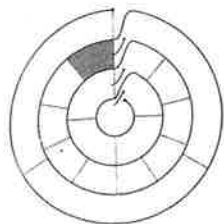


15 Voortplantingsstelsel



Inleiding

De voortplanting is een wezenlijke eigenschap voor elke vorm van leven. Nakomelingen voortbrengen is immers essentieel voor het voortbestaan van de soort. De voortplanting van de mens is een langdurig proces, waarbij vele factoren een rol spelen, zoals het zoeken van een geschikte partner van het andere geslacht, de paring, de zwangerschap, de geboorte en de verzorging van het kind. Bovendien is voortplanting bij de mens niet los te zien van seksualiteit. Seksualiteit omvat meer dan alleen fysiologische processen en het functioneren van organen. Ook gevoelens en gedragingen maken er deel van uit. Deze vallen echter buiten het kader van dit boek en zullen daarom niet besproken worden.

De menselijke voortplanting is een geslachtelijke voortplanting. Dit houdt in dat er een nieuw individu ontstaat na versmelting van twee geslachtscellen, de vrouwelijke eicel en de mannelijke zaadcel. Hiertoe zijn dus twee geslachtelijk verschillende individuen nodig.

In dit hoofdstuk wordt eerst de anatomie van het voortplantingsstelsel van beide seksen behandeld.

Daarna komen de functies van de voortplantingsorganen aan de orde, waarbij eerst de ontwikkeling van de geslachtscellen en de hormonale beïnvloeding van de voortplanting besproken worden. Het hoofdstuk eindigt met de paring en de bevruchting.

15.1 Geslachtskenmerken

Mensen zijn van het vrouwelijke of het mannelijke geslacht. Er zijn dus twee **geslachten** ofwel **seksen** te onderscheiden, elk met kenmerkende eigenschappen. De typisch vrouwelijke en mannelijke kenmerken worden geslachtskenmerken genoemd en zijn het gevolg van verschillen in bouw en ontwikkeling van het lichaam. Er wordt onderscheid gemaakt tussen primaire en secundaire geslachtskenmerken.

De **primaire geslachtskenmerken** zijn al bij de geboorte aanwezig.

Bij de vrouw zijn dat:

- de ovaria (eierstokken);
- de tubae uterinae (eileiders);
- de uterus (baarmoeder);
- de vagina (schede);
- de vulva (uitwendige schaamdelen).

De primaire geslachtskenmerken bij de man zijn:

- de testes (zaadballen);
- de epididymes (bijballen);
- de ducti deferentes (zaadleiters);
- de prostaat (voorstanderklier);
- de penis (mannelijk lid).

De **secundaire geslachtskenmerken** zijn typerende sekseverschillen die onder invloed van geslachts-

hormonen tijdens de groei van het individu tot ontwikkeling komen. Deze hormonen worden vanaf het begin van de puberteit geproduceerd.

Tot de secundaire geslachtskenmerken van de vrouw worden gerekend:

- het volgroeid zijn van ovaria, uterus, vagina en vulva;
- de menstruele cyclus;
- de mammae (borsten);
- beharing onder de oksels en in de schaamstreek;
- verbreding van het bekken;
- toename van onderhuids vet op bepaalde plaatsen, zoals op de heupen en in de bovenbenen.

De secundaire geslachtskenmerken bij de man zijn:

- het volgroeid zijn van testes en penis;
- stemverlaging ('baard in de keel');
- beharing onder de oksels, in de schaamstreek, in het gezicht, op de borst en op de ledematen;
- grotere bot- en spierontwikkeling dan bij de vrouw.

15.2 Geslachtsorganen bij de vrouw

De geslachtsorganen of **genitalia** bij de vrouw liggen zowel inwendig als uitwendig. De **genitalia externa** (uitwendige geslachtsorganen) liggen in de schaamstreek en worden met de term **vulva** aangeduid. De delen van de vulva zijn: de grote en kleine schaamlippen, de venusheuvel, de kittelaar en de voorhof. De **genitalia interna** (inwendige geslachtsorganen) bevinden zich in het kleine bekken; het zijn de eierstokken, de eileiders, de baarmoeder en de schede.

15.2.1 Vulva

De **labia majora** (grote schaamlippen) zijn twee behaarde, vrij dikke huidplooien. Ze bevatten in verhouding veel onderhuids vetweefsel en ook veel zweet-, geur- en talgklieren. Dorsaal gaan de schaamlippen over in het **perineum** (bilnaad), een taaie huidplooï tussen schaamstreek en anus.

Waar de labia majora aan de voorkant samenkomen, bevindt zich de **mons veneris** (venusheuvel). Dit is een verdikking, deels veroorzaakt door de onderliggende symfyse en deels door een grotere hoeveelheid onderhuids vetweefsel. De venusheuvel is dicht behaard (schaamhaar).

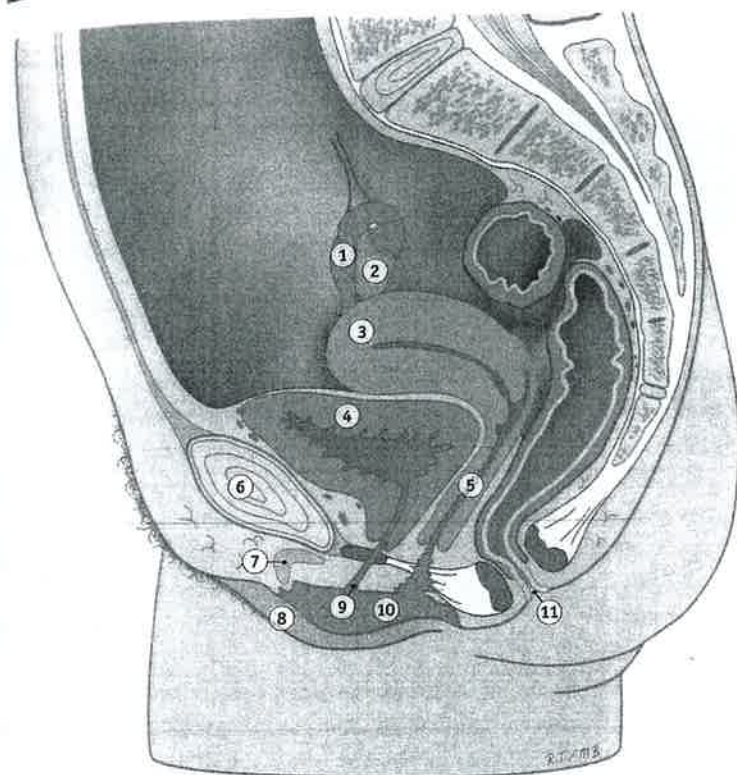
De **labia minora** (kleine schaamlippen) zijn twee dunne, onbehaarde huidplooien, mediaal van de grote schaamlippen. Ze bevatten geen onderhuids vetweefsel. De kleine schaamlippen sluiten het **vestibulum vaginae** (voorhof) af, zoals de ruimte binnen de kleine schaamlippen genoemd wordt. In het voorhof monden de vagina en de urethra uit.

Dicht bij de vaginale opening monden de zogeheten **klieren van Bartholin** uit, die bij seksuele prikkeling slijm afscheiden. Het voorhof is bij de meeste vrouwen die nog maagd zijn, geheel of gedeeltelijk van de vagina afgesloten door het **hymen** (maagdenvlies). Dit is een aan de dorsale kant van de vaginawand uitgaande slijmvliesplooï, die meestal bij de eerste geslachtsgemeenschap afscheurt. Dat gaat meestal gepaard met een kleine bloeding.

Op de plaats waar de kleine schaamlippen aan de voorkant aansluiten bevindt zich de **clitoris** (kittelaar). Dit is een klein kegelvormig orgaantje van enkele centimeters groot. Het bestaat uit twee zwellichamen, die vanaf de symfyse met een knik naar de voorhof lopen. Daar eindigen ze in een verdikking, de **glans clitoridis** genoemd. De glans wordt bedekt door een stukje huid, dat tegelijk de voorste verbinding tussen de beide kleine schaamlippen vormt. Dit stukje huid, dat als een kapje op de glans ligt, wordt **preputium clitoridis** (voorhuid van de kittelaar) genoemd. De glans is zeer dicht bezet met sensoren.

15.2.2 Eierstokken

De beide eierstokken of **ovaria** liggen intraperitoneaal links en rechts tegen de rand van het kleine bekken, direct onder de bekkeningang. Ze produceren zowel de vrouwelijke geslachtscellen als vrouwelijke geslachtshormonen en worden daarom de vrouwelijke **gonaden** (geslachtsklieren) genoemd.



