

pero continúan generando impulsos con menor frecuencia mediante la estimulación prolongada. Las temperaturas por debajo de 10 °C y arriba de 48 °C estimulan principalmente a nociceptores, no a termorreceptores, con lo que se producen sensaciones dolorosas.

Sensaciones de dolor

El dolor es indispensable para la supervivencia. Desempeña una función protectora al indicar la presencia de factores nocivos, que producen daño en los tejidos. Desde el punto de vista médico, la descripción subjetiva y el señalamiento del sitio de dolor ayudan a identificar la causa de la enfermedad correspondiente.

Los **nociceptores**, o receptores del dolor, son terminaciones nerviosas libres presentes en todos los tejidos, con excepción del encéfalo (véase fig. 15.2). Pueden activarlos estímulos térmicos, mecánicos o químicos intensos. La irritación o lesión tisulares producen la liberación de sustancias, como las prostaglandinas, cininas e incluso iones potasio (K^+), que estimulan a los nociceptores. Es factible que el dolor persista incluso después de que se interrumpe el estímulo que lo causó, debido a la persistencia de los compuestos mediadores de dolor y a que los nociceptores se adaptan poco o no lo hacen en absoluto. Entre los factores que producen dolor se cuentan la distensión o dilatación excesivas de una estructura, contracciones musculares prolongadas, espasmos musculares o isquemia (flujo sanguíneo insuficiente a un órgano).

Tipos de dolor

Hay dos tipos de dolor: rápido y lento. La percepción del **dolor rápido** ocurre con suma prontitud, por lo común 0.1 s después de que se aplica un estímulo, ya que los impulsos nerviosos se conducen por axones miélinicos de diámetro intermedio, las llamadas fibras A delta. También se conoce como dolor agudo o punzante. Los ejemplos abarcan el dolor que se siente con la punción de una aguja o al cortarse la piel con un cuchillo. El dolor rápido no se siente en tejidos profundos. En contraste, la percepción del **dolor lento** comienza 1 s o más después de aplicado el estímulo y su intensidad aumenta gradualmente a lo largo de segundos o minutos; sus impulsos se conducen por fibras C amielínicas de diámetro pequeño. Este tipo de dolor, que puede ser insoportable, también se conoce como dolor crónico, urente, sordo y continuo, o punzante, y puede ocurrir en la piel y en tejidos profundos u órganos internos. Un ejemplo es el dolor de muelas. La diferencia en el inicio de los dos tipos de dolor se percibe mejor cuando se lesiona una parte corporal distante del encéfalo, ya que la distancia de conducción de impulsos es mayor. Por ejemplo, cuando un dedo del pie tropieza con una piedra, primero ocurre la sensación aguda del dolor rápido y luego la sensación sorda y continua del dolor lento.

El dolor que surge de la estimulación de receptores de la piel se llama **dolor somático superficial**, y el que resulta de la estimulación de receptores de los músculos, articulaciones, tendones y aponeurosis, **dolor somático profundo**. El

dolor visceral se debe a la estimulación de nociceptores en las vísceras. Algunos estímulos causan dolor somático sin producir dolor visceral. Por ejemplo, el daño muy *localizado* de ciertas vísceras, como al cortar en dos los intestinos de una persona consciente, produce dolor mínimo, si acaso. En contraste, si la estimulación es *difusa* (abarca grandes áreas), el dolor visceral puede ser intenso. La estimulación difusa de los nociceptores viscerales ocurriría con la distensión de órganos, espasmos o isquemia. Por ejemplo, los cálculos renales o biliares pueden causar obstrucción y distensión de los uréteres o del colédoco y, con ello, dolor intenso.

Localización del dolor

El dolor rápido se localiza de manera muy precisa en el área estimulada. Por ejemplo, al sentir un pinchazo con un alfiler, se sabe exactamente cuál parte del cuerpo fue estimulada. El dolor somático lento también está bien localizado, aunque de manera más difusa, y es común que parezca provenir de un área de piel más grande. En algunos casos de dolor visceral lento, éste se siente en el área estimulada. Por ejemplo, si hay inflamación de la pleura que rodea los pulmones, se experimenta dolor torácico.

No obstante lo anterior, en muchos casos el dolor visceral se siente en la piel suprayacente o en la que cubre el órgano estimulado. Este fenómeno se llama **dolor irradiado** y también puede sentirse en un área de superficie distante del órgano estimulado. En general, la víscera afectada y el área a la cual se irradia el dolor tienen inervación en los mismos segmentos de la médula espinal. Por ejemplo, las fibras sensoriales que llegan al corazón, la piel que cubre a este último y la de la cara interna del brazo izquierdo entran en los segmentos raquídeos T1 a T5 del lado izquierdo, por lo que el dolor del ataque cardíaco habitualmente se siente en la piel que cubre al corazón y a lo largo del brazo izquierdo. Las regiones cutáneas a las cuales se puede irradiar el dolor visceral se ilustran en la figura 15.3.

