

CAPÍTULO 6

Parto

FASES DEL PARTO	136
PROCESOS FISIOLÓGICOS Y BIOQUÍMICOS QUE REGULAN EL PARTO	147
FISIOLOGÍA Y BIOQUÍMICA DEL TRABAJO DE PARTO PREMATURO	162

Las últimas horas del embarazo humano se caracterizan por contracciones uterinas que producen dilatación cervical y hacen que el feto descienda por el conducto del parto. Mucho antes de estas contracciones enérgicas y dolorosas, hay preparaciones extensas, tanto en el útero como en el cuello uterino, y éstas progresan durante la gestación. En las primeras 36 a 38 semanas del embarazo normal, el miometrio se encuentra en un estado preparatorio, pero todavía sin respuesta. Al mismo tiempo, el cuello uterino comienza una primera etapa de remodelación denominada ablandamiento, aunque mantiene su integridad estructural. Después de esta quiescencia uterina prolongada, hay una fase de transición durante la cual se suspende la falta de respuesta miométrial y el cuello uterino experimenta maduración, borramiento y pérdida de la integridad estructural.

Los procesos fisiológicos que regulan el parto y el inicio del trabajo de parto todavía siguen en definición. Sin embargo, está claro que el inicio del trabajo de parto representa la culminación de una serie de cambios bioquímicos en el útero y el cuello uterino. Éstos se deben a señales endocrinas y paracrinas que emanan tanto de la madre como del feto. Sus aportaciones relativas varían entre las distintas especies y son estas diferencias las que complican la aclaración de los factores exactos que regulan el parto humano. Cuando el parto es anormal, puede haber trabajo de parto prematuro, distocia o embarazo póstérmino. De éstos, el trabajo de parto prematuro se mantiene como el principal factor que contribuye a la mortalidad y morbilidad neonatales en países desarrollados (cap. 36, pág. 804).

FASES DEL PARTO

El parto, el nacimiento de los hijos, requiere múltiples transformaciones tanto en la función uterina como cervical. Como se muestra en la **figura 6-1**, el parto puede dividirse de manera arbitraria en cuatro fases superpuestas que corresponden a las principales transiciones fisiológicas del miometrio y el cuello uterino durante el embarazo (Casey y MacDonald, 1993, 1997; Challis et al., 2000; Word et al., 2007). Estas fases del parto son: (1) un preludio, la primera fase; (2) la preparación, segunda fase; (3) el proceso, tercera fase, y (4) la recuperación, cuarta fase. Algo importante es que las *fases del parto* no deben confundirse con las *etapas clínicas del trabajo de parto*, es decir, la primera, segunda y tercera etapas, que comprenden la tercera fase del parto (**fig. 6-2**).

Fase 1 del parto: quiescencia uterina y ablandamiento del cuello uterino

Quiescencia uterina

Incluso desde antes de la implantación, se impone un periodo muy eficaz de quiescencia miométrial. En condiciones normales, esta fase comprende 95% del embarazo y se caracteriza por estabilidad del músculo liso uterino con mantenimiento de la integridad estructural del cuello uterino. La propensión inherente del miometrio a contraerse se mantiene suspendida, y el músculo uterino pierde su capacidad de respuesta a los estímulos naturales. Al mismo tiempo, el útero debe iniciar los cambios extensos en su tamaño y vascularidad para alojar el embarazo y prepararse para las contracciones uterinas en la fase 3 del parto. La falta de capacidad de respuesta miométrial de la fase 1 continúa hasta cerca del final del embarazo.

Aunque se notan algunas contracciones miométriales durante la fase quiescente, en condiciones normales no causan dilatación del cuello uterino. Se caracterizan por ser impredecibles, de baja intensidad y duración breve. Cualquier molestia que causen casi siempre se limita a la parte inferior del abdomen y la ingle. Cerca del final del



FIGURA 6-1 Las fases del parto.

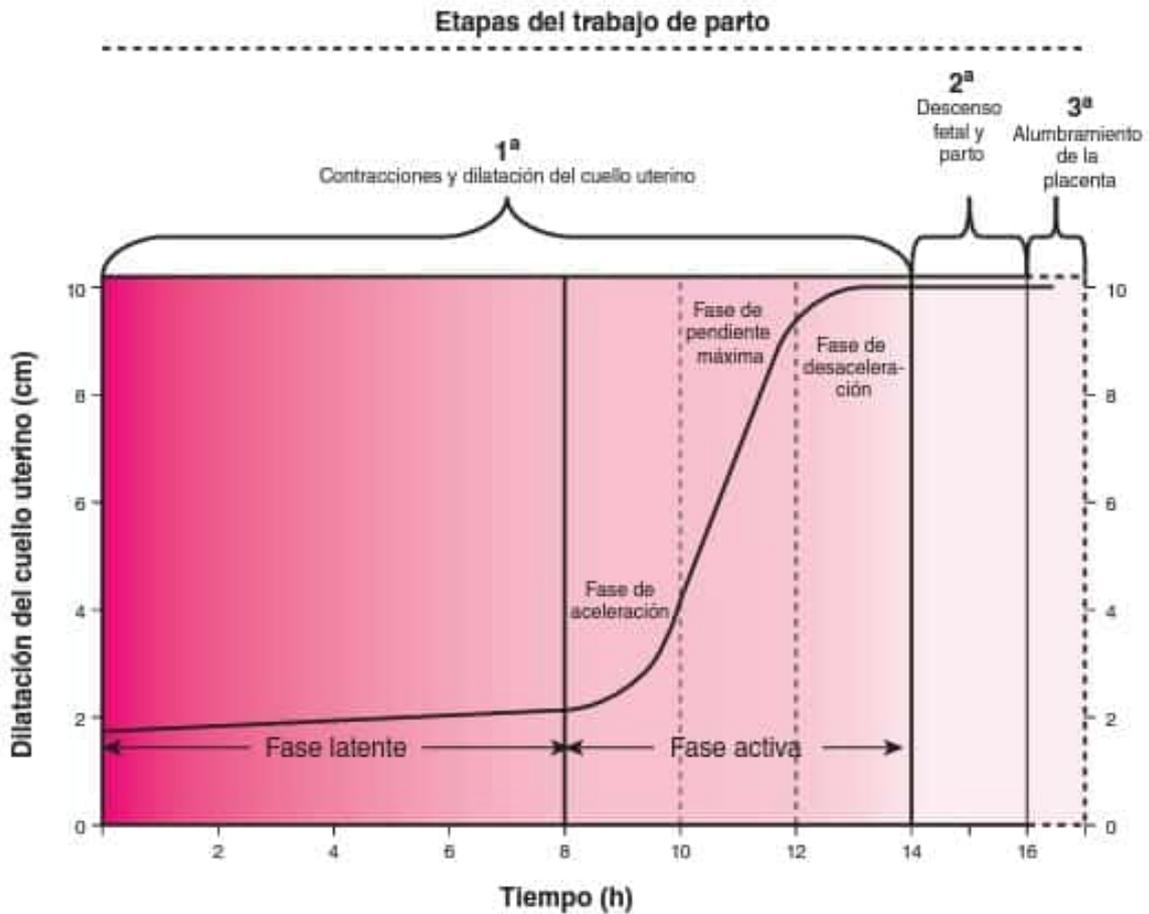


FIGURA 6-2 Compuesto de la curva de dilatación promedio para el trabajo de parto en nulíparas. La curva se basa en el análisis de datos derivados de una serie extensa, casi consecutiva de mujeres. La primera etapa se divide en una fase latente relativamente plana y una fase activa de progresión rápida. En la fase activa hay tres partes componentes identificables: una fase de aceleración, una fase lineal de pendiente máxima y una fase de desaceleración. (Copiada de Friedman, 1978.)

embarazo, las contracciones de este tipo se vuelven más frecuentes, sobre todo en las multiparas. A veces se denominan *contracciones de Braxton Hicks* o *trabajo de parto falso* (cap. 17, pág. 390).

Ablandamiento del cuello uterino

El cuello uterino tiene múltiples funciones durante el embarazo e incluyen: (1) mantenimiento de la función de barrera para proteger el aparato reproductor contra infecciones; (2) mantenimiento de la competencia cervicouterina a pesar de las fuerzas gravitacionales crecientes impuestas por el útero en crecimiento, y (3) orquestación de los cambios en la matriz extracelular que permiten aumentos progresivos en la distensibilidad hística en preparación para el parto.

