

# 1.1 Entrenar los intestinos

## 1.1.1 Los estudios y el mundo real

Si bien las recomendaciones son relativamente claras, los futbolistas no pueden seguirlas o directamente no las siguen. Entonces parece que hay una desconexión entre el resultado de los estudios controlados en laboratorio y los de campo en hombres entrenados moderadamente y la situación real del día del partido. Esto no significa que los resultados de los estudios no son válidos, solo quiere decir que debemos encontrar mejores maneras de implementarlos en las situaciones de la vida real.

Los deportistas a menudo subestiman la importancia del tracto gastrointestinal. Especialmente durante el ejercicio prolongado, el suministro de líquido exógeno y las fuentes de carbohidratos pueden ser críticos para el desempeño (Jeukendrup, 2011a).

En el fútbol, se ha demostrado que la ingesta de carbohidratos debería ser de alrededor de 75 g durante los partidos y la ingesta de líquidos debería ser suficiente para minimizar las pérdidas de líquido al 2 % del peso corporal. En la práctica, los futbolistas no alcanzan estas metas (Anderson et al., 2017). La ingesta de carbohidratos al jugar los partidos fue de aproximadamente 30 g/h en la mayoría de los jugadores de Liverpool FC y cuatro jugadores consumieron menos de 30 g/h. La razón que más se esgrime está relacionada con síntomas gastrointestinales como hinchazón y, a veces, cólicos y vómitos. De hecho, estos son síntomas comunes en el deporte (de Oliveira, Burini y Jeukendrup, 2014). Durante el ejercicio intermitente de alta intensidad puede inhibirse el vaciamiento gástrico (Leiper, Prentice, Wrightson y Maughan, 2001) y el flujo sanguíneo puede desviarse del tracto gastrointestinal y esto, a su vez, puede afectar la función del tracto gastrointestinal. Como resultado, se puede desarrollar una variedad de síntomas gastrointestinales, pero además se verá afectada la provisión de nutrientes. Los estudios generalmente observan ciertos aspectos de la nutrición deportiva de manera aislada. Por ejemplo, durante muchos años, la composición óptima de una bebida deportiva se estudiaba mirando los marcadores de hidratación. Se estableció que era necesaria una bebida con un nivel bajo de carbohidratos y algo de sodio para optimizar la provisión de líquido. En base a estos resultados, se desarrollaron bebidas deportivas que eran isotónicas, soluciones con carbohidratos al 6-7 % y contenían alrededor de 20 mmol/l de sodio (los estudios demostraron que más sería mejor, pero esto redujo demasiado la palatabilidad). Otros estudios investigaron la provisión de carbohidratos y la medición resultante aquí fue la oxidación de los carbohidratos exógenos. Estos estudios generalmente descubrieron que las tasas de ingesta de carbohidratos superiores produjeron mayores tasas de oxidación de carbohidratos exógenos, pero como la cantidad de líquido que se pudo consumir cómodamente fue relativamente pequeña, las concentraciones de

carbohidratos de la solución fueron mayores que las bebidas de rehidratación (de 10 a 18 % en promedio). Claro que en un contexto del mundo real deben considerarse tanto los requerimientos de líquido como de carbohidratos y no solo los resultados de los estudios de hidratación o solo los resultados de los estudios de oxidación de carbohidratos. Se debe decidir qué es más importante: la provisión de líquido o la provisión de carbohidratos. Para el fútbol, probablemente esta es una pregunta fácil de responder: hay estudios que demuestran que los jugadores pierden cantidades de líquido relativamente pequeñas durante los partidos (<2 a 3% en condiciones climáticas moderadas a cálidas), pero las necesidades de carbohidratos son relativamente altas (los estudios sugieren que se deben ingerir al menos 60 g para ver beneficios en el desempeño). De este modo, proporcionar carbohidratos puede ser más importante que proporcionar líquidos. Cuando las condiciones se vuelvan más cálidas y aumenten las pérdidas de líquido, la necesidad de carbohidratos seguirá siendo igual (o aumentará levemente) y aumentará la necesidad de líquidos. La ingesta de carbohidratos según la tasa recomendada ya es desafiante para los jugadores (como lo demostró la ingesta inferior que se observa normalmente) y agregar líquidos solo hará que sea más difícil de ejecutar.

