

## Ozonoterapia en el Deporte: Prevención y Curación

Dra. Adriana Schwartz. [Adriana@aepromo.org](mailto:Adriana@aepromo.org) Copyright 2018

Según la definición de la OMS, la salud no es la ausencia de enfermedad o de patología sino un estado de bienestar físico, mental y social.

El deporte como ocio está aconsejado porque es un factor de lucha contra el sedentarismo y las enfermedades cardiovasculares. Es por lo tanto, un factor de bienestar físico, mental e incluso social.

El deporte de competición no es un factor de mejora de la salud. El riesgo de lesión grave, incluso el riesgo vital, existen en accidentes, caídas, contusiones de todo tipo inherentes a la práctica de deportes mecánicos, aeronáuticos, del ciclismo, del boxeo, de combate, etc. Los métodos de entrenamiento modernos, de fuerte intensidad y gran volumen, son responsables de patologías de sobrecarga, desgastes articulares, tendinosos, musculares. Los inicios precoces y los largos años de formación sobre un organismo todavía inmaduro agravan la situación. En otras palabras podemos aseverar que, “el deporte de alto nivel forma buenos mozos que serán ancianos prematuramente”.

El ejercicio físico extenuante está asociado a un gran incremento del consumo de oxígeno tanto por todo el cuerpo como particularmente por el músculo esquelético. La mayoría del oxígeno consumido es utilizado en la mitocondria para la obtención de substratos metabólicos y la producción de ATP. Varios estudios han indicado la relación entre el ejercicio físico, el incremento del consumo de oxígeno y la producción de radicales libres. La generación de estos radicales libres (ROS, especies reactivas del oxígeno) es un proceso normal en la vida de los organismos aeróbicos. Bajo condiciones fisiológicas estas especies nocivas (los ROS) la mayoría son eliminadas por los sistemas celulares antioxidantes, que incluyen a las vitaminas antioxidantes, a las proteínas, tioles no proteicos y enzimas antioxidantes. Pero la capacidad de reserva antioxidante es en la mayoría de los tejidos más bien marginal ante ejercicio extenuante, ya que este supone, por el aumento de consumo de oxígeno, una competencia elevada contra los sistemas oxidante pudiéndose llegar al denominado estrés oxidativo.

Se describe como estrés oxidativo al evento en que la producción de radicales libres supera a los mecanismos sistémicos de defensa antioxidante. En 1978 Dillard et al. fueron los primeros en demostrar que el ejercicio físico conduce a un incremento en la peroxidación lipídica.

Se estima que en reposo de 2% a 5% del flujo de electrones en la cadena respiratoria se escapa para formar especies reactivas del oxígeno, como peróxido ( $O_2^-$ ), peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ), hidroxilo ( $OH^-$ ) y los asociados con el óxido nítrico (NO).

La mitocondria es una fuente de ROS porque al hacer ejercicio aumenta la tasa de consumo de  $O_2$  en los tejidos. Existe evidencia experimental indicativa de aumento en

la producción de ROS, así como de estrés oxidativo y de daño tisular asociado con ejercicio sea agudo, exhaustivo, o moderado. Durante el ejercicio exhaustivo, el empleo de oxígeno por parte del músculo se incrementa en 100 ó 200 veces si se compara con el estado de reposo. Esto induce aumento en el flujo de electrones a través de la cadena respiratoria mitocondrial, lo que a su vez redundará en alza de la producción de ROS. Recientemente se ha determinado que la mitocondria también genera NO, que haría parte de la producción total de radicales libres en el ejercicio. Cuando el NO reacciona con O<sub>2</sub>- forma peroxinitrito (ONOO-), un poderoso oxidante. Se cree que esta reacción representa la principal vía para generar especies reactivas de nitrógeno (RNS).

El estrés oxidativo puede ocurrir en individuos adaptados o no al ejercicio, lo que los hace susceptibles de presentar daño en sus sistemas enzimáticos, así como en sus lípidos y receptores de membrana, e incluso en su ADN.