En las mujeres no embarazadas, el cuello uterino está cerrado y firme, su consistencia es similar a la del cartilago nasal. Para el final del embarazo, el cuello uterino se distiende con facilidad y su consistencia es parecida a los labios bucales. Por lo tanto, la primera etapa de esta remodelación, llamada *ablandamiento*, se caracteriza por un aumento en la distensibilidad hística, aunque el cuello uterino permanece firme y resistente. Hegar (1895) fue el primero en describir el ablandamiento palpable del segmento uterino inferior a las cuatro a seis semanas de gestación, y este signo se usó en alguna época para diagnosticar el embarazo.

En términos clínicos, la conservación de la integridad anatómica y estructural del cuello uterino es esencial para que el embarazo continúe hasta el término. La dilatación prematura del cuello uterino, la incompetencia estructural, o ambas, pueden anunciar un resultado desfavorable para el embarazo que casi siempre termina en parto prematuro (cap. 36, pág. 814). De hecho, el acortamiento cervical entre las 16 y 24 semanas guarda relación con un mayor riesgo de parto prematuro (Hibbard et al., 2000; Iams et al., 1996).

Cambios estructurales con ablandamiento. El ablandamiento del cuello uterino se debe al aumento de la vascularidad, hipertrofia estromal, hipertrofia glandular y cambios en la composición o estructura de la matriz extracelular (Danforth et al., 1974; Leppert, 1995; Liggins, 1978; Word et al., 2007). En particular, durante la fase 1 del parto, el cuello uterino empieza un aumento lento y progresivo en el recambio de los componentes de la matriz. Por ejemplo, en modelos de ratón con deficiencia de proteína de la matriz extracelular, la trombospondina 2, la morfología de la fibrilla de la colágena se altera y hay ablandamiento prematuro del cuello uterino (Kokenyesi et al., 2004).

Otro cambio que se encuentra en modelos animales es que el ablandamiento fisiológico va precedido de un incremento en la solubilidad de la colágena (Read et al., 2007). Esto refleja un cambio en el procesamiento de la colágena o en el número o tipo de enlaces covalentes entre las triples hélices de colágena que se requieren en condiciones normales para la formación de fibrillas estables de colágena (fig. 6-3). (Canty y Kadler, 2005). Una reducción en los enlaces cruzados de colágena recién sintetizada puede ayudar al ablandamiento del cuello uterino porque se ha notificado la disminución de los transcritos y de la actividad de la enzima formadora de enlaces cruzados, la lisiloxidasa, en el cuello uterino de ratón durante el embarazo (Drewes et al., 2007; Ozasa et al., 1981).

En los seres humanos, la importancia clínica de estos cambios en la matriz se demuestra por la mayor prevalencia de insuficiencia cervicouterina en mujeres con defectos hereditarios en la síntesis o en el ensamble de colágena y elastina; por ejemplo, los síndromes de Ehlers-Danlos y de Marfan (Anum, 2009; Hermanns-Lê, 2005; Paternoster, 1998; Rahman, 2003; Wang, 2006 y los colegas de todos).

Fase 2 del parto: preparación para el trabajo de parto

A fin de prepararse para el trabajo de parto, la estabilidad miométrica de la fase 1 del parto debe interrumpirse a través de lo que se ha llamado *despernar* o *activación uterina*. Este proceso constituye la fase 2 y representa una progresión de los cambios uterinos durante las últimas seis a ocho semanas de embarazo. Un hecho importante es que las modificaciones asociadas a la fase 2 pueden causar trabajo de parto prematuro o tardío. Por lo tanto, si se conocen las modificaciones miométricas y cervicouterinas que tienen lugar durante la fase 2 se comprenden mejor los fenómenos que llevan al trabajo de parto normal y anormal.

Cambios miométricos durante la fase 2

La mayor parte de los cambios del miometrio durante la fase 2 lo preparan para las contracciones del trabajo de parto. Es probable que este cambio se deba a alteraciones en la expresión de proteínas clave que controlan la contractilidad. Estas *proteínas relacionadas con la contracción* (CAP, *contraction-associated proteins*) incluyen el receptor para oxitocina, receptor F para prostaglandina y conexina 43 (Smith, 2007). Por lo tanto, los receptores miométricos para oxitocina aumentan mucho junto con el número y superficie que ocupan las proteínas de las uniones intercelulares comunicantes, como la conexina 43. En conjunto, aumentan la irritabilidad uterina y la capacidad de respuesta a las *uteromiminas*, sustancias que estimulan las contracciones.

Otro cambio determinante es la formación del segmento uterino inferior a partir del istmo. Con este desarrollo, la cabeza fetal a menudo desciende hasta o incluso para por la entrada pélvica, el llamado *descenso*. A menudo, el abdomen muestra un cambio de forma, que a veces se describe como que "el bebé bajó". También es probable que el miometrio del segmento inferior sea distinto del que se encuentra en el segmento uterino superior, lo que explica las funciones diferentes durante el trabajo de parto. Esto se apoya con estudios en babuinos que demuestran la expresión diferencial de los receptores para prostaglandinas en el interior de las regiones del miometrio. También hay estudios en seres humanos que muestran un gradiente en la expresión de receptores para oxitocina, con mayor expresión en las células miométricas del fondo (Fuchs et al., 1984; Havelock et al., 2005; Smith et al., 2001).

Maduración del cuello uterino durante la fase 2

Antes del inicio de las contracciones, el cuello uterino debe experimentar una remodelación más extensa. En la etapa final, esto conduce a la disminución de la resistencia y a la dilatación del cuello uterino con el inicio de las contracciones uterinas intensas en la tercera fase del parto. Las modificaciones del cuello uterino durante esta segunda fase implican sobre todo cambios en el tejido conjuntivo, la llamada *maduración cervical*. La transición del ablandamiento a la fase de maduración comienza semanas o días antes del inicio de las contracciones. Durante esta transformación, cambian la cantidad total y la composición de los proteoglicanos y los glucosaminoglicanos en la matriz. Muchos de estos procesos que ayudan a la remodelación del cuello uterino están controlados por las mismas hormonas que regulan la función uterina. Una vez aclarado esto, los episodios moleculares de cada una varían por las diferencias en la composición celular y los requerimientos fisiológicos. En el cuerpo uterino predomina el músculo liso, mientras que en el cuello uterino predomina el tejido conjuntivo. Los componentes celulares del cuello uterino incluyen músculo liso, fibroblastos y epitelios.