Las personas que han sufrido la amputación de una extremidad suelen experimentar sensaciones como comezón, presión, hormigueo o dolor, como si la extremidad todavía existiera, fenómeno llamado **sensación de miembro fantasma**. Una explicación de estas sensaciones es que la corteza cerebral interpreta los impulsos provenientes de porciones proximales de las neuronas sensoriales, que anteriormente transmitían impulsos de la extremidad como provenientes del miembro inexistente (fantasma). Otra posible explicación es que el encéfalo contiene redes de neuronas que generan sensaciones de conciencia del propio cuerpo. Según este punto de vista, las neuronas encefálicas que recibían previamente impulsos sensoriales de la extremidad faltante todavía están activas y producen percepciones sensoriales falsas.

APLICACIÓN CLÍNICA

Analgesia: alivio del dolor



Algunas sensaciones de dolor son inapropiadas, en el sentido de que ocurren de manera desproporcionada a daño de poca cuantía o persisten en forma crónica sin una

Cuadro 15.2 Resumen de los receptores de sensaciones somáticas.

TIPO DE RECEPTOR	ESTRUCTURA Y LOCALIZACIÓN DE LOS RECEPTORES	SENSACIONES	VELOCIDAD DE ADAPTACIÓN
<i>Receptores táctiles</i>			
Corpúsculos de Meissner	Cápsula que rodea a una masa de dendritas en las papilas dérmicas de la piel sin pelo.	Tacto, presión y vibraciones lentas.	Rápida.
Plexos de la raíz del pelo	Terminaciones nerviosas libres que rodean a los folículos pilosos, en la piel.	Tacto.	Rápida.
Mecanorreceptores cutáneos tipo I (discos de Merkel)	Terminaciones nerviosas libres en forma de plato que tienen contacto con las células de Merkel en la epidermis.	Tacto y presión.	Lenta.
Mecanorreceptores cutáneos tipo II (corpúsculos de Ruffini)	Cápsula alargada que rodea dendritas en capas profundas de la dermis y en los ligamentos y tendones.	Estiramiento de la piel.	Lenta.
Corpúsculos de Pacini	Cápsula oval en capas que envuelve dendritas; presente en el tejido subcutáneo (y, a veces, en la dermis), submucosa, articulaciones, periostio y algunas vísceras.	Presión, vibraciones rápidas y cosquillas.	Rápida.
Receptores de comezón y cosquillas	Terminaciones nerviosas libres y corpúsculos de Pacini en la piel y mucosas.	Comezón y cosquillas.	Lenta y rápida.
<i>Receptores de calor y frío</i>			
Receptores de calor y receptores de frío	Terminaciones nerviosas libres en la piel y las mucosas bucal, vaginal y anal.	Calor o frío.	Rápida inicialmente y después lenta.
<i>Receptores de dolor</i>			
Nociceptores	Terminaciones nerviosas libres en la piel y las mucosas bucal, vaginal y anal.	Dolor.	Lenta.
<i>Propioceptores</i>			
Husos musculares	Dendritas de tipos Ia y II envueltas alrededor del área central de fibras musculares intrafusales encapsuladas en numerosos músculos esqueléticos.	Longitud de los músculos.	Lenta.
Órganos tendinosos	Cápsula que envuelve fibras de colágena y dendritas de fibras tipo Ib en la unión de tendones y músculos.	Tensión muscular.	Lenta.
Receptores cinestésicos articulares	Corpúsculos de Pacini y de Ruffini, órganos tendinosos y terminaciones nerviosas libres.	Posición y movimientos articulares.	Rápida.

sensoriales tipo II, cuyas dendritas se localizan a ambos lados de las dendritas tipo Ia. Tanto el estiramiento repentino como prolongado de las áreas centrales de las fibras musculares intrafusales estimulan las dendritas tipo Ia y II. Los impulsos nerviosos resultantes se conducen al SNC. De tal suerte, los husos musculares vigilan los cambios en la longitud de los músculos esqueléticos. La información proveniente de tales impulsos llega a la corteza cerebral, lo cual permite la percepción de la posición de las extremidades, y también se transmite al cerebelo, donde participa en la coordinación de las contracciones musculares. Asimismo, los impulsos de los husos musculares constituyen la porción aferente de los reflejos de estiramiento (véase la fig. 13.6). Dado que el estiramiento del músculo es el estímulo para dicho reflejo, éste ayuda a prevenir lesiones al evitar que tal estiramiento sea excesivo.

Órganos tendinosos

Los **órganos tendinosos** son propioceptores presentes en la unión de los tendones con los músculos. Cada uno de estos órganos consta de una cápsula delgada del tejido conectivo que envuelve a unas cuantas fibras de colágena (fig. 15.4b). Una o más **fibras sensoriales tipo Ib** penetran en la cápsula, cuyas dendritas se entrelazan con las fibras de colágena. Cuando se aplica tensión a un tendón, los órganos tendinosos generan impulsos nerviosos que se conducen al SNC, con información acerca de los cambios en la tensión muscular. Al iniciar los reflejos tendinosos (véase la fig. 13.7), los órganos tendinosos protegen los tendones y músculos contra el daño resultante de la tensión excesiva. Los reflejos tendinosos disminuyen la tensión muscular al producir la relajación de los músculos cuando la fuerza de éstos se vuelve excesiva.