Ahora bien, las acciones de los ROS y de los RNS pueden ocurrir al finalizar la sesión de ejercicio u horas después. La información disponible asocia el ejercicio con la producción de ROS y RNS, a través de tres evidencias relacionadas entre sí:

1. La producción de radicales libres en músculo, hígado, corazón y sangre.
2. El aumento en los biomarcadores de daño oxidativo, como carbonilos protéicos y sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico, así como elevación en los niveles de pentano exhalado, lo que es un posible producto del daño oxidativo de los lípidos.
3. La disminución en los niveles de antioxidantes enzimáticos y no enzimáticos de corazón, sangre, cerebro y músculo.

Otra fuente generadora de ROS es la vía de la xantinaoxidasas (XO), que contribuye a la generación de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> en tejidos con concentraciones elevadas de xantina e hipoxantina. La hipoxia tisular, a través de la vía de la XO, puede generar estrés oxidativo durante el ejercicio. Esto sucede también después de eventos de isquemia-reperfusión en órganos como el corazón.

En el ejercicio extenuante se produce la activación de XO, hecho que favorece la generación de ROS en diferentes tejidos. Por ejemplo, en el músculo esquelético se libera hipoxantina a la sangre, de modo que la enzima XO es activada.

La tercera fuente de ROS son los peroxisomas. En condiciones fisiológicas estos organelos producen H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. La oxidación peroxisomal de ácidos grasos es una fuente importante de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Debido a que los ácidos grasos son fuente de energía para el corazón y el músculo esquelético durante el ejercicio prolongado, es probable que exista una contribución de los peroxisomas en el estado de estrés oxidativo en el deportista.

Una cuarta fuente de ROS son los polimorfonucleares (PMN). Cuando se activan los PMN neutrófilos (respiratory burst) liberan O<sub>2</sub>-. Por tanto, si existe lesión tisular causada por el ejercicio intenso, la activación subsiguiente de los neutrófilos se convierte en una fuente de ROS. Estas células activadas pueden causar peroxidación lipídica en células vecinas, como los eritrocitos, debido a que sus productos son capaces

de atravesar la membrana celular y producir oxidación de la Hb, para dar inicio al proceso de hemólisis. Además, la acción oxidante de los ROS sobre las lipoproteínas de baja densidad (LDL) y sobre los lípidos de membrana del eritrocito, se ha asociado con hemólisis.

Los PMN neutrófilos pueden infiltrar al tejido muscular lesionado por el ejercicio intenso. Cuando esto ocurre, el  $O_2^-$  generado a través de la NADPH oxidasa asociada con la membrana, reacciona y conduce a la formación de  $H_2O_2$ . Este último es convertido en ácido hipocloroso (HOCl) por una mieloperoxidasa, hemoproteína secretada por neutrófilos y por monocitos. El HOCl es un mediador inflamatorio, potente oxidante y clorinante, que a su vez genera otros metabolitos reactivos, como el cloruro de nitrilo ( $NO_2Cl$ ) en presencia de nitrito. El nitrito se puede convertir, a través de la mieloperoxidasa y el  $H_2O_2$ , en el radical dióxido de nitrógeno ( $NO_2\cdot$ ), que favorece la formación de otras sustancias altamente lesivas. Debido a que la infiltración por neutrófilos en los tejidos lesionados por el ejercicio es secundaria a la producción y liberación de proinflamatorios, esta vía quizá no es la primera fuente de producción de ROS durante el ejercicio. Sin embargo, sí puede servir como una fuente de importancia durante el período de recuperación después de un ejercicio agotador.

Una quinta fuente de ROS son las catecolaminas, aunque no se ha cuantificado su contribución a los radicales libres. Por ejemplo, se ha propuesto que en la lesión oxidativa de la isquemia-reperfusión miocárdica ocurre autooxidación de la epinefrina en adrenocromo, asociada con la formación de  $O_2^-$ .

Se ha podido establecer que el hierro y el grupo hemo de la hemoglobina y la mioglobina son fuentes potenciales de ROS, pero aún no es claro qué tanto participa en el estrés oxidativo durante o después de un ejercicio extenuante.