Sin embargo, está claro que el tracto intestinal es altamente adaptable y se ha sugerido que el entrenamiento especializado del tracto intestinal puede mejorar la provisión de nutrientes durante el ejercicio mientras alivia algunos de los síntomas (o todos estos) (Jeukendrup, 2011b). Este entrenamiento a veces denominado “entrenar los intestinos” ha recibido relativamente poca atención en la bibliografía, pero fue revisado recientemente (Jeukendrup, 2011b) y ahora está incorporándose a la rutina diaria de muchos deportistas. Este podría ser un aspecto importante de la provisión de carbohidratos y líquidos especialmente antes y durante el partido de modo que los jugadores puedan seguir las recomendaciones sin ningún efecto negativo de la ingesta de carbohidratos y líquido.

## **1.1.2 Problemas gastrointestinales**

Los problemas gastrointestinales son muy comunes entre los deportistas y el 30 a 50 % de todos ellos experimentan dichos problemas de manera regular (de Oliveira et al., 2014). Los futbolistas sufren estos problemas con menor frecuencia que, por ejemplo, los maratonistas o los participantes de triatlones, pero aún es un problema que se informa con frecuencia.

Algunas de las molestias más comunes en los futbolistas son eructos, dolor abdominal, reflujo gastroesofágico (o ardor estomacal) e hinchazón (síntomas del tracto gastrointestinal superior) (Figura 1). Son un poco menos comunes los cólicos abdominales, la flatulencia aumentada, las heces blandas o incluso la diarrea sanguinolenta y los vómitos (síntomas del

tracto gastrointestinal inferior). Hay una tercera categoría de síntomas que no se pueden clasificar como problemas gastrointestinales del tracto superior o inferior, pero podrían estar relacionados con el tracto gastrointestinal (por ejemplo, punzadas, náuseas, mareos). (Jeukendrup, 2016, <https://bit.ly/2gfipb2>)

**Figura 1: Los síntomas gastrointestinales se pueden dividir en tres categorías:**

Síntomas gastrointestinales superiores	Síntomas gastrointestinales inferiores	Otros
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eructos</li> <li>• Ardor estomacal</li> <li>• Hinchazón</li> <li>• Cólicos</li> <li>• Ganas de vomitar</li> <li>• Vómitos</li> <li>• Síntomas gastrointestinales inferiores</li> <li>• Flatulencias</li> <li>• Ganas de defecar</li> <li>• Cólicos intestinales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flatulencias</li> <li>• Ganas de defecar</li> <li>• Cólicos intestinales</li> <li>• Heces blancas</li> <li>• Diarrea</li> <li>• Hemorragia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Náuseas</li> <li>• Mareos</li> <li>• Punzadas</li> </ul>

Fuente: Jeukendrup, 2016, <https://bit.ly/2gfipb2>

Las causas aún se desconocen en gran medida, pero aparentemente en parte están determinadas genéticamente y son altamente individuales (de Oliveira et al., 2014). Probablemente los mecanismos son diferentes para los problemas gastrointestinales del tracto superior y el inferior. Es más probable que los síntomas ocurran y se exacerben debido a las condiciones climáticas y la deshidratación (de Oliveira et al., 2014). Si bien no siempre se encuentra un vínculo con la ingesta nutricional, se ha descubierto que ciertas prácticas pueden estar correlacionadas con la incidencia de problemas gastrointestinales: la ingesta de fibras, de grasa y las soluciones con carbohidratos altamente concentrados parecen aumentar la prevalencia de los problemas gastrointestinales. (Jeukendrup, 2017, <https://bit.ly/2soS2oQ>)

Actualmente, las causas de los síntomas gastrointestinales no se comprenden completamente. Los síntomas son difíciles de investigar porque a veces son impredecibles y muy difíciles de reproducir o simular en el laboratorio. Sin embargo, se han realizado algunos estudios de laboratorio, y los estudios de

campo han relacionado los síntomas con la ingesta nutricional y otros factores. A partir de estos estudios se han identificado varias causas y contribuyentes potenciales, y se pueden dividir en 3 categorías generales (Figura 2):

- (1) fisiológicas
- (2) mecánicas y
- (3) nutricionales.

