralizado que causa una reducción dimensional de las cavidades preexistentes. El hueso que llena estas cavidades se forma de manera más lenta, y tiene una disposición más ordenada, donde los haces de colágena se

encuentran paralelos entre si constituyendo formaciones denominadas osteonas o sistemas haversianos.

Cuando se produce una fractura ósea, las células y las moléculas de señal aparecen en el lugar a reparar de la misma manera que en el proceso embriogénico. En el momento inicial de la fractura se desencadena una respuesta inflamatoria, con activación del complemento y rotura de vasos. La degradación proteolítica de la matriz extracelular aporta factores quimiotácticos para los monocitos y los macrófagos. Una vez que se activan los macrófagos liberan el factor de crecimiento de los fibroblastos que estimula a las células endoteliales a expresar el activador del plasminógeno y la procólagenasa.

La sangre extravasada forma un coágulo, y las plaquetas que lo integran tienen una función dual: la de hemostasia y la de liberar factores de crecimiento. La zona dañada presenta una hipoxia debido a la rotura de los vasos sanguíneos y como consecuencia se produce una disminución del pH, condiciones necesarias para que actúen los macrófagos y los leucocitos polimorfonucleares que eliminan los detritus celulares, a la vez que secretan factores que promueven la quimiotaxis y la mitogénesis. A los tres o cinco días de la fractura se constituye un tejido de granulación, consistente en vasos, colágeno y células. El colágeno será el substrato que contenga los factores a los que serán sensibles las células y el lugar donde ellas se anclarán cuando lleguen a través de los vasos, periostio, endostio y médula ósea, diferenciándose posteriormente en osteoblastos y condroblastos. La maduración del tejido de granulación se produce en varias semanas, hasta que se forma el callo óseo, que más tarde será sustituido por hueso fibroso inmaduro y posteriormente por hueso lamelar. El papel del callo óseo es estabilizar los fragmentos de la fractura ya que si existe movilidad este proceso no puede llevarse a cabo, con lo que el tejido que predominará será de tipo cartilaginoso.

El último proceso que ocurre en la cascada de fenómenos de reparación ósea es el remodelado, se trata de un proceso de activación -reabsorción- formación, donde los osteoclastos se activan produciendo las lagunas de Howship, que serán repobladas por osteoblastos que expresan osteoide y cuando este se calcifica se restaura la morfología ósea. Este equipo de células se denomina unidad básica multicelular. El proceso activación -reabsorción- formación en los

humanos se produce en un periodo de tiempo comprendido entre tres y seis meses. Este período de tiempo se le conoce como sigma.

El proceso de remodelado en hueso cortical sería llevado a cabo por los osteoclastos que labran un túnel y posteriormente se repuebla de osteoblastos, a esta unidad funcional que constituyen ambas células se le denomina cono de corte. Este actúa en la matriz como una especie de taladro acompañado por las estructuras vasculares que crecen a medida que avanza su actividad erosiva. A cierta distancia del frente de erosión se alinean los osteoblastos, bordeando las paredes erosionadas de la matriz, que se disponen, en forma progresiva para cerrar el túnel creado por los osteoclastos pero sin llegar a obliterarlo. El resultado final de todo este proceso será un conducto de Havers.

La homeostasis esquelética, también llamada homeostasis mineral del organismo, está regulada por interacciones entre órganos, células, factores de señal, hormonas y factores de crecimiento que actúan a nivel intra y extracelular regulando el metabolismo del calcio, fundamental para la formación y el remodelado óseo a lo largo de la vida.

Los iones de calcio, fosfato y magnesio responden a la acción de la vitamina D3, la hormona paratiroidea y la calcitonina. La vitamina D3 aumenta la reabsorción de calcio a nivel intestinal, la hormona paratiroidea la reabsorción a nivel renal, además activa los osteoclastos y la calcitonina y desactiva los osteoblastos, facilitando la restauración del nivel basal de calcio. Esta será la base de todo el proceso de cicatrización.

Como vemos la consolidación ósea es un proceso extremadamente complejo, no un simple proceso local. En su fisiología se involucra todo el organismo. Es un elemento importante a tener en cuenta para el pronóstico y evolución de cada paciente ^{56, 57}.

1.2.8 Osteogénesis

La consolidación de una fractura puede considerarse desde diferentes puntos de vista; biológicos, bioquímicos, biomecánicos y clínicos.

En las fracturas abiertas se inician una serie de cambios que en la curación de las heridas siguen un curso muy prolongado. El restablecimiento de la integridad tensil requiere muchos meses, especialmente en fracturas grandes

de la diáfisis de huesos largos. Las fracturas muchas veces imponen una mayor necesidad de inmovilización estricta.

Las fracturas por lo tanto se acompañan de grandes alteraciones del metabolismo de calcio y de fosfato mayores que otros tipos de traumatismos; hasta aquí todavía no se ha demostrado que esto dependa de ningún mecanismo sensitivo particular en la que parte del cuerpo que moviliza el calcio de un lugar para favorecer la calcificación en otro. La curación inicial de una fractura no incluye calcificación de la colágena, y los cambios de calcio en la propia fractura, después de un período de resorción ósea agudo, no se observa durante varias semanas. En las fracturas el restablecimiento final de la integridad tensil y de la capacidad de sostener peso se logra durante la fase anabólica de la convalecencia. Este probablemente sea el período de calcificación de la matriz osteoide, acontecimiento que en una fractura lineal incluye no solo una pequeña cantidad de calcio en comparación con la cantidad total existente en el esqueleto, o con el balance cálcico negativo que acompaña a la inmovilización o la estimulación de hormona paratiroidea.

La hormona paratiroidea aumenta la concentración sérica de calcio y disminuye la concentración de fosfato, reduciendo la absorción por los túbulos renales, movilizándolo del calcio de los huesos y aumentando el transporte cinético de calcio a través de la mucosa gastrointestinal.

La calcitonina (producto de las células intersticiales del tiroides) actúa disminuyendo la calcemia por acción directa depositando calcio en el hueso. Resultaría atractivo pensar que la reparación de fracturas o la profilaxis de la osteoporosis, durante una inmovilización prolongada desencadenarán una respuesta de estas dos hormonas, a favor de la reparación o de la conservación de la integridad esquelética. Hasta aquí no disponemos de datos que aceleren la posibilidad de alteraciones sistemáticas, de estas hormonas después de producirse una lesión. Recientemente se ha demostrado que la administración intravenosa de alimentos, incluyendo glucosa y aminoácidos, disminuye la concentración sérica de fosfato hasta valores muy bajos en algunos casos.

La gastrina por lo contrario estimula la producción de calcitonina, mientras que la hipercalcemia estimula la producción de gastrina y la secreción gástrica de ácido clorhídrico. Si a ellos se añade el hecho de que la movilización de sales

del esqueleto aumenta los amortiguadores corporales, y es una respuesta a la acidosis. Adivinamos una nueva serie de relaciones mutuas entre estómago, paratiroides y esqueleto que guarda relación, no solo con la calcificación y la digestión gástrica sino también con la regulación de la neutralidad 58.

Los extremos óseos y los fragmentos de una fractura conminuta quedan envueltos en un magma de sangre coagulada y este hematoma será rigurosamente conservado para que cumpla su misión de pábulo de la osificación endondral.

Su organización a cargo de los capilares dará nacimiento a núcleos de crecimiento, que son la fase previa de la osteogénesis, que se produce en el callo óseo de fractura o en la condrogénesis de un cartílago de crecimiento, con la diferencia de su forma aberrante o anárquica frente a la lineal de la fisis. Cuando se coloca el material de osteosíntesis el foco queda mecánicamente neutralizado. La evolución nos dirá si la osteogénesis es parecida o dispar en ambas situaciones. La reducción con fijadores externos, preferiblemente inmediata, respetará la vascularización perióstica de la diáfisis, cuando se evita toda maniobra brusca o dilacerante. Por su naturaleza exterior la diáfisis no dañará la circulación medular más allá de lo que hizo el propio traumatismo. La consolidación ósea es la presencia de callo perióstico en forma de puente que da solidez periférica al foco de fractura.

En la remodelación ósea se describen cuatro fases:

- a. Fase inflamatoria: del primero al quinto día.
- b. Fase de revascularización.
- c. Fase de formación del callo óseo.
- d. Fase de remodelación.

Histológicamente el hueso formado durante la esquetogénesis, es igual al de la reparación o la maduración del callo cartilaginoso seguida de una fractura cerrada.

Son iguales los procesos de osteogénesis, condrogénesis y angiogénesis en el desarrollo del esqueleto fetal, que en la reparación de las fracturas. Existen avances sustanciales que demuestran los mecanismos de la regulación del proceso del desarrollo esquelético y la reparación ósea. Futuros estudios de la morfogénesis esquelética y conocimientos de nuevos modelos de reparación ósea, indudablemente proveerían novedosas terapéuticas en enfermedades

óseas y traumáticas. Los tipos de callos que se pueden formar son: perpriman, fino, fusiforme, voluminoso e hipertrófico ^{59,60}.

En la formación del callo óseo intervienen múltiples factores:

1. La edad, con una gran relación, ya que a menor edad se va a formar más rápidamente el callo óseo ⁶¹.
2. El sexo, interviene, pero muy relacionado con los procesos hormonales.
3. La infección es el factor más importante a tener en cuenta por ser una causa frecuente de la osteomielitis y pseudoartrosis ⁶².
4. Enfermedades concomitantes, como la diabetes mellitus, la insuficiencia arterial crónica y otras retardan la consolidación ósea en forma significativa.
5. Entre los hábitos tóxicos más comunes están los fumadores y alcohólicos que afectan la micro circulación periférica y por ende disminuyen la formación del callo óseo ^{63,64}.
6. Hay que tener en cuenta si son abiertas, los tipos de fracturas (según el grado de contaminación) ya que se pierde el hematoma fracturar y hay lesión de los tejidos blandos alrededor ^{65,66}.
7. El trazo afecta la circulación en dependencia de su conminución y longitud. Los trazos transversos y oblicuos cortos son más propensos a la pseudoartrosis ^{65,66}.
8. También depende del tercio donde se haya localizado la fractura, ya que en el inferior es más precaria la circulación de la tibia ⁶⁷.
9. Si el peroné está íntegro no permite la coaptación del foco de fractura de la tibia (llamado ferulización del peroné).
10. Las radiaciones intervienen directamente en la formación del callo, retardándolo cuando son excesivas ⁶⁸.
11. En ocasiones se interponen partes blandas en el foco fracturar.
12. El tipo de material osteosíntesis usado influye enormemente, ya que puede o no aumentar la compresión en el foco de fractura, realizar una reducción correcta y disminuir la movilidad de la zona ⁶⁷.
13. El apoyo del miembro lo más precoz posible es lo ideal. El movimiento continuo y la compresión del foco al caminar favorecen la formación del callo ⁶⁹.
14. El tiempo de inmovilización prolongado afecta la fisiología de la pierna, lo que redundará en un retardo de la consolidación.

15. El uso indiscriminado de antiinflamatorios y antibióticos, por ejemplo, Gentamicina (tanto local como parenteral) se describen como causas que retardan la osteogénesis y otras drogas ⁷⁰.

16. Las características personales de cada paciente como son: la obesidad, su nivel cultural, condiciones de vida, sus creencias religiosas, la higiene otras influyen directamente en la formación del callo óseo ⁷¹.

El conocimiento de los factores de riesgo aquí comentados ayuda a tomar cuidados extremos en los casos con probabilidades de presentar una complicación. Para determinar la consolidación de la fractura clínicamente debe existir estabilidad del foco, ausencia de dolor al apoyo y callo óseo. La consolidación radiológica se alcanza cuando se observa el paso de hueso trabecular o cortical a través del foco de fractura. La consolidación de un foco de fractura es un proceso biológico que se desencadena cuando se ha perdido la continuidad ósea ⁷².

No se ha definido perfectamente cuál es el elemento, sustancia o efecto que inicia o desencadena este proceso, lo que sí se puede señalar es que las distintas teorías emitidas por los autores, coinciden que la formación de hueso se produce por un mecanismo de retroalimentación, donde participan las propiedades eléctricas (estáticas, piezoeléctricas y de flujo). Desde que Gilbert planteó la posibilidad de usar el campo magnético con fines terapéuticos, los intentos han sido múltiples ^{21, 24, 27, 73-75}.

Faraday 24 a mediados del siglo XIX demostró el comportamiento de un imán con relación a la corriente. Él fue el fundador del biomagnetismo y la magneto-química. Así demostró que toda materia es magnética en un sentido u otro, es decir, la materia es atraída o repelida por un campo magnético. La teoría que planteaba que el mecanismo de control de la osteogénesis es eléctrico, se fortalecía y daba pasos a la estimulación eléctrica en el tratamiento de las fracturas. De esta forma queda descrito que la corriente eléctrica actúa en el callo óseo por tres vías:

1. Por vía iónica; aumenta la mineralización.
2. El medioambiente; crea condiciones propicias para la osificación endocondral.

3. La vía celular; incrementa la masa osteoprogenitora del hueso membranoso.

Se han realizado estudios que concluyen que el efecto piezoeléctrico es propio de estructuras anisotrópicas y cristalinas como el hueso. Múltiples autores, en el mundo han ratificado estos efectos, desarrollándose investigaciones conjuntas con el novedoso proceder; es por eso que se crea la BRAGS ^{17, 20, 29, 38, 57, 74-78}.

1.2.9 Tratamientos actuales de las fracturas abiertas de tibia.

A lo largo de la historia de la humanidad el tratamiento de las fracturas abiertas de la tibia han pasado por varias etapas. Una primera en la que lo fundamental consistía en la conservación de la vida. Una segunda en que se trataba de conservar el miembro lesionado. Un tercer período en el que el problema cardinal era prevenir y erradicar la infección, y una etapa actual en la que el objetivo del tratamiento es la preservación o restauración de la función del miembro. De esta misma forma se debe encarar el manejo de un paciente con una fractura abierta. La prioridad es determinar la presencia de lesiones concomitantes que pongan en peligro la vida del paciente, y proceder de inmediato a su reanimación y valoración integral. Tienen incidencia creciente la asociación a traumatismo tóracoabdominales o craneoencefálicos, que ensombrecen el pronóstico de estos lesionados. La segunda prioridad está en determinar la viabilidad del miembro afecto, mediante el examen físico cuidadoso del estado de las partes blandas y de las estructuras vasculares y nerulógica, teniendo en cuenta que la presencia de shock o inestabilidad hemodinámica compromete la sobrevivencia del miembro ⁵⁰.

Hay varios tipos de osteosíntesis para las FAT, lo que es debatido en el mundo por múltiples ortopédicos. Los métodos intramedulares, acerrojados o no, con o sin rimado del canal medular, las placas y tornillos AO que son muy costosos, necesitan de gran cantidad de instrumentales y condiciones especiales en el salón de operaciones con el paciente hospitalizado. Sin embargo, el fijador externo se puede colocar de una forma rápida con el mínimo de recursos. Algunos especialistas en Ortopedia la indican solamente en las fracturas abiertas grado III o provisionalmente, para luego colocar otra osteosíntesis intramedular ^{50, 74-76}.

En la actualidad se dispone de una gran variedad de tratamiento para reducir las complicaciones señaladas, entre los que se encuentran; el uso de procedimientos agresivos con antibióticoterapia intravenosa temprana, desbridamientos y reparación de los tejidos blandos afectados, estabilización de las fracturas, cobertura temprana con tejidos blandos, injerto óseo profiláctico o elongación ósea de la tibia con injerto vascularizado osteomiocutáneo del peroné y otros múltiples ensayos que se realizan en el mundo ^{36, 47, 53, 74}.

El tratamiento de las fracturas de la diáfisis de la tibia se encuentra enmarcado en un amplio espectro de posibilidades, dependiendo de gran cantidad de factores que incluyen, entre otras, consideraciones generales referidas al paciente, el tipo y personalidad de la fractura, mecanismo de lesión y lesiones asociadas.

En el lugar del accidente se debe yugular el sangramiento mediante compresión manual, vendaje compresivo y elevación de la extremidad. Reservar el torniquete solo como medida de salvatage o ante situaciones dramáticas. Se procede entonces a un examen exhaustivo de la extremidad precisando las características de la herida, el mecanismo de producción y el tiempo transcurrido. La herida se irriga con solución salina, se protege con apósito estéril y se mejora la inmovilización sin reducir los fragmentos óseos porque arrastran la contaminación a la profundidad de la herida ^{43, 44, 77-80}.

La técnica quirúrgica consiste en un sistema de acciones pre, trans y post operatorias que proporcionan la inmovilización, estabilización curación y la consolidación ósea del foco de fractura abierta. Actualmente es recomendado la osteosíntesis extrafocal con diversos tipos y modelos de fijadores externos (Ilizarov, RALCA, Hoffman, Vidal, Orthofix, Mono-tube, Dynafix, CIMEQ, Volkov, Mitkovic y otros), los que cumplen varias funciones y permiten proceder, entre ellos: injertos cutáneos que proporcionan un adecuado revestimiento a la pierna, incluso, los defectos expuestos de huesos, tendones, articulaciones y los colgajos cutáneos distantes, que se realizan fundamentalmente a partir del muslo y nos permiten además colocar distintos

tipos de estímulos electro-magnéticos como coadyuvantes al tratamiento de las FAT, por lo que se considera una novedosa técnica.

Por lo tanto tiene un interés marcado en su repercusión desde el punto de vista clínico, ético, militar y económico ^{11, 34, 43, 50, 74, 79-81}.

Las pautas de tratamiento de las FAT se encuentran delineadas, sin embargo, existen puntos de vistas con los cuales todos los investigadores no están de acuerdo, como son: cierre primario o diferido de las lesiones cutáneas, realización de injertos óseos de forma precoz, estabilización mediante sistemas de fijación externa o indicación de otros métodos de osteosíntesis convencionales. Se puede tratar a los pacientes con diversos materiales de osteosíntesis, pero; ¿en cuál se indica, cuál es el tipo adecuado, qué tiempo es necesario para su consolidación, cuándo comienza el apoyo, se coloca permanente o provisional?, para alcanzar mejores resultados finales ^{50, 74, 79, 82}.

La piedra angular para evitar la sepsis es el tratamiento quirúrgico precoz que consiste en un gran desbridamiento, antibióticoterapia adecuada y colocación del fijador externo, unido a la estimulación eléctrica o campos magnéticos pulsátiles. Es indudable que cualquier esfuerzo en este sentido tiene una gran actualidad, además instaurar un método de tratamiento basado en mayor efectividad, evitar complicaciones, incorporar más rápido al paciente a sus labores y se puede aplicar en caso de contingencias. Lo que representa una dirección de trabajo de los Servicios Médicos de las Fuerzas Armadas Revolucionarias ^{47, 74, 83, 84}.

El tratamiento de los heridos de guerra y grandes catástrofes en la historia de la humanidad reviste gran importancia, por la condición de recibir numerosas bajas o recepción masiva de lesionados ⁸⁵⁻⁸⁷.

Las investigaciones relacionadas e incluidas en este trabajo permiten profundizar en las ventajas, indicaciones, modo de empleo y reconocer las complicaciones manejadas por los médicos y enfermeras de asistencia en el tratamiento de las FAT. Este tipo de lesiones suponían un grave riesgo para la vida del enfermo y, a menudo, conllevaban la pérdida de la extremidad, en el momento actual es posible mantener viables y funcionales las extremidades afectadas por fracturas abiertas de la tibia graves, en un elevado número de casos. Aunque para llevar a buen fin el tratamiento sea necesaria una

sistematización y existan todavía puntos en que no todos concuerdan, como son:

- El cierre primario o diferido de las lesiones cutáneas.
- La realización de injertos óseos de forma precoz.
- La estabilización mediante sistemas de fijación externa.
- Las indicaciones de las osteosíntesis son muy polémicas 52, 74, 88-90.

La antibióticoterapia.

En el caso de las fracturas abiertas y heridas articulares, está bien establecido que la administración de antibióticos debe comenzar lo más pronto posible en la sala de recepción; estas lesiones se consideran contaminadas y sucias, requieren de un tratamiento agresivo por su potencial devastador. En las intervenciones sucias, los gérmenes se encuentran en el sitio operatorio, por tanto, no puede hablarse estrictamente de profilaxis, sino de tratamiento empírico, que habitualmente se extiende entre cinco y 10 días o más.

La antibióticoterapia fue administrada inmediatamente al ingreso del paciente por vía endovenosa, con Cefalosporinas de 1ª generación (Cefazolina 1g/6h) en las fracturas grado I, según la clasificación de Gustilo. Se le agregó un aminoglucósido, por su acción sobre los Gram-negativos, como es la Gentamicina (120mg/12h) en las FAT tipo II o III, y adicionalmente a éstas últimas Metronidazol (500mg/12h) durante la primera semana. Después se ajustó el tratamiento acorde a cada paciente, según cultivo y antibiograma, al igual que recomiendan varios autores ^{70, 91-94}.

1.2.10 La fijación externa en el tratamiento de FAT

La fijación externa es un modelo de principios a seguir según el sistema que se vaya a utilizar, no hay diferencias en las funciones o accionar entre ellos y cada día se perfeccionan acorde al desarrollo científico técnico actual.

Consiste en realinear el área fracturada mediante la inserción de alambres a través de la piel y el hueso, ajustarlos a un marco circular o monolateral con unas barras en el exterior del cuerpo, para mantener unido el hueso fracturado mientras se cura. Hace una función similar a un yeso, pero con la ventaja de que ejerce compresión interna o distracción al mismo tiempo. Esta técnica

permite que los pacientes puedan caminar y tener un margen de movimientos casi inmediato de las articulaciones vecinas ^{77, 78, 95-101}.