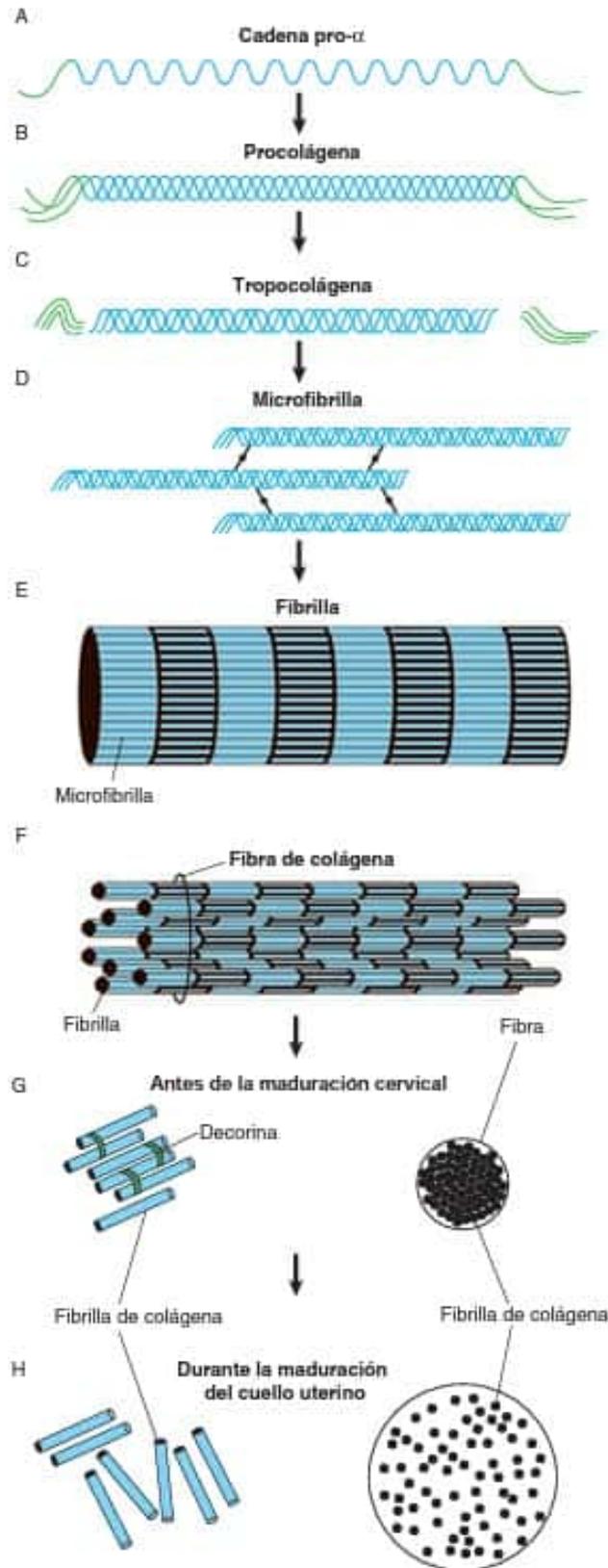


FIGURA 6-3 Síntesis y organización de la colágena fibrilar. Se sintetizan tres cadenas α (A) para formar la procolágena. B. Se separan el propéptido del extremo amino y el carboxilo (indicado en verde) de la procolágena mediante proteasas específicas fuera de la célula. C. De esta división surge la tropocolágena. D. La eliminación de estos propéptidos reduce la solubilidad de la colágena y el ensamble autónomo de las hebras de colágena α en fibrillas. La enzima lisiloxidasa cataliza la formación de enlaces cruzados no reductibles entre dos regiones helicoidales triples para formar las fibrillas estables de colágena (E). F. A su vez, las fibrillas se ensambian en fibras de colágena. G. El tamaño y empaque de las fibrillas están regulados en parte por pequeños proteoglicanos que se unen con la colágena, como la decorina. Antes de la maduración del cuello uterino, el tamaño de las fibrillas es uniforme y las fibrillas están bien empaquetadas y organizadas. H. Durante la maduración del cuello uterino, el tamaño de las fibrillas es menos uniforme y el espacio entre las fibrillas y fibras de colágena es más grande y desorganizado.

Epitelio endocervical. Durante el embarazo, las células epiteliales endocervicales proliferan de tal manera que las glándulas endocervicales ocupan un porcentaje significativo de la masa cervical para el final del embarazo. El conducto endocervical está recubierto con epitelios columnar secretor de moco y escamoso estratificado, que protegen contra la invasión microbiana. Los epitelios mucosos funcionan como centinelas que reconocen antígenos, responden en formas que conducen a la muerte de bacterias y virus y emiten señales a las células inmunitarias subyacentes cuando el ataque patógeno rebasa su capacidad protectora (Wira et al., 2005). Estudios recientes en ratones sugieren la posibilidad de que los epitelios cervicales también ayuden a la remodelación del cuello uterino mediante la regulación de la hidratación del tejido y el mantenimiento de su función de barrera. La hidratación puede regularse con la expresión de *acutoporinas*, proteínas que actúan como conductos para agua, en tanto que el transporte celular de iones y solutos, y la conservación de la función de barrera están regulados por las proteínas de las uniones intercelulares herméticas, como las claudinas 1 y 2 (Anderson et al., 2006; Timmons y Mahendroo, 2007).

Tejido conjuntivo del cuello uterino. El cuello uterino está formado por sólo 10 a 15% de músculo liso, el resto es, sobre todo, tejido conjuntivo extracelular. Los constituyentes de éste incluyen colágena tipo I, III y IV, glucosaminoglucanos, proteoglicanos y elastina.

Colágena. Este material es el principal componente del cuello uterino y es en gran medida el encargado de su disposición estructural. La colágena es la proteína más abundante en los mamíferos y tiene una vía de biosíntesis compleja que incluye al menos seis enzimas y chaperones para alcanzar la maduración (fig. 6-3). Cada molécula de colágena está formada por tres cadenas a que se envuelven entre sí para formar la procolágena. Múltiples moléculas helicoidales triples de colágena se unen entre sí mediante enlaces cruzados por acción de la lisiloxidasa para formar fibrillas largas. Las fibrillas de colágena interactúan con pequeños proteoglicanos, como decorina o biglicano, además de proteínas de la matriz celular, como trombospondina 2. Estas interacciones determinan el tamaño de la fibrilla, su empaque y organización, de manera que las fibrillas de colágena tengan un diámetro uniforme y se empaquen juntas con un patrón regular y muy organizado (Canty et al., 2005). Durante la maduración del cuello uterino, las fibrillas de colágena se desorganizan y aumenta el espacio entre ellas.

Las metaloproteinasas de la matriz (MMP, *matrix metalloproteinases*) son proteasas capaces de degradar las proteínas de la matriz extracelular. De éstas, los integrantes de la familia MMP degradan la colágena. Algunos estudios apoyan cierta participación de las MMP en la maduración del cuello uterino, mientras que otros sugieren que los cambios biomecánicos no son acordes con la sola activación de la colagenasa y la pérdida de la colágena. Por ejemplo, Buhimschi et al. (2004) realizaron estudios biomecánicos en tejidos de la rata y sugieren que la maduración se relaciona con cambios en la estructura tridimensional de la colágena, más que con su degradación por efecto de las colagenasas. Además, los estudios en ratones y seres humanos no documentan ningún cambio en el contenido de colágena entre la ausencia de embarazo y el embarazo de término (Myers et al., 2008; Read et al., 2007).

La *solubilidad de la colágena*, un marcador de colágena menos madura, se incrementa al comienzo de la fase de ablandamiento del cuello uterino en ratones y continúa el resto del embarazo (Read et al., 2007). El aumento de la solubilidad puede deberse en parte al declive en la expresión de la enzima que forma los enlaces cruzados, la lisiloxidasa, durante el embarazo (Drewes et al., 2007; Ozasa et al., 1981).

Aunque no se ha confirmado la solubilidad de la colágena durante el ablandamiento del cuello uterino al comienzo del embarazo humano, se ha observado aumento de la solubilidad de la colágena durante la maduración del cuello (Granström et al., 1989; Myers et al., 2008).

Por lo tanto, es posible que sean los cambios dinámicos en la estructura de la colágena y no el contenido de colágena lo que regule la remodelación. De manera específica, el análisis de la ultraestructura al microscopio electrónico del cuello uterino de rata sugiere que durante la maduración predomina la dispersión de colágena más que la degradación (Yu et al., 1995). La dispersión de las fibrillas de colágena conduce a la pérdida de integridad del tejido y aumento de su distensibilidad. Como respaldo adicional, los polimorfismos o mutaciones en los genes indispensables para el ensamble de la colágena se relacionan con una mayor incidencia de insuficiencia cervicouterina (Anum et al., 2009; Paternoster et al., 1998; Rahman et al., 2003; Warren et al., 2007).

Glucosaminoglucanos (GAG). Éstos son polisacáridos de alto peso molecular que contienen aminoazúcares y pueden formar complejos con proteínas para formar proteoglicanos. Un glucosaminoglucano es un hialuronano (HA), un polímero de carbohidrato cuya síntesis se realiza por efecto de isoenzimas sintasa de hialuronano. Tanto en mujeres como en ratones, el contenido de hialuronano y la expresión de sintasa 2 de hialuronano es mayor en el cuello uterino durante la maduración (Osmers et al., 1993; Straach et al., 2005).

Las funciones de los hialuronanos dependen del tamaño, y la degradación del HA de alto peso molecular en productos de bajo peso molecular es tarea de una familia de enzimas denominadas hialuronidasas. El HA de alto peso molecular, que en el cuello uterino del ratón predomina durante la maduración del cuello uterino, tiene una función dinámica en la creación y llenado de espacio para aumentar la viscoelasticidad y la desorganización de la matriz. El HA de bajo peso molecular tiene propiedades proinflamatorias, y estudios en ratones revelan aumentos en el HA de bajo peso molecular durante el trabajo de parto y el puerperio (Ruscheinsky et al., 2008). La importancia de los cambios regulados en el tamaño del HA durante la maduración y dilatación del cuello uterino se sustenta en un estudio en el que se refiere la administración de hialuronidasa al cuello uterino de mujeres con embarazo de término. La administración redujo la duración del trabajo de parto y la incidencia de operación cesárea por insuficiencia cervicouterina (Spallacci et al., 2007). La activación de cascadas de señalización intracelular y otras funciones biológicas requiere interacciones con proteínas de unión a HA relacionadas con las células. Existen varias en el cuello uterino, como proteoglicano, *versicano* y el receptor celular superficial CD44 (Ruscheinsky et al., 2008).