**Figura 2: Causas de los problemas gastrointestinales**



Fuente: Jeukendrup, 2016, <https://goo.gl/AYHoQD>

### **Causas fisiológicas**

Las causas fisiológicas de los síntomas gastrointestinales incluyen el flujo sanguíneo reducido y la ansiedad aumentada (especialmente antes de los partidos). Con el ejercicio, el flujo sanguíneo se redirige preferencialmente a los músculos que trabajan y el flujo sanguíneo hacia los intestinos puede reducirse hasta un 80%. Ese suministro de sangre reducido puede comprometer la función intestinal en varios grados y puede causar síntomas gastrointestinales comúnmente experimentados como los cólicos. En los casos graves, incluso se puede producir una lesión en el intestino grueso como resultado del suministro inadecuado de sangre (colitis isquémica). Si bien con el entrenamiento esta reducción del flujo sanguíneo se

vuelve menos pronunciada, no hay pruebas claras de que los individuos menos entrenados sean más propensos a desarrollar síntomas como resultado de la reducción del flujo sanguíneo hacia los intestinos. La ansiedad tiene un efecto en la secreción hormonal que a su vez puede afectar el movimiento intestinal, lo cual produce una absorción incompleta y heces blandas.

### **Causas mecánicas**

Las causas mecánicas de los problemas gastrointestinales están relacionadas con el impacto o la postura. Se cree que esto es resultado de los mecanismos de alto impacto repetitivos al correr y el daño posterior a las paredes intestinales.

### **Causas nutricionales**

Finalmente, la nutrición puede tener una fuerte influencia en el malestar gastrointestinal. La fibra, la grasa, la proteína y la fructosa se han asociado a un mayor riesgo de desarrollar síntomas gastrointestinales. La deshidratación, posiblemente como resultado de una ingesta inadecuada de líquido, también puede exacerbar los síntomas. Es probable que especialmente las bebidas hipertónicas con alta densidad (osmolaridades >500 mOsm/l) causen molestias. Si bien se han identificado algunos factores de riesgo, todavía no queda claro por qué algunos individuos parecen ser más propensos a desarrollar problemas gastrointestinales que otros.

Para minimizar el malestar gastrointestinal, se deben tener en cuenta todos estos factores de riesgo y se deben seguir varias directrices:

### **Evitar los alimentos con alto contenido de fibra**

Evitar los alimentos con alto contenido de fibra el día del partido, posiblemente también el día anterior al partido. Para el deportista en entrenamiento, una dieta con fibra adecuada ayudará a mantener la regularidad intestinal. Sin embargo, como la fibra no es digerible, cualquier fibra que se coma básicamente pasa a través del tracto intestinal. No es conveniente un aumento de los movimientos intestinales durante el ejercicio ya que también pueden acelerar la pérdida de líquido. Además, la fibra adicional puede generar una producción innecesaria de gas que a su vez puede causar cólicos y malestar gastrointestinal. Especialmente para esos individuos que son propensos a desarrollar síntomas gastrointestinales, se recomienda una ingesta reducida de fibras en el día del partido o, en casos extremos, uno o dos días antes de un partido. Esto esencialmente significa seleccionar alimentos refinados procesados, como pasta regular, arroz blanco y roscas simples

en lugar de pan integral, cereales con alto contenido de fibra, copos de avena y arroz integral. Hay que prestar atención al contenido de fibra en las etiquetas de los alimentos. La mayoría de las frutas y los vegetales tienen alto contenido de fibra pero hay algunas excepciones: calabacines, tomates, aceitunas, uvas y pomelos, todos tienen menos de un gramo de fibra por porción.

### **Evitar la aspirina y los medicamentos antiinflamatorios no esteroideos (AINE)**

Evitar la aspirina y los medicamentos antiinflamatorios no esteroideos (AINE) como el ibuprofeno. Se ha demostrado que tanto la aspirina como los AINE aumentan la permeabilidad intestinal y pueden aumentar la incidencia de los malestares gastrointestinales. Se debería desalentar el uso de AINE en el período previo a la carrera.

### **Evitar productos lácteos**

Algunos jugadores pueden tener una leve intolerancia a la lactosa que no los afecta durante la vida normal, pero en los días del partido, con la ansiedad de ese día en combinación con el ejercicio, la intolerancia leve a la lactosa puede volverse sintomática. Evite los lácteos que contengan lactosa al evitar la leche totalmente o reemplazarla con leche deslactosada. Las leches de soja, arroz y almendras no contienen lactosa (aunque muchas de esas bebidas tampoco contienen proteína).