Este tratamiento se ha renovado continuamente y con el desarrollo de los conocimientos tanto en el área de medicina como en otras ciencias en general, las cuales han dado su aporte a este campo. Así, se puede aplicar asociado a: estimulación eléctrica o magnética, irrigación – succión, para realizar arteriografías, neurorrafias, injertos y otros procederes que hacen este método muy útil. Las propiedades mecánicas del fijador externo están determinadas por diferentes variables como son: diámetro, número y cantidad de alambres por segmento óseo, la distancia entre el hueso y las barras, el número de barras longitudinales al mismo número de alambres y a la interfase entre el hueso y el alambre. Los fijadores circulares son utilizados para estabilizar las fracturas mediante alambres a tensión, especialmente en fracturas segmentarias con grandes fragmentos en forma de alas de mariposa. Para aumentar la estabilidad de este tipo de fijador se recomiendan los siguientes consejos de Checketts:

- La rigidez del fijador circular es inversamente proporcional al diámetro de los anillos. Es decir, mientras más pequeño es el aro más estable es el fijador, siempre debe existir una distancia no menor de dos o tres centímetros de la piel para permitir espacio al edema que se produzca.
- La estabilidad es directamente proporcional al número de alambres por aro y el número mínimo de conexiones debe ser cuatro.
- La distancia entre los aros está inversamente relacionada con la estabilidad.
- El diámetro de los alambres debe ser de 1,8mm .
- El ángulo de inserción de los alambres, mientras menor sea, es menor la estabilidad (90° es lo ideal).
- El eje longitudinal de la tibia debe estar muy relacionado con el fijador.
- Su aplicación en múltiples planos permite una rápida estabilización ^{11, 12, 100-105}.

Datos de los Aparatos de Fijación Externa:

El modelo de Ilizarov: diseñado en la URSS, para realizar compresión-distracción, posee cinco elementos fundamentales ^{11, 96}.

1. Alambres, clavos y tornillos, con los que se actúa sobre los fragmentos óseos.
2. Aditamentos de diferentes formas (aros, semiaros, marcos, cuadros, etc.), en los cuales se fijan los alambres por su extremo libres y los ejes de unión.
3. Grapas, presillas y horquillas para asegurar los extremos de los alambres a los aros y arcos de distintas formas.
4. Ejes que unen las partes de los aparatos y producen compresión – distracción.
5. Tuercas, contratuercas y arandelas que permiten el cambio de los aros y su fijación.

El modelo RALCA diseñado en Cuba, para aplicarse de forma bipolar o unipolar, le admite posibilidades múltiples a este fijador externo y le permite realizar hasta cinco funciones a la vez. Consta además con una barra T para realizar distracciones combinadas con compresiones ^{34, 81, 97, 99, 103-106}.

Los fijadores externos más utilizados en Cuba son principalmente de dos tipos: el fijador circular de Ilizarov y el fijador de múltiples planos tipo RALCA, conocidos como los más versátiles del mundo.

La esterilización de los fijadores externos:

El lavado se realiza durante 30min con agua y detergente. Se friegan y enjuagan con abundante agua y después con agua destilada. Secar. Empaquetar con doble envoltura. Colocar en autoclave de 1300 C a 1320 C durante 20min . También se esterilizan con antioxidantes (Isoniacida, Cloruro de benzalconio o Cetablón), aunque es posible el uso de la ebullición prolongada, de no tenerse la condición anterior en campaña. Otra forma de esterilizar los aparatos es en frío. Sumergiéndolos en solución antiséptica de Glutaraldeido al 2%, desde el día anterior. Después de esterilizado el fijador debe ser engrasado con vaselina para facilitar la manipulación de tuercas y pistones ¹⁰⁷.

Indicaciones de los fijadores externos y sus ventajas:

1. Se aplican de forma rápida, fácil y con el mínimo de pérdida de sangre en hospitales de campaña o puestos médicos. Por lo que es el tratamiento ideal para fracturas abiertas grado II y III o en politraumatizados y en contingencias ^{108, 109}.
2. Se pueden variar de acuerdo al tamaño de la lesión y no se colocan materiales de osteosíntesis en el foco de de fractura.
3. Se realizan ajustes en el fijador externo sin que el paciente sufra, ya que son perfectamente adaptables.
4. Se realizan curas, cambios de apósitos, injertos libres o pediculados, etc. sin modificar la alineación ¹¹⁰.
5. Se unen a sistemas de fijación interna si es necesario ^{77, 111}.
6. Proporcionan excelente alivio del dolor rápidamente.
7. Permiten la movilización precoz y los movimientos activos de las articulaciones vecinas, lo que disminuye éstasis venoso y evita el tromboembolismo profundo. La rehabilitación es temprana y se hace prevención de complicaciones pulmonares ⁸¹.
8. Permite la aplicación de técnicas electromagnéticas asociadas para acelerar la cicatrización del hueso ^{33, 112}.
9. Facilita la transportación del paciente al ser evacuado a otro centro ⁷.
10. Se visualiza constantemente la piel y se pueden palpar los pulsos periféricos para descartar infecciones o síndromes compresivos vasculares ¹¹³.

Otros tipos de tratamientos que se asocian a la fijación externa son:

- Curas con histoclisis de sustancias tensioactivas surfactantes por su efecto antimicrobiano en heridas y fracturas abiertas o sépticas.
- Ozonoterapia local en las lesiones de la piel fácilmente.
- Asociada a proteínas recombinantes en dosis de 1,5 mg/ml, para acelerar la formación del callo óseo ^{114, 115}
- Asociada al uso de Coralina (Hidroxiapatita) para defectos óseos o tumores ¹¹⁷.
- Puede añadirse el extracto de Aloe B (1mg) en forma de ampulas intramusculares para lograr la aceleración del callo óseo ¹¹⁸.

- Pueden colocarse de forma provisional en un primer tiempo hasta lograr la curación de la herida y en un segundo tiempo se colocan otros tipos de materiales de osteosíntesis, como: placas, tornillos o clavos intramedulares ¹¹⁹.
- Pueden realizarse injertos libres o pediculados de la piel, por ejemplo con la otra pierna cruzada e inmovilizada ¹¹⁰.
- Existen los fijadores externos llamados desechables, que son una opción del tercer mundo o para los pacientes sin recursos que solo cuentan con cuatros o seis alambres y una barra estabilizadora muy barata, por lo que han sido criticados por varios autores ¹²⁰.
- Se reporta el tratamiento para la seudoartrosis de la tibia mediante ondas de choque por litotricia extracorpórea ¹²¹
- Se reporta también el uso de ultrasonido pulsátil de baja intensidad, en pacientes con FAT tratados por Guit M, Donall E y cols., al igual que múltiples informes recientes como los de Malizos KN , Hantes ME y Walker NA, Denegar CR, Preische J, entre otros ¹²²⁻¹²⁴.

Complicaciones de los fijadores externos:

Su extendido uso ha dado lugar a una serie de complicaciones singulares, pero la observación de los principios básicos y la aplicación de una técnica correcta puede minimizarlas. Dos de las más frecuentes en la aplicación de los fijadores externos son el aflojamiento de los alambres y la infección. Parece que ambos son secundarios a la necrosis térmica del hueso y los tejidos blandos. Esta injuria térmica resulta de la generación de calor que se produce durante el proceso de inserción de los alambres y probablemente es la causa del aflojamiento de estos y su posterior infección en la periferia. La inserción de los alambres, bien sea con un perforador manual o eléctrico, produce velocidades rotacionales altas, que han sido señaladas como el factor principal que causa la necrosis térmica ^{54, 66, 72, 104, 125}.

Se han encontrado otras causas como son:

1. No realizar un perforado con una broca menor, antes de colocar los alambres para disminuir significativamente la temperatura y por ende la necrosis ósea.
2. Está comprobado que las temperaturas mayores de 550C producen necrosis ósea además de una alteración mecánica y reversible en el hueso, ya que se rompen las uniones del colágeno con los cristales de hidroxiapatita.
3. Los alambres de punta de espada o cónica alcanzan altas temperaturas, su diseño no tiene como eliminar las virutas óseas que se van produciendo al perforar. Existen diseños en punta de clavos para barrenar y permiten la eliminación de virutas al ingresar en el hueso ³³.
4. A mayores revoluciones que produzca un perforador, mayor serán la temperatura que se genera y la necrosis térmica.
5. No realizar una pequeña incisión con bisturí de lanceta antes de colocar el alambre.

Se observan en ocasiones consolidaciones viciosas, deformidades que con los fijadores externos se pueden corregir en el transcurso del tratamiento o las alteraciones de la movilidad en las articulaciones vecinas (rodilla y tobillo), por no comenzar rápidamente una adecuada fisioterapia ^{36, 47, 126}.

1.2.11 La estimulación eléctrica en el callo óseo

Explicar la formación del callo eléctrico no constituye un problema fácil, dado que su mecanismo, aún poco conocido, queda inmerso en los distintos eventos físicos, químicos y biológicos, que participan en las variadas formas de callos y procesos osteogénicos.

La estimulación por corriente directa asociada a los fijadores externos que permiten, aislar los alambres transfixiantes o los clavos roscados como electrodos, se han usado con varios tipos de metales en la experimentación, tanto en animales como en humanos: de plata, platino o acero inoxidable, este último es el más usado por ser económico. La actividad de los alambres como electrodos es como un transductor electrónico a corriente iónica, que provoca reacciones electroquímicas en su superficie. Estas reacciones o sus productos son, por tanto, elementos de gran importancia en el mecanismo que el electrodo induce la formación de hueso. Al propio tiempo esta reacción se

relaciona con el tipo de metal, en dependencia del cual será la respuesta osteogénica ¹²⁷⁻¹³⁰.

La utilización de la estimulación eléctrica se comenzó a desarrollar a partir de los estudios de Becker 29, quien hizo serias investigaciones y formuló la teoría neurógena sobre la formación de cargas ante la lesión de una extremidad. Posteriormente reforzó la idea sobre la Ley de Wolf 17 y los fenómenos eléctricos en el hueso.

Basset y cols. se dedicaron al análisis profundo de las particularidades eléctrica del hueso, afirmaron que los potenciales piezoeléctricos se relacionan con procesos fisiológicos importantes en los tejidos vivos, tales como: síntesis de proteínas, distribución de iones libres, características especiales de las membranas, funciones de las hormonas y enzimas, comunicaciones o enlaces celulares, acción de las mitocondrias y otras. Todo esto pone de relieve la infinidad de posibilidades que existen con respecto a estimulaciones de los procesos fisiológicos y bioquímicos vinculados a la regeneración del tejido óseo por traumatismos ^{131, 132}.

Aaron y Ciombor ^{129, 133}, señalaron que la electricidad y los campos electromagnéticos regulan la síntesis de la matriz extracelular y estimulan la reparación de las fracturas. En sus estudios realizados explican que:

1. Regulan las proteínas, síntesis de colágenos e incrementan la formación en los modelos de la osificación endocondral,
2. Aceleran la formación y reparación celular,
3. Incrementan la unión en las fracturas y
4. Producen resultados equivalentes a los injertos óseos.

Sin embargo no se han emitido aún conclusiones definitivas acerca de este proceso terapéutico, cada autor establece sus propios parámetros, las distintas ventajas y desventajas de su equipo.

No se conocen complicaciones de la estimulación eléctrica, es un proceder inocuo por completo. Se plantea que aumentan las secreciones por los alambres de Kirschner cuando hay rechazo, pero es por corrosión según Hinsemkap 40. El criterio de Ceballos Mesa 17, es que el aumento de las secreciones son producidas por la presencia de un ánodo y un cátodo fijos

durante demasiado tiempo. Hay que tener precaución con la batería porque en ocasiones aflojan los contactos, se descargan o se aíslan por oxidación y no funciona el estímulo eléctrico.

1.2.12 Los campos electromagnéticos pulsátiles en el callo óseo

La estimulación por campo electromagnético pulsátil se obtiene mediante un generador y dos bobinas de inducción, la corriente generada es de 10V. Las dos bobinas se colocan en forma paralela, tan pronto como la corriente comienza a pasar por ellas, se crea un campo magnético que se extiende hacia fuera en ángulo recto a la cara de contacto de la bobina superior, este es captado por la bobina inferior de forma que se produce un campo electromagnético constante entre ambas, esto induce en el hueso un campo eléctrico sin tener necesidad de realizar ningún implante en profundidad, sino por medios externos puros, por lo que es menos invasivo.

El mecanismo de acción responde a distintas tesis:

- Estimulación de gruesas moléculas proteicas.
- Estimulación de vainas de Schawn.
- Alcalinidad local.
- Disminución de la tensión de oxígeno.

Los efectos biológicos de los campos electromagnéticos son originados por varios mecanismos de acción, entre los cuales figuran:

- Efecto de magnetización (primario): responsable de la orientación de moléculas y átomos bipolares. Se va a producir sobre elementos con momentos magnéticos no nulos y comprende las siguientes acciones: modifica la permeabilidad de la membrana, estabiliza la bomba de sodio, favorece los procesos de enlaces, estimula la reproducción celular y activa los sistemas Redox.

- Efecto piezoeléctrico (secundario): efecto directo que produce la polarización de la masa de un cuerpo, o la creación de cargas eléctricas en su superficie cuando se somete a fuerza mecánica.

Efecto inverso: deformación de un cuerpo cuando se somete a un campo eléctrico. Orientación arquitectónica de las trabéculas óseas en zonas dañadas.

- Efecto metabólico: responsable de todos los procesos tróficos estimulantes y de la reparación tisular mediante; control del riego sanguíneo de

cada tejido, control nervioso de grandes segmentos de circulación y control hormonal de determinadas sustancias que aumentan o disminuyen el riego sanguíneo.

- Efecto analgésico: se plantea como hipótesis el aumento de los aminoácidos del grupo mórfico de las endorfinas y las encefalinas ¹⁷.

En Campbell's Operative Orthopaedics, Owen y Malean plantearon el efecto positivo del CEMP aumentando el número de endomorfina y encefalina. Así como la acción de reducir la transmisión del impulso nervioso, lo cual provoca una disminución del umbral doloroso. Otros autores como Sañudo y Ortiz, señalan la eficacia del campo magnético pulsátil para aliviar el dolor en otras patologías del aparato locomotor y afecciones varias del organismo, por lo que dieron a conocer el uso multifacético del mismo ⁵⁰.

El campo electromagnético de tiempo variable se crea con dos bobinas que reciben corriente eléctrica. Si ambos se colocan perpendiculares y paralelamente al área que se quiere estimular, el magnetismo penetra en el miembro e induce potenciales eléctricos en el sitio de las fracturas.

Becker ^{29, 30}, señaló que el campo electromagnético pulsátil ejerce su acción sobre el sistema de control eléctrico de los nervios periféricos, por lo que además de actuar sobre el callo óseo en la fractura mejora el trofismo de las partes blandas. Así, la teoría basada en que el mecanismo de control de la osteogénesis era eléctrico, se fortalecía para tratar las fracturas.

Sus ventajas:

Tiene una influencia eminentemente fisiológica que estimula al organismo en el sentido de su propia curación. No tiene prácticamente contraindicaciones. Se complementa muy bien con otros métodos terapéuticos. Terapia indolora de ejecución sencilla. No necesita tener contacto con el cuerpo. Tiene un elevado poder de penetración de hasta 15 cm. y los efectos obtenidos perduran más allá del final del tratamiento.

La gran ventaja del campo electromagnético sobre la estimulación por corriente eléctrica es que cuando se aplica una corriente con dos electrodos, se sabe donde se inyecta y donde se recoge la corriente, pero no el camino detallado del flujo de las cargas entre ambos puntos. Depende en cada caso de las particularidades anatómicas del paciente, de la composición y distribución de

sus tejidos. Por el contrario, cuando se aplica el tratamiento con campo magnético a un miembro, todos los tejidos del campo anatómico quedan envueltos por el campo exógeno que se ha producido.

La aplicación clínica de los campos electromagnéticos en el tratamiento de las enfermedades óseas se encuentra ampliamente referida en la bibliografía, que expresa la interacción campo - célula, como una regulación de la osteogénesis, mediante su acción sobre los factores de crecimiento ^{21, 34, 133, 134}.

Consideraciones parciales del capítulo I

Se presentó de forma extractada el estado actual del conocimiento sobre el tratamiento de las FAT con la fijación externa asociándole la EE y los CEMP.

Capítulo II.

Diseño metodológico de la investigación



CAPÍTULO II. DISEÑO METODOLÓGICO

Objetivos:

- 1- Exponer el diseño metodológico del estudio.
- 2- Clasificar la investigación y exponer su concepción general.
- 3- Establecer la operacionalización de las variables en estudio y la composición de la muestra.
- 4- Exponer los recursos deontológicos tomados en cuenta en la investigación.
- 5- Precisar técnicas, procedimientos, procesamiento y análisis de la investigación.

2.1 Contexto y clasificación de la investigación

Acorde a las clasificaciones del CITMA, del Sistema de Ciencia e Innovación Tecnológica (SCIT) y del MINSAP 135, 136, es un trabajo de investigación desarrollo, de asimilación tecnológica o aplicada, porque tiene un propósito definido y se dirige a la solución de un problema de salud, que se realiza para incorporar a la práctica diaria el uso de una tecnología no empleada antes en la provincia. Es un estudio de intervención, prospectivo, o de causa efecto. Según el comienzo es longitudinal, porque estudia las variables a lo largo de un tiempo. Por el hecho de salud que dio lugar es: de tratamiento y de rehabilitación

2.2 Universo y selección de la muestra

El universo lo integraron 312 pacientes ingresados en el servicio de Ortopedia y Traumatología del Hospital Militar de Ejército “Dr. Octavio de la Concepción y de la Pedraja” de Camagüey, portadores de FAT, en el período comprendido desde el 1ro de enero de 1988 al 31 de diciembre del año 2007, ambos inclusive, o sea durante 20 años.

Se realizó un estudio comparativo, de control simultáneo en el que los individuos fueron seleccionados al azar, por el orden de llegada al cuerpo de

guardia. Al primer individuo escogido se le colocó el fijador externo de Ilizarov con el EE asociado y al siguiente un fijador externo RALCA con un CEMP asociado y se continuó de forma alternativa.

Así que después de aplicados los criterios de selección (inclusión, exclusión y salida), la muestra la conformaron 244 pacientes.

Se formaron dos grupos de estudio:

Grupo I 126 pacientes, se les colocó el fijador externo de Ilizarov asociados a EE;

Grupo II 118 pacientes, se les colocó el fijador externo RALCA asociados a CEMP.

2.2.1 Criterios de Selección

De inclusión:

- 1- Pacientes que aceptaron y firmaron el "Consentimiento Informado".
- 2- Pacientes con el diagnóstico clínico y radiográfico de fractura diafisaria abierta de tibia, con menos de 72h de lesionados y no hayan recibido tratamientos previos.
- 3- Pacientes mayores de 16 años de edad.

De exclusión:

- 1- Pacientes portadores de marcapasos.
- 2- Pacientes con enfermedades crónicas asociadas descompensadas, como: Cardiopatía en fase aguda, Diabetes Mellitus descompensada, Insuficiencia Renal Crónica, antecedentes de Síndrome Hemorrágico y Trastornos Siquiátricos severos.
- 3- Pacientes con fracturas patológicas.
- 4- Pacientes que no comprendieron el manejo de los equipos.

De salida:

- 1- Abandono del tratamiento.
- 2- Aparición durante el tratamiento de algunos de los criterios de exclusión.
- 3- Tres ausencias reiteradas del paciente al tratamiento por consulta externa.
- 4- Pacientes con complicaciones no relacionadas con el tratamiento de estimulación electromagnética que se les realizó amputación de la pierna.

2.3 Definición conceptual y operacional de las variables.

VARIABLES	DEFINICIÓN	
	CONCEPTUAL	OPERACIONAL
Edad (biológica)	Se consideró la edad exacta en años cumplidos agrupándola en intervalos de:	<ul style="list-style-type: none"> - 16-25 años - 26-35 años - 36-45 años - Más de 45 años
Tiempo de consolidación.	Formación del callo óseo clínico y radiográfico.	En semanas: <ul style="list-style-type: none"> - menos de 16 - de 17-24 - de 25-32 - más 32
Tipos de fracturas por su localización. (Tercio)	Se consideró por la clasificación de Asociación de Ortopedia y Traumatología (OTA) y por su relación con la vascularización de cada tercio.	<ul style="list-style-type: none"> - Proximal. - Medio. - Distal.
Trazos de las fracturas.	Se consideró por la clasificación de OTA.	<ul style="list-style-type: none"> - Conminutiva. - Transversal. - Oblicua. - Espiroidea. - Bifocal.
Grados de severidad de la lesión.	Se consideró la clasificación de Gustilo y Anderson para las fracturas abiertas.	<ul style="list-style-type: none"> - Grado I - Grado II - Grado III-A - Grado III-B - Grado III-C
Tipos de Fijadores Externos y estimulación.	Para la inmovilización y estabilización de las fracturas y acelerar la formación del callo óseo	<ul style="list-style-type: none"> - Ilizarov + Estímulos Eléctricos (EE) - RALCA + Campos Electro-Magnéticos Pulsátiles (CEMP)
Infección de la herida*.	Infección en la zona de la FAT según cultivo y antibiograma realizado.	<ul style="list-style-type: none"> - Si - No
Secreción por los orificios de los alambres*.	Supuración mayor de lo normal producida por cuerpos extraños.	<ul style="list-style-type: none"> - Si - No
Aflojamiento de alambres*.	Pérdida de la tensión en los alambres.	<ul style="list-style-type: none"> - Si - No
Síndrome compartimental*.	Incremento de la presión intersticial en un compartimento osteofacial cerrado, determina un compromiso microvascular.	<ul style="list-style-type: none"> - Si - No
Lesiones vasculares*.	Daño en los vasos sanguíneos.	<ul style="list-style-type: none"> - Si - No
Lesiones nerviosas*.	Daño en los nervios periféricos.	<ul style="list-style-type: none"> - Si - No
Retardo de consolidación**.	No se realiza el proceso de consolidación en el tiempo esperado.	<ul style="list-style-type: none"> - Si - No
Seudoartrosis**.	La consolidación ósea no ha sido posible.	<ul style="list-style-type: none"> - Si - No
Osteomielitis**.	Proceso inflamatorio del hueso y de la médula ósea.	<ul style="list-style-type: none"> - Si - No

Osteítis**	Infección de la cortical ósea.	- Si - No
Trombosis venosa profunda**	Trombo en el interior de un vaso.	- Si - No
Falla del equipo**	Rotura por alguna causa.	- Si - No
Resultado Final	Según criterios de evaluación final dada la formación del callo óseo clínicamente y apoyado por estudios radiográficos.	Consolida: callo óseo formado antes de 24 semanas. Retardo de consolidación: callo óseo formado de 25 a 32 semanas No consolida: callo óseo no formado a las 32 semanas.

* Complicaciones Inmediatas. Diagnosticadas durante el tratamiento por los exámenes clínicos, de laboratorio y radiográficos antes de las 24 semanas.

** Complicaciones Tardías. Diagnosticadas en los pacientes durante el tratamiento por los exámenes clínicos, de laboratorio y radiográficos después de las 24 semanas.