Proteoglicanos. Estas glucoproteínas se encuentran en abundancia en el cuello uterino y su maduración también se acompaña de cambios en la composición de proteoglicanos dentro de la matriz cervical. Al menos dos pequeños proteoglicanos ricos en leucina se expresan en el cuello uterino: *decorina* y *biglicano*. Aunque el contenido de mRNA de estos dos compuestos no cambia durante la maduración del cuello uterino, hay informes de cambios en el contenido de proteoglicano durante la maduración que apoyan una regulación posterior a la traducción (Westergren-Thorason et al., 1988). La decorina y otros integrantes de la familia interactúan con la colágena e influyen en el empaque y orden de las fibrillas de colágena (Amey et al., 2002). El resultado final de la disminución de su expresión es un reacomodo de la colágena, de manera que las fibras de colágena se debilitan, acortan y desorganizan. Los ratones con deficiencia de decorina tienen la piel laxa y frágil por la incapacidad de las fibrillas de colágena de formar estructuras uniformes y compactas (Danielson et al., 1997).

Cambios inflamatorios. Los cambios marcados en la matriz trabecular durante la maduración del cuello uterino en la fase 2 se acompañan de invasión estromal con células inflamatorias. Esto dio lugar a un modelo en el que la maduración del cuello uterino se considera un proceso inflamatorio, de manera que los factores quimiotácticos cervicales atraen a células inflamatorias, que a su vez liberan proteasas que podrían ayudar a la degradación de la colágena y otros componentes de la matriz. En la fase 3 o 4 del parto aumenta la expresión cervical de quimiocinas y la actividad de colagenasa/proteasa. Se asumió que los procesos que regulan las fases 3 y 4 de la dilatación y la recuperación posparto del cuello uterino eran similares a los de la fase 2 de maduración del cuello uterino (Osman et al., 2003; Bokström et al., 1997; Sennström et al., 2000; Young et al., 2002). Sin embargo, es posible que no sea así. Observaciones recientes en estudios con animales y seres humanos pusieron en tela de juicio la importancia de la inflamación al inicio de la maduración del cuello uterino. Por ejemplo, Sakamoto et al. (2004, 2005) no observaron ninguna relación entre el grado de maduración clínica del cuello uterino y la concentración de interleucina-8 (IL-8) en el tejido. Sin embargo, la interleucina-8, una citocina que atrae a los neutrófilos, está presente en niveles más altos en el tejido cervical obtenido después del parto vaginal, fases 3 y 4.

Word et al. (2005) describieron un modelo animal en el que el parto falla debido a un cuello uterino pequeño y rígido, a pesar de las contracciones uterinas. Aunque este modelo tiene una atracción sólida de células inflamatorias hacia la matriz estromal, no se produce la maduración del cuello uterino. En los modelos murinos, tiene lugar la migración de monocitos, pero no su activación, antes del trabajo de parto (Timmons y Mahendroo, 2006, 2007; Timmons et al., 2009). Además, la deficiencia hística de neutrófilos antes del parto no repercute en el momento en que ocurre el parto ni en sus buenos resultados. Por último, la activación de neutrófilos, macrófagos M1 proinflamatorios, o macrófagos M2, se incrementa en las 2 h después del parto, lo que sugiere la participación de las células inflamatorias en la remodelación del cuello uterino posparto.

Inducción y prevención de la maduración del cuello uterino. Los mecanismos exactos que conducen a la maduración del cuello uterino están todavía por definirse, y aún no se identifican tratamientos que prevengan la maduración prematura. La farmacoterapia para estimular la maduración del cuello uterino a fin de inducir el trabajo de parto consiste en la aplicación directa de prostaglandinas E_2 (PGE_2) y $F_{2\alpha}$ ($PGF_{2\alpha}$). Éstas modifican la colágena y alteran las concentraciones relativas de glucosaminoglucanos. Esta propiedad tiene utilidad clínica para ayudar a inducir el parto (cap. 22, pág. 502).

En algunas especies distintas al ser humano, las cascadas de fenómenos que permiten la maduración del cuello uterino son inducidas por la disminución de las concentraciones séricas de progesterona. En los seres humanos, la administración de antagonistas de la progesterona induce maduración del cuello uterino. Como se explica más adelante, es posible que los seres humanos hayan desarrollado mecanismos exclusivos para circunscribir la disminución de la acción de la progesterona en el cuello uterino y el miometrio.

■ Fase 3 del parto: trabajo de parto

La fase 3 es sinónimo de trabajo de parto activo; o sea, contracciones uterinas que inducen la dilatación del cuello uterino progresiva y el parto. En la clínica, se acostumbra dividir la fase 3 en las tres etapas del trabajo de parto. Estas etapas conforman la gráfica del trabajo de

parto habitual que se muestra en la figura 6-2. Las etapas clínicas del trabajo de parto podrían resumirse de la siguiente manera.

1. La primera etapa comienza cuando se producen contracciones uterinas muy espaciadas con la frecuencia, intensidad y duración suficientes para producir adelgazamiento del cuello uterino, llamado *borramiento*. Esta etapa del trabajo de parto termina cuando el cuello uterino se dilata por completo, unos 10 cm, para permitir el paso de la cabeza fetal. Por lo tanto, la primera etapa del trabajo de parto es la *etapa de borramiento y dilatación del cuello uterino*.
2. La segunda etapa comienza cuando la dilatación cervical está completa y termina con el nacimiento. Por eso, la segunda etapa del trabajo de parto es la *etapa de expulsión fetal*.
3. La tercera etapa comienza justo después del nacimiento del feto y termina con el alumbramiento de la placenta. Por lo tanto, la tercera etapa del trabajo de parto es la *etapa de la separación y expulsión de la placenta*.

Primera etapa del trabajo de parto: inicio clínico del trabajo de parto

En algunas mujeres, las contracciones uterinas intensas que producen el parto inician en forma súbita. En otras, el inicio del trabajo de parto va anunciado por la liberación espontánea de una pequeña cantidad de moco sanguinolento por la vagina; dicho moco había llenado el conducto cervical durante el embarazo, y su liberación se denomina "expulsión del tapón mucoso". Hay muy poca sangre en este tapón y su expulsión indica que el trabajo de parto está en proceso o es probable que comience en las siguientes horas o días.

Contracciones uterinas en el trabajo de parto. Únicas entre las contracciones musculares fisiológicas, las del músculo liso uterino durante el trabajo de parto son dolorosas. No se conoce con seguridad la causa del dolor, pero se han sugerido varias posibilidades:

- Hipoxia del miometrio contraído, como la de la angina de pecho.
- Compresión de ganglios nerviosos en el cuello uterino y parte inferior del útero por la contracción de los haces musculares entrecruzados.
- Estiramiento del cuello uterino durante la dilatación.
- Estiramiento del peritoneo sobre el fondo.

La compresión de los ganglios nerviosos en el cuello uterino y el segmento uterino inferior por el miometrio contraído es una hipótesis muy en especial interesante. La infiltración paracervical con un anestésico local casi siempre produce un alivio apreciable del dolor durante las contracciones (cap. 19, pág. 450). Las contracciones uterinas son involuntarias y en su mayor parte, independientes del control extrauterino. El bloqueo neural con la analgesia epidural no disminuye su frecuencia o intensidad. En otros ejemplos, las contracciones miometriales en mujeres parapléjicas y en aquellas que se sometieron a simpatectomía lumbar bilateral son normales, pero indoloras.

El estiramiento mecánico del cuello uterino intensifica la actividad uterina en varias especies, incluidos los seres humanos. Este fenómeno se refiere como *reflejo de Ferguson* (Ferguson, 1941). No se conoce su mecanismo exacto; se ha sugerido la liberación de oxitocina, pero no se ha comprobado. La manipulación del cuello uterino y la "separación" de las membranas fetales se acompañan de un aumento en la concentración sanguínea del metabolito de la prostaglandina $F_{2\alpha}$ (PGFM). Como se muestra en la **figura 6-4**, esto también podría aumentar las contracciones (véase también cap. 22, pág. 504).

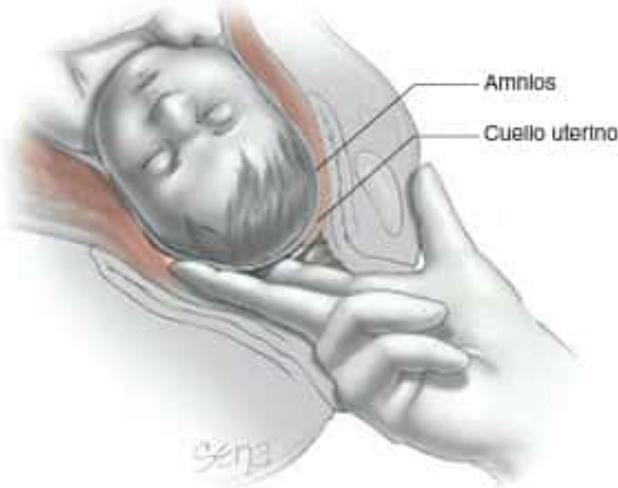


FIGURA 6-4 En la clínica, la rotura de membranas puede ayudar a la maduración del cuello uterino y, en algunos casos, a inducir el trabajo de parto.