### **Evitar alimentos que solo contienen fructosa**

Evite los alimentos con alto contenido de fructosa (en particular las bebidas que tienen fructosa exclusivamente). La fructosa no solo se encuentra en la fruta, sino también la mayoría de los dulces procesados, caramelos, galletitas, etc. en forma de jarabe de maíz de alta fructosa. Algunos jugos de fruta son casi puramente fructosa. Los intestinos absorben la fructosa más lentamente ya que la tolerancia a la fructosa es mucho menor que la glucosa (puede provocar cólicos, heces blandas y diarrea). Si la fructosa se ingiere en combinación con la glucosa, es poco probable que esto cause problemas e incluso puede tolerarse mejor.

### **Evitar la deshidratación**

Como la deshidratación puede exacerbar los síntomas gastrointestinales es importante evitarla. Comenzar la carrera bien hidratado.

### **Entrenar los intestinos**

Entrenar los intestinos es otra práctica que puede ayudar a prevenir los problemas gastrointestinales. Si los intestinos de un jugador se adaptan a los alimentos consumidos durante un

partido, es poco probable que tenga problemas de estómago. (Jeukendrup, 2016, <https://bit.ly/2gfipb2>)

“Se cree que entrenar los intestinos puede aliviar algunos de estos síntomas, quizás al mejorar el vaciamiento gástrico, la percepción de saciedad (hinchazón reducida), la tolerancia mejorada a volúmenes más grandes y la absorción más rápida que causa menos volumen residual y menores cambios osmóticos (de Oliveira et al., 2014)”. (Jeukendrup, 2017, <https://bit.ly/2soS2oQ>)

### 1.1.3 Vaciamiento gástrico

El vaciamiento gástrico es un paso importante para la provisión de carbohidratos exógenos y líquidos al músculo en funcionamiento. De manera anecdótica, los deportistas se quejan de que las bebidas se acumulan en el estómago y se sienten hinchados, especialmente durante el ejercicio de alta intensidad (Neufer, Young y Sawka, 1989) o muy prolongado en condiciones climáticas calurosas. La deshidratación puede contribuir con este fenómeno y empeorar las quejas (Neufer et al., 1989; Rehrer, Beckers, Brouns, ten Hoor y Saris, 1990). (Jeukendrup, 2017, <https://bit.ly/2soS2oQ>)

En el fútbol, los jugadores generalmente se quejan de la hinchazón especialmente si acaban de consumir una comida o alimentos deportivos antes de un partido o el entrenamiento intenso.

Después de la ingesta, el alimento generalmente tarda de 1 a 4 horas en abandonar el estómago. La velocidad depende del contenido y el volumen de la comida. La movilidad gástrica y la secreción son en cierta medida automáticas. La contracción del estómago aumenta la presión intragástrica para empujar el alimento (ahora llamado quimo) a través del esfínter pilórico. Dichas contracciones son iniciadas por las células marcapasos en la pared estomacal. El vaciamiento gástrico luego es controlado por una variedad de señales (ya sean nerviosas u hormonales) directamente desde el estómago hasta el duodeno. Un aumento en la cantidad de alimento relaja el esfínter pilórico y aumenta el vaciamiento gástrico. Las señales de la primera parte del intestino (duodeno) proporcionan retroalimentación negativa e inhiben el vaciamiento gástrico. El duodeno contiene receptores que pueden detectar acidez, distensión del duodeno, osmolaridad y posiblemente carbohidratos, grasa y proteína. Cuando se estimulan estos receptores, se inicia el reflejo enterogástrico, lo cual aumenta la contracción del píloro. Este mecanismo evita la descarga de una cantidad excesiva de quimo en el intestino delgado. La llegada demasiado rápida del quimo

al intestino no daría el tiempo suficiente para que ocurran la digestión y la absorción, y también implicaría la pérdida de algunos nutrientes en las heces. Existen diferencias considerables en la tasa de vaciamiento gástrico entre individuos. Algunas personas pueden evacuar entre un 70 % a un 80 % de una solución en 15 minutos, mientras que otras evacúan solo de un 20 % a un 30 % de esa misma solución en 15 minutos. Las razones para estas diferencias individuales se desconocen pero se ha sugerido que la dieta es un factor importante. El tracto gastrointestinal posiblemente se adapta a la ingesta de ciertos nutrientes, y una ingesta de grasa alta habitual puede generar una tasa alta de vaciamiento gástrico de grasa. Independientemente de los mecanismos, destacan la importancia de las recomendaciones de ingestas de líquido individuales.