15.1 De geslachtsorganen van de vrouw; mediane doorsnede

1. Eileiders
2. Eierstokken
3. Baarmoeder
4. Blaas
5. Vagina
6. Schaambeentjes
7. Clitoris
8. Grote schaamlippen
9. Uitgang plasbuis
10. Voorhof
11. Anus

2
een
mlippen

De ovaria liggen ingebed in bindweefsel en zijn met een aantal ligamenten aan de omringende organen, zoals de buikwand en de uterus, bevestigd. Het begin van de eileider stulpt als een trechter over de bovenkant van het ovarium heen.

Een eierstok heeft de vorm van een grote amandel: ongeveer vier centimeter lang, twee centimeter breed en een centimeter dik. Het oppervlak van de eierstok bestaat uit eenlagig epitheel, bedekt door het peritoneum viscerale. Daarbinnen bevindt zich bindweefsel, dat in het centrum losmazig is en bloed- en lymfevaten en zenuwen bevat. Hieromheen is het bindweefsel dichter en wordt het de **cortex ovarii** (schors van de eierstok) genoemd. Hierin liggen heel veel eifollikels.

Een **eifollikel** (eiblaasje) bestaat uit een nog onrijpe eicel die wordt omgeven door een of meerdere lagen cellen, de **follikelcellen**. Deze voeden en beschermen de zich eventueel ontwikkelende eicel. Beide eierstokken bevatten samen gemiddeld

400.000 eifollikels. Deze zijn al vóór de geboorte gevormd. Hiervan zullen er maar enkele honderden rijp worden, gedurende de vruchtbare jaren van de vrouw. Vanaf de puberteit tot aan de menopauze wordt er gemiddeld één keer per maand een eifollikel rijp, afwisselend in beide ovaria. De rijpe eifollikel barst open en stoot de eicel uit in de vrije buikholtte. Het vrijkomen van een eicel wordt **ovulatie** (eisprong) genoemd.

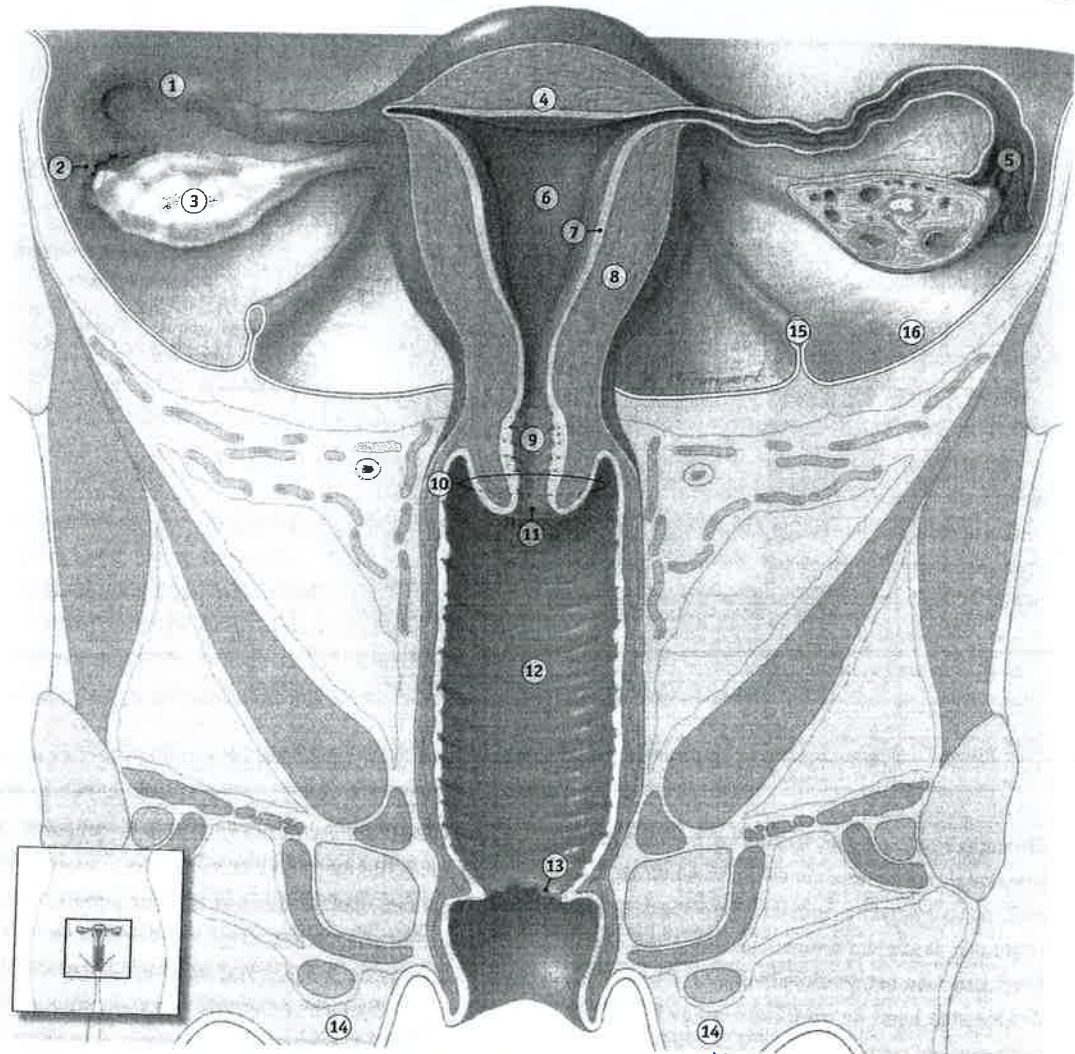
De follikelcellen van een rijpende eifollikel produceren het vrouwelijke geslachtshormoon **oestrogenen**, onder invloed van het follikelstimulerend hormoon (FSH) uit de adenohipofyse. Oestrogenen bevordert en handhaaft de secundaire geslachtskenmerken van de vrouw. Oestrogenen heeft ook invloed op de menstruele cyclus en zal in verband hiermee later in dit hoofdstuk worden besproken. De rijpe eifollikel die op het punt staat een eicel af te geven is een met vocht gevuld blaasje geworden en heet dan **Graafse follikel**. Nadat de Graafse folli-

at samenkomen, (sheuvel). Dit is oor de onderlig- tere hoeveel- sheuvel is

en) zijn twee diaal van de n onderhuids sluiten het als de ruimte emd wordt. In urethra uit. r de zogeheten suele prikke- ij de meeste f gedeeltelijk nen (maag- nt van de va- ie meestal bij eurt. Dat gaat ing.

pen aan de itoris (kit- gaantje van uit twee et een knik e in een d. De glans : tegelijk de ne schaam- en kapje op is (voorhuid zeer dicht

traperito- het kleine Ze produce- als vrou- aarom de genoemd.



15.2 Inwendige vrouwelijke geslachtsorganen

*eileide
eierstok
baarmoeder
bouwst*

- | | | |
|--------------------|-------------------------|--------------------------|
| 1. <u>Eileider</u> | 6. <u>Baarmoeder</u> | 9. <u>Baarmoederhals</u> |
| 2. Uitloper | 7. Baarmoederslijmvlies | 12. Vagina |
| 3. Eierstok | 8. Baarmoederwand | 13. Maagdenvlies |
| | | 14. Grote schaamlippen |

*uiterlijk uit eileider
baarmoederhals*

*naagden vles
schaamlippe
brede b m band*

kel zijn eikel heeft afgegeven verandert hij onder invloed van het luteïniserend hormoon uit de adeno-hypofyse van uiterlijk en functie. De follikelcellen nemen in aantal en omvang toe, de eifollikel verandert in een gele korrelige massa en wordt **corpus luteum** (geel lichaam) genoemd. Het corpus luteum is nu een kleine hormoonklier geworden, die behal-

ve oestrogeen ook het vrouwelijke hormoon **progesteron** afgeeft. Progesteron speelt een belangrijke rol bij de instandhouding van de zwangerschap, in het geval dat de net vrijgelaten eikel bevrucht zou worden. Als de eikel niet bevrucht wordt, vergaat het gele lichaam en wordt er in de volgende menstruele cyclus een nieuwe eifollikel rijp.