De las variables señaladas se definieron como principales o de respuesta al tratamiento el tiempo de consolidación y resultado final.

2.4 Procedimientos. Seguimiento de los pacientes

Se evaluaron los pacientes al ingreso, se realizó el manejo primario y se indicó el tratamiento de urgencia. La antibióticoterapia fue administrada inmediatamente. El tratamiento quirúrgico bajo anestesia, se realizó antes de las cuatro horas y consistió en un desbridamiento amplio y cura las veces que fueran necesarias y colocándoseles el fijador externo. En el Servicio de Ortopedia, ya en su cama, el mismo día se le instala el EE o CEMP, según corresponda y como está protocolizado.

Datos y metodología de la aplicación del equipo de la estimulación eléctrica:

El osteoestimulador eléctrico MOD-ODC 404, cubano, diseñado para usar conjuntamente con los fijadores externos de Ilizarov, utiliza los propios alambres como electrodo y aislados con polietileno a 10cm. y batería de 9V, que emite corriente de 20A y cambia su polaridad cada 2seg . Se enciende un bombillo para indicar su funcionamiento y si existe un desperfecto se apaga. Se

aplica constantemente, adosado al fijador externo, inmediatamente que el paciente sale operado del salón, hasta la consolidación ósea clínica y radiográfica (figura 1).

Datos y metodología de la aplicación del equipo de campo electromagnético pulsátil:

Se usa de forma discontinua por pulsos, se determinan en una unidad de tiempo escogida, lo que establece diferencias entre distintos autores. Se aplican en este trabajo investigativo los estimuladores electromagnéticos pulsantes, MOD.ECMP-02, fabricados en Cuba. Se colocan sobre la lesión mediante dos bobinas o enrollados de estimulación, alimentados por un generador de pulsos de cinco minutos de duración y una frecuencia de 15Hz .

Estas señales amplificadas al llegar a la bobina de estimulación se transmiten al paciente por contacto directo. La intensidad del CEMP general está determinada por el voltaje suministrado y la frecuencia que se controla por el panel frontal del equipo. La presencia de estímulos se observa por un parpadeo del bombillo. Posee un reloj electrónico que establece el tiempo de tratamiento. Se aplica durante 10h diarias consecutivas, preferiblemente nocturnas, el mismo día de operado hasta la consolidación ósea (figura 2).

Los pacientes fueron evolucionados diariamente durante su hospitalización. Al egresar se citaron a las dos semanas, para valorar el estado de la herida, la piel, retirar puntos, verificar el fijador externo, el EE o el CEMP y posteriormente, cada cuatro semanas para evaluar la respuesta al tratamiento.

El seguimiento en la consulta especializada de Ortopedia y Traumatología se hizo mediante el examen físico, toma de radiografías, en búsqueda de complicaciones y para la medición de las variables. Las consultas fueron realizadas por los especialistas que practicaron el procedimiento quirúrgico, quienes tomaron las decisiones pertinentes de acuerdo a la evolución de cada paciente y conocieron su impresión acerca del estado de satisfacción, durante un año si fue necesario.

Los estudios radiográficos de los pacientes se informaron por los radiólogos, a quienes anteriormente, se les habían indicado los criterios de consolidación que debían ser aplicados homogéneamente en todos los pacientes. La

fisioterapia y rehabilitación se realizó de forma habitual según lo establecido a todos los pacientes.

2.5 Metodología de la recolección de datos. Procesamiento

Los datos primarios fueron recogidos por el autor y colaboradores adiestrados, mediante; el interrogatorio, examen físico de los pacientes, exámenes complementarios plasmados en las historias clínicas, la información de los cirujanos actuantes, que finalmente se registraron en la planilla estructurada (anexo 1).

Análisis estadístico

El procesamiento de la información se realizó con el paquete estadístico profesional SPSS (ver 17, 2008), se empleó la estadística paramétrica y no paramétrica, tanto univariada como multivariada, se calculó frecuencia absoluta y relativa, se aplicó la Prueba de comparación de proporciones; existiendo diferencias significativas cuando el valor de probabilidad calculada “p” asociado al valor del estadígrafo, fue igual o menor que el nivel de significación $\alpha = 0,05$. Además, se aplicó la regresión logística para el pronóstico. Se usó el Gestor de Bibliografía EndNote (ver. X2). Se aplicó el Sistema Internacional de Unidades vigente (anexo 2) 137 para las abreviaturas y el Diccionario General, Galería de Encartes HARCOURT 2008 138 para la actualización de un Glosario (anexo 3). Se presentan los resultados en tablas y figuras.

2.6 Bioética. Consentimiento informado

Esta investigación fue aprobada por el Consejo Científico, el Comité de Ética Médica, la Jefatura de la Institución del autor y el Taller Nacional de Ortopedia en las FAR.

En todos los casos se obtuvo el Consentimiento Informado por escrito del paciente o familiar (anexo 4), de acuerdo a la política establecida en el Servicio de Ortopedia para el respeto de la bioética profesional.

Consideraciones parciales del capítulo II

Se expone el diseño metodológico del estudio, la clasificación de la investigación y su concepción general. Se establece la operacionalización de las variables en estudio y la composición de la muestra. Se mencionan los recursos deontológicos tomados en cuenta, se precisan técnicas, procedimientos, procesamiento y su análisis.

Capítulo III.

Caracterización de la muestra en los dos grupos



CAPÍTULO III. CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA EN LOS GRUPOS

Objetivo:

Caracterizar la muestra estudiada en cada grupo según las variables biológicas y clínicas de interés para la investigación.

Se analizan las variables que se relacionan con la formación del callo óseo, de los grupos de pacientes portadores de fracturas abiertas de tibia, tratados con fijadores externos y estímulos electromagnéticos asociados.

3.1 Caracterización de la muestra en los grupos

La edad es una de las variables que influye en el tiempo de la consolidación ósea, a medida que esta avanza se van perdiendo las propiedades osteogénicas del hueso, por lo que se retarda la consolidación, por eso se realizan estos cuatro grupos de edades en la población estudiada.

Tabla 1. Distribución de pacientes con fracturas abiertas de tibia según edad y grupos de tratamiento.

EDAD	GRUPO I		GRUPO II		TOTAL	
	PACIENTES	%	PACIENTES	%	PACIENTES	%
16-25	15	11,9	23	19,5	38	15,6
26-35	46	36,5	36	30,5	82	33,6
36-45	43	34,1	37	31,4	80	32,8
+45	22	17,5	22	18,5	44	18,0
TOTAL	126	100,0	118	100,0	244	100,0

Fuente: Historia Clínica.

P= 0,518

La edad de los pacientes se concentró, en ambos grupos, entre los 26 a 35 y 36 a 46 años con más 60% del total, este resultado coincide con lo reportado por Álvarez López y Casanova Morote 1; en estas edades el hombre se expone más al peligro en actividades laborales, deportivas y recreativas que provocan accidentes de alta energía.

La edad promedio de los pacientes del grupo I fue de 35 años, mientras la del segundo grupo fue de 35,2 años, al contrastar la hipótesis de igualdad entre la edad promedio de ambos grupos (se obtiene una probabilidad calculada igual a 0,518; la cual es mayor que el nivel de significación seleccionado $\alpha= 0,05$), de lo que se infiere, que no existen diferencias significativas entre la edad

promedio de los dos; respecto a la variable “edad”, se puede asumir que ambas muestras provienen de la misma población.

Terje Meling , Knut Harboe y Kjetil Soreide ¹³⁹ en un análisis de la edad, en 4 890 casos tratados con fracturas de los huesos largos de los adultos, obtuvieron un intervalo de 16 a 50 años (promedio 30 años).

En el presente estudio se comprobó que a mayor edad se produjeron menos FAT, lo que se debe a que el hombre se protege más, a medida que envejece. El grado de las fracturas abiertas de la tibia determina el pronóstico y la conducta a seguir en ellas, así: a mayor grado, mayor será el daño producido en los tejidos y en el hueso como tal, por ende, las complicaciones serán más temidas aún.

Tabla 2. Distribución de los pacientes con FAT según grados por la clasificación de Gustilo y Anderson y grupos de tratamientos.

GRADOS	GRUPO I		GRUPO II		TOTAL	
	PACIENTES	%	PACIENTES	%	PACIENTES	%
I	66	52,4	45	38,1	111	45,5
II	30	23,8	40	33,9	70	28,7
III-A	15	11,9	16	13,6	31	12,7
III-B	9	7,1	10	8,5	19	7,8
III-C	6	4,8	7	5,9	13	5,3
TOTAL	126	100,0	118	100	244	100,0

Fuente: Historia Clínica. Grupo I p= 4,56 E-17 Grupo II p= 7,34 E-23 Total p= 9,04 E-27**

Con FAT grado I, en el grupo I se encontraron 66 (52,4%) pacientes y en el grupo II 45 (38,1%), con grado II en el grupo I se presentaron 30 (23,8%) pacientes y en el grupo II 40 (33,9%). Sumados la cantidad de pacientes de ambos grados son más del 70% del total y el resto de los grados III-A, B o C.

La suma de los grados I y II en el grupo I es de 96 pacientes ($p= 4,56 E-17$), en el grupo II es de 85 pacientes ($p=7,34 E-23$), mientras que el total con 181 pacientes ($p= 9,04 E-27$). Lo que demuestra la homogeneidad de la muestra.

En esta investigación, hubo tres heridas por armas de fuego (HPAF) que se clasificaron grado III, luego del desbridamiento, se continuó con las medidas tomadas para el resto de los pacientes. Dos de estas, eran del grupo I.

La clasificación de Gustilo y Anderson ³⁵ predomina en la literatura mundial relacionada con el tipo de exposición de las fracturas abiertas, que divide las lesiones para su estudio y tratamiento en: baja energía (grado I) y alta energía (grados II y III), se reporta una distribución de cerca del 50% para las lesiones grado I y el resto para las lesiones de alta energía, al igual que Arango Gómez, Monsalve y Uribe Ríos ¹⁴⁰, quienes realizaron tratamientos a pacientes con fracturas por proyectiles de armas de fuego de baja velocidad, con lo que coinciden los hallazgos de nuestro estudio.

Por su parte, Mullen, Rozbruch, Blyakher y Helfet ⁸³, utilizaron el fijador externo de Ilizarov solo para el tratamiento de las FAT grado III-B que requieren injertos de piel y compresión, con resultados excelentes.

Los trazos en las fracturas abiertas de la tibia tienen estrecha relación con el área o superficie de contacto entre los extremos óseos, en el momento de realizar la reducción y aún más con respecto al tiempo de inmovilización, según sea mayor el trazo más rápido será la consolidación del foco. Así debe consolidar más rápido una fractura longitudinal u oblicua larga que una transversa pura.

Tabla 3. Distribución de pacientes con fracturas abiertas de tibia según trazos y grupos.

TRAZOS	GRUPO I		GRUPO II		TOTAL	
	Pacientes	%	Pacientes	%	Pacientes	%
Conminutiva	21	16,7	13	11,0	34	13,9
Transversal	42	33,3	37	31,4	79	32,4
Oblicua	32	25,4	40	33,9	72	29,5
Espiroidea	25	19,8	19	16,1	44	18,0
Bifocal	6	4,8	9	7,5	15	6,1
TOTAL	126	100,0	118	100,0	244	100,0

Fuente: Historia Clínica. Transversos (p=0,37).* *Oblicuos (p=0,072)

Los trazos más frecuentes fueron los transversos con 79 (32,4%) casos, seguidos de los oblicuos con 72 (29,5%). Entre ambos representan más de la mitad de los pacientes, estos fueron los más difíciles de reducir y estabilizar con cualquier tipo de fijador externo. En los dos grupos los trazos más frecuentes fueron los transversos (p=0,37) y los oblicuos (p=0,72). Por lo que no hubo diferencias significativas en los trazos.

Nuestros resultados concuerdan con lo reportado en la literatura mundial. Long y Brown citados por Álvarez López y Casanova Morote ¹ plantearon que más del 50% de las fracturas se clasifican en inestables o altamente inestables, dentro de las cuales se incluyen las segmentarias y las que cursan con pérdidas óseas.

Otros autores ^{35, 61, 141}, coinciden en que los trazos multifragmentarios y conminutivos superan a los simples en un 66% y señalan que estos generalmente se acompañan de lesiones serias de las partes blandas y óseas, por lo cual necesitan de una evaluación cuidadosa, con un manejo complejo y agresivo, lo que ha tenido en cuenta el equipo de trabajo de nuestro hospital.

Los trazos de fracturas espiroideos largos pueden concomitar con afecciones de la rodilla o el tobillo y por lo tanto dejar secuelas articulares, como la osteoartritis degenerativa postraumática o lesiones de las sindesmosis reportadas por Stuermer E y Stuermer K ¹⁴².

La tibia por ser el segundo hueso más largo del cuerpo, se divide para su estudio y tratamiento en tres partes, ya que en cada uno de los tercios hay diferencias sustanciales en su irrigación sanguínea, la musculatura y su envoltura cutánea, por lo que es necesario precisarlos para valorar el tiempo requerido en la consolidación ósea.

Tabla 4. Distribución de pacientes con fracturas abiertas de tibia según el tercio lesionado y grupos de tratamientos.

TERCIO	GRUPO I		GRUPO II		TOTAL	
	PACIENTES	%	PACIENTES	%	PACIENTES	%
Proximal	35	27,8	37	31,4	72	29,5
Medio	56	44,4	57	48,3	113	46,3
Distal	35	27,8	24	20,3	59	24,2
TOTAL	126	100,0	118	100,0	244	100,0

Fuente: Historia Clínica. Medio (p=0,27) Proximal (p=0,27) Distal (p=0,08) *

En la tabla 4 se observa que 56 (44%) pacientes del grupo I sufrieron fracturas del tercio medio, 35 (27,8%) en el proximal e igual cantidad en el distal, por su parte en el grupo II, 57 (48,3%) pacientes sufrieron fracturas del tercio medio, 37 (31,4%) en el proximal y en el distal 24 (20,3%).

El tercio medio de la tibia fue lesionado en la casuística aproximadamente en la mitad de los pacientes, en el primer grupo 44,4% y en segundo grupo 46,3%, o sea, más de cuatro pacientes por cada 10 tratados.

La proporción de las FAT según los tercios se comportó de la siguiente manera: medio (p=0,27), proximal (p=0,27) y distal (p=0,08). Lo que demuestra que no hay diferencias significativas entre ellos.

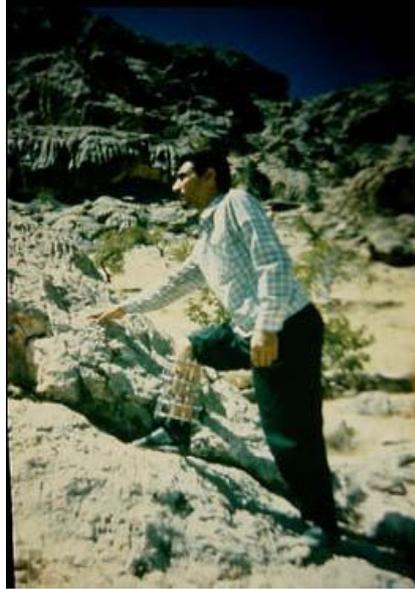
En total, 113 (46,3%) pacientes fueron clasificados con FAT del tercio medio. Autores como Geioia ⁴³ y Escarpanter Buliés ⁷², afirman que el 68% de las fracturas de la pierna asientan en el tercio medio, por estar muy expuesto a traumatismos directos.

Consideraciones parciales del capítulo III

Los grupos no difieren significativamente, son homogéneos respecto a las variables. Las mayores cifras de casos fueron de los grados I y II, lo que coincide con la generalidad de los trabajos científicos consultados.

Capítulo IV.

Análisis y discusión de los resultados de la Estimulación Eléctrica y Campos Electromagnéticos Pulsátiles asociados a la Fijación Externa en el tratamiento de las Fracturas Abiertas de Tibia en la formación del callo óseo.



CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Objetivos:

1. Comparar los resultados del tratamiento con estimulación eléctrica y campo electromagnético pulsátil en las fracturas abiertas de tibia.
 2. Analizar las complicaciones relacionadas con los métodos de tratamientos en ambos grupos.
- 4.1 Comparación de variables en relación con el intervienen en el tiempo de consolidación según tratamientos

El tiempo de la consolidación ósea en las fracturas abiertas depende de disímiles factores, predomina en la literatura consultada agrupar en: menos de 16 semanas, de 17 a 24, de 25 a 32 y más de 32.

Tabla 5. Distribución de pacientes con fracturas abiertas de tibia según edad, tiempo de consolidación y grupos de tratamientos.

EDAD	GRUPO I					GRUPO II				
	TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN					TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN				
	- 16	17-24	25-32	+ 32	Total	- 16	17-24	25-32	+ 32	Total
16-25	5	3	4	3	15	12	10	0	1	23
26-35	11	19	6	10	46	15	20	1	0	36
36-45	9	20	8	6	43	15	17	3	2	37
+45	5	11	5	1	22	8	11	2	1	22
TOTAL	30	53	23	20	126	50	58	6	4	118

Fuente: Historia Clínica.

En la tabla 5 se ve que las edades con mayor casuística y que consolidaron en menos de 32 semanas, fueron las de 26 a 35 y de 36 a 45 años con 89 pacientes de los tratados con EE (70%) y 71 (60%) tratados con CEMP, lo que representa la mayor parte de los pacientes tratados en cada grupo. Esto concuerda con lo reportado por García Aguilar, Pérez Mendoza y cols.¹⁴³, que refieren un predominio en el sexo masculino del 86%, con un alza de las edades entre 29 a 39 años y un promedio en el tiempo de la consolidación de 26,3 semanas.

En su trabajo Tibial shaft fractures in the children and adolescent, Rakesp y cols. ⁶¹ reportaron que el tiempo de consolidación fue de 10 semanas y encontraron muy pocas complicaciones, tan solo menos de dos por ciento de retardos de la consolidación.

Los niños y los adolescentes tienen una consolidación ósea en tiempos muy breves, debido a un alto poder osteogénico, así lo expresan también García Domínguez, Cabrera Campis y Maqueira González en su trabajo: "Fracturas diafisarias de tibia en el niño. Análisis de una casuística" ¹⁴⁴.

Bahadır Alemdarog y cols. ¹⁴⁵ realizaron un estudio comparativo para valorar los factores que afectan en el tratamiento de las FAT con fijación de Ilizarov, la edad promedio de sus pacientes fue 45,3 años (rango 19-75). El comienzo de la formación del callo óseo fue evidente a las 11,7 semanas, en los que se les colocó de forma suplementaria la fijación externa y a los que no, hasta las 16,6 semanas.

El tratamiento con CEMP es más eficaz, la proporción de pacientes que consolidaron por este método es significativamente mayor que los pacientes curados con EE. Debido a los cambios metabólicos desatados en los pacientes tratados con estos métodos, por los efectos de la inducción electromagnética a nivel celular, como son: la disminución del pH, el aumento de la oxigenación local y la mineralización que se produce, es por lo que logra un callo óseo muy similar al obtenido en los niños y los adolescentes, con menor promedio en el tiempo de consolidación.

El tiempo de la consolidación ósea se puede medir en varias formas (días, semanas o meses), en este trabajo se prefirió en semanas y de esta forma fueron clasificados en cuatro agrupaciones.

De los pacientes tratados con fijación externa de Ilizarov asociándole la EE se logró la consolidación ósea con menos de 16 semanas en 30 (23,8%) pacientes (tabla 6), mientras que los tratados con fijador externo RALCA asociándole CEMP fueron 50 (42,4%). Al comparar el total de pacientes que consolidaron se encontraron diferencias significativas a favor del grupo II ($p=0,0012$).

Tabla 6. Distribución de los pacientes con fracturas abiertas de tibia según el tiempo de consolidación ósea (en semanas) y grupos de tratamientos.

SEMANAS	GRUPO I		GRUPO II		TOTAL	
	PACIENTES	%	PACIENTES	%	PACIENTES	%
Menos 16	30	23,8	50	42,4	80	32,8
17 a 24	53	42,1	58	49,2	111	45,5
Menos 25	83	65,9	108	91,5	191	78,3
25 a 32	23	18,3	6	5,1	29	11,9
Más de 32	20	15,9	4	3,4	24	9,8
De 25 y más	43	34,1	10	8,5	53	21,7
TOTAL	126	100,0	118	100,0	244	100,0

Fuente: Historia Clínica.

Menos de 16 semanas (p= 0,0012)*

De 17 y 24 semanas (p=0,13)*

Menos de 25 semanas (p= 0,000 000 0598)**

De 25 a 32 semanas (p=0,0007)**

Más de 32 semanas (p= 0,0005)*

De 25 y más semanas (p= 0,000

000 59)*

Entre 17 y 24 semanas se formó el callo óseo en 53 (42,1%) pacientes del grupo I y a 58 (49,2%) del grupo II, no se detectaron diferencias significativas (p=0,133).

La mayor cantidad de las FAT, consolidaron en menos de 25 semanas, un total de 191 pacientes, en el grupo I (83 pacientes, mientras que en el grupo II 108), con una gran significación estadística (p= 0,000 000 0598).

De 25 a 32 semanas la consolidación se considera retardada, en el grupo I se observó en 23 pacientes (18,3%) y en el grupo II solamente en seis (5,1%), por lo que existió diferencias significativas (p=0,0007) a favor de los tratados con CEMP.

Mientras que con más de 32 semanas (considerados con pseudoartrosis), en el grupo I fueron 20 pacientes y en el grupo II solamente cuatro. En el análisis estadístico se detectaron diferencias significativas entre los grupos (p= 0,0005) con peores resultados en los tratados con EE.

Con 25 y más semanas en el grupo I hubo 43 casos y en el grupo II solamente 10 casos, por lo que las diferencias son altamente significativas a favor de los pacientes tratados con CEMP (p= 0,000 000 598).

Ohashi 146, en un estudio que realizó con ratas, aplicó en el fémur un EE y pudo observar no solo la proliferación y la diferenciación de las células osteoprogenitoras a osteoblastos desde las células periostales, sino fundamentalmente a osteoclastos.

Hoaglund y States citados por Whittle, y Wood. en el libro Campbell's Operative Orthopaedics, clasificaron las FAT según fueran causadas por traumas de alta o baja energía y realizaron un pronóstico del tiempo de consolidación: para las FAT producidas por accidentes de alta energía (90%) un promedio de seis meses y las producidas por baja energía un promedio de cuatro meses ⁵⁰.