Se ha sugerido que los siguientes factores afectan el vaciamiento gástrico:

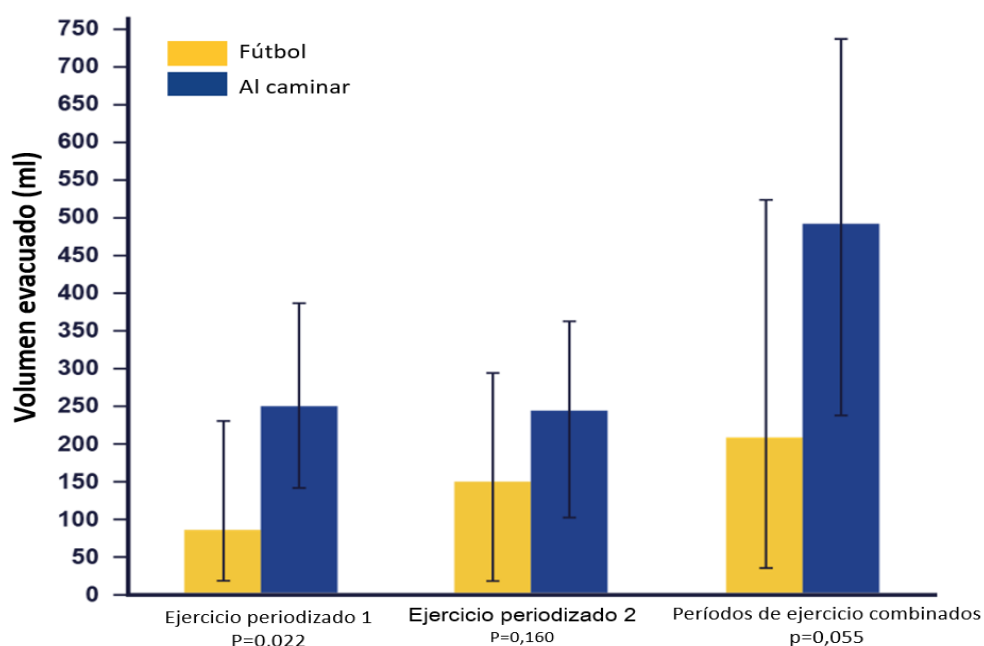
- el olor y la visión del alimento,
- pensar en el alimento,
- el volumen de una bebida,
- la densidad energética de una bebida,
- la temperatura de una bebida,
- la osmolaridad de una bebida,
- la temperatura corporal y la deshidratación,
- el tipo de ejercicio,
- la intensidad del ejercicio,
- el género y
- el estrés psicológico y la ansiedad (Jeukendrup y Gleeson 2018, <https://bit.ly/2LC9XB7>)

Durante el ejercicio la tasa de vaciamiento gástrico puede desacelerarse, aunque esto solo puede pasar durante el ejercicio de muy alta intensidad. Por debajo del 80 % de  $VO_2$  máximo, aparentemente la intensidad del ejercicio no afecta la tasa de vaciamiento gástrico. Con una intensidad superior al 80 % de  $VO_2$  máximo, puede producirse una reducción en la provisión de líquido y nutrientes al intestino delgado (Costill y Saltin, 1974; Sole y Noakes, 1989). Desde un punto de vista práctico, sin embargo, esta reducción puede no ser importante porque las intensidades del ejercicio superiores al 80 % de  $VO_2$  máximo son generalmente de menor duración y, por lo tanto, el suministro de carbohidratos y líquido durante el ejercicio no es importante. Comer y beber sería difícil de cualquier manera a estas intensidades debido a la hiperventilación inducida por el ejercicio.

El vaciamiento gástrico de líquidos se ralentiza durante el ejercicio de alta intensidad breve e intermitente en comparación con el descanso o el ejercicio moderado de estado constante

(Leiper, Broad y Maughan, 2001). El vaciamiento gástrico medido después de un partido de fútbol de salón de cinco jugadores disminuyó a pesar de que la intensidad promedio fue solo del 54 % al 63 % de  $VO_2$  máximo (Leiper, Prentice et al., 2001) (Figura 3). Las series relativamente cortas de ejercicio de intensidad muy alta claramente fueron suficientes para reducir el vaciamiento gástrico. (Jeukendrup y Gleeson 2018, <https://bit.ly/2LC9XB7>)