15.2. Tussen centimeter groter eileide deel van band), de zijv uitein **infundibulum** staat h bestaa (m.i.). jeacht vangen binnen epitheel. Er bev theel. In het deel h is aange de per een vl De vlo eikel l uterus

15.2. De ba dat in het re heeft lengte een gr zijkan leiders: deel b de **furpus** ut deel v deel n steekt

15.2.3 Eileiders

Tussen ovarium en uterus zit een ongeveer tien centimeter lang buisje, de eileider of **tuba uterina**, grotendeels opgebouwd uit glad spierweefsel. De eileiders liggen intraperitoneaal in het bovenste deel van het **ligamentum latum** (brede baarmoederband), de peritoneumplooi tussen de uterus en de zijwand van het bekken. Het trechtervormige uiteinde dat over het ovarium heen stulpt wordt **infundibulum tubae uterinae** genoemd. De eileider staat hier open, waardoor er een open verbinding bestaat tussen de uterus (m.e.) en de buikholte (m.i.). De rand van het infundibulum heeft franjeachtige uitstulpingen, die **fimbriae** heten. Ze vangen de uit de eierstok vrijgekomen eicel op. De binnenkant van de eileiders is bekleed met trilhaar-epitheel en vertoont plooiën in de lengterichting. Er bevinden zich veel kliercellen in het trilhaarepitheel.

In het nauwe lumen van de eileider zit vocht. Een deel hiervan is afkomstig van de kliercellen, de rest is aangezogen vanuit de buikholte. De trilharen en de peristaltiek in de eileider zorgen namelijk voor een vloeistofstroming in de richting van de uterus. De vloeistofbeweging en de peristaltiek geleiden de eicel langs de lengteplooiën in de eileider naar de uterus.

15.2.4 Baarmoeder

De baarmoeder of **uterus** is een gespierd orgaan, dat in het midden van het kleine bekken ligt, vóór het rectum en gedeeltelijk op de blaas. De uterus heeft de vorm van een kleine peer met een totale lengte van ongeveer zeven à acht centimeter en een grootste breedte van vijf centimeter. Aan de zijkanten van het breedste gedeelte sluiten de eileiders op de uterus aan. Het brede koepelvormige deel boven de uitmondingen van de eileiders wordt de **fundus uteri** genoemd. Daaronder zit het **corpus uteri** (baarmoederlichaam), dat het grootste deel van de uterus uitmaakt. Het taps toelopend deel naar onderen toe, de **cervix** (baarmoederhals), steekt uit in de vagina. Dit uitstekende deel heet de

portio. De holte in de baarmoeder, binnen fundus en corpus, wordt **cavum uteri** (baarmoederholte) genoemd; de holte in de cervix is het **cervixkanaal**. Het cervixkanaal verbindt de baarmoederholte met de vagina. De opening van de cervix naar de vagina heet **ostium uteri** (baarmoedermond).

Met uitzondering van de cervix ligt de uterus intraperitoneaal. Een aantal ligamenten houdt de uterus op zijn plaats. Aan de zijkanten van de uterus is dat het waaivormige ligamentum latum. Dit ligament wordt aan de voorkant begrensd door het bandvormige **ligamentum teres** (ligamentum rotundum of ronde ligament), dat vanaf de uterus naar de lies loopt. Aan de achterkant wordt de uterus door het **ligamentum recto-uterina** gefixeerd.

Bij een lege blaas heeft de uterus een voorovergebogen ligging over de blaas heen, waardoor het corpus een soort knik maakt met de cervix. De baarmoedermond zit dan tegenover de achterste vaginawand. Deze voorovergebogen ligging wordt **anteflexie** genoemd. Wanneer de blaas voller wordt, duwt hij de uterus naar boven en vermindert de anteflexie.

De baarmoederwand heeft drie lagen. De binnenste laag, die aan de baarmoederholte grenst, is het **endometrium** (baarmoederslijmvlies). Dit is een dunne, goed doorbloede bindweefsellaag, bedekt met trilhaarepitheel met veel slijmkliercellen. Het endometrium ondergaat gedurende de menstruele cyclus veranderingen in dikte en bouw.

De middelste en dikste laag van de baarmoederwand is het **myometrium** (spierwand). Het myometrium is opgebouwd uit glad spierweefsel met een gemiddelde dikte van twee centimeter.

De buitenste laag van de uterus, het **perimetrium**, is in feite een deel van peritoneum viscerale (serosa). Het gaat aan de zijkanten van de uterus over in het ligamentum latum.

15.2.5 Schede

De schede of **vagina** is een kanaal van ongeveer acht centimeter lang en vormt de verbinding tus-

ges-
te rol
het
vor-
st
tele

sen de uterus en de buitenwereld. De vagina is het vrouwelijke paringsorgaan en tijdens de bevalling ook het laatste deel van het baringskanaal. De vagina ligt tussen de urethra en het middenstuk van het rectum.

De wand van de vagina bestaat van binnen naar buiten uit een laag slijmvlies van meercellig plaveiselepitheel, een gladde spierlaag en een laag elastisch bindweefsel. De slijmvlieslaag vertoont een groot aantal dwarsverlopende, op ribbels lijkende plooien. De vaginawand is erg elastisch en rekbaar. Normaal raken voor- en achterwand elkaar, maar tijdens de baring kan de diameter gemakkelijk tot vijftien centimeter toenemen.

In de vagina leven de zogeheten **Döderlein-bacillen**, een staafvormige bacteriesoort met de naam *Lactobacillus acidophilus*. Deze bacillen zetten voor hun energiestofwisseling glucose om in melkzuur. Ze scheiden het melkzuur af, waardoor het milieu in de vagina zuur is. De meeste andere micro-organismen kunnen niet tegen dit zure milieu en gaan te gronde. Door de aanwezigheid van de bacillen is de vrouw tot op zeker hoogte beschermd tegen infecties. Deze bescherming is erg belangrijk, aangezien de buikholte via de eileiders en ook de uterus zelf in open verbinding staan met het m.e.

15.3 Geslachtsorganen bij de man

Net als bij de vrouw wordt bij de man onderscheid gemaakt tussen uitwendige en inwendige geslachtsorganen. Tot de uitwendige geslachtsorganen worden de penis en balzak met de zaadballen en de bijballen gerekend. De inwendige geslachtsorganen bestaan uit de zaadblaasjes, de klieren van Cowper en de prostaat.

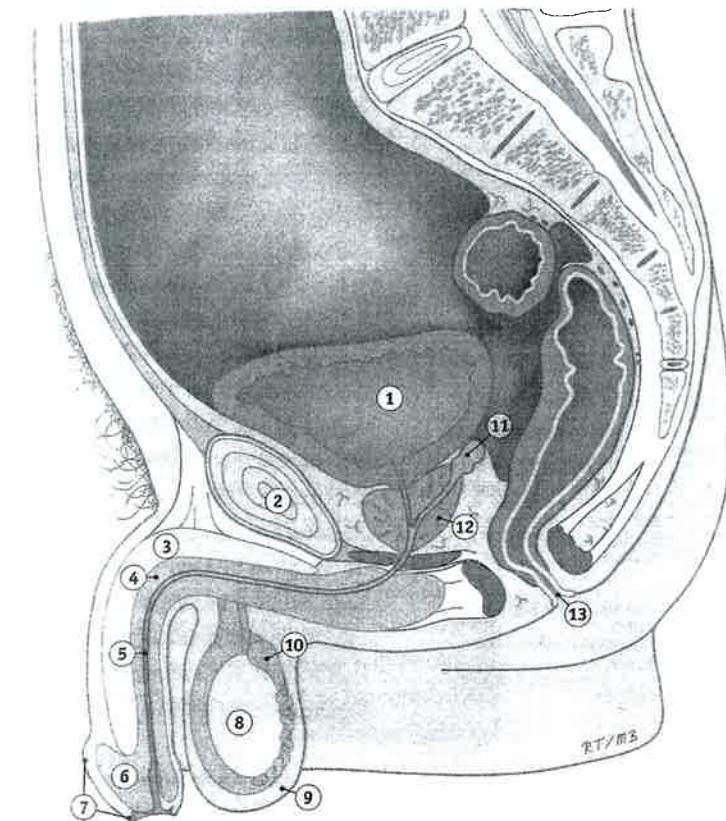
15.3.1 Penis

De penis is het mannelijke paringsorgaan. Tevens vindt via de penis urinelozing plaats. Het deel van de penis net onder de symfyse heet de **radix**

penis (wortel). Dit deel is met een ligament aan de symfyse verankerd en wordt omgeven door dwarsgestreept spierweefsel. Het vrijhangende deel van de penis wordt het **corpus penis** (penisschacht) genoemd.