En estudios recientes, Calzadilla Moreira y Castillo García 47, plantearon que los pacientes tratados con fracturas expuestas de tibia con fijadores externos y CEMP tuvieron un tiempo de consolidación de 10 a 18 semanas para el grado I, de 15 a 24 para el grado II y de 25 a 33 para el grado III, cuyos resultados fueron más satisfactorios que los nuestros.

Es de destacar desde el punto de vista radiográfico, que en los pacientes tratados con CEMP se observó un callo tibial denso, lo cual constituye un signo de buena mineralización; esto coincide con lo señalado por Chen y Ashihara citados por Ceballos Mesa ¹⁷, quienes expresaron que este tratamiento no solo disminuye el tiempo de consolidación, sino que mejora la mineralización del callo óseo, lo que lo hace apto para la carga de peso con mayor seguridad.

Autores como Icaro Cornaglia y Carraso ¹⁴⁷, demostraron en su investigación que con el uso de los CEMP aumentó la mineralización en cinco veces más. Por su parte, Singh, Yash Roy y Hoque ¹⁴⁸, demostraron el efecto de los campos magnéticos sobre las fracturas al aumentar la osteogénesis y la mineralización de la matriz ósea.

En un estudio realizado por Alegakis y Ky Bishay ¹⁴⁹, de un total de 161 casos con FAT grado I y cerradas, tratadas con clavos intramedulares, con seguimiento clínico y radiográfico, el promedio de tiempo para la consolidación ósea fue de 13,3 meses.

En nuestra investigación, los pacientes que se les colocó CEMP consolidaron en menor tiempo que los tratados con EE; la proporción de pacientes tratados con CEMP es significativamente mayor que la de los con EE. Ver figura 3.

La consolidación ósea en la tibia depende en gran medida, del nivel en que se produjo la lesión, debido a la irrigación sanguínea de la pierna.

Tabla 7. Distribución de los pacientes con fracturas abiertas de tibia según la localización por tercios, tiempo de consolidación ósea y grupos de tratamientos.

TERCIOS	GRUPO I					GRUPO II				
	TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN									
	- 16	17 a 24	25 a 32	+ 32	TOTAL	- 16	17 a 24	25 a 32	+ 32	TOTAL
Proximal	13	13	5	4	35	19	17	0	1	37
Medio	12	26	11	7	56	22	31	4	0	57
Distal	5	14	7	9	35	9	10	2	3	24
TOTAL	30	53	23	20	126	50	58	6	4	118

Fuente: Historia Clínica. Proximal (p=0,038) * Medio (p=0,008) * Distal (p=0,041)

En la tabla 7 se exponen los tiempos de consolidación de las FAT, en los tercios proximal y medio (en menos de 24 semanas), con un número mayor de pacientes en el grupo tratado con CEMP, debido a su mayor efectividad (Proximal p=0,038 y Medio p=0,008). Ver figura 4.

En el tercio distal se comporta a la inversa, debido a la menor circulación sanguínea, que la hace menos osteogénica. Por lo que se provocó en cuatro pacientes pseudoartrosis, tres de ellas corresponden a esta zona y no hay diferencia significativa (p=0,041).

Es de señalar que dos de las fracturas expuestas del tercio proximal, no contempladas en la serie, se acompañaban de fractura del fémur homolateral, la llamada “rodilla flotante”. Una de ellas expuesta también, para lo cual fue necesario estabilizar ambas con osteosíntesis extrafocal aprovechando para combinar el CEMP en dichas fracturas y se lograron signos de consolidación a

las 19 semanas. Lo que coincide con el manejo de este tipo de pacientes reportado por Giannoudis, Papakostidis y Roberts ⁸⁰.

Múltiples son los factores que intervienen directa o indirectamente en la consolidación ósea y uno de los de mayor importancia es el grado de las FAT, según la clasificación de Gustilo y Anderson (tabla 8)

Es importante señalar que en el grupo I con 23 pacientes y el grupo II con 24 del grado I, alcanzaron la consolidación ósea en el corto período de 16 semanas, lo cual es significativo ($p=0,020^*$), no así de 17 a 24 semanas que fue ($p=0,323$).

Del grado II consolidaron en 16 semanas tres pacientes del grupo I, mientras que en el grupo II fueron 16 ($p=0,002^*$). De 17 a 24 semanas, 20 casos del grupo I y 22 del grupo II para una diferencia significativa de ($p=0,162^*$).

Tabla 8. Distribución de los pacientes con fracturas abiertas de tibia según grado, tiempo de consolidación y grupos de tratamientos.

GRADOS	GRUPO I					GRUPO II				
	- 16	17 a 24	25 a 32	+ 32	TOTAL	- 16	17 a 24	25 a 32	+ 32	TOTAL
I	23	25	12	6	66	24	19	1	1	45
II	3	20	5	2	30	16	22	1	1	40
III-A	1	5	4	5	15	6	9	1	0	16
III-B	2	1	1	5	9	2	5	2	1	10
III-C	1	2	1	2	6	2	3	1	1	7
TOTAL	30	53	23	20	126	50	58	6	4	118

Fuente: Historia Clínica.

Grado I 16 semanas $p=0,020^*$ 17 a 24 semanas $p=0,323$

Grado II 16 semanas $p=0,002^*$ 17 a 24 semanas $p=0,162^*$

Grado III-A 16 semanas $p=0,020^*$ 17 a 24 semanas $p=0,10^*$

Grado III-B 16 semanas $p=0,045^*$ 17 a 24 semanas $p=0,03^*$

En el grado III-A a las 16 semanas la diferencia significativa fue de $p=0,020^*$ y de 17 a 24 semanas fue de $p=0,10^*$. Para el grado III-B a las 16 semanas consolidaron dos pacientes en cada grupo ($p=0,045^*$) y a las 17 a 24 semanas consolidaron; uno en el grupo I y cinco en el II ($p=0,03^*$). Del grado III-C consolidaron a las 16 semanas; uno del grupo I y dos del II. Y de 17 a 24 semanas consolidaron, dos del grupo I y tres del grupo II.

En general hubo 23 retardos de la consolidación en los pacientes tratados con EE y solamente seis de los tratados con CEMP.

Se identificaron 20 pseudoartrosis (más de 32 semanas) en el grupo que se le aplicó EE, frente a cuatro solamente, en el grupo II con la aplicación de los CEMP.

En resumen al relacionar los grados de las fracturas abiertas y el tiempo de consolidación en los pacientes tratados con CEMP, se observó que el tiempo de consolidación de menos de 16 semanas fue en 50 (42,4%) pacientes y los que consolidaron entre 17 y 24 semanas, la mayor cantidad con 58 (49,2%) pacientes de un total de ¹¹⁸, lo que demuestra la efectividad de este método terapéutico.

Autores como Checketts, Oleksak y Howard, citados por Ceballos Mesa A 17 en sus estudios, trataron pacientes con fracturas abiertas de tibia y fijación externa sin el empleo del CEMP y lograron un tiempo de consolidación que oscilaba entre 16 y 26 semanas para los grados I y II y de 27 a 40 para el grado III-A, además reportaron cuatro lesionados del grado III-B y III-C que alcanzaron un tiempo de más de 44, algo más prolongado que en la casuística presentada en este trabajo

Kuklo, Groth, Anderson, Frisco e Islinger 114, exponen haber tratado a 138 pacientes de la guerra de Iraq con FAT, grados III-B y III-C con fijación externa y proteína recombinante asociada (1,50mg/ml) y obtuvieron el 92% de consolidación ósea.

Rommens y cols., citados por Whittle y Wood en el Campbell's Operative Orthopaedics 50 en un resumen de ocho años de experiencia con fijadores externos de Hoffman-Vidal-Adrey usados en el tratamiento de 119 pacientes con FAT, reportan un tiempo promedio de consolidación de seis meses.

Las mejores cifras de consolidación fueron del grado I, en el grupo I con 56 pacientes y en el grupo II con 44. Lo que concuerda con Gustilo y Anderson ³⁵, al decir que el 50% de las FAT son del grado I.

Tucker, Kendra y Kinnebrew citados por Farmanullah Muhammad, Khan y Syed Muhammad 62, reportaron un 100% consolidación de 26 fracturas de tibia, en 22 pacientes tratados primariamente con el fijador externo de Ilizarov. Veinte fracturas fueron definidas de alta energía y abiertas (dos de la clasificación de Gustilo grado I, ocho grado II, cinco grado III-A y cinco grado III-B). El tiempo

promedio en la consolidación fue de 25,6 semanas. Los resultados fueron graduados de excelentes en 21, buenos en cuatro y regular en un paciente.

Los propios Gustilo y Anderson 35, refieren que en el grado I no debe existir infección, en el grado II hasta un 2,5% y el grado III un 18,7%.

En la presente investigación se ha dirigido la atención a la formación del callo óseo en dos grupos de estudio con FAT de distintos grados, tratados con fijadores externos y estímulos electromagnéticos asociados. Se han obtenido mejores resultados en el grupo tratados con CEMP, como se observó en la tabla anterior. Los resultados en este estudio fueron mejores que los de otros autores que no utilizaron la estimulación electromagnética.

4.2 Complicaciones más frecuentes relacionadas en los grupos estudiados

Las complicaciones relacionadas con las FAT pueden producirse por innumerables causas y múltiples factores que participan en el proceso del tratamiento, para su mejor estudio y comprensión se han dividido en inmediatas y tardías (tabla 9).

Complicaciones inmediatas:

- Infecciones de la herida: en el grupo I se presentaron en la mayor cantidad de pacientes con 32 (25,4%), mientras que en el grupo II con 22(18,6%), lo que demuestra mayor efectividad de los CEMP con respecto a los EE ($p=0,102$). Se puede observar signos de infección en el lugar de la herida por la FAT, pero en ocasiones son abundantes y asépticos. Esto coincide con los estudios de Hernández Ruiz y Ramírez Ajo, citados por Ceballos Mesa 17, quienes plantearon la inocuidad del CEMP para la piel y los efectos positivos sobre las células, ya que mejoran la homeostasis al facilitar el intercambio intra y extracelular por medio de la bomba sodio potasio y aumenta la perfusión local de la sangre.

Tabla 9. Distribución de los pacientes con FAT según las complicaciones inmediatas o tardías y grupos de tratamientos.

COMPLICACIONES INMEDIATAS	GRUPO I		GRUPO II	
	PACIENTES	%	PACIENTES	%
Infección de la herida.	32	25,4	22	18,6
Secreción por los orificios de los alambres.	43	34,1	16	13,6
Aflojamiento de alambres.	9	7,6	3	2,4
Síndrome compartimental.	14	11,1	2	1,7
Lesiones vasculares.	4	3,2	5	4,2
Lesiones nerviosas.	3	2,4	4	3,4
COMPLICACIONES TARDÍAS				
Retardo de consolidación.	22	17,5	8	6,8
Seudoartrosis.	15	11,9	4	3,4
Osteomielitis.	6	4,8	-	-
Osteítis.	14	11,1	-	-
Trombosis venosa profunda.	6	4,8	2	1,7
Fallo del equipo.	6	4,8	2	1,7

Fuente: Historia Clínica.

- Infecciones óseas: aquí se hace difícil el diagnóstico y el manejo, ya que son muchos los factores de riesgo que propician su aparición y persistencia, dependen de: la edad del paciente, del tipo de trauma ortopédico, la localización de la infección, la calidad ósea, así como los antecedentes personales del paciente y las características de los gérmenes que mantienen la infección.

En relación con su localización las infecciones de las heridas del grupo I, estuvieron presentes en 10 pacientes (7,9%) con fractura del tercio proximal, 16(12,7%) del medio y seis (4,8%) del distal, lo que se corresponde con la proporción de las FAT según el tercio lesionado.

La mayoría de las infecciones después de las FAT son agudas, según autores como: Fabry, Lammens, Delhy y Stuyerk 150, Nima y Salehoun 151, quienes reportaron que tienen una buena respuesta al tratamiento quirúrgico agresivo, no necesariamente conllevan una infección crónica y se presentaron solo en el 10% de sus pacientes.

En una serie de 35 casos con FAT infectadas tratados con desbridamientos y fijadores externos híbridos, todos tuvieron consolidación clínica y radiológica, con un tiempo promedio de 42,5 meses (rango: 12 a 67) y con una evaluación final de buena o excelente en 30 pts, regular tres y mala dos, según Aditya K y cols.¹⁵².

La infección de la herida es capaz de poner en peligro la consolidación ósea, la estabilidad articular, incrementar el dolor o hacerlo crónico y eventualmente es causa de la pérdida del miembro afecto (tabla 10).

Tabla 10. Distribución de pacientes con FAT según presencia de infección, tiempo de consolidación y grupos de tratamientos.

INFECCIÓN DE LA HERIDA	TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN									
	GRUPO I					GRUPO II				
	- 16	17-24	25-32	+ 32	TOTAL	- 16	17-24	25-32	+ 32	TOTAL
Si	8	20	3	1	32	6	11	2	3	22
No	22	33	20	19	94	44	47	4	1	96
TOTAL	30	53	23	20	126	50	58	6	4	118

Fuente: Historia Clínica.

Con menos de 16 semanas como tiempo de consolidación hubo ocho pacientes del grupo I y seis del grupo II, con diferencia significativa ($p=0,047$)

De 17 a 24 semanas se presentaron la mayor cantidad de infecciones en las heridas; en el grupo I con 20 y el grupo II con 11, para una significación estadística de ($p=0,138$) a favor de los CEMP.

Entre las semanas 25 a 32 la significación estadística fue de ($p=0,120$) a favor de los CEMP. Pero aún más significativa de forma negativa para los EE ($p=0,000302$), lo que explica que la infección es una de las principales causas de pseudoartrosis en las FAT.

La correlación del total de los que no se infectaron se comportó muy similar en ambos grupos.

- Secreciones en el trayecto de los alambres o clavos: se expone en la literatura una elevada incidencia, en relación a la necrosis térmica del hueso al colocarlos por transfixión a altas velocidades, en otras ocasiones es debida al aflojamiento o poca tención de ellos y una higiene inadecuada 17, 74.

El uso extendido de la fijación externa ha dado lugar a una serie de complicaciones singulares, pero la observación de los principios básicos, con el empleo de una técnica correcta puede minimizar las complicaciones. Así la infección y las secreciones se catalogan por diversos autores como las causas más frecuentes de las complicaciones, producidas en las fracturas expuestas a las que se les colocan los fijadores externos.

Tabla 11. Distribución de los pacientes con FAT según presencia de secreciones, el tiempo de la consolidación y grupos de tratamientos.

SECRECIONES POR LOS ORIFICIOS DE LOS ALAMBRES	TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN									
	GRUPO I					GRUPO II				
	- 16	17-24	25-32	+ 32	TOTAL	- 16	17-24	25-32	+ 32	TOTAL
Si	8	12	12	11	43	4	12	0	0	16
No	22	41	11	9	83	46	46	6	4	102
TOTAL	30	53	23	20	126	50	58	6	4	118

Fuente: Historia Clínica.

$p= 0,000088^{***}$

La secreción por los orificios de los alambres transfixiantes se observó en 43 pacientes (34,1%) del grupo I, que se le asoció al fijador externo un EE y solamente en 16(13,6%) del grupo II tratados con CEMP, o sea, que 102 pacientes no presentaron. Se aprecia en este trabajo investigativo que los CEMP disminuyen las secreciones por los orificios de los alambres de los fijadores externos colocados en las FAT ($p= 0,000088$). Por lo que se puede inferir que existen diferencias altamente significativas entre ambos grupos.

Dentro de las primeras 16 semanas se observó una diferencia significativa de ($p= 0,011$).

Durante el tratamiento en el tiempo de 17 a 24 semanas se observaron secreciones por los alambres en igual número de casos, pero con diferencia significativa de ($p= 0,0415$).

Las secreciones por los orificios de los alambres fueron más frecuentes en el tercio medio con 24 (19%) pacientes, en el distal 12 (9,5%) y en el proximal menos frecuentes con siete (5,6%).

Paris, Viscarret, Uban, Vargas y Rodríguez Morales ¹⁵³ publicaron el caso de un drogadicto que a la tercera semana de colocado el fijador externo, sin

curarse, le encontraron 105 gusanos en los orificios de los alambres. Este paciente requirió ingreso para retirar las larvas y gusanos con curas y antibióticoterapia.

Terje Meling, Knut Harboe y Kjetil Soreide ¹³⁹ en su estudio, utilizaron la clasificación de Dahl para los grados de infección en los orificios producidos por los alambres de tracción: 0 grado fue normal, grado 1 inflamación, grado 2 descargas serosas, grado 3 purulentas, grado 4 osteolisis, grado 5 aro de secuestro. Fueron comparados las fracturas infectadas con las no infectadas y se relacionaron factores como: importancia de la estabilización, la reducción de la distancia entre los alambres de tracción, la distancia entre los aros y la vecindad a las fracturas. La infección fue más evidente en el segundo mes y los pacientes curaron con Iodopovidona al 10% localmente y antibióticos sistémicos.

Van der Borden, Patrick. Maathuis, Rakhorsta, Van der Meia y cols. ⁷⁵ realizaron un estudio experimental en cabras, con aplicación de 100mA de corriente eléctrica y comprobaron los efectos beneficiosos en la prevención de la infección alrededor de los alambres de acero.

Al respecto Botte, Hoyt, Meyer, Smith y Akesson ¹⁵⁴, plantearon que son tres veces más frecuentes las infecciones en las fracturas abiertas de la pierna que en los brazos, y que una herida contaminada es considerada infectada después de las 12h, según los grados y pronostica que: para el grado I un 1,7%, para el grado II un 2,11%, para el grado III-A 18% y para los grados III-B y C el 56%.

La temperatura que genera un alambre colocado intracorticalmente es mucho mayor que si es colocado transmedular. Estas secreciones, en muchos casos, no son en realidad una complicación, pues ni son purulentas, ni se obtiene crecimiento bacteriano en los cultivos correspondientes. Se eliminan con medidas tales como el tensar los alambres transfixiantes y una buena higiene, por lo que infieren sea una reacción natural del organismo ante todo cuerpo extraño. Lo que coincide con los trabajos del profesor Ceballos Mesa ¹⁰⁰, Hinsenkamp y Burney ³⁷, ya que los alambres se comportan como cuerpos extraños, producen corrosión y porque los electrodos se colocan por mucho tiempo.

Con respecto a la infección del trayecto de los alambres fue reportada por Escarpanter Buliés 54, 66, 194, 155 una incidencia global desde 8,3% hasta el 30% de los casos. Se recomienda que al observar un leve eritema alrededor del alambre, se debe manejar con terapia para *Estafilococcus aureus*, asepsia, cuidado de la piel y reposo con el miembro elevado. En algunos casos extremos de gran dolor, edema y secreción purulenta manejar al paciente de manera hospitalaria.

Las alteraciones observadas en el trayecto del alambre se clasifican en orden creciente de severidad de la lesión, de acuerdo a los estudios de Paley en tres grados, citados además por Castellanos Verdugo, Angulo Gutiérrez y Milini de Paz ¹⁵⁶ y por Farmanullah Muhammad y Syed Muhammad ⁶²:

- 1- Inflamación de las partes blandas.
- 2- Infección de las partes blandas.
- 3- Infección ósea.

En sus estudios Bassett y Brighton 38, reportaron las propiedades beneficiosas del CEMP en el control del riego sanguíneo a los tejidos, estimulando la regeneración tisular y aumentando los niveles de mediadores químicos, lo que conlleva a un aumento de la osteogénesis; disminuye así el tiempo de consolidación y la curación.

La secreción producida por los orificios alrededor de los alambres transfixiantes, inicialmente puede o no ser francamente purulenta, si no es tratada de forma rápida y eficaz se convierte en la causa más importante, de las que pueden provocar el fracaso del tratamiento de osteosíntesis por fijación externa ósea, método del que se puede afirmar que, cuando no presenta esta complicación, tiene muy buenos resultados en gran proporción de pacientes, lo que ha sido demostrado en el tratamiento eficiente de miles de casos el mundo. Al evaluar las complicaciones causantes de la interrupción en la fijación externa, Escarpanter Buliés ¹⁵⁵ observó las infecciones por el trayecto del alambre en ocho pacientes, estas fueron las que más se presentaron en su casuística y de ellas, seis evolucionaron hacia una osteomielitis. Expone que la complicación más frecuente y la más compleja de la fijación externa es la secreción del trayecto de los alambres, porque provoca la osteomielitis. Fueron realizadas seis reintervenciones en el grupo de 30 pacientes estudiados, lo que

corresponde al 20% del total, y todos los casos reintervenidos fueron por esta causa.

Las complicaciones más frecuentes en el uso de los fijadores externos son la infección, la secreción y el aflojamiento de los alambres. Parece que son secundarias a la necrosis térmica del hueso y de los tejidos blandos. Esta injuria térmica resulta de la generación de calor que se presenta durante el proceso de inserción de los alambres, probablemente es la causa de su aflojamiento y su posterior infección. Su inserción, sea con un perforador manual o eléctrico, produce velocidades rotacionales excesivamente altas, que han sido señaladas como el factor primario que causa la necrosis térmica.

- Aflojamiento de los alambres: en la investigación se presentó en nueve (7,6%) fijadores externos del sistema de Ilizarov, por lo que fue necesario tensarlos. Mientras que solamente hubo que corregir tres (2,4%) fijadores externos RALCA ($p= 0,048$). y se realizaron todos sin necesidad de anestésicar a los pacientes. Es importante mantener la tensión de los alambres para no producir movilidad o desplazamientos del foco de fractura.

- Síndrome compartimental: es la elevación de la presión, en uno o varios compartimientos, por la acumulación líquida o hematoma de la pierna, puede llevar hasta el punto que se produce un sufrimiento de las estructuras contenidas en el mismo, con lesión muscular y neurológica a este nivel. Clínicamente se debe sospechar ante la presencia de dolor incontrolable por isquemia de las estructuras intracompartimentales, asociado a trastornos en la sensibilidad y la propiocepción ¹¹³.

La mayor casuística con síndrome compartimental se presentó en el grupo I con 14 (11,1%) pacientes, mientras que el grupo II con solo dos (1,7%), lo que apunta al efecto antiinflamatorio y el aumento de la circulación sanguínea de los CEMP ($p= 0,014$).