**Figura 3: Vaciamiento gástrico durante un partido de fútbol y al caminar. Hay una clara reducción en el volumen evacuado durante un partido fútbol**



Valores de probabilidad entre ensayos

Valores de probabilidad entre periodos: Prueba de fútbol P=0,41; Prueba al caminar P=1,00

Fuente: Leiper, Prentice y cols., 2001. <https://bit.ly/2AIT17K>

Se habla mucho acerca de las bebidas isotónicas y la osmolalidad siempre se ha considerado un factor importante en el control de la tasa de vaciamiento gástrico. Una bebida con osmolalidad alta aumentará las secreciones gástricas pero también las secreciones en el intestino y esto compensará la provisión de líquido. Por lo tanto, la osmolaridad es un factor importante a tener en cuenta al seleccionar una bebida para ingerir durante el ejercicio. Una osmolaridad mayor puede reducir el vaciamiento gástrico y reducir la absorción de agua.

Pero la osmolaridad y la concentración de carbohidratos simples están relacionadas, y a veces es difícil separar los efectos de la osmolalidad de los del contenido de carbohidratos. Un alto contenido energético o de carbohidratos generalmente está relacionado con una osmolaridad alta, y los efectos de la concentración y la osmolaridad, por consiguiente, son difíciles

de distinguir. Sin embargo, los estudios sugieren que aunque la osmolaridad reduce la tasa de vaciamiento gástrico, este factor no es importante en las bebidas con osmolaridades en el rango de 200 a 400 mOsm/l (Brouns, Senden, Beckers y Saris, 1995), esto incluye a la mayoría de las bebidas deportivas comunes. La osmolaridad posiblemente se vuelve más importante en la bebidas con osmolaridades extremadamente altas (>500 mOsm/l).

Existen varios factores que realmente pueden desacelerar el vaciamiento gástrico. La densidad energética es uno de ellos. Mientras mayor es la densidad energética, más lento es el vaciamiento gástrico. No queda claro si este efecto es un efecto de la densidad energética per se o de los nutrientes específicos. Varios nutrientes ejercen un fuerte efecto inhibitorio en el vaciamiento gástrico. Por ejemplo, la grasa es un fuerte inhibidor del vaciamiento gástrico. Sin embargo, al aumentar el contenido de carbohidratos o proteína de una bebida, también se frena el vaciamiento gástrico. Las soluciones de carbohidratos/electrolitos con 2% de carbohidratos ya muestran una tendencia a evacuarse más lentamente que el agua (Vist y Maughan, 1994), pero las soluciones de 8% o más inhiben de manera más considerable el vaciamiento gástrico. El contenido energético de la solución es un factor más importante que la osmolaridad (Vist y Maughan, 1995). El efecto de la temperatura de la comida o la bebida probablemente no es importante a nivel fisiológico. Lambert, Ball, Leiper, and Maughan (1999) demostraron que después de la ingesta de una bebida con contenido de  $^2\text{H}_2\text{O}$ , la acumulación de deuterio ( $^2\text{H}$ ) en el plasma fue similar en bebidas con distintas temperaturas. El vaciamiento gástrico no fue diferente a pesar de las diferencias en la temperatura de la bebida. Este estudio refleja los hallazgos en la bibliografía que, generalmente, no ha encontrado que la temperatura de la comida tenga un impacto en la tasa de vaciamiento gástrico a menos que se utilicen bebidas extremadamente frías o calientes.

El estrés y la ansiedad pueden reducir la motilidad gastrointestinal y la tasa de vaciamiento gástrico. Esta reducción en la tasa de vaciamiento gástrico generalmente está relacionada con cambios en las concentraciones de hormonas circulantes debido al estrés. Algunas de estas hormonas (por ejemplo, la epinefrina) también reducen el flujo sanguíneo hacia el tracto gastrointestinal.

Además de los factores mencionados anteriormente, otros factores pueden afectar el vaciamiento gástrico. Los estudios en condiciones climáticas calurosas han demostrado que la deshidratación y la hipertermia pueden causar una

desaceleración del vaciamiento gástrico (Neufer et al., 1989; Rehrer et al., 1990). Como los individuos de estos estudios se deshidrataron y se pusieron hipertérmicos al mismo tiempo, no es posible determinar cuáles fueron los mecanismos y si la deshidratación, la hipertermia o una combinación de las dos fue responsable de la tasa reducida de vaciamiento gástrico. (Jeukendrup y Gleeson 2018, <https://bit.ly/2LC9XB7>)

Las mujeres tienen tasas de vaciamiento gástrico ligeramente más lentas que los hombres, aunque parecen aumentar un poco durante la ovulación. Curiosamente, se ha informado que las mujeres son más propensas a las molestias gastrointestinales después del ejercicio de resistencia prolongado. Este hallazgo podría estar relacionado con una tasa de vaciamiento gástrico más lenta.