Algunos estudios in vitro descartan a la mitocondria como la principal productora de ROS durante el ejercicio, pues sostienen que el sistema Hb-Mb no sólo es capaz de generarlos, sino también de aumentar la reactividad de aquellos producidos por otras vías. Dentro de los radicales generados están el  $O_2^-$ , el hierro ferrilo ( $Fe^{+4}=O_2^-$ ) y los radicales libres unidos a proteínas.

El sistema Hb-Mb causa lesiones de diversas maneras. Así, a la liberación de Hb en el espacio intravascular, como consecuencia de la hemólisis, sigue la formación del complejo Hp/Hb. Pero una hemólisis intensa satura la capacidad de la Hp para ligar Hb, lo que lleva a que la Hb permanezca libre en el plasma. De igual modo, la Mb puede estar libre en el plasma debido a procesos como la rhabdomiólisis, usualmente asociados con el ejercicio intenso. Cuando la Hb y la Mb libres son oxidadas, se convierten en sustancias citotóxicas y pueden lesionar al endotelio (ateroesclerosis, vasculitis) y al mismo hematíe (hemólisis intravascular). La oxidación de Hb y de Mb está asociada con los ROS que se liberan a partir de leucocitos activados, situación que se presenta en el ejercicio exhaustivo y en la hipoxia. La metemoglobina (metHb) y la metmioglobina (metMb) así generadas, lo mismo que sus derivados, son capaces de producir más ROS, además de peroxidación lipídica, con formación de hidropéroxidos. Otros

investigadores han encontrado que el grupo hemo se relaciona con la oxidación de proteínas de membrana y con la formación de antígenos de superficie en los hematíes senescentes.

Se establecen entonces mecanismos directos e indirectos de lesión a partir de Hb y Mb y de sus derivados. Un ejemplo de los directos es la citólisis primaria causada por ROS del tipo hierro ferrilo. Como ejemplo de los mecanismos indirectos está la sensibilización al daño causado por hidroperóxidos de tipo LDL oxidado. Estos mecanismos se retroalimentan, de modo que originan círculos viciosos: el ejercicio es un proceso hipoxémico y generador de hemólisis, con lo que se libera Hb y Mb y sus derivados, lo que favorece aún más hemólisis y más hipoxemia.

Se pone pues de manifiesto la importancia de las modificaciones metabólicas debidas al esfuerzo:

- La hiperoxidación, es decir, el aumento de los productos oxidantes y de los radicales libres en los tejidos, por efecto del esfuerzo, de la exposición al sol, de la altitud o de la polución.
- El aumento de la acidosis.
- La hiperamonemia,
- El aumento de la degradación muscular cuyo efecto se representa esencialmente por la elevación de la creatinina (CK) .
- La clásica disminución de la testosterona en las pruebas de resistencia,
- El aumento del cortisol
- El descenso de la glutamina que puede tener repercusiones en la inmunidad.

Por otro lado, se observa que el sobre-entrenamiento produce depresión, ansiedad, insomnio, agresividad, pérdida de apetito.

¿Por qué la Ozonoterapia y los Factores de Crecimiento son útiles en Medicina Deportiva?

Porque aseguran:

1. Periodos de recuperación más cortos.
2. Mejor calidad de recuperación final.
3. Mejora y aumento del rendimiento físico del deportista.
4. Disminuye la probabilidad de reincidencia de la misma lesión.
5. Acelera la cicatrización de heridas o desgarros en la mitad del tiempo establecido con una cicatriz mínima.
6. Mejora la calidad de vida del deportista a corto y largo plazo. Le protege del desgaste extremo que le ocasiona su práctica deportiva.

Esta terapia ha dejado ver varios beneficios en el sector del deporte. Uno de los beneficios de estas terapias está relacionado con las contracturas musculares, siendo una excelente forma para que los deportistas se recuperen rápidamente de sus contracturas y lesiones

La novedad de la Ozonoterapia radica en que sus funciones se dirigen a restaurar y mejorar la metabolización del oxígeno, conjuntamente, con azúcares y grasas para producir energía, a través de las vías normales metabólicas de combustión controlada

- glicólisis
- cadena respiratoria
- ciclo de ácidos grasos
- glucosa6fosfato deshidrogenasa
- descarboxilación oxidativa del piruvato.