De penis bevat drie **zwellichamen**. Dit zijn sponsachtige structuren met veel collagene vezels, elastische vezels en glad spierweefsel. Elk zwellichaam is omgeven door een stevige bindweefselmanteel. Het in doorsnede kleinste zwellichaam is het **corpus spongiosum penis**, dat direct onder de bekkenbodem zijn oorsprong heeft. Het ligt rondom de urethra. Bij het begin van het corpus spongiosum zitten twee erwtgrote klieren, de **klieren van Cowper**. Tijdens de paring produceren deze klieren een slijm dat via kleine gangen in de urethra terecht komt.

De twee andere zwellichamen worden de **corpora cavernosa penis** genoemd. Aan de oorsprong beginnen ze gescheiden, maar direct onder de symfyse komen ze naast elkaar te liggen, gescheiden door een bindweefselschot: het **septum penis**. De arteriën lopen in de lengterichting door de zwellichamen. Het toestromende bloed komt in de holten van de zwellichamen terecht en wordt via veneuze netwerken rondom de zwellichamen weggevoerd. De top van de penis wordt gevormd door een verdikking van het corpus spongiosum. Deze verdikking wordt de **glans penis** (eikel) genoemd. De glans penis is bekleed met niet-verhoornend plaveiselepitheel en bevat veel sensoren. De huid rond de penis is dun, onbehaard en zit ruim om de penis heen. De huid is gemakkelijk te verschuiven doordat er een losmazig bindweefsellaagje onder ligt. De huid eindigt met een aanhechting in een groeve achter de glans en valt met een omslagplooï ruim over de glans heen. De loshangende omslagplooï wordt het **preputium penis** (voorhuid) genoemd. Deze kan over de eikel teruggeschoven worden. Meestal is de lengte van de penis vijf tot twaalf centimeter en hangt hij slap. Bij seksuele prikkeling wordt de bloedtoevoer via de arteriën sterk verhoogd. Tegelijk vernauwen de venen, waardoor



15.3 De geslachtsorganen van de man; mediane doorsnede

1. Blaas
2. Schaambeenvverbinding
3. Zwellichaam
4. Zwellichaam
5. Urinebuis
6. Eikel
7. Voorhuid
8. Zaadbals
9. Balzak
10. Bijbal
11. Zaadblaasjes
12. Prostaat
13. Anus

het bloed in de zwellichamen blijft zitten. De stevige bindweefselmantels worden strak gespannen en de penis wordt langer, dikker en harder. Na enige tijd neemt de spanning in de zwellichamen zo toe dat de penis in **erectie** (opgerichte toestand) komt. Hierbij bewerkstelligen de beide corpora cavernosa de erectie, terwijl het corpus spongiosum weker blijft, waardoor dichtdrukken van de urethra verhinderd wordt. De nu stijve penis heeft een lengte van vijftien tot negentien centimeter en kan bewogen worden door samentrekken van de spieren rond de radix penis.

15.3.2 Zaadballen

De gonaden van de man zijn de twee zaadballen of **testes** (enkelvoud = testis), die de zaadcellen en de mannelijke hormonen produceren. De testes liggen buiten de buikholte, onder de symfyse, in een zakvormige huidplooi, het **scrotum** (balzak). De

uitwendige ligging van de testes heeft te maken met de optimale temperatuur waarbij de vorming van zaadcellen plaatsvindt; deze is ongeveer 2°C lager dan de temperatuur in de buikholte. Elke testis is opgehangen aan de **funiculus spermaticus** (zaadstreng), een ongeveer twintig centimeter lange streng die vanaf de testis tot aan de inwendige liesopening loopt. De linker testis hangt meestal iets lager dan de rechter. In de streng liggen de zaadleider, begeleidende vaten en zenuwen. Rond de zaadstreng en in de wand van de balzak bevindt zich een spier van glad spierweefsel, de **m. cremaster** genoemd. Deze spier ontspant wanneer de temperatuur in de balzak oploopt, waardoor de testes wegzakken van de warmte in de liesen. Wanneer de temperatuur daalt, contraheert de m. cremaster, waardoor de testes dicht tegen het lichaam worden getrokken. De uittredeplaats van zaadbuisjes, bloed- en lymfevaten en zenuwen bevindt zich aan

ligament aan de en door dwars-gende deel van enisschacht)

Dit zijn spons-ne vezels, elasti-zwellichaam is selmantel. Het ; het **corpus** de bekken-rondom de ; spongiosum **eren van** n deze klieren urethra

de **corpora** rsprong begin-de symfyse heiden door nis. De arte-zwellicha-de holten via veneuze eggevoerd. r een verdik-verdikking De glans plaveiselepi-ond de penis nis heen. oordat er gt. De huid eve achter im over de i wordt het Deze kan

twaalf e prikke-n sterk waardoor

de achterkant van de testis en wordt het **mediastinum testis** genoemd.

De testis is eivormig en heeft een lengte van ongeveer vijf centimeter. De buitenmantel bestaat uit straf bindweefsel. Van hieruit lopen bindweefsel-schotten straalsgewijs naar het midden toe. De schotten verdelen de testis in zo'n 200 tot 300 lobjes. Een lobje is een taps toelopende ruimte waarin zich enkele gekronkelde **zaadbuisjes** bevinden. In het zeer gespecialiseerde epitheel van de zaadbuisjes worden de **spermatozoa** (zaadcellen) gevormd. Rijpe spermatozoa begeven zich via de zaadbuisjes naar een centraal punt toe, waar zich een netwerk van kanaaltjes bevindt. Dit netwerk wordt het **rete testis** genoemd. Vanuit het rete testis vertrekt een aantal buisjes, de **ductuli efferentes**, die uitmonden in de bijbal.

In het bindweefsel tussen de zaadbuisjes liggen groepjes cellen, de **interstitiële cellen** ofwel de **cellen van Leydig**. Ze produceren het mannelijke geslachtshormoon testosteron.

15.3.3 Bijballen

De bijbal of **epididymis** ligt achter op de testis en bestaat uit een ongeveer vijf meter lang, gekronkeld kanaal, de **ductus epididymidis** (bijbalgang). Op dit kanaal monden de tien tot twintig ductuli efferentes uit. Trilhaarepitheel als binnenbekleding van zowel de ductus epididymidis als ductuli efferentes zorgt voor vloeistofstroming. De bijbal heeft een rijke doorbloeding.

Het laatste, nog gekronkelde deel van de bijbalgang loopt achter de testis van boven naar beneden. Naar beneden toe wordt de mantel van glad spierweefsel rond de bijbalgang steeds dikker. De bijbalgang loopt vervolgens met een knik weer naar boven en de kronkeling neemt af.

Rijpe spermatozoa worden via de ductuli efferentes naar de bijbal afgevoerd. Afhankelijk van de seksuele activiteit van de man verblijven ze daar korte of langere tijd. De functie van de bijbal is dus opslagplaats. Na twee tot drie weken zonder zaadlozing worden de spermatozoa afgebroken en geresorbeerd.

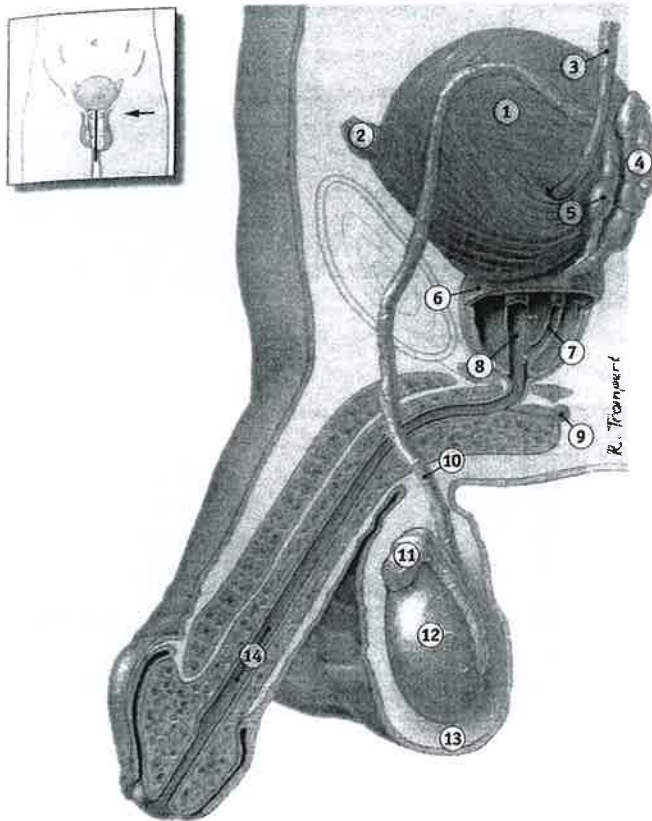
15.3.4 Zaadleider, zaadblaasjes en prostaat