Es posible que la variación entre individuos en el vaciamiento gástrico esté relacionada con la dieta y el “entrenamiento del estómago”. La siguiente sección discutirá la “entrenabilidad” del estómago.

#### **1.1.4 “Entrenamiento del estómago”**

Existe, sin embargo, pruebas anecdóticas de que el estómago se puede adaptar a la ingesta de grandes volúmenes de líquido, sólidos o combinaciones de estos (Jeukendrup, 2017). Por ejemplo, se sabe que los participantes serios en las competencias de comidas “entrenan” su estómago para retener volúmenes más grandes de alimentos con menos malestar y, a través del entrenamiento regular, son capaces de comer volúmenes de alimento en 10 minutos que son impensables para la persona promedio no entrenada. El récord actual de todos los tiempos es de 69 perros calientes en 10 minutos. Para lograrlo, los participantes entrenan mediante una variedad de métodos: masticar pedazos enormes de chicle por períodos más largos, extensión del estómago mediante la ingesta de líquidos o de los alimentos de la competencia (Jeukendrup, 2017). Los volúmenes se van aumentando progresivamente y se tardan varias semanas en alcanzar el nivel en donde estos participantes pueden ser competitivos. Esto demuestra la adaptabilidad del estómago. Realizar este “entrenamiento del estómago” tiene dos efectos principales: 1. El estómago se puede extender para que contenga más alimento y 2. se puede tolerar mejor un estómago lleno y no se percibe que el estómago esté tan lleno. Ambos aspectos pueden ser ventajosos en una situación de ejercicio.

Las directrices actuales recomiendan ingestas de líquido durante el ejercicio que eviten el 2 % de deshidratación (2 % del peso corporal). Especialmente en los deportistas entrenados y en condiciones climáticas calurosas, cuando las tasas de sudor son altas, la ingesta recomendada de líquido puede ser considerable. Dichas ingestas pueden causar malestar y, en algunos casos, problemas intestinales. Por lo tanto, los deportistas generalmente están manejando el bienestar gastrointestinal, por un lado, y la hidratación además de la provisión de carbohidratos, por el otro. Se recomienda entrenar estas ingestas mayores para que haya menos malestar y se reduzcan las probabilidades de molestias gastrointestinales (Jeukendrup, 2013, 2014; Jeukendrup, 2011b). Desafortunadamente, tenemos muy pocos estudios que han investigado directamente dichos efectos del “entrenamiento nutricional del estómago”.

Lambert y cols. (2008) mostraron que los corredores entrenados eran capaces de tolerar cómodamente la solución de carbohidratos y electrolitos ingerida a una tasa aproximadamente igual a sus tasas de sudor durante 90 minutos de carrera a 65 % de  $\text{VO}_2$  máximo (máxima captación de oxígeno) en un entorno de  $\sim 25$  °C y 30 % de humedad relativa. Cuando estos corredores ingirieron este volumen de líquido por primera vez les causó mucho malestar. Curiosamente, los investigadores observaron que el bienestar del estómago mejoraba considerablemente a lo largo del tiempo al practicar estas ingestas altas. Cabe notar que este bienestar mejorado ocurrió sin cambios medibles en la tasa de vaciamiento gástrico (Lambert et al., 2008). Quizás el estómago se adaptó al extender las paredes estomacales, lo cual permitió un mayor espacio para líquido. Esto probablemente reduciría las sensaciones de malestar de estómago y reduciría el estímulo para el vaciamiento gástrico más rápido. Especialmente para los atletas que experimentan malestar gastrointestinal incluso al ingerir volúmenes relativamente pequeños, entrenar la ingesta de volúmenes más grandes podría ser una estrategia efectiva para evitar estos problemas en las carreras.