Como el ozono es un gas extremadamente reactivo e inestable, se plantea que los mecanismos de acción de este agente está relacionado con la generación de productos secundarios en su selectiva interacción con los dobles enlaces carbono-carbono presentes en los compuestos orgánicos que se encuentran en el plasma y en las membranas celulares. El ozono interacciona con los ácidos grasos polinsaturados, que están en un porcentaje elevado del organismo, generando peróxidos orgánicos, aldehídos, peróxidos de hidrógeno y ozónidos, los cuales en cantidades adecuadas y controladas ejercen diferentes acciones biológicas, confiriéndole al ozono una serie de propiedades terapéuticas:

- Mejora el metabolismo del oxígeno.
- Modula el estrés oxidativo biológico.
- Modula el sistema inmunológico.
- Interviene en la síntesis y/o liberación de autacoides.
- Regula el metabolismo.
- Efecto germicida.
- Antiagregante plaquetario.

Los variados efectos biológicos que genera la Ozonoterapia alcanzan resultados terapéuticos cuando el gas es aplicado a dosis adecuadas y por una vía no dañina para el organismo, no produciéndose reacciones adversas, ni daño genotóxico.

La amplia gama de los efectos que genera hacen posible su aplicación en diversas especialidades en la Medicina. En la medicina deportiva cada vez más se va generalizando su aplicación y esto se argumenta teniendo en cuenta que una de las propiedades biológicas más importantes del uso del ozono médico radica en su actividad moduladora del estrés oxidativo ya que induce una adaptación o un precondicionamiento, que a dosis controlada, mediante un estrés ligero y trasciende, puede estimular los mecanismos antioxidantes endógenos preparando al hospedero a enfrentar condiciones fisiopatológicas mediadas por especies reactivas del oxígeno.

El incremento de la actividad antioxidante ocurre a expensas de las enzimas antioxidantes tales como:

- Glutation Reducido
- Glutation Peroxidasa
- Superóxido dismutasa
- Catalasa
- Glutation Transferasas
- Glutation Reductasa
- Glucosa 6-Fosfato Deshidrogenasa
- Hemo Oxigenasa-1, entre otras.

La capacidad de los metabolitos del ozono para estimular las enzimas relacionadas con los procesos de oxidación-reducción es muy importante para aumentar la capacidad de protección de las células contra oxidantes agresivos y radicales libres. Los metabolitos del ozono interactúan con los principales procesos enzimáticos concatenados del sistema defensivo celular y lo estimulan significativamente. El último eslabón en la cadena defensiva contra los oxidantes es el Sistema Redox del Glutatión, el cual se activa notablemente por los metabolitos.

Otras enzimas del sistema defensivo básico como superóxido dismutasa, catalasa, glucosa-6-fosfato dehidrogenasa, etc. son también consecuentemente estimuladas. Ellas son responsables de la metabolización (inactivación) de aniones superóxido, peróxido de hidrógeno, peróxidos lipídicos, etc., así como para la reposición de equivalentes reducidos como NADPH+ y otros.

Además de estos mecanismos fisiológicos, se activan mecanismos moleculares ya que se estimula la cascada de señales, para activar factores de transcripción nuclear (NrF2), como expresión génica para la síntesis de nuevas enzimas antioxidantes; todo esto con la finalidad de regular el estrés oxidativo.

De este modo, la capacidad general de las células para defenderse de radicales y oxidantes resulta significativamente incrementada, y también su capacidad en la modulación del estrés oxidativo.

Entonces sería necesario meditar la necesidad de incluir la Ozonoterapia como instrumento protector de la salud del atleta, de esta manera se estimularían sistemas endógenos antioxidantes que brindarán defensa ante las agresiones bioquímicas de los Radicales Libres, a diferencia de los suplementos antioxidantes endógenos los cuales afectarán en estos endosistemas por atrofia de los mismos.