La mayoría de los síndromes compartimentales observados en el grupo I fueron del tercio distal, en seis (4,8%) pacientes y en iguales proporciones en los dos restantes tercios con cuatro (3,2%) cada uno.

Otro dato que llama la atención fue el síndrome compartimental que de 14 (11,1%) pacientes vistos, nueve (7,1%) de ellos son del grupo de edades de 26 a 35 años, o sea, relativamente jóvenes, lo que parece indicar que fueron producidos por la severidad de los agentes traumáticos agresores. A todos los

pacientes se les realizó una fasciotomía y desbridamiento quirúrgico en sus momentos adecuados.

La presencia de pulso distal no descarta un síndrome compartimental. La presión en la cual se produce sufrimiento de las estructuras intracompartimentales es a partir de 30mm/Hg. La pérdida del pulso por aumento de la presión intracompartimental es indicio de un estado avanzado del mismo, como reporta Martínez León al presentar un caso clínico ¹⁵⁷.

En el diagnóstico diferencial debe enfatizarse con respecto a la oclusión arterial y la neuropraxia. En el tratamiento se resalta la importancia de las medidas a tomar y la forma de manejo, lo cual se facilita mediante la exposición de un algoritmo de tratamiento, en este aspecto se plantean las indicaciones específicas para el tratamiento quirúrgico mediante fasciotomías descompresivas ¹⁵⁸.

Hay que tener en cuenta los siguientes aspectos: lesión nerviosa, isquemia, lesión o contaminación de partes blandas, lesión ósea, shock y edad, porque todos estos factores intervienen en el tratamiento y la evolución de las lesiones compresivas.

En cuanto a la incidencia de síndrome compartimental, este oscila entre 6 y 9%, según Watson Jones ⁴⁴, la mejor actitud al respecto consiste en prevenirlo mediante fasciotomía agresiva de todos los compartimentos, ante lesiones vasculares con compromiso isquémico, atrapamiento o aplastamiento, deterioro neurológico o tensión muscular.

- Las lesiones vasculares: se provocaron en cuatro (3,2%) de los casos del grupo I, al retirar los alambres de Kirschner (de 0,8mm) dejaron de sangrar activamente y después de un vendaje compresivo. Durante el tratamiento del grupo II, al colocar el FE de tipo RALCA se produjeron cinco (4,2%) lesiones vasculares, en su mayoría al principio de su empleo y hubo necesidad de sustituir los clavos (p= 0,011).

Los traumatismos severos de la extremidad inferior se asocian con frecuencia a lesiones vasculares. La revascularización primaria del miembro desencadena una alta incidencia de amputaciones secundarias, se describe entre un 20 y un 40%; según Glass, Pearse y Nanchahal ¹⁵⁹.

Las lesiones por debajo de la rodilla acarrear un mayor índice de amputación que por encima de esta, debido a la mayor exposición y fragilidad de la vascularización tibial y colateral. A la exploración clínica se observó sangrado activo arterial, pulsos distales disminuidos o ausentes y hematoma pulsátil o expansivo. La angiografía se debe realizar intraoperatoriamente, en caso de clínica franca que impida cualquier dilación.

More FD ⁵⁹, reportó un caso de aneurisma arterial tardío provocado por la transfixión del fijador externo de Ilizarov.

- Lesiones nerviosas: se observaron en tres pacientes (2,4%) del grupo I al colocar los alambres; dos de ellas en el tercio distal y una en el proximal, por contacto con el nervio ciático poplíteo externo, que al cambiarlos del lugar cesaron los síntomas parestésicos. En el grupo II cuatro (3,4%) pacientes que en su mayoría fueron neuropraxias del ciático poplíteo externo y se le atribuyeron a una mala manipulación, cuando el cirujano es poco experimentado, o mal colocados los alambres de mayor diámetro o clavos de Steinmann (+2,5mm) y roscados, durante el acto quirúrgico (p= 0,011).

Autores como Soarez Hungría y Tomanik Mercadante ¹⁶⁰, que usan fijadores no transfixiantes como osteosíntesis transitorias, describen complicaciones nerviosas del ciático poplíteo externo.

Los resultados de la neurorrafia en la extremidad inferior son peores que los de la superior. Es por ello que se recomienda desestimar la reparación nerviosa y optar por transferencias tendinosas o artrodesis, o bien por la amputación más prótesis. Sin embargo, en una revisión de resultados de neurorrafias, se reportan dos tercios de recuperación funcional y fueron peores las del nervio ciático (50%) que las de los nervios tibial y peroneo (80%), según reportes de Rerkasem, Arworn y Thepmalai ¹⁶¹.

Los resultados de la reparación secundaria con injertos nerviosos no son buenos, sobre todo en la recuperación de la sensibilidad. La combinación de lesión vascular y nerviosa es de pronóstico extremadamente malo, con alta incidencia de neuropatía isquémica severa. El déficit completo de función a la exploración clínica debe ser explorado quirúrgicamente, del 15 al 20% son lesiones parciales. La pérdida parcial en traumatismos cerrados es por contusión y no se exploran, pero en traumatismos abiertos sí debe hacerse, como plantean Vega García y Camporro Fernández ¹⁶².

La neurorrafia debe realizarse en las primeras 72h; en el caso del nervio ciático siempre debe ser primaria, ya que los resultados de la reparación secundaria son peores. El requerimiento mínimo funcional nervioso es la sensibilidad plantar (nervio tibial) y la estabilidad a la extensión de la rodilla (nervio femoral y músculo vasto interno).

Las FAT se caracterizan por el alto índice de complicaciones que se producen durante el tratamiento, en la tabla siguiente se relaciona el “resultado final” contra la existencia o no de complicaciones inmediatas.

Tabla 12. Distribución de pacientes con FAT según las complicaciones inmediatas, resultado final y grupos de tratamientos.

COMPLICACIONES INMEDIATAS	RESULTADO FINAL					
	GRUPO I			GRUPO II		
	Consolida	Retardo	No consolida	Consolida	Retardo	No consolida
Con complicación	79	13	7	52	3	3
Sin complicación	21	4	2	56	3	1
TOTAL	100	17	9	108	6	4

Fuente: Historia Clínica. Consolida p=0,000 002** Retardo p=0,112 No Consolida p=0,456

La mayor cantidad de casos de los dos grupos tuvieron alguna de las complicaciones inmediatas, sin embargo en los resultados finales se obtuvo consolidación en 79 casos del grupo I y 52 del grupo II (p=0,000 002).

En el grupo I hubo 13 pacientes con retardo de la consolidación y solamente tres en el grupo II, por lo que la significación estadística fue (p=0,112).

De los pacientes con complicaciones inmediatas del grupo I, que hicieron pseudoartrosis fueron siete, mientras que en el II solo tres, por lo que no existieron diferencias significativas $p=0,456$.

Complicaciones tardías:

- Retardo de consolidación: es cuando una fractura no realiza el proceso de consolidación en el tiempo esperado. Es consecuencia de la usual pérdida de sustancia ósea en estas fracturas, así como de otras complicaciones que se le pueden asociar.

En el grupo I se halló retardo de la consolidación en 22 (17,5%) y en el grupo II ocho (6,8%) casos lo que indica una vez más el efecto beneficioso de la estimulación con campos electromagnéticos para las FAT $p=0,0055$.

De las fracturas del grupo I con trazos espiroideos se produjeron siete (5,8%) retardos de la consolidación, lo que no concuerda con muchos autores al señalar que a mayor área de superficie fracturada más rápida será la consolidación ósea. O sucede tal vez por ser estas fracturas más inestables al realizar el apoyo el paciente.

Capselcs ¹⁶³, reportó que con las antiguas generaciones de fijadores externos colocados en conformaciones demasiado rígidas, se producían complicaciones como estos retardos de la consolidación, pero que se describen por otras múltiples causas y entre ellas influye la edad avanzada del paciente.

Kimmel citado por Whittle y Wood en el Campbell's Operative Orthopaedics ⁵⁰, reportó 27 casos tratados por FAT severas con fijador externo de Hoffman con un resultado de 13% de retardo de la consolidación, 39% de pseudoartrosis y 45% de ellos requirieron injertos óseos.

Las complicaciones como retardo de la consolidación, pseudoartrosis y osteomielitis se presentan más frecuentes en la mitad inferior de las piernas. Las lesiones del tercio distal son más frecuentes en presentar complicaciones, y las del proximal son muy reducidas (en menos de 8%). Como bien afirman diversos autores ^{72, 163-165}.

Durardyn y Lammens ¹⁶⁶, estudiaron a 28 pacientes tratados con fijadores externos de Ilizarov, fibulectomía parcial y compresión combinada por retardo de la consolidación o pseudoartrosis (atróficas o hipertróficas), el tiempo de consolidación fue de seis meses (rango de 5,7 a 7,5 meses) y el 92% con buenos resultados. Se describe también por otros autores como: Moulder y

Sharma ¹⁶⁷, que con los fijadores externos de Ilizarov, provocando compresión en el foco y previa osteotomía del peroné, se pueden resolver los casos con pseudoartrosis.

- Pseudoartrosis: es cuando existe evidencia tanto clínica como radiológica que el proceso de consolidación ósea ha terminado y la consolidación no ha sido posible. La incidencia está relacionada con la forma de presentación, la cual varía de manera individual en cada enfermo, muchos de los cuales presentan factores de riesgo adicionales que complican el manejo de esta entidad y constituyen un verdadero reto para el cirujano ortopédico.

En el grupo I se presentaron 15 (11,9%) pacientes con pseudoartrosis, entre ellos tres según la clasificación de Gustilo eran grado III-A y cuatro del grado III-B, lesiones muy difíciles para su tratamiento. Mientras que en el grupo II hubo exclusivamente cuatro (3,4%) casos con pseudoartrosis, uno grado I y los restantes son cada uno de los subgrupos III. Dado esto porque los CEMP son más efectivos que los EE ($p=0,006$).

El tratamiento de la pseudoartrosis está determinado por varios factores como: localización, integridad de los tejidos blandos, presencia o ausencia de infección, mala alineación angular y/o grado de inestabilidad en el foco de pseudoartrosis y la apariencia radiográfica, en ella hay que tener en cuenta la clasificación de Weber y Cech, citada por Del Toro Placido, Zayas Guillot y Ceballos Mesa ¹⁶⁸.

Farmanullah Muhammad y Syed Muhammad ⁶², exponen en su estudio una casuística de 58 pacientes tratados solamente con el sistema de Ilizarov en las FAT complicadas con pseudoartrosis, con excelentes resultados. En este sentido, Ceballos Mesa y Zayas Guillot ^{9, 100}, explican que el sistema de Ilizarov constituye un campo magnético por su forma cilíndrica.

En el 1993, Aaron y Ciombor ¹²⁹, publicaron un estudio realizado a doble ciegas en las pseudoartrosis de la tibia tratadas con CEMP. En las radiografías la consolidación fue observada en dos de 25 (8%) de los casos placebo y 10 de 20 (50%) de los casos tratados ($p=0,002$).

De su tesis de doctorado, Mrad Cala ¹³⁴ publicó sus resultados en el tratamiento realizado a 15 pacientes con el uso de los CEMP, para la pseudoartrosis y logró la consolidación ósea más rápidamente (99,7 días de promedio), lo cual valida su eficacia.

En el año 2004, Tahmasebi y Jalali Mazlouman ¹⁶⁹, mostraron un trabajo usando el método de Ilizarov, en 17 pacientes tratados durante la Guerra de Iraq que presentaban pseudoartrosis sépticas producidas por heridas de guerra, obtuvieron magníficos resultados y los heridos se mantuvieron en condiciones de campaña.

Publicaciones como la de Simonis, Parnell, Ray y Peacock ¹⁷⁰, hacen referencias al uso de la EE en el tratamiento de la pseudoartrosis de la tibia asociada a la fijación externa solamente, con buenos resultados.

Los japoneses Hiromoto y Shirai ¹⁷¹, en una serie trataron 16 fracturas de la tibia abiertas y 14 cerradas, complicadas con pseudoartrosis y con el uso de los CEMP lograron que consolidaran el 86%, en tiempos que oscilaron de cuatro a 16 meses, en otra serie reportaron 25 casos (83,3%) con pseudoartrosis, que consolidaron con un intervalo medio de $8,6 \pm 3,2$ meses.

Autores como López Oliva Muñoz, Madrañero de la CA y García de la Hera ¹⁷², en el 2006, reportaron una escala evaluativa de severidad, de la eficacia del tratamiento de la pseudoartrosis con CEMP, con mejores resultados en las estables e hipertróficas, el tiempo promedio de curación en la tibia fue de 19,7 semanas (rango de 12 a 24) y colocan la bobina durante 8 a 10h, lo que coincide con el tiempo aplicado por el autor.

Connolly ¹⁷³, señaló que no tuvo necesidad de realizar injertos óseos en aproximadamente el 15 a 20% de sus pacientes con pseudoartrosis, ya que usó la electroestimulación asociada, como un método no invasivo y con grandes beneficios.

- Osteomielitis: es un proceso inflamatorio del hueso y de la médula ósea, generalmente provocado por microorganismos piógenos, pero también puede ser un proceso granulomatoso, viral o micótico. Según plantea en su tesis de doctorado Balmaseda Manent ¹⁷⁴.

Se presentaron seis (4,8%) pacientes con osteomielitis en el grupo I y II, en los tratados con el CEMP no se constató esta temible complicación. Se les realizó exéresis del fragmento y compresión o traslación ósea en un segundo tiempo quirúrgico, todo el período se le colocó el estímulo eléctrico y se obtuvo la consolidación antes de las 32 semanas siguientes.

La transportación ósea es el deslizamiento de un fragmento de hueso previamente osteotomizado, hacia un defecto óseo vecino que consolida en la nueva posición, mientras que el espacio que deja al trasladarse es sustituido por el potencial osteogénico celular con una matriz ósea, verdadero hueso de neoformación y se restituye así la integridad del hueso. Este proceso complejo es el resultado del empleo de la distracción y la compresión sobre el tejido óseo. En los casos con franca infección y purulencia se le hizo desbridamiento, extracción de los tejidos necróticos y se colocó el sistema de Ilizarov con compresión. Esta se realizó a razón de 0,25mm cuatro veces al día, con seguimiento radiológico y los resultados fueron satisfactorios.

En Ciego de Ávila García Moreiro y Collazo Álvarez 175, reportaron un caso de FAT con osteomielitis que trataron con FE del tipo RALCA, injerto con tubo de Filatov e injerto de cresta iliaca colocado en otro tiempo quirúrgico por vía posterior, lo cual es recomendado también por Valero Borge, Fanjul y Cerasuolo ¹⁷⁶.

En sus investigaciones Arrollo 103, observó la presencia de estafilococo dorado en 66,7% de sus pacientes, valores muy aproximados a los encontrados en esta investigación, aunque no era objetivo en ella.

- Osteítis: es la infección de la cortical ósea, que puede aparecer de forma aislada o como consecuencia de una osteomielitis ¹⁷⁷.

En el grupo I se observó en 14 (11,1%) de los pacientes y con un curetaje óseo desaparecieron las secreciones y las imágenes en las radiografías que se visualizaban.

La osteítis no se produjo en el grupo II de los pacientes tratados con CEMP, lo que demuestra la bondad de este tratamiento, que además de evitarse estas complicaciones es de fácil colocación e inocuo completamente.

- Trombosis venosa profunda: se presentó en seis (4,8%) pacientes en el grupo I y en el grupo II exclusivamente dos (1,7%) y eran grados III-B y C por la clasificación de Gustilo ($p=0,089$).

Todos fueron valorados conjuntamente con el especialista en cirugía vascular, se les indicó el tratamiento y mejoraron su cuadro clínico. No se suspendió el tratamiento con los CEMP, ya que entre sus efectos mejora el flujo y aumento del aporte sanguíneo.

Por suerte, no hubo ningún caso con la enfermedad tromboembólica del post operatorio, que se ve más frecuente en adultos mayores. La circulación lenta y la hipotensión predisponen a la formación de trombos y embolismos en las edades más avanzadas. La deshidratación, disminución del tono muscular, del ritmo cardíaco y restricciones o disminución de la actividad física, hacen un aumento de la tromboflebitis en gran cantidad de los pacientes adultos tratados. Si se ordenara el uso de medias elásticas profilácticas sería posible disminuir el tromboembolismo, como enunció Clayton ¹⁷⁸.

En las fracturas cerradas de la tibia, operadas, es más frecuente el tromboembolismo que en las FAT, según plantean en su casuística Noreen y Aaron ⁹⁵.

Se describe que el tromboembolismo de miembros inferiores es más frecuente en fumadores, alcohólicos, diabéticos y después de la quinta década. No sucedió así en nuestro estudio, debido a que fueron lesiones severas producidas por traumas de alta energía en su mayoría y se les realizó desbridamientos.

- Fallos de los equipos: se presentaron en seis (4,8%) pacientes en el grupo I; tres fallos de las baterías, dos por roturas de los cables y una pérdida del aislamiento del alambre como electrodo. En el grupo II, solamente dos (1,7%) pacientes y se arreglaron rápidamente, se produjeron por rupturas de los cables de conexión con las bobinas y se repararon inmediatamente después de detectados.

En orden decreciente la apertura focal aguda traumática, la sepsis, el trazo de la fractura, el elemento óseo y la región que asienta la lesión, son los factores que con mayor frecuencia conspiran con la consolidación exitosa, en dependencia de su envergadura.

Existen varias complicaciones más que se pueden presentar, pero son menos frecuentes, entre ellas se pueden ver: la pérdida de sustancia ósea o piel en los traumatismos de alta energía, la miositis osificante circunscripta, la osteocondritis del astrágalo, entre otras, que han sido revisadas y publicadas por el autor y colaboradores.

Las complicaciones tardías, según las variables operacionales, son las producidas después de las 24 semanas del comienzo del tratamiento.

Tabla 13. Distribución de los pacientes con FAT según las complicaciones tardías, resultado final y grupos de tratamientos.

COMPLICACIONES TARDÍAS	RESULTADO FINAL					
	GRUPO I			GRUPO II		
	Consolida	Retardo	No Consolida	Consolida	Retardo	No Consolida
Con complicación	46	14	9	6	5	4
Sin complicación	54	3	0	102	1	0
TOTAL	100	17	9	108	6	4

Fuente: Historia Clínica.

P=0,000 000 000 00847***

La relación existente entre las complicaciones tardías y los resultados finales, ponen de manifiesto el trabajo realizado por el autor y los colaboradores en el tratamiento de las FAT y sus experiencias durante 20 años de labor. Se logró la consolidación ósea en 100 casos del grupo tratado con EE y 108 del grupo con CEMP, a pesar de las complicaciones que presentaron los pacientes del estudio ($p=0,847 \text{ E-}11$).

La variable dependiente (principal) en el estudio es la consolidación ósea, por lo que se expone en el resultado final del trabajo.

Tabla 14. Distribución de los pacientes con fracturas abiertas de tibia según el resultado final y grupos de tratamientos.

GRUPOS	RESULTADO FINAL			TOTAL
	Consolida	Retardo	No Consolida	
I	100	17	9	126
II	108	6	4	118
TOTAL	208	23	13	244

Fuente: Historia Clínica. Consolidada $p=0,0037^{**}$ Retardo $p=0,0124^*$ No consolidan $p=0,09^*$.

En el grupo I tratados con los fijadores externos de Ilizarov asociados a los estímulos eléctricos, de 126 pacientes se obtuvo la consolidación ósea en 100 (79,3%) y en el grupo II tratados con CEMP en 118 pacientes, según el método evaluativo utilizado se encontraron 108 (91,5%) que consolidaron $p=0,0037$.

El retardo de la consolidación se detectó en 17 (13,5%) pacientes del grupo I y seis (5%) del grupo II, por lo que hubo una diferencia significativa de $p=0,0124$.

No hubo consolidación ósea en nueve (7,1%) pacientes tratados con EE y cuatro (3,3%) con CEMP ($p=0,09$).

Se demostró así la efectividad de los métodos de tratamientos usados en los dos grupos. Ver figuras 5,6 y 7.

Consideraciones parciales del capítulo IV

La eficacia de todo tratamiento es respaldada por los resultados finales obtenidos sobre la base de los objetivos propuestos. El tratamiento con CEMP es más eficaz, la proporción es significativamente mayor que los curados con EE. Los menores tiempos de consolidación se localizaron en los tercios proximal y medios. Son obvias las grandes ventajas del empleo de los CEMP y los EE, por no existir riesgos del tratamiento en sí. La infección y las secreciones se catalogaron como las complicaciones más frecuentes, la mayor cantidad se presentaron con el uso de los EE. El retardo de la consolidación, la pseudoartrosis y la osteomielitis se presentan más frecuentes en la mitad inferior de las piernas. El retardo de la consolidación fue mayor en el grupo I. La pseudoartrosis se vio más en los casos que se le instaló el EE. En total el 85,2% de los pacientes logró consolidación ósea, 9,4% retardo de consolidación y solamente 5,3% no consolidaron. Los resultados en este estudio fueron mejores que los de otros autores que no utilizaron la estimulación electromagnética.

Capítulo V:

Pronóstico del Resultado Final con el empleo de la regresión logística



CAPÍTULO V. PRONÓSTICO DEL RESULTADO FINAL CON EL EMPLEO DE LA REGRESIÓN LOGÍSTICA

Objetivos:

- 1- Identificar las variables predictoras en el resultado final por grupos y de forma general.
- 2- Construir un modelo predictivo general y por grupo.

Es posible predecir cómo será el Resultado Final del tratamiento en las FAT, a partir del empleo de técnicas de la estadística multivariada, en tal sentido y teniendo presente la naturaleza cuantitativa y cualitativa de las variables del estudio, se seleccionó la regresión logística para tal propósito 179-82.

Se identifica como variable dependiente: "Resultado Final" (cualitativa) con tres categorías o niveles: consolidación ósea, retardo de la consolidación y no consolidación y como variables predictoras (independientes o covariables): Edad, Grado, Tercio, Trazo, Infección y el Tratamiento, esta última, en una primera etapa, donde se incluye todos los 244 pacientes (Modelo I).

En un segundo momento, se realiza igual análisis, pero por cada tratamiento, o sea, no se incluye como variable predictora el tratamiento, en este caso, se obtienen dos resultados (Modelo II y Modelo III), uno para cada grupo.