El intervalo entre las contracciones disminuye en forma gradual, de unos 10 min al principio de la primera etapa del trabajo de parto, a tan sólo 1 min o menos en la segunda etapa. Sin embargo, los periodos de relajación entre las contracciones son esenciales para el bienestar fetal. Las contracciones sin remisión comprometen el flujo sanguíneo uteroplacentario lo suficiente para causar hipoxemia fetal. En la fase activa del trabajo de parto, la duración de cada contracción varía entre 30 y 90 s, con promedio cercano a 1 min. Existe una variabilidad apreciable en la intensidad de la contracción durante el trabajo de parto normal. En particular, la presión promedio del líquido amniótico generada por las contracciones durante el trabajo de parto espontáneo es 40 mmHg, pero con variaciones que van de 20 a 60 mmHg (cap. 18, pág. 437).

Segmentos uterinos superior e inferior evidentes. Durante el trabajo de parto activo, las divisiones uterinas que se iniciaron en la

fase 2 del parto se vuelven cada vez más evidentes (figs. 6-5 y 6-6). En la palpación abdominal, incluso antes de la rotura de membranas, a veces pueden diferenciarse los dos segmentos. El segmento superior es firme durante las contracciones, mientras que el inferior es más blando, distendido y más pasivo. Este mecanismo es indispensable porque si se contrajera al mismo tiempo y con la misma intensidad todo el miometrio, incluido el segmento uterino inferior, la fuerza expulsiva neta disminuiría mucho. Por lo tanto, el segmento superior se contrae, retrae y expulsa al feto. Como respuesta a estas contracciones, el segmento uterino inferior y el cuello uterino se dilatan y, al hacerlo, forman un tubo muy expandido, adelgazado por el cual puede pasar el feto.

El miometrio del segmento superior no se relaja hasta su longitud original después de las contracciones. De hecho, se vuelve relativamente fijo en una longitud menor. El segmento uterino superior activo se contrae sobre su contenido cada vez menor, pero la tensión miometrial permanece constante. El efecto neto es mantener la tensión, lo que conserva la ventaja ganada en la expulsión del feto. Al mismo tiempo, la musculatura uterina se mantiene en contacto firme con el contenido uterino. Como consecuencia de la retracción, cada contracción sucesiva comienza donde quedó la predecesora. Por eso, la parte superior de la cavidad se vuelve un poco más pequeña con cada contracción sucesiva. Por el acortamiento sucesivo de las fibras musculares, el segmento superior activo se engruesa cada vez más durante la primera y segunda etapas del trabajo de parto (fig. 6-5). Este proceso continúa y da por resultado un segmento uterino superior tremendamente engrosado justo después del parto.

En la clínica, es importante comprender que el fenómeno de la retracción del segmento superior depende de un descenso en el volumen de su contenido. Para que esto ocurra, sobre todo al comienzo del trabajo de parto, cuando todo el útero es un saco cerrado con una dilatación mínima del cuello uterino, la musculatura del segmento inferior debe estirarse. Esto permite que una porción cada vez más grande del contenido uterino ocupe el segmento inferior. El segmento superior se retrae sólo en la medida en que el segmento inferior se distiende y el cuello uterino se dilata.

La relajación del segmento uterino inferior refleja la misma progresión gradual de la retracción. Hay que recordar que después de cada contracción del segmento superior, los músculos no regresan a la longitud previa, sino que la tensión permanece igual. En comparación, en el segmento inferior el alargamiento sucesivo de las



FIGURA 6-5 Secuencia del desarrollo de los segmentos y anillos del útero al término y en trabajo de parto. Nótese la comparación entre el útero no gestante, el útero a término y el útero durante el trabajo de parto. El segmento uterino inferior pasivo deriva del istmo y el anillo fisiológico de retracción se desarrolla en la unión de los segmentos uterinos superior e inferior. El anillo de retracción patológico se desarrolla a partir del anillo fisiológico. (O.I. orificio interno; O.E. orificio externo; A.R. anillo de retracción fisiológico.)



FIGURA 6-6 El útero al momento del parto vaginal. El segmento superior activo se retrae alrededor de la parte de la presentación conforme el feto desciende por el conducto del parto. En el segmento inferior pasivo, el tono miométrico es mucho menor.

fibras con el trabajo de parto se acompaña de adelgazamiento, que normalmente llega a unos cuantos milímetros en la parte más delgada. Como resultado del adelgazamiento del segmento inferior y el engrosamiento simultáneo del segmento superior, se marca una frontera entre ambos con una cresta en la superficie uterina interna, el *anillo fisiológico de retracción*. Cuando el adelgazamiento del segmento uterino inferior es extremo, como en el trabajo de parto obstruido, el anillo es prominente y forma un *anillo de retracción patológico* (fig. 6-5). Esta condición anormal también se conoce como *anillo de Bandl*, que se explica con más detalle en el capítulo 20 (pág. 486).

Cambios en la forma uterina durante el trabajo de parto.

Cada contracción produce la elongación de la forma ovoide uterina, con la disminución simultánea del diámetro horizontal. Este cambio de forma tiene efectos importantes en el proceso del trabajo de parto. Primero, hay una mayor presión en el eje fetal. El descenso del diámetro horizontal sirve para rectificar la columna vertebral del feto. Esto presiona el polo superior del feto con firmeza contra el fondo, mientras que el polo inferior se empuja más hacia abajo. Se calcula que la elongación de la forma ovoide llega a 5 o 10 cm. Segundo, con la elongación del útero, las fibras longitudinales se tensan. Como resultado, el segmento inferior y el cuello uterino son las únicas partes del útero flexibles, y son jaladas hacia arriba y alrededor del polo inferior del feto.

Fuerzas auxiliares en el trabajo de parto. Después de que el cuello uterino se dilata por completo, la fuerza más importante en la expulsión fetal es la producida por la presión abdominal materna. La contracción de los músculos abdominales junto con los esfuerzos respiratorios forzados con la glotis cerrada se denominan *pujo*. La naturaleza de la fuerza es similar a la ejercida en la defecación, pero la intensidad casi siempre es mucho mayor. La importancia de la

presión intraabdominal se comprueba por la prolongación del descenso durante el trabajo de parto en mujeres parapléjicas. Y aunque el aumento de la presión intraabdominal es indispensable para concluir la segunda etapa del trabajo de parto, el pujo tiene poco efecto en la primera etapa. Agota a la madre y ocasiona un aumento en la presión intrauterina que podría ser dañino para el feto.

Cambios en el cuello uterino durante la primera etapa del trabajo de parto

Como resultado de las fuerzas de contracción, tienen lugar dos cambios fundamentales, borramiento y dilatación, en el cuello uterino ya maduro. Para que la cabeza fetal de tamaño promedio pase por el cuello uterino, su conducto debe dilatarse a un diámetro aproximado de 10 cm. En ese momento, se dice que el cuello uterino está dilatado por completo. Aunque es posible que no haya descenso fetal durante el borramiento del cuello, lo más frecuente es que la parte fetal de la presentación descienda un poco a medida que el cuello uterino se dilata. Durante la segunda etapa del trabajo de parto en las nulíparas, la parte de la presentación casi siempre desciende despacio y en forma constante. Sin embargo, en las multíparas, sobre todo en aquellas con paridad alta, el descenso puede ser rápido.

El *borramiento del cuello uterino* es la "obliteración" o "contracción" del cuello uterino. En la clínica se manifiesta por acortamiento del conducto cervical, de una longitud aproximada de 2 cm a un mero orificio circular con bordes casi tan delgados como el papel. Las fibras musculares próximas al nivel del orificio cervical interno son jaladas hacia arriba o "contraídas" hacia el interior del segmento uterino inferior. La condición del orificio externo permanece sin cambios por un tiempo (fig. 6-7).

El borramiento puede compararse con un proceso de abertura en el que la longitud total de un cilindro se convierte en un embudo abierto muy obtuso, con una pequeña abertura circular. Por el aumento en la actividad miométrica durante la preparación uterina para el trabajo de parto, a veces se produce borramiento apreciable del cuello uterino reblandecido antes de que comience el trabajo de parto activo. El borramiento causa expulsión del tapón mucoso a medida que el conducto cervical se acorta.

Como el segmento inferior y el cuello uterino tienen menor resistencia durante una contracción, se ejerce un tirón centrífugo en el cuello uterino que produce la distensión, o *dilatación del cuello uterino* (fig. 6-8). Como las contracciones uterinas ejercen presión sobre las membranas, a su vez la acción hidrostática del saco amniótico dilata el conducto cervical como una cuña. En ausencia de membranas intactas, la presión de la presentación contra el cuello uterino y el segmento uterino inferior es igual de eficaz. La rotura temprana de las membranas no retrasa la dilatación del cuello uterino, siempre que la parte fetal de presentación esté situada para ejercer presión contra el cuello uterino y el segmento inferior. El proceso de borramiento y dilatación del cuello uterino induce la formación de la *bolsa anterior* de líquido amniótico, que es la porción de avanzada del saco amniótico y el líquido situado al frente de la presentación.