Daar waar de bijbalgang naar boven ombuigt, gaat hij over in de aanvankelijk nog gekronkelde zaadleider of **ductus deferens**. Aan het verloop van de vijftig tot zestig centimeter lange zaadleiters is te zien dat de testes – tijdens de embryonale ontwikkeling – uit de buikholte in het scrotum zijn afgedaald. De zaadleider stijgt op uit het scrotum en bevindt zich in de zaadstreng, naast bloedvaten, lymfevaten en zenuwen. Terwijl de zaadstreng bij de uitwendige liespoort ophoudt, vervolgt de zaadleider zijn weg via de inwendige liespoort, over de bekkenrand, het kleine bekken in. Vervolgens loopt hij langs de blaas en vormt daar een verwijding, de **ampulla ductus deferentis**.

De wand van de zaadleiters bestaat uit slijmvlies, omgeven door een spiermantel van glad spierweefsel. Dit relatief sterke spierweefsel zorgt voor een snel vervoer van spermatozoa, door middel van krachtige peristaltiek.

Naast de ampullae liggen de zaadblaasjes of **vesiculae seminales**. Dit zijn klieren, die een dik, doorzichtig, licht alkalisch vocht afscheiden (pH = 7,8). Het bevat tevens fructose, dat de spermatozoa als energiebron kunnen gebruiken. Het vocht uit de zaadblaasjes heet **liquor seminalis** (zaadvloeistof). Vlak boven de prostaat monden de zaadblaasjes uit in de zaadleiters. Deze vervolgen hun weg binnen de prostaat en monden uit in de urethra. Het deel van de zaadleider binnen de prostaat wordt **ductus ejaculatorius** (ejaculatiegang) genoemd.

De voorstanderklier of **prostaat** lijkt in vorm en grootte op een kastanje. Hij ligt tussen de symfyse en het rectum, dicht onder de blaas, en omsluit daar een stukje van de urethra. Dat stukje wordt het **pars prostatica** genoemd. Het kapsel van de prostaat bestaat uit straf bindweefsel met een uitgebreide doorbloeding en veel gladde spiervezels. Aan de binnenkant van het kapsel stralen bindweefselstrengen naar het centrum uit. Ze verdelen de prostaat in een veertigtal lobjes, waarin zich



15.4 Ligging van de inwendige mannelijke geslachtsorganen ten opzichte van de blaas

1. Blaa
3. Urineleider
4. Zaadblaasjes
6. Prostaat
10. Zaadleider
11. Bijbal
12. Zaadbal
13. Balzak
14. Urinebuis

↑
aspe-
ctus.
ke gey
ca

klierweefsel bevindt. De prostaatklieën produceren een licht zure ($\text{pH} = 6,3$), kleurloze vloeistof, die via ongeveer vijftien klierbuisjes in het pars prostatica uitgestort wordt.

15.4 Ontwikkeling van geslachtscellen

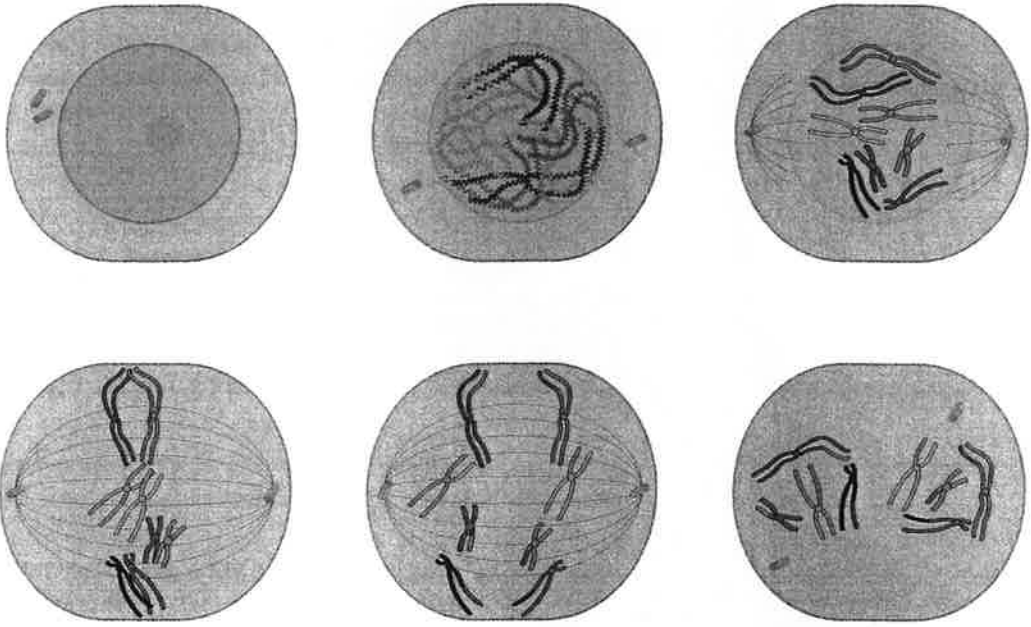
De lichaamscellen van de mens hebben 46 (23 paar) chromosomen. De chromosomen komen gepaard voor; je noemt deze cellen **diploïd**. Het individu is ontwikkeld uit een bevruchte eicel, die ontstaan is nadat twee **gameten** (geslachtscellen), te weten de eicel en het spermatozoön, met elkaar zijn versmolten. Om er voor te zorgen dat de cellen waaruit het nieuwe individu bestaat ook weer diploïd zijn, is het aantal chromosomen in de gameten gehalveerd. Gameten zijn dus **haploïd**. Bij de ontwikkeling van

gameten maken de van oorsprong diploïde cellen dan ook een speciale celdeling door, waarna de dochtercellen haploïd zijn. Deze celdeling wordt meiose genoemd. Hoewel de meiose zich bij de vrouw en de man in principe op dezelfde manier voltrekt, verlopen de ontwikkeling en uiteindelijke rijping van eicellen anders dan die van spermatozoa.

15.4.1 Meiose

Het doel van de **meiose** (reductiedeling) is de 23 chromosomenparen in tweeën te delen, zodanig dat elke nieuwe cel een complete set van 23 chromosomen heeft. Een set chromosomen herbergt de genetische code voor alle eigenschappen van het individu. De andere set van 23 is te beschouwen als een tweelingset. Twee tweelingchromosomen, de zogenaamde **homologe chromosomen**, coderen voor dezelfde eigenschappen, hun centromeer zit op dezelfde plaats en ze zijn even lang.

meiose I



meiose II



De meiose bestaat uit twee processen, die met **meiose I** en **meiose II** aangeduid worden. In de meiose I vindt de daadwerkelijke splitsing van het aantal chromosomen plaats; de meiose II is een mitose (gewone celdeling).

De eerste fasen van de meiose I verschilt niet van die van de mitose:

- verdubbeling van de chromatinedraden, die nu chromatiden heten;
- originelen en kopieën blijven aan de centromeer aan elkaar vastzitten;
- ontstaan van vier centriolen;
- spiraliseren van de chromatiden;
- centrosomen bewegen zich naar de polen van de cel;
- spoeldraden verschijnen;
- kernmembraan en de kernlichaampjes verdwijnen.