Para identificar las variables predictoras que influyen significativamente en la variable dependiente (respuesta) "Resultado Final", se compara la probabilidad calculada (Significación) contra el nivel de significación ($\alpha=0,05$), seleccionando aquellas que su probabilidad sea menor que 0,05 ($p<0,05$); para el resto de las variables predictoras aunque influyen, pero no de manera significativa, puesto que se ha podido controlar o minimizar su influencia.

Resultados del análisis de la Regresión Logística

Modelo I. General. (Pacientes = 244) Variable dependiente: Resultado Final.

VARIABLES predictoras (independientes): - Grado -Trazos - Edad - Tercio
- Infección - Tratamientos (grupos).

En el modelo matemático I (General) para la variable dependiente “Resultado Final”, las variables predictoras que influyen significativamente son: el “Grado”, el “Tercio” y el “Tratamiento”, ya que su probabilidad calculada es menor que el nivel de significación ($p < 0,05$); de lo anterior se puede afirmar que: según el Tratamiento aplicado (grupo), el Tiempo de Consolidación va a ser diferente, (mejor pronóstico cuando se emplea RALCA y CEMP), además, del Grado y el Tercio de la FAT. El resto de las variables predictoras no influyen significativamente en el estudio (su probabilidad calculada es mayor que el nivel de significación $\alpha = 0,05$), se puede afirmar que la influencia de estas últimas han sido controlada y/o minimizada.

Tabla 15. Resultado Final con el empleo de la regresión logística.

MODELO III. General. (Pacientes = 244)

Contrastes de la razón de verosimilitud

Efecto	Criterio de ajuste del modelo	Contrastes de la razón de verosimilitud		
	-2 log verosimilitud del modelo reducido	Chi-cuadrado	gl	Sig.
Intersección	174,014 ^a	,000	0	.
Grado	199,867	25,853	8	,001
Trazos	184,407	10,393	8	,239
Edadc	180,830	6,816	6	,338
Tercio	183,721	9,707	4	,046
Infección	175,694	1,680	2	,432
Ttto	180,315	6,301	2	,043

El estadístico de chi-cuadrado es la diferencia en las -2 log verosimilitudes entre el modelo final y el modelo reducido. El modelo reducido se forma omitiendo un efecto del modelo final. La hipótesis nula es que todos los parámetros de ese efecto son 0.

- a. Este modelo reducido es equivalente al modelo final ya que la omisión del efecto no incrementa los grados de libertad.

Fuente: Historia Clínica. Grado $p=0,01^*$ Tercio $p=0,046^*$ Tratamiento $p=0,043^*$

Modelo II. Grupo I. (Pacientes = 126)

Variable dependiente: Resultado Final.

Variables predictoras (independientes): - Grado - Trazos - Edad - Tercio
- Infección.

Para el Grupo I, en el modelo matemático solo influye significativamente la variable predictora "Grado" en la variable dependiente "Resultado Final", el resto de las variables predictoras no influyen significativamente cuando se utiliza Ilizarov+EE en el tratamiento de la FAT. Se puede afirmar que el pronóstico del "Resultado Final" para este grupo (126 pacientes) está en función del "Grado" de la FAT, el resto de las variables predictoras se ha podido controlar y/o minimizar su influencia.

Tabla 16. Empleo de la regresión logística. Modelo I. Grupo I. (Pacientes = 126)

Efecto	Criterio de ajuste del modelo	Contrastes de la razón de verosimilitud		
	-2 log verosimilitud del modelo reducido	Chi-cuadrado	gl	Sig.
Intersección	96,249 ^a	,000	0	.
Grado	111,953	15,704	8	,047
Trazos	108,555	12,306	8	,138
Edad	107,233	10,984	6	,089
Tercio	105,131	8,882	4	,064
Infección	99,988	3,739	2	,154
Ttto	96,249 ^a	,000	0	.

El estadístico de chi-cuadrado es la diferencia en las -2 log verosimilitudes entre el modelo final y el modelo reducido. El modelo reducido se forma omitiendo un efecto del modelo final. La hipótesis nula es que todos los parámetros de ese efecto son 0.

- a. Este modelo reducido es equivalente al modelo final ya que la omisión del efecto no incrementa los grados de libertad.

Fuente: Historia Clínica.

Grado $p=0,047^*$

Modelo III. Grupo II. (Pacientes = 118)

Variable dependiente: Resultado Final.

Variables predictoras (independientes): - Grado - Trazos - Edad - Tercio
- Infección.

Para el Grupo II, en el modelo matemático III se identifican: el “Grado”, el “Trazos” y la “Edad” como las variables predictoras que influyen significativamente en la variable dependiente “Resultado Final”, el resto de las variables predictoras no influyen significativamente en el resultado final cuando se utiliza CEMP en el tratamiento de la FAT. Se puede afirmar que: el pronóstico del “Resultado Final” para este Grupo (CEMP, 118 pacientes) está en función de: el “Grado de la FAT”, el “Trazo” y la “Edad” de estos, el resto de las variables predictoras estudiadas se ha podido controlar y/o minimizar su influencia.

Tabla 17. Empleo de la regresión logística. Modelo II. Grupo II. (Pacientes=118)

Contrastes de la razón de verosimilitud

Efecto	Criterio de ajuste del modelo	Contrastes de la razón de verosimilitud		
	-2 log verosimilitud del modelo reducido	Chi-cuadrado	gl	Sig.
Intersección	27,084 ^a	,000	0	.
Grado	48,699	21,616	8	,006
Trazos	44,136	17,052	8	,030
Edad	40,150	13,067	6	,042
Tercio	27,485	,401	4	,982
Infección	32,757	5,673	2	,059
Ttto	27,084 ^a	,000	0	.

El estadístico de chi-cuadrado es la diferencia en las -2 log verosimilitudes entre el modelo final y el modelo reducido. El modelo reducido se forma omitiendo un efecto del modelo final. La hipótesis nula es que todos los parámetros de ese efecto son 0.

- a. Este modelo reducido es equivalente al modelo final ya que la omisión del efecto no incrementa los grados de libertad.

Fuente: Historia Clínica. Grado p=0,06* Trazo p=0.030* Edad p=0,042*.

En los tres modelos la variable predictora “Grado” influye significativamente, lo que coincide con la literatura consultada 29, 39, 53, 54, 64; para el Modelo I además, influye significativamente el Tercio y el Tratamiento; para el Modelo III (Grupo II) influyen además, el Trazo y la Edad de los pacientes.

Consideraciones parciales del capítulo V

Al aplicar el procedimiento multivariado de la regresión logística se identifica en los tres modelos obtenidos, la variable predictora “Grado” como significativa (predictiva).

CONCLUSIONES

1 - Al evaluar los procedimientos terapéuticos empleados para el tratamiento de las fracturas abiertas de tibia, en base a los objetivos propuestos en la investigación, se obtuvo que el mayor número de pacientes consolidaron y con escasas complicaciones.

2- Se comprobó mediante un análisis estadístico multivariado, que los resultados superiores del tratamiento se obtuvieron en el grupo que se le asociaron los Campos Electromagnéticos Pulsátiles, al ser más breve el tiempo de consolidación y menos complicaciones, además existieron diferencias significativas respecto al grupo tratado con Estímulos Eléctricos.

3- Las complicaciones más frecuentes fueron la infección de la herida y las secreciones por reacción al material de osteosíntesis de los alambres o clavos, en el grupo tratado con Estímulos Eléctricos.

4- La única complicación directamente relacionada con los métodos de tratamientos terapéuticos asociados, fue las secreciones no sépticas por los orificios de los alambres con la estimulación eléctrica.

5- No existió diferencia significativa en relación con la edad de ambos grupos. Fueron más frecuentes las fracturas abiertas de tibia grado I y II y las fracturas localizadas en el tercio medio. Los trazos que predominaron fueron los transversos y los oblicuos.

6- Al aplicar el procedimiento multivariado de la regresión logística, se identificó en los tres modelos obtenidos, la variable predictora "grado" como significativa.

RECOMENDACIONES

Con el objetivo de acelerar el proceso de consolidación ósea en las fracturas abiertas de tibia, se recomienda el empleo de métodos asociados a la fijación externa, como los Estímulos Eléctricos y Campos Electromagnéticos Pulsátiles, por ser de fácil aplicación, inocuos y superiores los resultados obtenidos.

Los Estímulos Eléctricos y Campos Electromagnéticos Pulsátiles deben ser producidos en mayores cantidades para generalizarlos y ser aplicados en fracturas abiertas del Sistema Osteomioarticular.

Desarrollar nuevos protocolos investigativos de alcance multicéntrico y con extensión nacional, para la aplicación del tratamiento en las fracturas abiertas de tibia, incluyendo ambos sexos, dada la poca frecuencia en mujeres.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Álvarez López A, Casanova Morote C, García Lorenzo Y. Fracturas Diafisarias Abiertas de Tibia. Rev Cubana Ortop Traumatol. 2004; 18(1):1-8.
2. Pagola Berger V. La asistencia a heridos de Guerra en instituciones médicas. Rev Cubana Med Militar. 1991; 20(2):90-103
3. Antonios Liolios MD. Cuidados Críticos y Evacuación de Bajas en la Guerra en Iraq. Medscape Critical Care. 2004 5(2): Disponible en: <http://www.google.com.cu/search?hl=es&q=+Medscape+Critical+Care+5%282>
4. Stansbury LG, Lalliss SJ, Branstetter JG, Bagg MR, Holcomb JB. Amputations in U.S. military personnel in the current conflicts in Afghanistan and Iraq. J Orthop Trauma. 2008; 22:43-6.
5. Timothy OW, Afres Glyn ED, Howes Fres EM, Court-Brown CM, Moronet MM. Elevated intramedullary compartment pressure do not influence Iltcone after tibial fracture. J Injury. 2003; 55:6-10.
6. Vidal Ramos JL. Fundamentos terapéuticos para los heridos de las extremidades durante la guerra. Rev Cubana Med Milit. 1999; 28(1):31-40.
7. Álvarez Guillén H, Borges Muñio H, Camacho Martínez E, Conde Risco H, Cárdenas Sotelo JD, Ceballos Mesa A. Doctrina única de tratamiento en la guerra de todo el pueblo. La Habana: Pueblo y Educación; 2005.
8. Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades relacionadas con la Salud. 10 Ed. Washington DC, USA: OPS-OMS; 1997.
9. Ceballos Mesa A, Zayas Guillot JD. La estimulación eléctrica en la consolidación de las fracturas tratadas por fijación externa. Rev R Médica. 1984; 64(3):15-9.
10. Zayas Guillot JD. Algunas consideraciones de los campos electromagnéticos y C.D.B. en ortopedia y traumatología. Managua, Nicaragua; s/e; 1988.
11. Ceballos Mesa A, Zayas Guillot JD. La Fijación Externa de los Huesos. 2 ed. La Habana: Ed. Científico-Técnica; 1983.
12. Lara Espinosa RL, González Carrillo OB. Recuperación de fijación externa RALCA® en el Hospital General Docente de Placetas. Rev Cubana Ortop Traumatol. 2007; 21(1):15-9.

13. Sánchez Roig M. Hipócrates y Galeno Historia de la Medicina. La Habana: Ateneo de la Habana.1944.
14. Marrero Riverón LO. Evaluación de las infecciones bacterianas osteoarticulares con la formulación cubana de 99mtc-ciprofloxacina [tesis doctoral]. La Habana: Universidad de La Habana; 2005.
15. Bado JL. Historia de la Ortopedia. [monografía en Internet]. Uruguay: Universidad de Montevideo; 1965. [Citado 2 Oct 2009]; Disponible en: http://www.smu.uy/historia/ortopedia/hist_ortopedia_bado1965.pdf
16. Benítez Herrera A. Estimulación eléctrica en fracturas recientes. Rev Cubana Ortop Traumatol. 1987; 2(2):17-23.
17. Ceballos Mesa A. Callo óseo eléctrico. La Habana: Ed. del Palacio de Las Convenciones. 1996.
18. Zayas Guillot JD. La magnetoterapia y su aplicación en la medicina. Rev Cubana Med Gen Integr. 2002; 18(1):60-72.
19. Chao EY, Inove N. Biophysical stimulation of bone fracture repair, regeneration and remodelling. Eur Cell Mater. 2003; 31 (6):72-84.
20. Fukada E, Yasuda I. On the Piezoelectric Efecct of bone. J. Bone [serie en Internet]. 1957; [citado 2 Feb 2009]. Disponible en: <http://jpsj.ipap.jp/link?JPSJ/12/1158>
21. Griffin XL , Warner F , Costa M. The role of electromagnetic stimulation in the management of established non-union of long bone fractures: What is the evidence? Injury, Int. J. Care Injured. 2008; 39:419 -29.
22. Schell H, Thompson MS, Hermann J, Hoffmann JE, Schill A, Duda G, et al. Mechanical induction of critically delayed bone healing in sheep. Radiological and biomechanical results. J Biomechanics.2008; 41:3066-72.
23. Brighton CT, Black J, FriedenberG ZB. A multicenter study of the treatment of non-union with constant direct current. J Bone Joint Surg Am. 1981; 63:2-13.
24. Warnke U, Warnke U. Historia del empleo terapéutico de campos magnéticos en medicina. Buenos Aires, Argentina: Artegráfica Leonelli; 1996.
25. Chakkalakal DA, Johnson MW. Electrical properties of compact bone. Clin Orthop Relat Res. 1981; 161:133-45.

26. Departamento de Ciencias Sociales de la Salud. Historia de la Traumatología y la Ortopedia. [monografía en Internet]. Venezuela: Universidad de Carabobo [citado 9 Oct 2009]. Disponible en: http://www.uc.edu.ve/pregrado.fcs/ciencias_sociales/pagina_web/programas_a_cad%C3%A9micos/historia_medicina_traumatolog%C3%ADa_ortopedia.htm
27. Bassett CAL. Beneficial effects of electromagnetic fields. J Cell Biochem Columbia Univ New York. 1993; 51 (4):387-93.
28. Bassett CAL. The development and application of pulsed electromagnetic fields (PEMFs) for ununited fractures and arthrodeses. Clin Plastic Surg 1985; 12:259-77.
29. Becker RO, Sparado JA. Clinical experience with low intensity direct current stimulation of bone growth. Clin Orthop. 1977; 124:75-83.
30. Becker RO. Significance of electrically simulated osteogenesis. More questions and answers. Clin Orthop. [serie en Internet]. 1979 [citado 8 Feb 2008]. [aprox. 13 P.]. Disponible en: <http://www.aopublishing.org/PFxm/index.html>
31. Bassett CAL, Mitchell SN, Gaston SR. Treatment of ununited tibial diaphyseal fractures with pulsing electromagnetic fields. J Bone Joint Surg Am. 1981; 63:511-23.
32. Bassett CAL, Pawluk RJ, Becker RO. Effects of electric currents on bone in vivo. Nature. 1964; 204:652-4.
33. Ceballos Mesa A. La osteogénesis eléctrica en Cuba. Investig Med Quirur. 1991; 151:283-93.
34. Álvarez Cambras R. Tratado de Cirugía Ortopédica y Traumatología. T I. La Habana: Pueblo y Educación; 1985.
35. Gustilo RB, Anderson JT. Pneumonia of infection in the treatment of thousand and twenty-five open fractures of long bones: Retrospective and prospective analysis. J Bone Joint Surgery Am. 1976; 58:453-8.
36. Castillo García I, Calzadilla Moreira V, Leyva Basterrechea F, González Martínez E, Contreras Cordero F. Lesiones Traumáticas expuestas. Parte I. Rev Cubana Med Milit. [serie en Internet]. 2006; [citado 5 Oct 2009]; 35(1). Disponible en: <http://bvs.sld.cu/revistas/mil/indice.html>

37. Hinsenkamp M, Burney F. Corroton of un pin to cluring electric simulation of fracture healing. Springerverlag, Alemania. 1978; 23:56-9.
38. Bassett CAL. Principios físicos y biológicos que influyen en las biorrespuestaselectromagnéticas débiles (baja frecuencia extrema) En:Brighton CT, Pollack SR. Ed. Electromagnetismo en Biología y Medicina. USA: San Francisco Press, Inc.; 1991.
39. Zayas Guillot JD. Evolución del tratamiento de las fracturas abiertas de la tibia y el peroné, mediante la fijación externa asociada a la estimulación eléctrica electromagnética. Rev Cubana Ortop Traumatol. 1994; 2(5):18-22.
40. Pereda Cardoso O, Ceballos Mesa A, Zayas Guillot JD, Valdés del Valle R. Electroestimulación del callo óseo. Rev Cubana Ortop Traumatol. 1996; 10(1):65-70.
41. González Arias A. Magnetismo y Pseudociencia en la medicina. Rev Cubana Física. 2003; 20 (1): 23-9.
42. Malagón V, Soto D. Compendio de Ortopedia y Fracturas. Bogotá, Colombia: Celsus; 2005.
43. Geoia T. Fracturas y Luxaciones. Buenos Aires, Argentina: Córdovas; 1938.
44. Watson Jones R. Fracturas y traumatismo articulares. 3ra ed. La Habana: Ed. Científico-Técnica; 1980.
45. Thomas PR, William MM, Colton CL, Fernandez Dell'Oca A, Holz U, Kellam JF, et al. AO Principles of Fracture Management [CD-ROM]. New York, USA: Thieme, Stuttgart; 2001.
46. Rockwood CA, Green DP, Bucholz RW. Fractures in adults [CD-ROM]. Philadelphia, USA: Lippincott Williams & Wilkins; 2006.
47. Calzadilla Moreira V, Castillo García I, Álvarez JJ, Contreras Cordero F, Hernández R. Conducta actual de las lesiones severas de extremidades. Rev Cubana Med Milit. [serie en Internet]. 2002; 110-8. [citado 4 Oct 2009]. 31(2): [aprox. 9 P.]. Disponible en: <http://bvs.sld.cu/revistas/mil/indice.html>
48. Loder RT, Swinford AF, Kuhns LR. The use of helical computed tomographie scanto assess bony physeal bridges. J Pediatr Orthop. 1997; 17(3):356-9.
49. Pérez Urribarri. Fracturas abiertas. J Bone [serie en Internet]. [citado 14 Oct 2009]: Disponibl en: <http://www.hsd.es/es/servicios/trauma/fra.htm>

50. Azar F. Traumatic disorders. In: Canale S, Beaty J, eds. Campbell's Operative Orthopedics. [CD-ROM]. Philadelphia, USA: Mosby Elsevier; 2007.
51. Kobbe P, Lichte P, Pape HC. Complex extremity fractures following high energy injuries: The limited value of existing classifications and a proposal for a treatment guide. *Injury, Int. J. Care Injured*. 2009;40(4):69-74.
52. Kobbe P, Tarkin IS, Oberbeck R. Damage control orthopaedics in polytraumatised patients with lower leg injuries. *Z Orthop Unfall*. 2008; 146:580-5.
53. Trampuz A, Zimmerli W. Diagnosis and treatment of infections associated with fracture-fixation devices. *Injury*. 2006; 37(Suppl. 2):59-66.
54. Escarpanter Buliés JC. Relación entre fracturas abiertas/Sepsis y trastornos de la consolidación. *Rev Cubana Ortop Traumatol*. 1994; 8(1-2):49-54.
55. Drosos GI, Bishay M, Karneziz I, Alegakis AK. Factors affecting fracture healing after intramedullary nailing of the tibial diaphysis for closed and grade I open fractures. *J Bone Joint Surgery*. 2006; 88(2):227-31.
56. Ferrer Lozano Y. Una visión actual del proceso de cicatrización ósea. [serie en Internet]. 2007 [citado 2 julio 2008]. Disponible en: <http://www.portalesmedicos.com/publicaciones/articulos/612/1/Una-vision-actual-del-proceso-de-cicatrizacion-osea.html>
57. Patterson TE, Kumagai K, Griffith L, Muschler GF. Cellular Strategies for Enhancement of Fracture Repair. *J Bone Joint Surg Am*. 2008; 90:111-9.
58. Thompson CJ, Yang VS. Electrical callus formation and its osteogenesis. *Bioelectromagnetic*. 2000; 21(6):455-64.
59. More FD. Homeostasia: cambios que tienen lugar en el cuerpo por traumatismos y cirugías. En: C. SD, editor. *Tratado de patología quirúrgica*. La Habana: Ed. Científico -Técnica; 1980.P.126-9.
60. Lieberman JR, Friedlaender GE. Bone regeneration and repair: biology and clinical applications. New Jersey, E.U.: Humana press; 2005.
61. Rakesp PM. Tibial shaft fractures in children and adolescents. *J Bone*. 2005; 13(5):345-52.
62. Farmanullah-Muhammad-Shoiab K, Syed-Muhammad A. Evaluation of management of tibial non-union defect with Ilizarov fixator. *J Ayub Med Coll Abbottabad*. 2007; 19(3). 56-62.

63. Trevisiol CH, Turner RT, Pfaff JE, Hunter JC, Menagh PJ, Hardin K, et al. Impaired osteoinduction in a rat model for chronic alcohol abuse. *J Bone Surgery*. 2007; 41(2):175-80.
64. Aspenberg P. Drugs and fracture repair. *Acta Orthop*. 2005; 76(6):741-8.
65. Gutiérrez Blanco M, Leyva Basterrechea F, Álvarez López A. Retardo de consolidación y pseudoartrosis de tibia. *Rev Cubana Med Militar*. [serie en Internet]. 2008. [citado octubre 2009] ; 37(4). Disponible en: <http://bvs.sld.cu/revistas/mil/indice.html>
66. Escarpanter Buliés JC. Factores de riesgo para la aparición de pseudoartrosis en las fracturas diafisarias. *Rev Cubana Ortop Traumatol*. 1996; 11(1-2):50-55.
67. Redfern DJ, Syed SU, Davies SJ. Fractures of the distal tibia: minimally invasive plate osteosynthesis. *Injury*. 2004; 35(6):615-20.
68. Madan S, Blakeway C. Radiation exposure to surgeon and patient in intramedullary dailing of the lower limb. *Injury*. 2002; 33 (8):723-7.
69. Chang WR, Kapasi Z, Daisley S, Leach WJ. Tibial shaft fractures in football players. *J of Orthopaedic Surgery and Research*. 2007; 2(11):427-35.
70. Ince A, Schütze N, Karl N, Löhr JF, Eulert J. Gentamicin negatively influenced osteogenic function in vitro. *International Orthop (SICOT)*. 2007; 31(2):223-8.
71. Anwar R , Chouhan A, Roy S, Houshian.S. Salvage of failed ankle fracture fixation in non-compliant and morbidly obese patients using Ilizarov frame. *Injury Extra*. 2009; 40:70–3.
72. Escarpanter Buliés JC. Pseudoartrosis diafisarias: diagnóstico morfológico-funcional y consideraciones terapéuticas. *ECIMED (Editorial de Ciencias Médicas)*. La Habana. 2005. Disponible en: http://www.bvs.sld.cu/seudoartrosis_diafisarias/indice_p.htm
73. Hinsenkamp M, Bourgois R, Bassett C, Chiabrera A, Burny F, Ryaby J. Electromagnetic stimulation of fracture repair. Influence on healing of fresh fractures. *Acta Orthop Belg*. 1978 Sep-Oct; 44(5):671-98.