Además esta alternativa terapéutica resulta beneficiosa no sólo en la prevención de los daños ocasionados por el estrés oxidativo, sino además brinda la posibilidad de tratamiento de las lesiones que puedan producirse durante la actividad física, actuando como una herramienta complementaria y muy efectiva de los tratamientos convencionales de la medicina deportiva. Es ideal para acortar el tiempo de los periodos de restablecimiento, mejorar la calidad de recuperación final del paciente y su rendimiento post-lesión, algo que se traduce en aumentar el rendimiento del atleta. Como el ozono disminuye la liberación de los mediadores químicos que participan en la inflamación y el dolor, ejerce un potente efecto anti-inflamatorio y analgésico. Además, la cicatrización inducida por la oxígeno-ozonoterapia es mucho más elástica y blanda, por lo que es menos frecuente la repetición de la lesión, asegura periodos de restablecimiento más cortos y mejora la calidad de recuperación final. Además la ozonoterapia mejora el estado general del deportista, le devuelve su vitalidad y su estado anímico.

La lesión muscular es el proceso patológico más frecuente en las distintas disciplinas deportivas. Representa el 35-55% de todas las lesiones de deportistas. Condiciona gran

morbilidad e incapacita temporalmente para la práctica deportiva. Es muy importante para una buena respuesta biológica el aumento de vascularización en la zona de la lesión, la mejora del estado metabólico celular y el incremento del suministro de oxígeno en el lugar de la lesión, todo esto lo asegura la ozonoterapia. Esta brinda la posibilidad de tratamiento de las lesiones que puedan producirse durante la actividad física, actuando como una herramienta complementaria y muy efectiva de los tratamientos convencionales de la medicina deportiva.

El ozono por tanto, puede ser indicado en diversas afecciones, tales como:

1. Dolor durante la actividad física, dolor leve (incluso durante el reposo) e inflamación.
2. Fatiga muscular, es una enfermedad crónica en la que se presentan síntomas neuro-psiquiátricos, debilidad muscular, fatigabilidad, febrícula, sudoración nocturna y dolores musculares o articulares.
3. Distensión muscular sucede cuando un músculo es sometido a un estiramiento exagerado y se produce una ruptura parcial de alguna de sus fibras. Puede ser causa de un accidente, del uso inadecuado de un músculo o su utilización exagerada.
4. Desgarro muscular, ruptura aguda y completa de fibras musculares. Se produce como consecuencia de una contracción brusca del músculo, en el deportista que ha precalentado poco o no se entrenó lo suficiente.
5. Tendinitis, inflamación aguda de un tendón (estructura fibrosa que une el músculo con el hueso) y puede ser ocasionado por un traumatismo o por sobrecarga secundaria a una labor o práctica deportiva.
6. Esguince, lesión articular aguda, secundaria a una distensión violenta de la misma y caracterizada por daño a los ligamentos que le dan estabilidad.
7. Luxaciones, lesiones agudas secundarias a una distensión violenta que, además de causar la ruptura de la cápsula y los ligamentos de la articulación, provoca la separación de la superficie de los huesos que la conforman.

Como el ozono disminuye la liberación de los mediadores químicos que participan en la inflamación y el dolor, ejerce un potente efecto anti-inflamatorio y analgésico, por lo tanto, una de las principales vías de administración del ozono serán las infiltraciones intra-articulares, musculares, aplicaciones locales en bolsa y aceite ozonizado en caso de heridas.

Las vías sistémicas son las que directamente mejorarán el rendimiento deportivo del atleta y le protegerá de un desgaste excesivo del organismo. Autohemoterapia mayor, insuflación rectal, solución salina ozonizada y la insuflación vaginal.

Cabe destacar, que la ozonoterapia no tiene bio-marcadores en sangre que delaten su presencia en el organismo.

Las dosificaciones seguirán las pautas dadas en la Declaración de Madrid 2015.

## **Concentrados de Factores de Crecimiento en lesiones deportivas.**

La razón fundamental del uso del CGF ozonizado es la activación y estimulación de las células satélites musculares por mediación de los factores de crecimiento y otras citoquinas. Destaca por su efecto mediador el factor de crecimiento fibroblástico (FGF). El FGF es un componente crítico en la maquinaria de la regeneración muscular. Además, al igual que el PDGF (factor de crecimiento plaquetario), son componentes importantes para promover la arteriogénesis y miogénesis en el músculo lesionado, evitando la aparición de fibrosis o cicatriz en el lecho de la lesión y sí estimular la sustitución del tejido lesionado por las células del mismo linaje, es decir, regeneración.