Los estudios también han demostrado que el vaciamiento gástrico de carbohidratos se puede acelerar al aumentar la ingesta alimentaria de ese carbohidrato (Jeukendrup, 2017). Cunningham, Horowitz y Read (1991) suplementaron la dieta de dos grupos de voluntarios con 400 g de glucosa por día durante 3 días. El tiempo de vaciamiento medio ( $t_{1/2}$ ) para la comida de la prueba de glucosa fue significativamente más rápido después de que la dieta estándar fuera suplementada con glucosa en comparación con la dieta estándar sin suplementación alguna

(mediana y rango, 20,7 [4,6 a 36,8] frente a 29,1 [19,8 a 38,4] min). Curiosamente, el vaciamiento gástrico de una bebida con proteína no presentó cambios (mediana y rango, 18,0 [12,5 a 23,6] frente a 16,1 [9,6 a 22,7] min). Los autores concluyeron que la adaptación específica de los mecanismos regulatorios del intestino delgado para el vaciamiento gástrico de soluciones de nutrientes puede ocurrir en respuesta a los aumentos en la carga alimentaria. Este cambio puede ocurrir muy rápidamente, en cuestión de días. Otro estudio demostró que al suplementar una dieta estándar con 440 g de glucosa por día durante 4 a 7 días se aceleró el vaciamiento gástrico de la glucosa y la fructosa (tiempo promedio  $82 \pm 8$  contra  $106 \pm 10$  min para la glucosa y  $73 \pm 9$  contra  $106 \pm 9$  min para la fructuosa) (Horowitz, Cunningham, Wishart, Jones y Read, 1996). Las concentraciones de polipéptido inhibidor gástrico del plasma fueron superiores durante la dieta suplementada con glucosa y, por lo tanto, los autores concluyeron que el vaciamiento gástrico de la glucosa y la fructosa se aceleraron probablemente como resultado de la inhibición reducida de la retroalimentación de los receptores luminales intestinales (Horowitz et al., 1996).

Otro estudio mostró que la ingesta diaria de 120 g de fructosa durante 3 días aceleró el vaciamiento gástrico de la fructosa pero no de la glucosa (Yau, McLaughlin, Maughan, Gilmore y Evans, 2014). Parece que la duración relativamente corta de la manipulación alimentaria (3 días) fue suficiente para causar adaptaciones en el vaciamiento gástrico.

Tales observaciones no son específicas para los carbohidratos. Los estudios han demostrado que una dieta con mayor contenido de grasa estimuló el vaciamiento gástrico. Cunningham, Daly, Horowitz y Read (1991) demostraron que el vaciamiento gástrico de la comida de una prueba se aceleró después de 7 días de una dieta con alto contenido de grasa (258 g/día). Las reducciones en el  $t_{1/2}$  de una comida de prueba en respuesta a la intervención tuvieron relevancia después de 14 días. Después de 4 días, se observaron tendencias similares pero no alcanzaron relevancia estadística. Esto sugiere que las adaptaciones a la grasa en la dieta pueden ser más lentas que las respuestas a los carbohidratos. Castiglione y cols. (2002) demostraron una adaptación similar después de 14 días de una dieta con alto contenido de grasa y se informó que estos efectos fueron altamente específicos para las grasas y una comida con carbohidratos se evacuó a la misma tasa antes y después de una dieta con alto contenido de grasa.

Probablemente las adaptaciones se explican a través de la desensibilización de receptores de nutrientes y la inhibición

reducida del vaciamiento gástrico. Sin embargo, también es posible que una absorción aumentada genere una exposición reducida de los receptores a los nutrientes. Como veremos en las siguientes secciones, también hay pruebas que indican la absorción aumentada de nutrientes en respuesta a los cambios en la dieta.

En resumen, los estudios han demostrado claramente que los desafíos nutricionales específicos generan adaptaciones específicas del vaciamiento gástrico a ese desafío. Por ejemplo, una ingesta alimentaria aumentada de glucosa aumentará el vaciamiento gástrico de glucosa pero no de proteína, y un aumento en la ingesta de grasa en la dieta generará un vaciado gástrico más rápido de grasas pero no de carbohidratos. Muy pocos estudios han entrenado específicamente los intestinos para mejorar la tolerancia y el vaciamiento gástrico durante el ejercicio pero los resultados, en general, se ven prometedores. Se observaron efectos después de 3 días de manipulaciones alimentarias. (Jeukendrup, 2017, <https://bit.ly/2soS2oQ>)

En el fútbol, este tipo de entrenamiento del “estómago” puede ayudar al jugador que no toma carbohidratos o líquidos antes y durante el partido por miedo al malestar gastrointestinal.