Vanaf hier voltrekt de meiose zich anders dan de mitose:

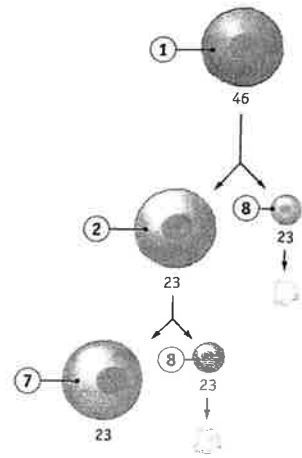
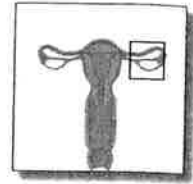
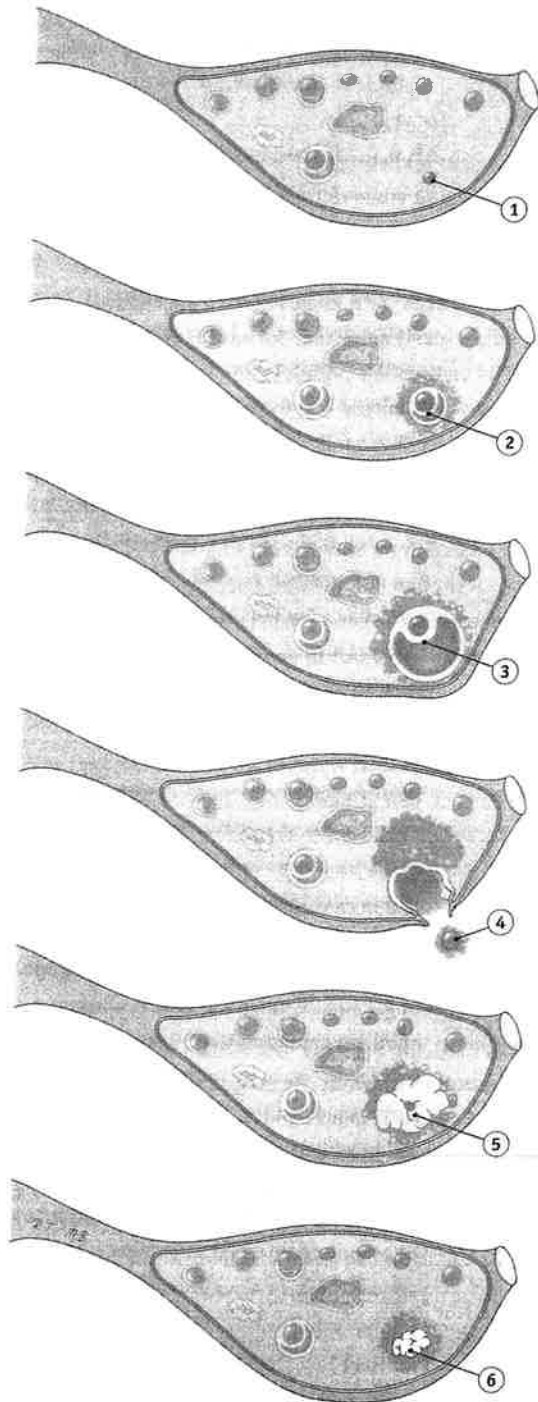
- De homologe chromosomen gaan elkaar opzoeken en elk paar rangschikt zich boven elkaar in het equatoriale vlak.
- In deze fase liggen de chromosomen dicht tegen elkaar aan en vinden er vaak uitwisselingen van stukjes chromosoom plaats. Dit wordt **crossing-over** genoemd.
- De homologe chromosomen bewegen zich langs de spoeldraden in de richting van beide polen van de cel. Zo komt bij elke pool één setje van 23 chromosomen terecht, elk setje met het totale genetische archief. De 'reductie' van diploïd naar haploïd is een feit.
- De moedercel snoert zich ter hoogte van het equatorvlak in.
- Er ontstaan twee cellen, maar nog geen twee kernten. De chromosomen blijven zichtbaar.
- Er treedt een mitotische deling op. Dit is de meiose II. Hoewel de naam doet vermoeden dat het ook een reductiedeling is, is dit in feite een 'gewone' celdeling.

Wanneer de meiose geheel voltrokken is, zijn er vier haploïde cellen ontstaan.

15.4.2 Eicelontwikkeling

De eicelontwikkeling of **oögenese**, is een langdurig proces, dat al vroeg in de embryonale ontwikkeling van het meisje begint. Ongeveer in de vierde week bevinden zich speciale kiemcellen in de net aangelegde ovaria. Zo'n kiemcel wordt **oögonium** (primordiale eicel) genoemd. Tot aan de vijfde maand van de embryonale ontwikkeling neemt het aantal oögonia door mitose toe, tot er ongeveer zes miljoen zijn. In de maanden daarna gaan daarvan vele te gronde, waardoor er bij de geboorte zo'n 500.000 tot 2.000.000 over zijn. Ze zijn nog steeds diploïd. Al snel beginnen ze meiotische activiteit te vertonen en worden dan **primaire oöcyten** genoemd. De meiose I blijft in een vroeg stadium steken. Elke primaire oöcyt wordt in de eierstok omgeven door een laag follikelcellen. Het geheel is de eifollikel.

Vanaf de puberteit wordt er gemiddeld één keer per vier weken een primaire oöcyt hormonaal geactiveerd om de meiose I te voltooien. Na deze deling ontstaan er twee haploïde cellen, waarvan de ene veel groter is dan de andere. Ze worden respectievelijk **secundaire oöcyt** en **poollichaampje** genoemd. Hier stopt de meiose opnieuw. Ondertussen is de eifollikel rijp geworden. Deze laat zijn secundaire oöcyt vrij, die in de eileider terechtkomt. Het poollichaampje verdwijnt. De secundaire oöcyt wordt tot de meiose II geprikkeld op het moment dat een spermatozoön in de cel binnendringt. Hierbij ontstaat opnieuw een veel kleiner poollichaampje, dat te gronde gaat. Op dit moment is de eicel, de grootste menselijke cel, rijp voor bevruchting. Gemiddeld wordt er bij een vrouw, vanaf haar twaalfde tot haar vijftigste levensjaar, elke vier weken een follikel rijp, die een secundaire oöcyt vrijlaat. Van de oorspronkelijke half tot twee miljoen primaire oöcyten komen er zo'n vijfhonderd tot verdere ontwikkeling en misschien maar enkele tot volle rijping.



15.6 Eicelontwikkeling

- 1 primordiale follikel met een primaire oöcyt
- 2 groeiende follikel
- 3 Graafse follikel
- 4 ovulatie: secundaire oöcyt komt vrij
- 5 corpus luteum
- 6 corpus album (littekenweefsel)
- 7 rijpe eicel
- 8 poollichaampje

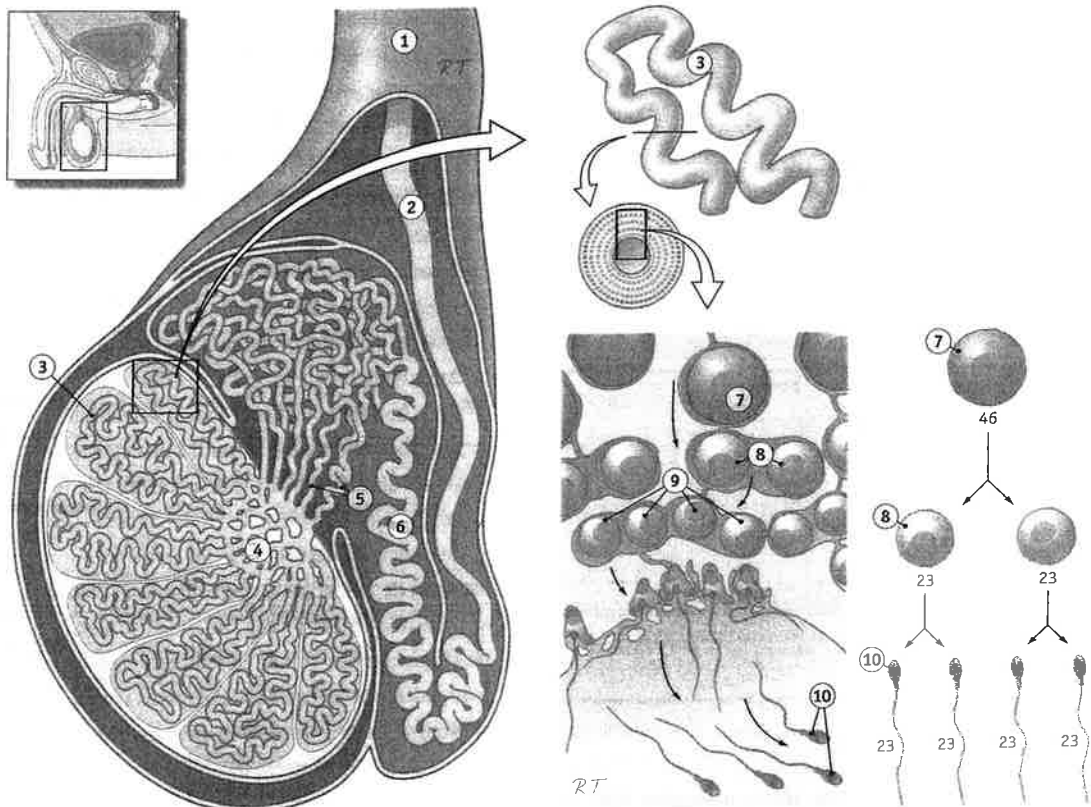
15.4.3 Zaadcelontwikkeling

De zaadcelontwikkeling of **spermatogenese** begint, net als bij de oögenese, al in de eerste maanden van de embryonale ontwikkeling van de jongen. Ongeveer in de vierde week ontstaan er kiemcellen in de wand van de zaadbuisjes van de zich ontwikkelende testis. Deze kiemcellen worden de **spermatogonia** genoemd. Deze cellen zijn diploïd; ze liggen aan de buitenkant van de wand van de zaadbuisjes. Hiertussen ontwikkelen zich ook speciale cellen, de **Sertoli-cellen**, die vanwege hun voedende en ondersteunende functie onmisbaar zijn voor de spermatogenese.