## Indicaciones

### Fascitis tibial:

- ❖ Deportistas por sobrecarga (tipo compartimental)
- ❖ Afectación vascular, inflamatoria.
- ❖ Dolor cara anteromedial

Técnica del guante (enfisema) infiltrar 15 mL de ozono a 15 µg/mL



### Bursitis del semimembranoso y anserina

5 mL a (10-15) µg/mL







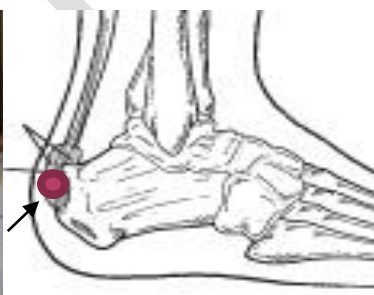
### **Bursitis iliotibial**

5 mL de ozono a 20  $\mu\text{g}/\text{mL}$



### **Bursa prepatelar e inserción tendinosa**

Aplicar (5-10) mL a (10 – 15)  $\mu\text{g}/\text{mL}$



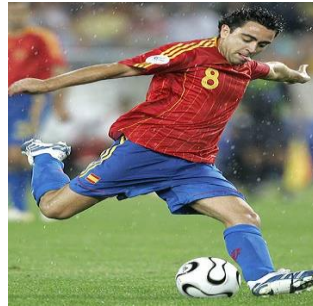
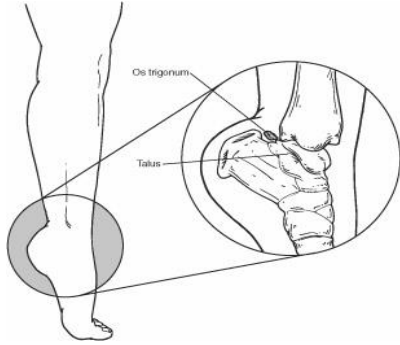
### **Bursitis retroaquilea**

5 mL de ozono a 20  $\mu\text{g}/\text{mL}$



### **Síndrome del seno del tarso**

2-3 mL de ozono a (20-30)  $\mu\text{g}/\text{mL}$



### Síndrome de la cola del astrálogo.

2-3 mL de ozono a (20-30)  $\mu\text{g}/\text{mL}$



### Haglund

3-5 mL de ozono a (10-15)  $\mu\text{g}/\text{mL}$

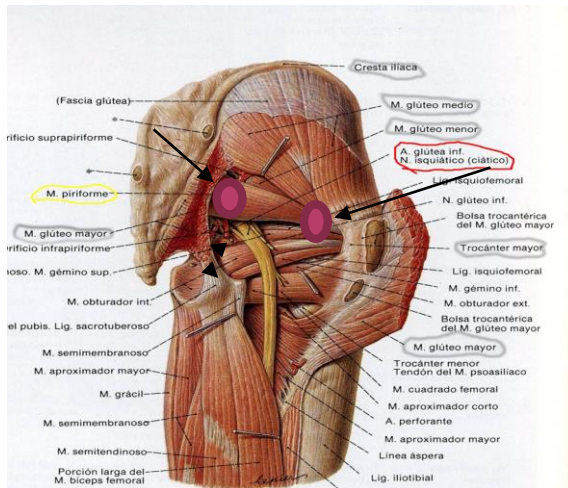


### Osteopatía dinámica del pubis

Infiltrar la sínfisis púbica con 10 mL de ozono a (15-20)  $\mu\text{g}/\text{mL}$

- Deportistas: futbol
- Sobrecarga.

- Desequilibrio entre musculatura abdominal y ADD.
- Entesitis ADD o rectos y oblicuos.
- Compromiso del conducto inguinal.



### Síndrome pyramidal

10 mL de ozono a (15-20) µg/mL

- Deportistas: Corredores
- Dolor nalga irradiado.
- Frecuentemente No diagnosticado
- Diagnostico diferencia con discopatías
- Pasa entre nervios y vasos: ciático, glúteos y pudendos
- Causa: contractura muscular, compresión de estructuras vasculo-nerviosas.