Con referencia de nuevo a la figura 6-2, recuérdese que la dilatación del cuello uterino se divide en fases latente y activa. La fase activa se subdivide, además, en fase de aceleración, fase de pendiente máxima y fase de desaceleración (Friedman, 1978). La duración de la fase latente es más variable y sensible a los cambios por factores externos. Por ejemplo, la sedación puede prolongar la fase latente y la estimulación miométrica la acorta. La duración de la fase latente tiene poco efecto en la evolución posterior del trabajo de parto, mientras que las características de la fase acelerada casi siempre predicen un

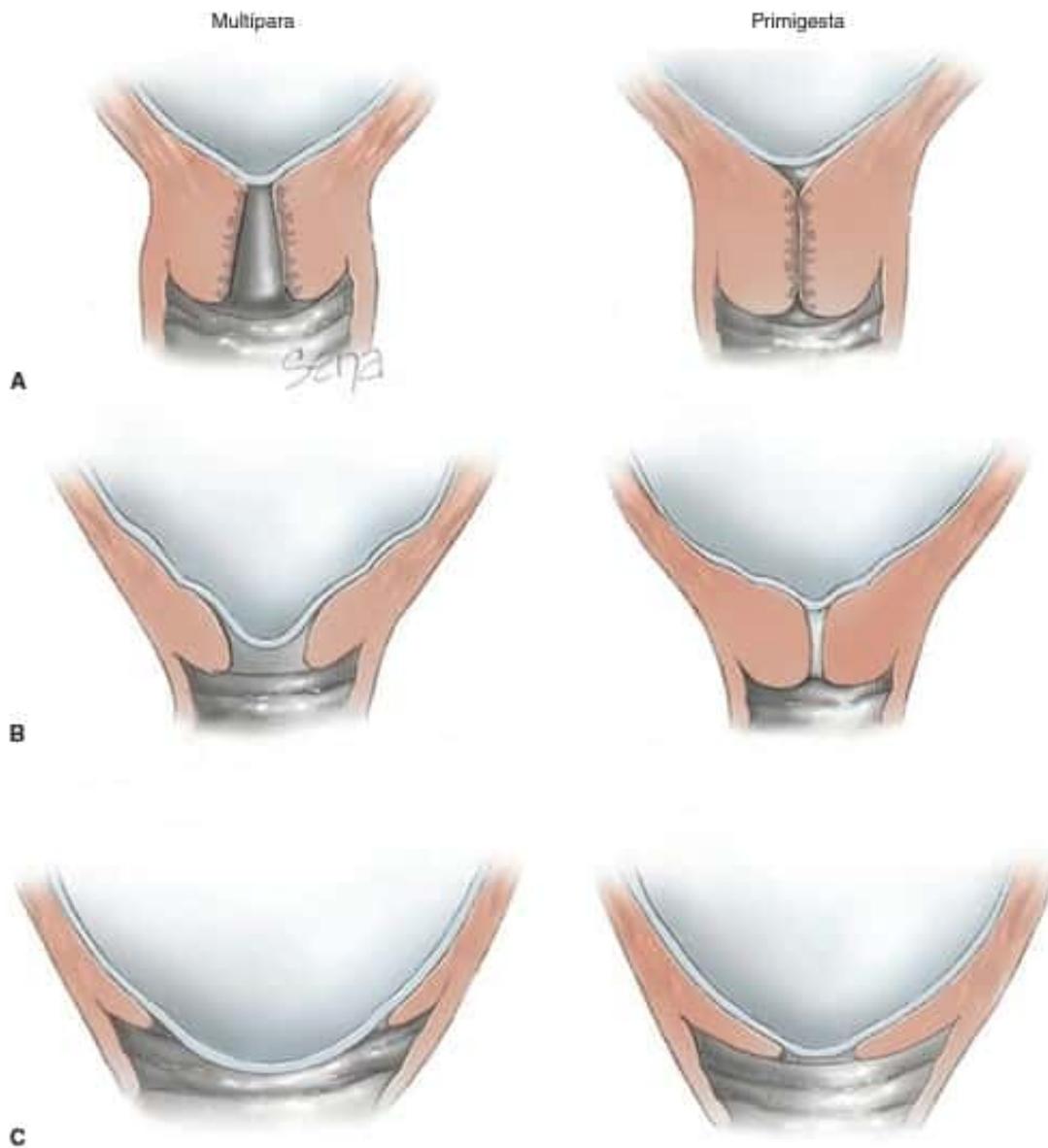


FIGURA 6-7 Ilustración esquemática del borramiento y la dilatación. **A.** Antes del trabajo de parto el cuello uterino de la primigesta es largo y sin dilatar, en contraste con el de la múltipara, que tiene dilatación de los orificios interno y externo. **B.** Cuando empieza el borramiento, el cuello uterino de la múltipara presenta dilatación y abertura del orificio interno. Esto es menos evidente en el cuello uterino de la primigesta. **C.** Cuando se alcanza el borramiento completo en el cuello uterino de la primigesta, la dilatación es mínima; ocurre lo contrario en la múltipara.

resultado particular del trabajo de parto. La culminación de la dilatación del cuello uterino durante la fase activa se logra con la retracción cervical alrededor de la presentación. La primera etapa termina cuando la dilatación del cuello está completa. Una vez que comienza la segunda etapa, sólo el descenso progresivo de la presentación predice el progreso ulterior.

Segunda etapa del trabajo de parto: descenso fetal

En muchas nulíparas, el encajamiento de la cabeza tiene lugar antes que inicie el trabajo de parto. Por lo tanto, es posible que la cabeza no descienda más hasta etapas avanzadas del trabajo de parto. En el patrón de descenso de un trabajo de parto normal, se forma una curva hiperbólica típica cuando se traza la estación de la cabeza fetal

en función de la duración del trabajo de parto. La estación describe el descenso del diámetro biparietal fetal en relación con una línea trazada entre las espinas isquiáticas maternas (cap. 17, pág. 392). Por lo general, el descenso activo ocurre cuando la dilatación ha avanzado un tiempo (fig. 6-9). En las nulíparas, la mayor velocidad de descenso suele observarse durante la fase de dilatación del cuello uterino de pendiente máxima. En este momento, la velocidad de descenso también es máxima y se mantiene hasta que la presentación alcanza el piso perineal (Friedman, 1978).

Cambios en el piso pélvico durante el trabajo de parto

Al conducto del parto lo sostienen varias capas de tejidos que en conjunto forman el piso pélvico y que también constituyen un cierre