Vanaf de puberteit gaan de spermatogonia zich onder invloed van mannelijke hormonen delen. Dit zijn mitotische delingen, die continu doorgaan,

waardoor er vele zogeheten **primaire spermatocyten** ontstaan, bij een volwassen man gemiddeld drie miljoen per dag. De primaire spermatocyten worden in de richting van het lumen van de zaadbuisjes opgeduwd en ondergaan intussen meiose I, waardoor er vele haploïde **secundaire spermatocyten** ontstaan. Bij deze cellen voltrekt zich vervolgens de meiose II. De cellen die uit primaire spermatocyten voortkomen, worden **spermatiden** genoemd. De spermatiden differentiëren in de rijpe **spermatozoa** (zaadcellen), de kleinste menselijke cellen.

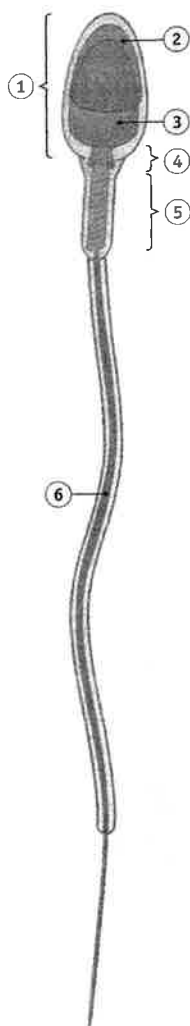
Een spermatozoön heeft een zeer functionele bouw. Hij bestaat uit: kop, hals, middenstuk en zweepstaart. De ovale kop bevat de haploïde kern en heeft een soort kapje, het **acrosoom**. Hierin bevinden zich enzymen die actief zijn bij het binnendringen



15.7 Zaadcelontwikkeling

- | | | | |
|-------------------------|----------------------|--------------------------|----------------|
| 1 funiculus spermaticus | 4 rete testis | 7 primaire spermatocyt | 10 spermatozoa |
| 2 ductus deferens | 5 ductuli efferentes | 8 secundaire spermatocyt | |
| 3 zaadbuisjes | 6 ductus epididymis | 9 spermatiden | |

in de eicel. Het middenstuk bevat veel mitochondriën, die energie leveren voor de bewegingen van de zweepstaart. De bewegingen komen tot stand door het afwisselend links en rechts contraheren van samentrekbare vezels. Deze fibrillen zijn ontstaan uit een centriole en zijn vergelijkbaar met de fibrillen in spierweefsel. De contracties veroorzaken een heen en weer zwiepen van de zweepstaart, waardoor het spermatozoön vooruit geduwd wordt.



15.8 Bouw van een spermatozoön

- 1 kop
- 2 acrosoom
- 3 haploïde kern
- 4 hals
- 5 middenstuk
- 6 staart

De hele spermatogenese, van spermatogonium tot spermatozoön, neemt 65 tot 75 dagen in beslag. Per etmaal worden zo'n tweehonderd miljoen spermatozoa gevormd.

15.5 Hormonale beïnvloeding

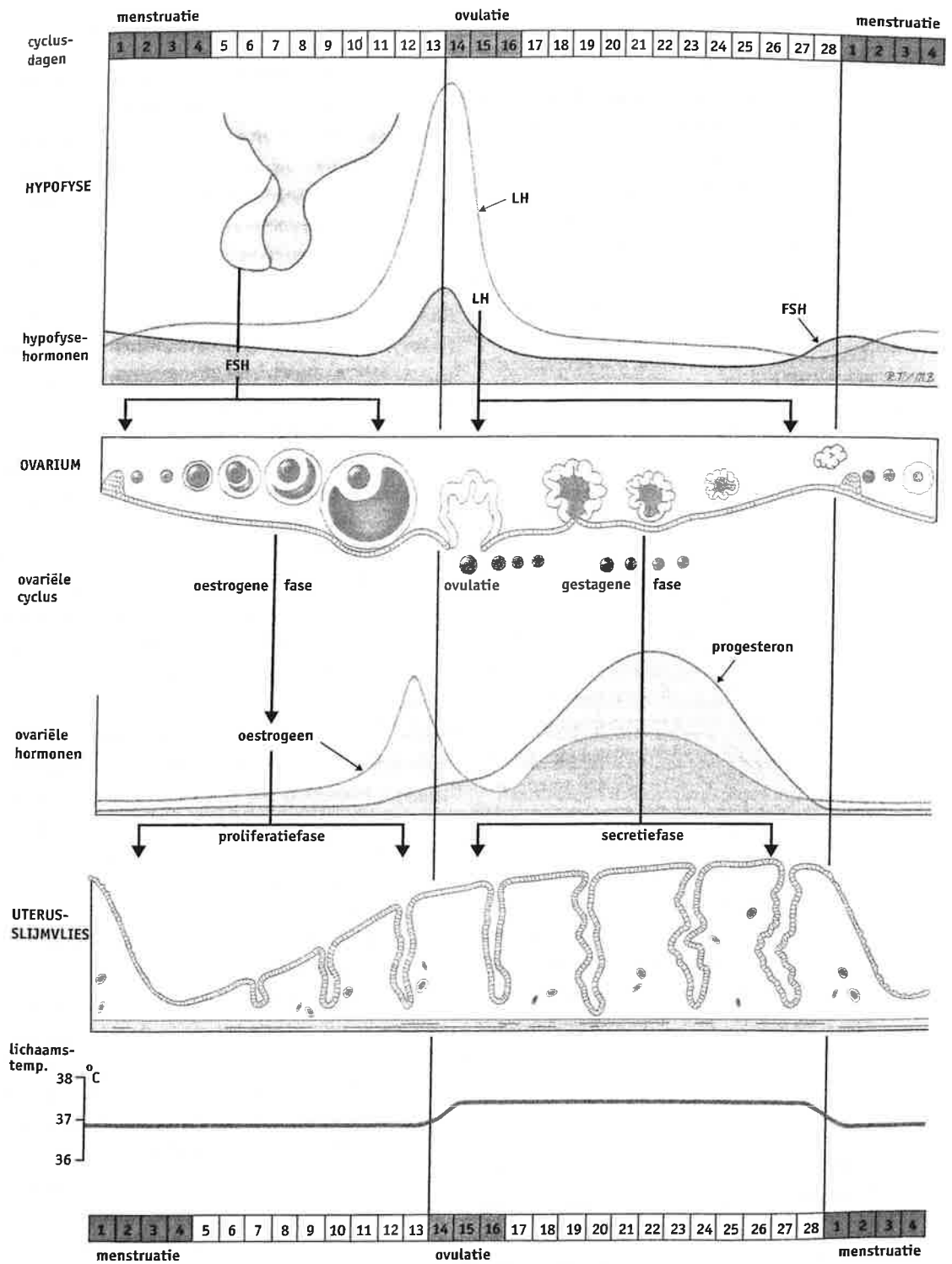
De adenohipofyse produceert onder andere gonadotrope hormonen, dat wil zeggen: hormonen die invloed hebben op de werking van gonaden. De gonadotrope hormonen zijn: het follikelstimulerend hormoon (FSH) en het luteïniserend hormoon bij de vrouw (LH), en het interstitiële cellenstimulerend hormoon (ISCH) bij de man. Deze hormonen zetten de gonaden aan tot de vorming van geslachtshormonen. De geslachtshormonen oefenen op hun beurt grote invloed uit op de ontwikkeling van primaire en secundaire geslachtskenmerken, op de ontwikkeling van de geslachtscellen en bij de vrouw op de instandhouding en ontwikkeling van de zwangerschap. Bij de vrouw bestaat er een complexe wisselwerking tussen de gonaden en de adenohipofyse, die resulteert in de cyclische follikelrijping. Bij de man is de hormonale beïnvloeding minder complex.