74. Gutiérrez Blanco M, Leyva Basterrechea F, Álvarez López A. Tratamiento de las fracturas abiertas de la diáfisis tibial. Rev. Cubana Med Milit. [serie en Internet]. 2008 [citado 3 Oct 2009]; 4. Disponible en: <http://bvs.sld.cu/revistas/mil/indice.html>.
75. Van der Borden AJ, Patrick GM, Maathuis EE, Rakhorsta G, Van der Meia H. Prevention of pin tract infection in external stainless steel fixator frames using electric current in a goat model. *Biomaterials*. 2007; (28):2122–6.
76. Gustilo RB, Mendoza RM, Williams DN. Problems in the management of type III (severe) open fractures: a new classification of type III open fractures. *J Trauma*. 1984; 24:742-6.
77. Rohde C, Grieves MR, Cetrulo C. Gustilo grade IIIB fractures requiring microvascular free flaps: external fixation versus intramedullary rod fixation. *Ann Plast Surg*. 2007; 59: 14-7.
- 78.. Ogrodnik PJ, Moorcroft CI, Thomasb PBM. An automated system for measuring multi-dimensional, time dependent mechanical properties of a human tibial fracture. *Medical Engineering & Physics*. 2007; 29:1049–55.
79. Escarpanter Buliés JC, Cruz Sánchez P, Álvarez González JL. Tratamiento quirúrgico de las fracturas de tibia. Análisis de los resultados. *Rev Cubana Ortop Traumatol*. 1996; 10(1):34-8.
80. Giannoudis PV, Papakostidis C. A review of the management of open fractures of the tibia and femur. *J Bone Joint Surg Br*. 2006; 88-B(3):281-9.
81. Crespo Hernández AM. Fijadores externos. En: Bravo Acosta T. Diagnóstico y rehabilitación de enfermedades ortopédicas. La Habana; Ed. Ciencias Médicas; 2006. P. 113-35.
82. Ueno M, Yokoyama K, Nakamura K, Uchino M, Suzuki T, Itoman M. Early unreamed intramedullary nailing without a safety interval and simultaneous flap coverage following external fixation in type III B open tibial fractures: a report of four successful cases. *Injury*. 2006; 37:289-94.
83. Mullen JE, Rozbruch SR, Blyakher A, Helfet DL. Ilizarov method for wound closure and bony union of an open grade IIIB tibia fracture. *J Orthop* [serie en Internet]. 2004; [citado 4 Nov 2009]:5(1): Disponible en: http://www.crcpr-online.com/pub/vol_5/no_1/3389.pdf.

84. Gonzáles Moreno Á, Pecho Vega A. Emergencias Traumáticas. [monografía en Internet]. Perú: Universidad de Lima, 2007. [citado 4 Mar 2009]: Disponible en: [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/libros/Medicina/cirugia/Tomo II/emergencias trauma.htm](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/libros/Medicina/cirugia/Tomo_II/emergencias_trauma.htm).
85. Parellada Blanco J, Hidalgo Sánchez AO. Plan para la recepción masiva de heridos y lesionados. Rev Cubana Med Milit [serie en Internet]. 2001; [citado 2 Sep 2009]:30(3). Disponible en: <http://bvs.sld.cu/revistas/mil/indice.html>.
86. Salas Perea R. Preparación médico militar. La Habana: Ed. Pueblo y Educación; 1982.
87. Yera Pérez J, Marrero Riverón L, Garrido Duque A, Guerra Ordóñez C, Hernández Espinosa O. Cirugía de salvatage en las grandes lesiones infectadas de las extremidades. J Orthop [serie en Internet]. 2004 ; [citado 5 Oct 2008] 18 (2). Disponible en: http://www.sld.cu/revistas/>ort/vol18_2_04/ortop02204.htm.
88. Grannum S, Gardner A, Porter K. Damage control in orthopaedic trauma. J Orthop [serie en Internet]. 2004; [citado 4 Oct 2009] 6(4). Disponible en: <http://tra.sagepub.com/cgi/content/abstract/6/4/279>
89. Blanco Blanco JF, Galea RR, Martín PH, Ratero DB, Moro JA. Tratamiento de las fracturas abiertas de la tibia mediante enclavado endomedular encerrojado no fresado. Informe de 20 casos. Acta Ortop Mex. 2003; 17(2):81-4.
90. Helfet DL, Suk M. Minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis fractures of the distal tibia. Instr Course Lect. 2004; 53:471-5.
91. Calzadilla Moreira GV. Profilaxis antibiótica en cirugía ortopédica y traumatológica[tesis doctoral].La Habana: Universidad de la Habana; 2009.
92. Suárez F, Satizábal C, Calderón O, Ramirez V, García A, Náquira LF. Flora bacteriana en heridas de guerra. Experiencia de dos años en el Hospital Militar Central de Bogotá. Rev Colombia. 2008; 16(1):127-133,
93. Satizábal C, Calderón O, García A. Avances en las heridas de combate en el Hospital Militar Central de Bogotá; Colombia. Rev Med Colombiana. 2006; 14(1):116-21.

94. Quesada Pérez JA, Sánchez Villanueva F, Navarro Patou R, Hernández Hernández J, Díaz Piedra A. Profilaxis antibiótica en Cirugía Ortopédica y Traumatológica del Hospital Militar de Matanzas. J Orthop [serie en Internet]. 2007 [citado 4 Jul 2009]; 29(3). Disponible en: <http://www.cpimtz.sld.cu/revista%20medica/ano%202007/vol3%202007/tema04.1htm>
95. Noreen CM, Aaron EA. Tibia fractures an overview of evaluation and treatment. Rev Orthopaedic Nursing. 2007; 26 (4):214 -23.
96. Villacreses C. Atlas for the insertion of transosseous wires and Half-Pins. Ilizarov Method. [monografía en Internet] 2004 [citado 7 Dic 2008]. Disponible en: <http://www.softwarelabs.com>
97. Benitez Herrera A, Lisastigui LE, Salas Z. Fijadores externos modelo RALCA. Experiencia en nuestro servicio. Rev Cubana Ortop Traumatol. 1993; 7(1-2):19-23.
98. Crespo Hernández AM. Fijadores externos. En: Bravo Acosta T, editor. Diagnóstico y rehabilitación en enfermedades ortopédicas. La Habana: Ed. Ciencias Médicas; 2006.P.113- 34.
99. Rodríguez Angulo MA, Tarragona Reinoso R, Salles Betancourt G. Tratamiento de poli fracturas con fijadores externos modelo RALCA. Rev Cubana Ortop Traumatol. 1999; 13(1-2):90-4.
100. Ceballos Mesa A. El callo óseo de la fijación externa y la electroestimulación. La Habana: CIMEQ; 1986.
101. Koo T, Chao E, Mak A. Development and validation of a new approach for Computer - aided long bone fracture reduction using unilateral external fixator. J Biomechanics. 2006; 39(11):2104–12.
102. Lázaro García FJ, Llanos Alcazar F, Cano Egea M, Sanz Hospital F, Caicoya Abati E. Fracturas abiertas graves de tibias tratadas mediante fijación externa rígida. Cirugía española. 1988; XLIII(2):234-44.
103. Arrollo J. Fijación externa realizada en el Hospital III José Cayetano Heredia. Rev Med Perú Seg Social. 1995; 4(2):19-27.
104. Escarpanter Buliés JC. Fijación externa ósea: resultados y evaluación crítica de las complicaciones. Rev Cubana Ortop Traumatol. 1995; 9(1-2):40-47.

105. Escarpanter Buliés JC. Reintervenciones en fijación externa ósea. Rev Cubana Ortop Traumatol. 2003; 17 (1-2):37-41.
106. Rodríguez Angulo MA, Tarragona Reinoso R, Salles Betancourt G, Castro Soto del Valle A, González Ruiz A. Tratamiento de polifracturados con fijadores externos modelo RALCA®. Rev Cubana Ortop Traumatol. 1999; 13(1-2):90-4.
107. Fenton MC, Mout Montalvo A. Temas de enfermería médico-quirúrgico. La Habana: Ed. Ciencias Médicas; 2005.
108. Yusuf Ö ztu'rkmen, Mahmut Karamehmetog'lu, Hilmi Karadeniz, İbrahim Azboy, Mustafa Canikliog'lu. Acute treatment of segmental tibial fractures with the Ilizarov method. İstanbul Education and Resear Injury, Int. J. Care Injured. 2009; (40):321-26.
109. Shabir Ahmed Dhar, Mohammed Farooq Butt, Anwar Hussain, Mohammed amzan Mir, Manzoor Ahmed Halwai, Altaf Ahmed Kawoosa. Management of lower limb fractures in polytrauma patients with delayed referral in a mass disaster The role of the Ilizarov method in conversion Osteosíntesis. Injury, Int. J. Care Injured. 2008; 39:947-51.
110. Naique SB, Pearse M, Nanchahal J. Management of severe open tibial fractures: The need for combined orthopaedic and plastic surgical treatment in specialist centres. J Bone Joint Surg Br. 2006; 88-B(3):351-7.
111. Quintero Laverde J, Lezcano Ortíz VH, Rojas Duque G. Fijación combinada; interna y externa en fracturas abiertas proximales de la tibia. Rev Colombiana Ortop Traumat. 2002; 16(4):89-93.
112. Gutiérrez Blanco M, Martínez Fernández A, Álvarez López A. Tratamiento con campo electromagnético pulsátil en las fracturas abiertas de tibia. Arch Med de Camagüey. 2008; 12 (4): Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-02552008000400010&lng=es
113. Ogunlusi JD, Againni LM, Ikem IC. Compartmental pressure in adults with tibial fracture. Nigeria. 2005; 29 (2):130, 348-57.
114. Kuklo TR, Groth AT, Anderson RC, Frisch HM, Islinger RB. Recombinant human bone morphogenetic protein-2 for grade III open segmental tibial fractures from combat injuries in Iraq. J Bone Joint Surgery Br. 2008; 90 (8):1068-72.

115. Burssens P, De Bias P, Capannad R, Vangos LV, Cherubino P. Application of BMP-7 to tibial non-unions: A 3-year multicenter experience Nikolaos K. Kanakarisa, Giorgio M. Calorib, René Verdonkc. *Injury, Int. J. Care Injured*. 2008; 39(2). 83–90.
116. Jones AL, Bucholz RW, Bosse MJ. Recombinant human BMP-2 and allograft compared with autogenous bone graft for reconstruction of diaphyseal tibial fractures with cortical defects. A randomized, controlled trial. *J Bone Joint Surg Am*. 2006; 88:1431–41.
117. Pereda Cardoso O. Tratamiento de fracturas diafisarias cerradas de tibia con osteosíntesis interna e implantes de hidroxiapatita coralina HAP 200 [tesis doctoral]. La Habana: Universidad de La Habana; 2004.
118. Valdés del Valle R, González Quevedo M, Pereda Cardoso O, Torres Artiles R. Bioestimulación con Aloe B en la consolidación de las fracturas cerradas de la tibia. *Rev Cubana Ortop Traumatol*. 1996; 10(1):58-61
119. Della Rocca GJ, Crist BD. External Fixation Versus Conversion to Intramedullary Nailing for Definitive Management of Closed Fractures of the Femoral and Tibial Shaft. *J Orthop* [serie en Internet]. 2006; [citado 4 Nov 2009]; 14(10) Disponible en: <http://www.jaaos.org/cgi/content/abstract/14/10/S131>
120. Padhi NR, Padhi P. Use of external fixators for open tibial injuries in the rural third world: Panacea of the poor? *J Orthop* [serie en Internet]. 2007; [citado 8 Sep 2009]; 38. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/>
121. Álvarez Cambras R, Rodríguez Vázquez MI, García Estrada EM, Marrero Riverón LO, Vega Rodríguez M. Tratamiento de la pseudoartrosis de la tibia mediante ondas de choque por litotricia extracorpórea. *Rev Cubana Ortop Traumatol*. 2004; 18(2):23-9.
122. Guit M, Donall E, Bouman G, Albers HR. Use of Ion-Intensity Pulsed ultrasound for patient treated in Netherlands. *J Orthop*. 2007; 62(4):902-8.
123. Malizos KN, Hantes ME, Protopappas. Low-intensity pulsed ultrasound for bone healing: An overview *Injury, Int. J. Care Injured*. 2006; 37:56-62.
124. Walker NA, Denegar CR, Preische J. Low intensity pulsed ultrasound and pulsed electromagnetic field in the treatment of tibial fractures: A systematic review. *J Athletic Training*. 2007; 42:530–5.

125. Giotakis N, Narayan B. Stability with unilateral external fixation in the tibia. *Strategies Trauma Limb Reconstr.* 2007; 2(1):13-20.
126. Calzadilla Moreira V, Pons Mayea G, Castillo García I, Álvarez González J, González Pacheco A. Experiencia de 20 años de trabajo con el empleo de la fijación externa *Rev Cubana Med Milit.* 2001; 30(2):81-6.
127. Friedenberg Brighton CT. Bioelectric potencial in bone. *J Bone Joint Surgery.* 1966; 48A:915-24.
128. Campos Electromagnéticos Pulsados. Terapia Alpha Pulsátil. [serie en Internet]. s/a [citado 12 Dic 2007]. Disponible en: <http://www.biomag.net/esp2.html>
129. Aaron RK, Ciombor DM. Therapeutic effects of electromagnetic field in the stimulation of connective tissue repair. *J Cell Biochemistry.* 1993; 52:42-6.
130. Bassett CAL, Pie Krarski K, Demetriades A. Estimulación osteogénica por medio de aplicación de corriente directa. *Acta Ortop Escand.* 1978; 48:113-20.
131. Bassett CA, Mitchell SN, Norton L, Pilla A. Repair of nonunions by pulsing electromagnetic fields. *Acta Orthopaed Belg.* 1978; 44:706-24.
132. Bassett CAL, Valdez MG. Modification of fractures repairs with, selected pulsing electromagnetic Fiel. *J Bone Surgery.* 1982; 64A:888-94.
133. Ciombor DM, Aaron RK. The role of electrical stimulation in bone repair. *Rev Foot Ankle Clin.* 2005; 10(4):579-93.
134. Mrad Cala JC. Tratamiento coadyuvante con campo electromagnético pulsátil en la pseudoartrosis séptica de la tibia asociada a la fijación externa. [tesis doctoral]. La Habana: Universidad de La Habana; 2002.
135. Los Programas Nacionales de Ciencia y Técnica: 10 años de trabajo. Multimedia. La Habana: GEPROP- CITMATEL; 2005.
136. Farell GE, Egaña E, Fernández F. Investigación científica y nuevas tecnologías. La Habana: Ed. Ciencias Médicas; 2007. P: 25-7.
137. Reyes Ponce Y, Hernández Leonar R, Hernández Ruiz AD. Sistema Internacional de Medidas. Ed. La Habana: Científico-Técnica-Metrología. 2009.
138. Diccionario general. Galería de Encartes. [monografía en Internet] HARCOURT; 2008 [citado 8 Feb 2008]. Disponible en: http://mk:@MSITStore:e:\libros\mosby\mosby\mosby\harcourt\hg.chm::/1/3D2_DG_1_1_1.htm

139. Terje Meling, Knut Harboe, Kjetil Soreide. Incidence of traumatic long-bone fractures requiring in-hospital management: A prospective age and gender specific analysis of 4890 fractures. *J Care Injured*. 2009; 40:1212–9.
140. Arango Gómez JC, Monsalve FJ, Uribe Ríos A. Tratamiento de pacientes con fracturas de proyectil de arma de fuego de baja velocidad. *Hosp. Univ. San Vicente de Paúl-Medellín. ATREA*. 2007; 20(1):2002-3.
141. Okike K, Bhattacharyya T. Trends in the management of open fractures. A critical analysis. *J Bone Joint Surg Am*. 2006; 88:2739-48.
142. Stuermer EK, Stuermer KM. Tibial shaft fracture and ankle joint injury. *J Orthop [serie en Internet]*. 2008; [citado 26 Oct 2009]: 22(2). Disponible en: <http://www.jorthotrauma.com/pt/re/jorthotrauma/abstract.00005131-200802000-00006.htm;jsessionid=LyqPKHjY7nHzd5d18HxnG4h2dsLKJ874CXGgTbzdN2Cv5JZ4kDp0!-607823098!181195629!8091!-1>
143. García Aguilar A, Pérez Mendoza L, Ginarte Batista E. Resultados obtenidos con las fracturas abiertas de tibia. *Rev Cubana Ortop Traumatol*. 1993; 7(1-2):14-8.
144. García Domínguez JD, Cabrera Campis L, Maqueira González D. Fracturas diafisarias de tibia en el niño. Análisis de una casuística. *J Orthop [serie en Internet]*. 2007; [citado 9 Ene 2009]: 29(3). Disponible en: <http://www.cpimtz.sld.cu/revista medica/ano 2007/vol3 2007/>tema03.htm>
- 145 Bahadır Alemdarog K, Ug Tiftikc I, Serkan I Itar. Factors affecting the fracture healing in treatment of tibial shaft fractures with circular external fixator. *Injury, Int. J. Care Injured*. 2009; 40:1151–6.
146. Ohashi T. Electrical callus formation and its osteogenesis. *J Japan Orth Ass*. 1982; 56:615-33.
147. Icaro Cornaglia A, Carraso AF. Stimulation of osteoblast growth by and electromagnetic field in a model of bone-like construct. University of Pavia-Italy. *J Histochemistry Eur*. 2006; s/n:199 -204.
148. Singh P, Yash Roy RC, Hoque M. Augmented bone-matrix formation and osteogenesis under magnetic field stimulation in vivo XRD, TEM and SEM investigations. *J Biochem Biophys Indian*. 2006; 43(3):167-72.
149. Alegakis AK, Bishay M, Karneziz I, Drosos GI. Factors affecting fracture Healing after intramedullary nailing of the tibial diaphysis for closed and Grade I open fractures. *J Bone Surgery*. 2006; 65(2):77-82.

150. Fabry K, Lammens J, Delhy P, Stuyerk J. Ilizarov's method: a solution for infected bone loss. *J Orthop Surg Trauma Eur.* 2006; 16:103-9.
151. Nima P, Salehoun R. Rehabilitation of tibial eminence fracture. *J Canadian Chr.* 2007; 1:117.
152. Aditya K, Aggarwal, Onkar NN. Hybrid external fixation in periarticular tibial fractures. Good final out come in 56 patients. Chandigarh, India. *Act Orthop Belg.* 2006; 4 (72):434 - 40.
153. Paris LA, Viscarret M, Uban C, Vargas J, Rodriguez-Morales AJ. Pin-site myiasis: a rare complication of a treated open fracture of tibia. *Surg Infect (Larchmt).* 2008; 9(3):403-6.
154. Botte MMJ, Hoyt DB, Meyer RS, Smith JM, Akeson WH. Outcomes in mopen tibia fractures: relationship between delay in treatment and infection. *J Trauma.* 2003; 57(2):536.
155. Escarpanter Buliés JC. Sepsis del trayecto de los alambres de transfixión en fijación externa ósea. *Rev Cubana Ortop Traumatol.* 2003; 17(1-2):79-82.
156. Castellanos Verdugo C, Angulo Gutiérrez J, Milini de Paz F. Transporte óseo en fracturas abiertas de tibia y peroné Grado III-C de Gustilo en traumatismos por armas de fuego. A propósito de un caso. *Rev F Externa.* 2004; 7(32):89-94.
157. Martínez León R. Síndrome Compartimental Agudo del Compartimiento Tibial Anterior de la Pierna. Presentación de un caso clínico. [Actualizado 2006; citado 2008]. Disponible en:
<http://www.portalesmedicos.com/publicaciones/articulos/313/1/Sindrome-.html>.
158. Ritenour AE, Dorlac WC, Fang R, Woods T, Jenkins DH, Flaherty SF, et al. Complications after fasciotomy revision and delayed compartment release in combat patients. *J Trauma.* 2008; 64S:153-61.
159. Glass GE, Pearse MF, Nanchahal J. Improving lower limb salvage following fractures with vascular injury: a systematic review and new management algorithm. *J of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery.* 2009; 62:571-9
160. Soares Hungria JO, Tomanik Mercadante M. Osteossintese Provisória das fraturas expostas da diáfise da tibia com fixador externo não transfixante. *Rev Bras Ortop.* 2008; 43(1-2):31-40.

161. Rerkasem K, Arworn S, Thepmalai K. Prognostic factors of leg amputation in patients with vascular injury: a systematic review. *Int J Low Extrem Wounds*. 2006; 5:78-82.
162. Vega García C, Camporro Fernández D. Reimplante y amputaciones del miembro inferior. En: *Manual de Cirugía Plástica*. Oviedo, España: Universidad de Oviedo; 2007.
163. Capsellcs. Delayed union and nonunion of fractures. Chapter 56- David. XV (III). Francia: La Velle; 2005. noooooo
164. Panagiotis M, Athanasiou V, Kargados A, Lambiris E. Distal tibial fractures. *J Bone Surgery*. 2004; 4(2):51-60.
165. Phieffer LS, Goulet JA. Delayed union of the tibia (Instructional cause lecture). *J Bone Joint Surgery*. 2006; 88-A:205-16.
166. Durardyn J, Lammens J. Treatment of delayed union non-union of the tibial shaft with partial fibulectomy and an Ilizarov frame. *Hosp. Pelemborg, Labbeck, Belgium. Act Orthop Belg*. 2007; 73(5):630-4.
167. Moulder E, Sharma HK. Tibial non-union: a review of current practice. *Current Orthopaedics*. 2008; 22:434- 41.
168. Del Toro Placido G, Zayas Guillot JD, Ceballos Mesa A. CEMP en el tratamiento de la pseudoartrosis y defectos óseos. *Rev Cubana Med Milit*. 1995; 24(2):61-8.
169. Tahmasebi MN, Jalali Mazlouman S. Ilizarov method in treatment of tibial and femoral infected non-unions in patients with high-energy trauma and Battle-field wounds. *Act Med Iranica*. 2004; 42(5):343-9.
170. Simonis RB, Parnell EJ, Ray PS, Peacock JL. Electrical treatment of tibial non-union: a prospective, randomised, double-blind trial. *Injury*. 2003; 34(5):357-62.
171. Ito Hiromoto, Shirai Y. The efficacy of ununited tibial fracture. Treatment using pulsing electromagnetic fields. *J Nippon Med Sch*. 2001; 68(2):138-43.
172. López-Oliva Muñoz F, Madrañero CA, García de la Hera B. Evaluación con una nueva escala de severidad de la eficacia del tratamiento de la Pseudoartrosis mediante campos electromagnéticos pulsátiles. *Rev Patología del Aparato Locomotor*. 2006; 4(3):179-86.
173. Connolly JF. Selection, evaluation and indications for electrical stimulation of ununited fracture. *Clin Orthop*. 1981; 16(39):14-9.