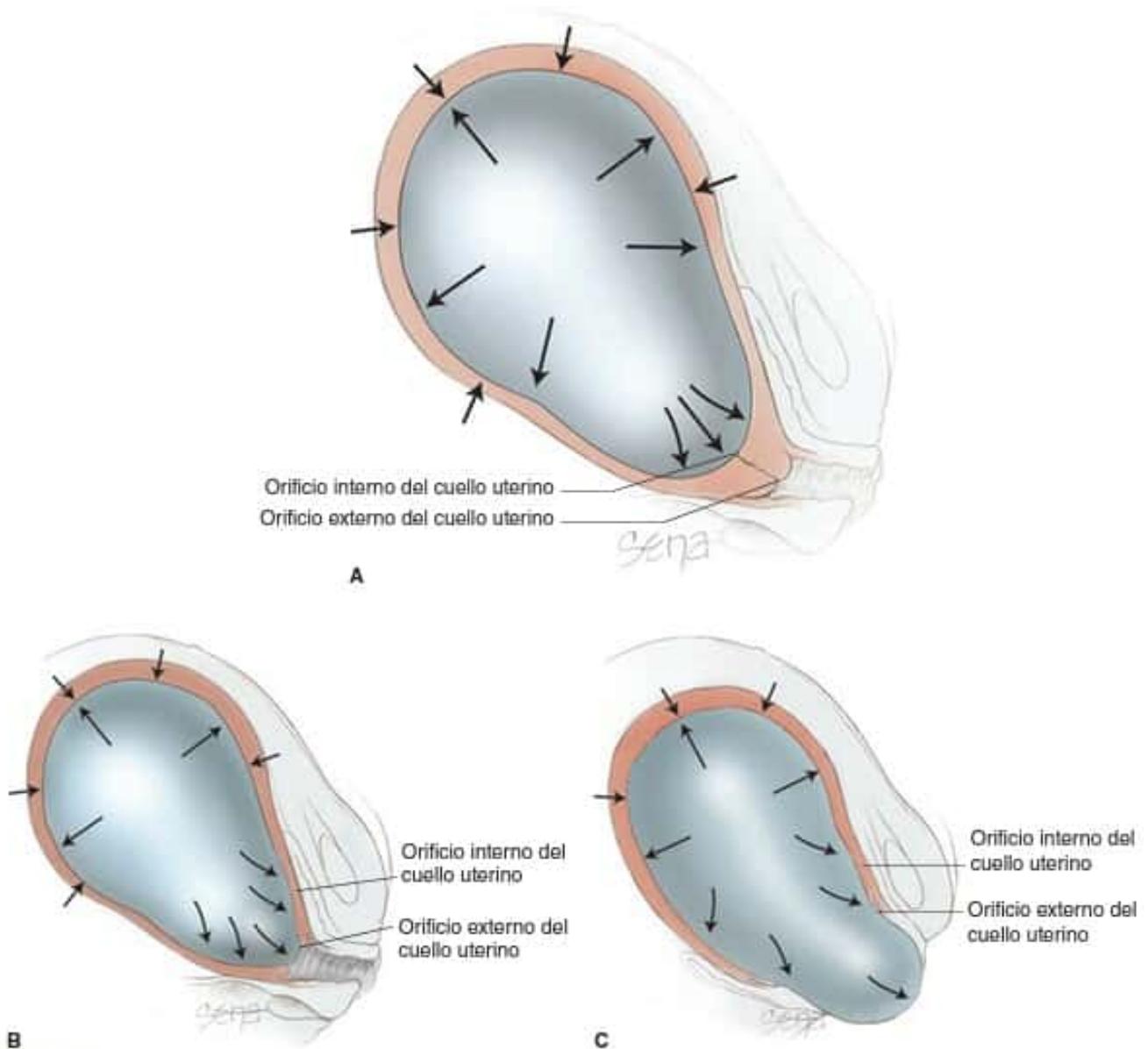


FIGURA 6-8 Acción hidrostática de las membranas en el progreso del borramiento y la dilatación del cuello uterino. A medida que avanza el trabajo de parto, nótese las relaciones cambiantes del orificio interno y el externo en (A), (B) y (C). Aunque no se muestra en este diagrama, con la rotura de la membrana, la presentación, aplicada al cuello uterino y el segmento uterino inferior en formación, actúa de manera similar.

funcional. Las estructuras más importantes son el músculo elevador del ano y el tejido conjuntivo fibromuscular que cubre sus superficies superior e inferior. Hay cambios marcados en las propiedades biomecánicas de estas estructuras y la pared vaginal durante el parto que son resultado de los cambios en la estructura o composición de la matriz extracelular (Lowder et al., 2007; Rahn et al., 2008). El elevador del ano consiste en los músculos pubovesical, puborrectal e iliococcigeo, que cierran el extremo inferior de la cavidad pélvica como un diafragma. Por lo tanto, se presentan una superficie superior cóncava y una inferior convexa (cap. 2, pág. 33). Las porciones posterior y lateral del piso pélvico, que no están cubiertas por el elevador del ano, están ocupadas a ambos lados por los músculos piriforme y coccigeo.

El grosor del músculo elevador del ano varía de 3 a 5 mm, aunque los márgenes que rodean al recto y la vagina son un poco más

gruesos. Durante el embarazo, el elevador del ano casi siempre experimenta hipertrofia, forma una banda gruesa que se extiende hacia atrás desde el pubis y rodea la vagina unos 2 cm por arriba del plano del himen. Con la contracción, el elevador del ano atrae al recto y a la vagina hacia adelante y arriba, en dirección de la sínfisis del pubis, por lo que cierra la vagina. Los músculos más superficiales del perineo son demasiado delicados para tener una función más que accesoria.

En la primera etapa del trabajo de parto, las membranas (si siguen intactas) y la parte fetal de presentación sirven para dilatar la parte superior de la vagina. El cambio más notorio consiste en el estiramiento de las fibras musculares del elevador del ano. Esto se acompaña del adelgazamiento de la porción central del perineo, que se transforma de una masa cuneiforme de tejido de 5 cm de

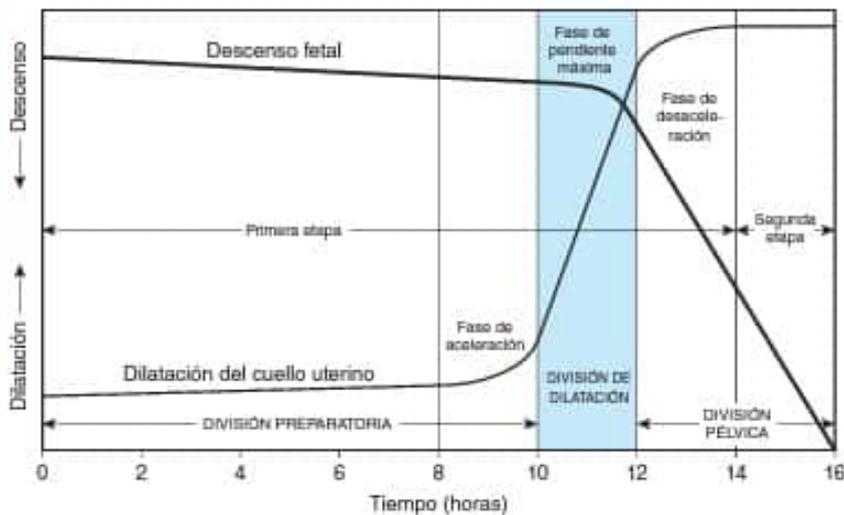


FIGURA 6-9 Curso del trabajo de parto dividido con base en la evolución esperada de la dilatación y las curvas descendentes en tres divisiones funcionales. La división preparatoria incluye las fases latente y de aceleración. La división de dilatación es la fase con máxima pendiente de la dilatación. La división pélvica abarca tanto la fase de desaceleración como la segunda etapa, que es simultánea a la fase con la máxima pendiente de descenso fetal. (Copiada de Friedman, 1978.)

espesor, a una estructura membranosa delgada, casi transparente, con menos de 1 cm de espesor. Cuando el perineo se distiende al máximo, el ano se dilata mucho y presenta una abertura de 2 a 3 cm de diámetro por la cual se abulta la pared anterior del recto. El número y tamaño extraordinarios de los vasos sanguíneos que irrigan la vagina y el piso pélvico producen una hemorragia fuerte si estos tejidos se desgarran.

Tercera etapa del trabajo de parto: expulsión de la placenta y membranas

Esta etapa comienza justo después del nacimiento del feto y consiste en la separación y expulsión de la placenta y las membranas. Cuando el feto sale, el útero se contrae en forma espontánea en torno a su contenido decreciente. En condiciones normales, para cuando el recién nacido está fuera, la cavidad uterina está casi obliterada. El órgano consiste en una masa casi sólida de músculo, de varios centímetros de espesor, por arriba del segmento inferior, que es más delgado. En ese momento, el fondo uterino se encuentra justo arriba del nivel del ombligo.

Esta disminución súbita del tamaño uterino siempre se acompaña de un decremento del área de implantación placentaria (fig. 6-10). Para que la placenta se acomode en esta área reducida, aumenta su grosor, pero debido a su escasa elasticidad, se dobla. La tensión resultante separa la capa más débil de la decidua, la decidua esponjosa, de ese sitio. Por lo tanto, la separación placentaria tiene lugar después de la desproporción creada entre el tamaño placentario inalterado y el tamaño reducido del sitio de implantación. Durante el parto por cesárea, este fenómeno puede observarse en forma directa cuando la placenta tiene implantación posterior.

La separación placentaria se favorece mucho por la estructura laxa de la decidua esponjosa, la cual puede compararse a la hilera de perforaciones entre las estampillas postales. A medida que avanza la separación, se forma un hematoma entre la placenta que se separa y la decidua. Por lo general, el hematoma es el resultado, no la

causa de la separación, ya que en algunos casos la hemorragia es insignificante. Sin embargo, el hematoma puede acelerar la división. Como la separación placentaria es a través de su capa esponjosa, parte de la decidua se desprende con la placenta, mientras que el resto permanece unido al miometrio. La cantidad de tejido decidua retenido en el sitio placentario es variable.

Por lo general, la placenta se separa minutos después del nacimiento. A veces, se inicia cierto grado de separación incluso antes de la tercera etapa del trabajo de parto. Es probable que esto explique ciertos casos de desaceleración cardíaca fetal justo antes de la expulsión del feto.

Separación de membranas fetales

La gran disminución de la superficie de la cavidad uterina produce al mismo tiempo innumerables pliegues en las membranas fetales, el amniocorion y la decidua parietal (fig. 6-11). Por lo general, las membranas permanecen *in situ* hasta que la separación de la placenta está casi completa. Luego, éstas se desprenden de la pared uterina, en parte por la contracción adicional del miometrio y en parte por la tracción que ejerce la placenta

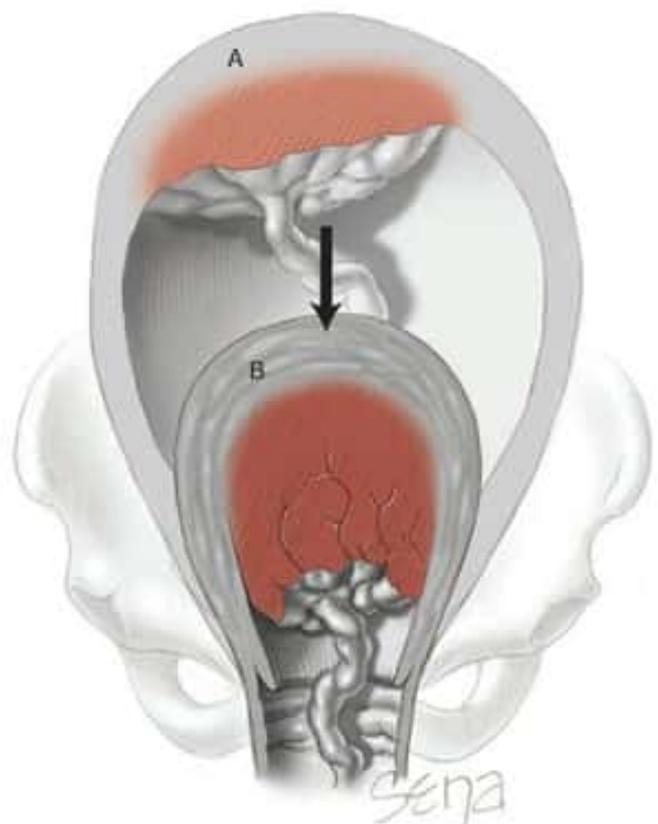


FIGURA 6-10 Disminución en el tamaño del sitio placentario después del nacimiento del feto. **A.** Relaciones de espacio antes del parto. **B.** Relaciones espaciales placentarias después del nacimiento.

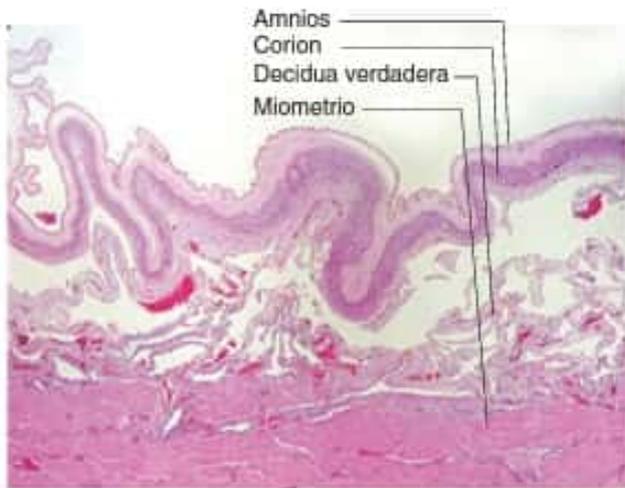


FIGURA 6-11 Después del parto, las membranas se pliegan conforme se reduce la cavidad uterina. (Usada con autorización de Dr. Kelley S. Carrick.)

separada, que se encuentra en el segmento inferior o en la parte superior de la vagina. Después de la separación, el cuerpo del útero forma, en condiciones normales, una masa casi sólida de músculo, cuyas paredes anterior y posterior, cada una con un grosor de 4 a 5 cm, están muy próximas una a la otra, de manera que la cavidad uterina está casi obliterada.

Extrusión placentaria

Después de la placenta se separa y ocupa el segmento uterino inferior o la parte superior de la vagina, puede expulsarse con el incremento de la presión abdominal. Sin embargo, las mujeres en posición horizontal a menudo no pueden expulsar la placenta en forma espontánea. Por eso, la tercera etapa casi siempre se completa mediante la compresión y elevación alternadas del fondo, al tiempo se ejerce tracción mínima en el cordón umbilical (fig. 17-31, pág. 398).

Muy a menudo durante el alumbramiento de la placenta, se forma un hematoma retroplacentario que empuja el centro hacia adelante y hace que se separe y se acerque a la cavidad uterina. Con el efecto de este hematoma, la placenta desciende, arrastra las membranas y las desprende de su inserción uterina. Por consiguiente, el amnios brillante que cubre la superficie placentaria se presenta en la vulva. El hematoma retroplacentario sigue a la placenta o se encuentra dentro del saco invertido. En este proceso, conocido como *mecanismo de Schultze* de extrusión placentaria, la sangre del sitio placentario se vierte en el saco membranoso y no escapa al exterior hasta después de la extrusión de la placenta. En otro método de extrusión placentaria, conocido como *mecanismo de Duncan*, la placenta se separa primero por la periferia. Como resultado, la sangre acumulada entre las membranas y la pared uterina escapa por la vagina. En esta circunstancia, la placenta desciende por los lados y la superficie materna es la primera en aparecer.

Fase 4 del parto: el puerperio

Justo después y durante más o menos 1 h después del parto, el miometrio permanece en un estado de contracción rígida y persistente,

así como de retracción. Esto comprime en forma directa los grandes vasos uterinos y permite la trombosis de su luz (fig. 2-14, pág. 25). Por esta razón, se previene la hemorragia abundante después del parto.

Al mismo tiempo durante el comienzo del puerperio se desarrolla un patrón de conducta maternal y comienza el *vínculo materno-neonatal*. El inicio de la lactogénesis y el descenso de la leche en las glándulas mamarias también son, en un sentido evolutivo, cruciales para la procreación. Tanto la compresión de los vasos uterinos como los patrones de conducta maternal están mediados por la oxitocina (pág. 159).

De manera oportuna, siguen la involución uterina y la reparación del cuello uterino; ambos son procesos de remodelación que regresan estos órganos a su estado no gestante. Estos efectos protegen al aparato reproductor contra la invasión de microorganismos comensales y restauran la capacidad de respuesta del endometrio a los ciclos hormonales normales. El reinicio de la ovulación señala la preparación para el siguiente embarazo. Por lo general, esto tiene lugar cuatro a seis semanas después del parto, pero depende de la duración de la lactancia. Por lo general, la infertilidad persiste mientras continúe el amamantamiento debido a la anovulación y amenorrea inducidas por la lactancia y mediadas por la prolactina (cap. 32, pág. 694).

PROCESOS FISIOLÓGICOS Y BIOQUÍMICOS QUE REGULAN EL PARTO

Todavía no se definen bien los procesos fisiológicos que conducen a la iniciación del parto y al comienzo del trabajo de parto. Hay dos teoremas contemporáneos generales concernientes a la iniciación del trabajo de parto. Visto en forma simplista, son la *pérdida de la función de los factores que conservan el embarazo* y la *síntesis de los factores que inducen el parto*. Algunos principios de estos dos postulados se incorporan en la mayor parte de los teoremas.

Algunos investigadores también especulan que el feto maduro es la fuente de la señal inicial para el comienzo del parto. Otros sugieren que la causa inmediata es la producción de una o más uterotoninas en mayores cantidades, o el aumento en la población de sus receptores miometriales. De hecho, se incluye una función obligada de una o más uterotoninas en la mayor parte de las teorías del parto, ya sea como fenómeno primario o secundario en los episodios finales del parto. Ambos dependen de la regulación cuidadosa de la contracción del músculo liso.

Consideraciones anatómicas y fisiológicas del miometrio

El músculo liso, incluido el miometrio, tiene características exclusivas en comparación con el músculo esquelético que confieren ventajas al miometrio para la eficiencia de las contracciones uterinas y el nacimiento del feto. Primero, el grado de acortamiento de las células musculares lisas con las contracciones puede ser un orden de magnitud mayor al que alcanzan las células de músculo estriado. Segundo, en las células musculares lisas pueden ejercerse fuerzas en múltiples direcciones, mientras que la fuerza de contracción generada por el músculo esquelético siempre está alineada con el eje de las fibras musculares. Tercero, el músculo liso no está organizado en la misma forma que el músculo esquelético. En el miometrio existen filamentos gruesos y delgados en haces largos y aleatorios en todas las células. Esta disposición plexiforme favorece un acortamiento más marcado