174. Balmaseda Manent R. Aplicación del láser de CO2 en fracturas expuestas, heridas contaminadas, heridas sépticas y osteomielitis [tesis doctoral]. La Habana: Universidad de La Habana; 2002.
175. García Moreira RD, Collazo Álvarez H. Alternativa quirúrgica en el tratamiento de la osteomielitis por fractura abierta de tibia. Presentación de un caso. Rev Cubana Ortop Traumatol. 2000; 14(1-2):73-6.
176. Valero Borge F, Fanjul B, Cerasuolo P. Abordaje porterointerno para el tercio distal de la tibia. Rev Asoc Argent Ortop Trauma. 2005; 70(3):264-68.
177. Gutiérrez Blanco M, Otero Rojas A, Álvarez López A. Complicaciones de las fracturas abiertas de la tibia tratadas con fijación externa y estímulos electromagnéticos. Rev Cubana Med Militar. [serie en Internet]. 2009 [citado 19 Ene 2010] ; Disponible en: <http://bvs.sld.cu/revistas/mil/indice.html>
178. Clayton JL. Special needs of older adults undergoing surgery. J Aorn. 2008; 6(9):34-9.
179. Pohlman TH, Scott Bjerke H, Offner P. Trauma Scoring Systems. 2007 [actualizado 2007; citado 2 febrero 2009]; Disponible en: <http://www.emedicine.com>.
180. Kazuhiko Y, Moritoshi I, Koushi N, Masataka UC. New scoring system predicting the occurrence of deep infection in open tibial fracture. Preliminary. 2007; 63(1):45-9.
181. Silva Ayçaguer LC. Excursión a la regresión logística en Ciencias de la Salud. Madrid: Díaz de Santos, S.A.; 1995.
182. Silva Ayçaguer LC. Selección algorítmica de modelos en las aplicaciones biomédicas de la regresión múltiple. Medicina Clínica. 2001; 116(19):741-5.



Figura 1. Estimulo Eléctrico colocado en un fijador externo de Ilizarov.



Figura 2. Campo Electromagnético Pulsátil y fijador externo de RALCA.

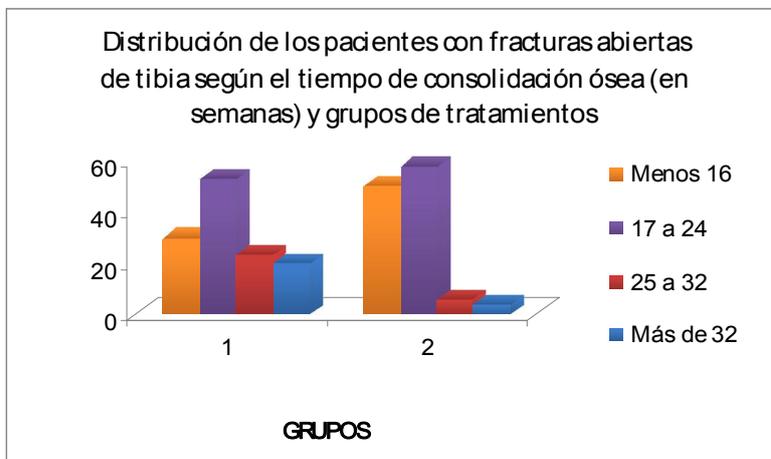


Figura 3. Distribución de pacientes con FAT según el tiempo de consolidación en semanas por grupos de tratamientos.

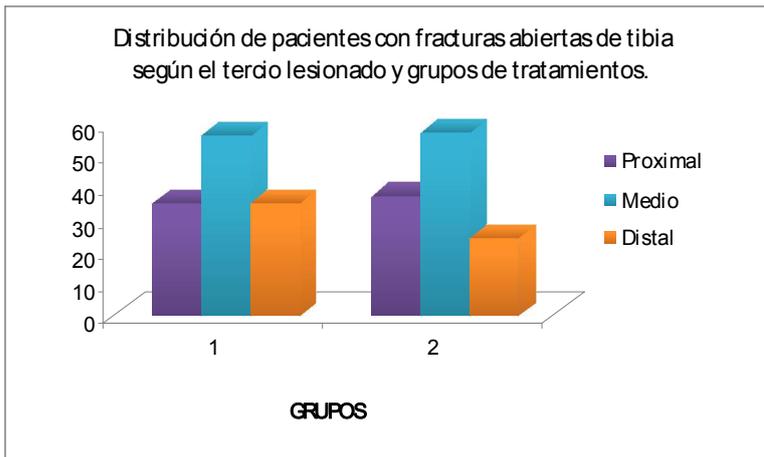


Figura 4. Distribución de pacientes con FAT según el tercio lesionado por grupos..



Figura 5. Paciente con fractura abierta de tibia grado III, se le colocó fijador externo de Ilizarov asociado a Estímulo Eléctrico.

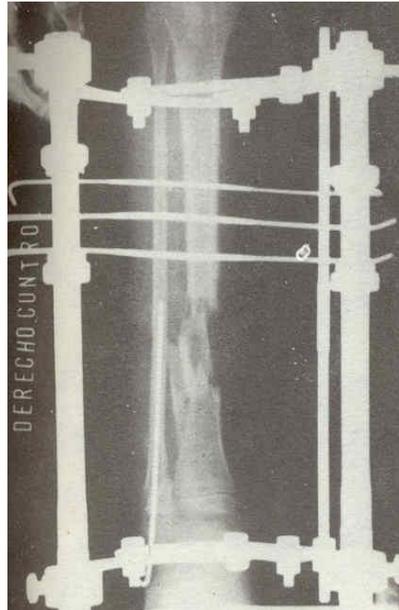
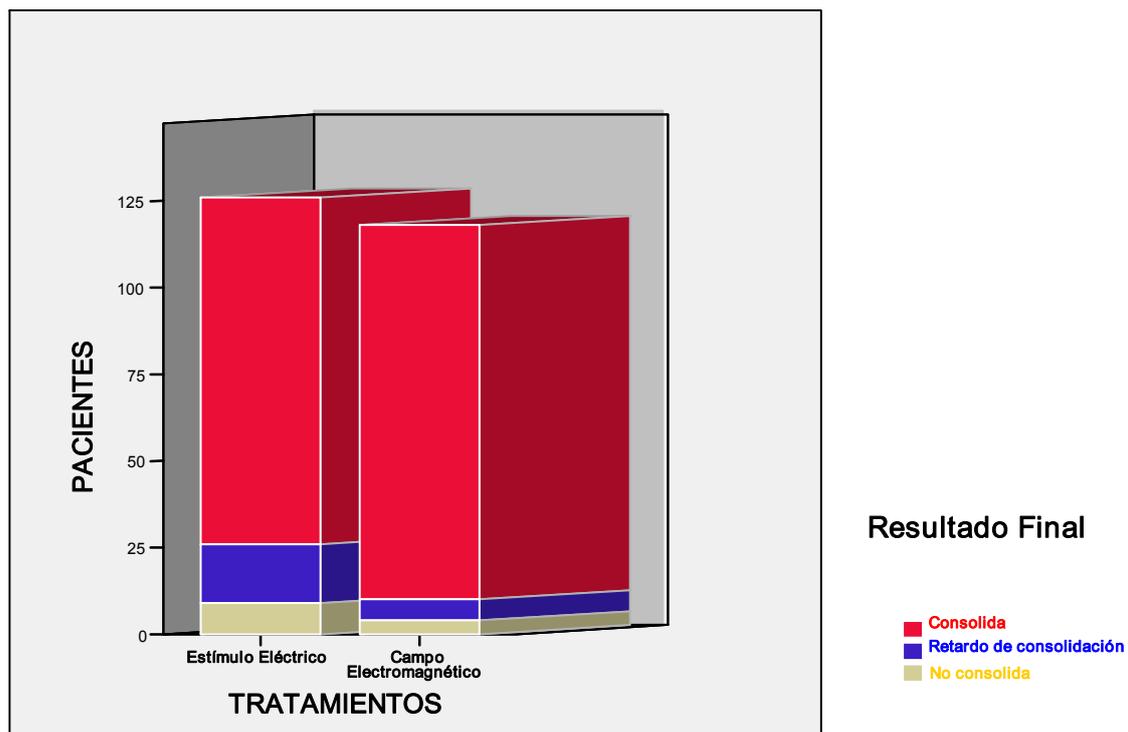


Figura 6. Paciente con fractura abierta de tibia grado III-B, se le colocó fijador externo RALCA asociado a Campo Electromagnético Pulsátil.

Figura 7. Resultado Final por Tratamientos



ANEXO 1. DOCUMENTO PARA LA OBTENCIÓN DEL CONSENTIMIENTO INFORMADO

Se me ha diagnosticado una fractura abierta de tibia

Por lo que el Doctor: _____

Me ha explicado que es conveniente realizar tratamiento quirúrgico, el cual consiste en desbridamientos, curas, colocarme un Fijador Externo y un

1. El propósito principal es la desaparición o mejoría de los síntomas y signos, así como restablecer mi capacidad funcional.
2. El servicio de anestesiología valorará el proceder anestésico más conveniente.
3. He entendido las complicaciones relacionadas con la intervención quirúrgica.
4. Se me explicó que alrededor de la cirugía se realizará un nuevo método de tratamiento.
5. Comprendí las explicaciones brindadas con un lenguaje claro y sencillo. El facultativo me permitió realizar todas las observaciones y ha aclarado mis dudas.

Por ello manifiesto que estoy satisfecho con la información y comprendo el alcance y riesgos del tratamiento.

6. En cualquier momento sin necesidad de explicaciones puedo revocar el consentimiento.

Ciudad de Camagüey, de.....del año -----

Firma del Médico: _____ Firma del Paciente: _____

REVOCACIÓN.

El paciente o su representante (subrayar), revoco el consentimiento prestado y no desea proseguir el tratamiento.

Ciudad de Camagüey,..... de del año _____

Firma del Médico: _____

Firma del Paciente:

ANEXO 2. PLANILLA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Nombre y apellidos: _____

Edad: _____ Sexo: _____ Historia Clínica: _____ Fecha: _____

Dirección particular: _____

Teléfono: _____

Ocupación: Militar: _____ Civil: _____ Estudiante: _____

Miembro afectado: Derecho: _____ Izquierdo: _____

Otras lesiones traumáticas: _____

Tipo de accidente: _____ Trauma Directo: _____ Indirecto: _____

Fecha del accidente: _____

Hábitos Tóxicos: Café: _____ Cigarros: _____ Alcohol: _____

Antecedentes Patológicos Personales:

Hipertensión Arterial: _____ Insuficiencia arterial _____

Diabetes: _____ Várices _____

Obeso: _____ Otros: _____

Fecha de operado: _____

Tratamiento con: Fijador Externo de Ilizarov + Estímulo Eléctrico _____

Fijador Externo de RALCA + Campo Electromagnético _____

Tiempo de ingreso: _____

Tratamientos recibidos:

Fisioterapia: _____ Apoyo: Si _____ No _____ tiempo _____

Antibióticos _____ ¿cuáles? _____ tiempo _____

Analgésicos: _____

Exámenes Complementarios:

Hemoglobina: _____ Eritrosedimentación: _____ Glucemia: _____

Controles radiográficos del callo óseo _____

Electromiografía: _____ Arteriografía: _____

Ultrasonido: _____

Cultivos y Antibiogramas _____ Otros: _____

Tipo de Fractura: Trazo _____ Fragmentos _____ Tercio _____

Fractura grado I ____ II ____ III-A ____ III-B ____ III-C ____

Complicaciones: Si ____ No ____

Inmediatas: _____

Tardías: _____

Infección de la herida: Si ____ No ____

Secreciones por los alambres: Si ____ No ____

Tipo de injerto: Piel ____ Libre ____ Pediculado ____ Óseo ____

Tiempo de consolidación: _____ semanas

Evaluación final: Consolidó ____ Retardo de consolidación ____ Seudoartrosis ____

Otros datos: _____

Fecha de alta: _____

ABREVIATURAS USADAS EN LA TESIS

Amp: Ampere. **mA:** miliampere.

AO: asociación de osteosíntesis.

BRAGS: Bioelectrical repair and growt society- Sociedad de Crecimiento y Reparación Bioeléctrica.

CEMP: campo electromagnético pulsátil.

cm: centímetro

EE: estímulo eléctrico.

FAT: fractura abierta de tibia.

FE: fijador externo.

g: gramos.

h: hora.

HPAF: heridas por armas de fuego.

TAC: Tomografía Axial Computarizada.

mg: miligramos.

mm/Hg: milímetros de Mercurio.

OTA: Association Traumatology and Orthopedic. Asociación de Traumatología Ortopedia.

pH: grado de acidez o alcalinidad.

seg: segundos.

Sem: semanas

SOMA: sistema osteomioarticular.

V: Volt.

GLOSARIO

Callo óseo: es la presencia de perióstico en forma de puente que da solidez periférica al foco de fractura .

Conducción eléctrica en el hueso: es un transporte de carga que está asociado con el contenido celular, la corriente sanguínea, la vascularización y el grado de humedad del hueso .

Consolidación ósea: es la presencia de callo perióstico en forma de puente que da solidez periférica al foco de fractura.

Contaminación: Cuando hay una invasión de menos de 105 Unidades Formadoras de Colonias por gramo (UFC/g) de tejido, exceptuando la invasión por el *Streptococcus* β hemolítico .

Contingencia: es la situación que rompe el equilibrio existente entre los problemas de salud y el sistema que lo resuelve, con un incremento notable de los primeros y un deterioro paralelo del segundo.

Desastre: acontecimiento o serie de sucesos de gran magnitud que afectan gravemente las estructuras básicas y el funcionamiento normal de una sociedad, ocasionando víctimas o daños, más allá de la capacidad normal para enfrentarla sin ayuda.

Desbridamiento: debridement- término empleado para el tratamiento de heridas infectadas o tejidos lesionados que consiste en la escisión de todos los tejidos que rodean la herida o la bolsa infectada, la extracción de cuerpos extraños, cohibir hemorragias, etc.

Fractura abierta de tibia: es toda solución de continuidad en la estructura ósea de la tibia que se comuniquen con el exterior debido a la existencia de una lesión de la piel, de mayor o menor gravedad, en las partes blandas que la recubren.

Gammagrafía ósea: técnica radioisotópica basada en la representación gráfica de la distribución de la radiactividad depositada en el interior del esqueleto después de inyectar un radiofármaco con selectividad ósea (osteótropo), aprovechando la radiación gamma emitida, mediante el uso de una instrumentación adecuada. Ofrece una imagen funcional del esqueleto.

Histogénesis: origen de las células.

Infecciones de las partes blandas: aquella que afecta a las estructuras cutáneas, subcutáneas, faciales, musculares, tendinosas, ligamentosas o de las bursas serosas.

Involucro: capa de hueso sano que se forma alrededor del hueso necrótico.

Osteítis infecciosa: Infección de la cortical ósea; puede aparecer de forma aislada o como consecuencia de una osteomielitis.

Osteoblasto: célula presente en el hueso cuya función consiste en formar el tejido y los minerales que dan resistencia al hueso.

Osteocito: célula presente en el hueso cuya función consiste en mantener vivo el tejido óseo.

Osteoclasto: célula de gran tamaño que se forma en la médula ósea cuya función consiste en absorber y eliminar el tejido no deseado.

Osteogénesis: origen y desarrollo del tejido óseo.

Osteogénesis estimulada eléctricamente: Proceso de regeneración ósea inducida por la implantación quirúrgica de electrodos que conducen una corriente eléctrica, especialmente en zonas de fractura no consolidadas. Este proceso es eficaz debido a los distintos potenciales eléctricos presentes en el interior del tejido óseo.

Osteomielitis: proceso inflamatorio del hueso y de la médula ósea, generalmente provocado por microorganismos piógenos, pero también puede ser un proceso granulomatoso, viral o micótico.

Osteona: unidad estructural básica del hueso compacto formada por el canal haversiano y sus anillos concéntricos de 4 a 20 láminas.

Propiocepción: sensación relacionada con estímulos que tienen su origen en el organismo en relación con la posición espacial y la actividad muscular o con los receptores sensoriales que activan.

Retardo de consolidación: el retardo de consolidación es cuando una fractura no realiza el proceso de consolidación en el tiempo esperado. Es consecuencia de la usual pérdida de sustancia ósea en este tipo de fractura, así como de otras complicaciones que se le pueden asociar.

Secuestro: fragmento de hueso necrótico separado del hueso sano por tejido de granulación; puede permanecer en la médula ósea durante mucho tiempo y contener microorganismos viables que desencadenan una reagudización de la infección.

Sepsis: síndrome de respuesta inflamatoria sistémica comprobada o sospechada de etiología microbiana. Presencia de una bacteria, virus, hongo u otro organismo en la sangre u otros tejidos y de las toxinas relacionadas con la invasión.

Seudoartrosis: es cuando existe evidencia tanto clínica como radiológica que el proceso de consolidación ósea ha terminado y la consolidación no ha sido posible.

PRODUCCIÓN CIENTÍFICA DEL AUTOR SOBRE EL TEMA DE LA TESIS

Publicaciones

1- Mario Osvaldo Gutiérrez Blanco, Martínez Fernández Alexis, Álvarez López Alejandro. Tratamiento con campo electromagnético pulsátil en las fracturas abiertas de tibia. AMC [revista en la Internet]. 2008 Ago [citado 2010 Feb 09] ; 12(4): . Disponible en:

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-02552008000400010&lng=es

2- Mario Gutiérrez Blanco, Álvarez López Alejandro, García Lorenzo Yenima. Síndrome compartimental agudo en lesiones de la tibia. AMC [revista en la Internet]. 2008 Ago [citado 2010 Feb 09] ; 12(4): . Disponible en:

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-02552008000400015&lng=es

3- Mario O. Gutiérrez Blanco, Leyva Basterrechea F, Álvarez López A. Retardo de consolidación y pseudoartrosis de la tibia. Rev Cubana Med Milit. 2008; 37(4): Disponible en: http://www.bvs.sld.cu/revistas/mil/vol38_1_09/mil08109.htm

4- Mario O. Gutiérrez Blanco, Leyva Basterrechea F, Álvarez López A. Tratamiento de las fracturas abiertas de la diáfisis tibial. Rev Cubana Med Milit. 2008; 37(4): Disponible en:

http://www.bvs.sld.cu/revistas/mil/vol37_4_08/mil08408.htm

5- Gutiérrez Blanco Mario, Álvarez López Alejandro, García Lorenzo Yenima. Tratamiento de las fracturas abiertas de tibia con pérdida de tejido óseo. AMC [revista en la Internet]. 2009 Ago [citado 2010 Feb 09] ; 13(4): . Disponible

en:http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-02552009000400010&lng=es

6- Gutiérrez Blanco M, Ochoa Undargarain L, Hernández Barrios D. Miositis osificante circunscripta en el parapléjico. Presentación de un caso. Rev Cubana Ortop Traumatol 2001;15(1-2):94-6

7- Alvarez López, Alejandro; García Marín, Leonardo; García Lorenzo, Yenina; Gutiérrez Blanco, Mario. Osteocondritis disecante del astrágalo: revisión del tema. Archivo Médico de Camagüey 2003; 7(5): Disponible en:

<http://www.amc.sld.cu/amc/2003/v7supl1/835.htm>

8- Gutiérrez Blanco M, Rodríguez Rodríguez O, editor. Herida avulsiva del miembro inferior en un desastre. Congreso internacional de La Sociedad Internacional de Ortopedia y Traumatología, SICOT; 2006; Varadero, Cuba. MINSAP.

9- Gutiérrez Blanco M., Otero Rojas A., Álvarez López A. Complicaciones de las Fracturas Abiertas de Tibia tratadas con fijación externa y estímulos electromagnéticos. Rev Cubana Med Mil. Ciudad de La Habana. 2010. Disponible en: e-mail: ecimed@infomed.sld.cu.

Tutor y Asesor de Tesis

1- Tratamiento de las fracturas abiertas de tibia con estímulos eléctricos.

Dr. Andrés Otero Rojas.

2- Tratamiento de heridas con sustancias tensioactivas.

Dr. Pedro Aguilar Guerrero.

3- Tratamiento de las fracturas con fijador externo RALCA.

Dr. Rubén Sánchez Mesa.

4- Fracturas de tibia tratadas con estímulos electromagnéticos pulsátiles.

Dr. Alexis Martínez Fernández.

5- Fracturas abiertas de tibia con terapéutica combinada de fijadores externos e imanes permanentes.

Dr. Leonardo Taura Suárez.

6- Tratamiento de la pseudoartrosis.

Dr. Yosvany Sánchez Pérez.

Cursos impartidos

- 1- Tratamiento de Fracturas abiertas de tibia con fijadores externos asociados a electroestimulación. 1991.
- 2- Ortopedia en Las FAR. Curso Nacional. 1996.
- 3- Actualización en Cirugía de Campaña. 2000.
- 4- Diplomado de Ortopedia y Traumatología. 2001.
- 5- Usos de estímulos eléctricos y magnéticos en Ortopedia y Traumatología. 2001.
- 6- La MNT aplicada en el Mundo. 2002.
- 7- Lesiones traumáticas de miembros Inferiores. 2004.
- 8- Uso de Imanes Permanentes en afecciones del SOMA. 2006.
- 9- Manejo de las bajas sanitarias en la Guerra de todo el pueblo.
Etapa prehospitalaria.