15.5.1 Menstruele cyclus

Anders dan bij de man, bij wie in de gonaden continu spermatozoa worden gevormd, komt er bij de vrouw in de regel maar een keer in een cyclus van vier weken een eicel vrij, die geschikt is voor de voortplanting. Gedurende deze vier weken treden er veranderingen van het endometrium (baarmoederslijmvlies) op. Op een bepaald moment wordt het endometrium grotendeels afgestoten. Dit is de **menstruatie** (ongesteldheid). Naar deze term wordt de vierwekelijkse cyclus dan ook **menstruele cyclus** genoemd. Gedurende de menstruele cyclus treden er veranderingen op in de eierstokken, in het endometrium en in de concentraties van de geslachtshormonen en van gonadotrope hormonen. De cyclus wordt ingedeeld in drie fasen, waarbij als begin gewoonlijk de eerste dag van de menstruatie genomen wordt.

De fasen zijn:

- menstruatiefase;
- proliferatiefase;
- secretiefase.



15.9 Hormoonveranderingen en veranderingen in de geslachtsorganen tijdens de menstruele cyclus

ere gona-
onen die
en. De
timulerend
noon bij
stimule-
ormonen
n ge-
oefenen
vikkeling
nerken,
1 en bij
skeling
it er een
:n en de
che folli-
nvloeding

en continu
le vrouw
vier we-
ortplan-
verande-
ijmvlies)
metrium
ie (onge-
celijkse
verande-
etrium en
nen en
dt inge-
onlijk de
rdt.

Menstruatiefase

De eerste fase is de **menstruatiefase** (bloedingsfase), die ongeveer vijf dagen duurt. Deze fase treedt op wanneer er geen bevruchting heeft plaatsgevonden. De productie van progesteron door het ovarium is opgehouden doordat het corpus luteum is vergaan. Daling van progesteronconcentratie in het bloed leidt tot vaatkrampen in de bloedvaten van het endometrium, waardoor dit grotendeels afgestoten wordt. Aan het einde van de menstruatiefase is van het endometrium niet veel meer over dan een dunne epitheelbindweefsellaag met korte buisvormige klieren.

Proliferatiefase

De **proliferatiefase** (opbouwfase) belooft de vijfde tot de vijftiende dag. De dikte van het endometrium neemt ten gevolge van een groot aantal celdelingen geleidelijk toe. Ook het klierweefsel vertoont delingsactiviteit; de klierbuizen groeien met het slijmvlies mee en het klierepitheel breidt zich over het hele oppervlak van het endometrium uit. Aan het einde van deze fase kan de epitheellaag van het endometrium wel een halve centimeter dik zijn. Tussen de vele klierbuizen heeft zich een groot aantal arteriolen ontwikkeld met een opvallend kronkelend verloop. Het capillairnetwerk dat door deze arteriolen verzorgd wordt bevindt zich dicht onder het slijmvliesoppervlak.

De proliferatiefase staat onder invloed van oestrogenen uit de follikelcellen van het ovarium. Op grond daarvan wordt deze fase ook wel aangeduid met **oestrogene fase**. De proliferatiefase eindigt na de ovulatie, wanneer de Graafse follikel gaat veranderen in het corpus luteum.

Secretiefase

De derde fase is de **secretiefase** (afscheidingsfase), die van de vijftiende tot de achtentwintigste dag duurt. Het corpus luteum in het ovarium zet de oestrogenproductie voort, en gaat nog een tweede hormoon produceren, namelijk progesteron. De toenemende hoeveelheid progesteron stimuleert

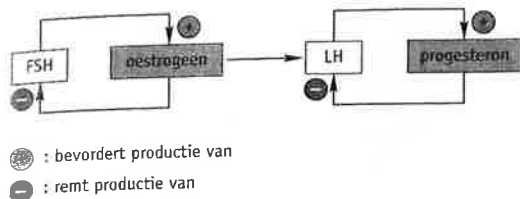
het klierweefsel van het endometrium om een slijmerig vocht af te scheiden. Dit hoopt zich op in het bindweefsel van het endometrium, waardoor het sponsachtig opzwellt. De doorbloeding van het endometrium neemt toe en er wordt glycogeen in de baarmoederwand opgeslagen.

In de secretiefase wordt het endometrium in optimale conditie gebracht voor de eventuele innesteling van een embryo. Deze fase staat onder invloed van progesteron en wordt ook wel de **gestagene fase** genoemd, naar de verouderde term gestatie (zwangerschap). Als er geen bevruchting optreedt, gaat de eikel te gronde en zullen de progesteron- en oestrogenproductie ongeveer na de drieëntwintigste dag van de cyclus afnemen. Het corpus luteum vergaat immers. Vooral daling van de progesteronconcentratie leidt ertoe dat er vaatkramp in de arteriolen plaatsvindt. Hierdoor krijgen de capillairnetwerken geen bloedtoevoer meer en het endometrium sterft af; na de achtentwintigste dag kan een nieuwe cyclus beginnen.

De lichaamstemperatuur geeft tijdens de menstruele cyclus een schommeling te zien. Progesteron beïnvloedt de centra voor temperatuurregulatie in het verlengde merg en de hypothalamus. Na de ovulatie neemt het progesterongehalte snel toe, waardoor de lichaamstemperatuur gemiddeld $0,5^{\circ}\text{C}$ stijgt.

De menstruele cyclus is ook van invloed op het weefsel in de borsten. In de proliferatiefase neemt het klierweefsel iets in omvang toe. Bovendien stroomt er meer bloed naar de borsten. Deze verschijnselen nemen gedurende de secretiefase af.

Tegelijk met de menstruele cyclus vindt de **ovulatoire cyclus** in een van de ovaria plaats: eens in de vier weken wordt een eifollikel rijp, waarna een ovulatie volgt. De beide cycli staan zó nauwkeurig onder hormonale controle dat follikelrijping en ovulatie synchroon lopen met het geschikt maken van het endometrium ten behoeve van de innesteling van een eventueel embryo. De ovulatoire cyclus wordt gereguleerd door de gonadotrope hormonen



15.10 Terugkoppeling van de vrouwelijke geslachtshormonen

uit de hypofyse. De door het ovarium geproduceerde geslachtshormonen koppelen de hypofyse terug. De ovulatoire cyclus begint met de rijping van een eifollikel; dit proces wordt gestimuleerd door het FSH uit de hypofyse. Follikelcellen beginnen nu oestrogenen te produceren. Oestrogenen beïnvloeden de werking van de hypofyse op twee manieren: enerzijds remmen ze de FSH-productie, anderzijds stimuleren ze de afgifte van het LH. LH bevordert het rijpingsproces van de eifollikel en de ovulatie. Na de ovulatie verandert de Graafse follikel onder invloed van het LH in het gele lichaam, dat vervolgens behalve oestrogenen ook progesteron gaat afgeven. Progesteron heeft vooral veel invloed op het endometrium en koppelt op zijn beurt de hypofyse negatief terug. Hierdoor wordt de hypofyse geremd in de afgifte van LH.

15.5.2 Hormonale regulatie van de testes

Ook bij de man produceert de hypofyse het FSH en het chemische evenbeeld van LH, het ICSH. FSH stimuleert de spermatogenese in de testes. Vanaf de puberteit produceren de testes dan ook continu spermatozoa. De cellen van Leydig ofwel de interstitiële cellen tussen de zaadbuisjes produceren onder invloed van het ICSH het mannelijke hormoon testosteron. Behalve dat testosteron de secundaire geslachtskenmerken bevordert en handhaaft, stimuleert het de spermatogenese en de werking van zaadblaasjes en prostaat. Testosteron koppelt de hypofyse negatief terug in de afgifte van ICSH.

15.6 Paring

De paring of **coïtus** (geslachtsgemeenschap) is een complex gebeuren tussen man en vrouw, waarbij behalve functioneel-anatomische ook allerlei andere aspecten een rol spelen. In het kader van dit boek beperken we ons grotendeels tot de functionele anatomie.

Bij de coïtus worden vier fasen onderscheiden:

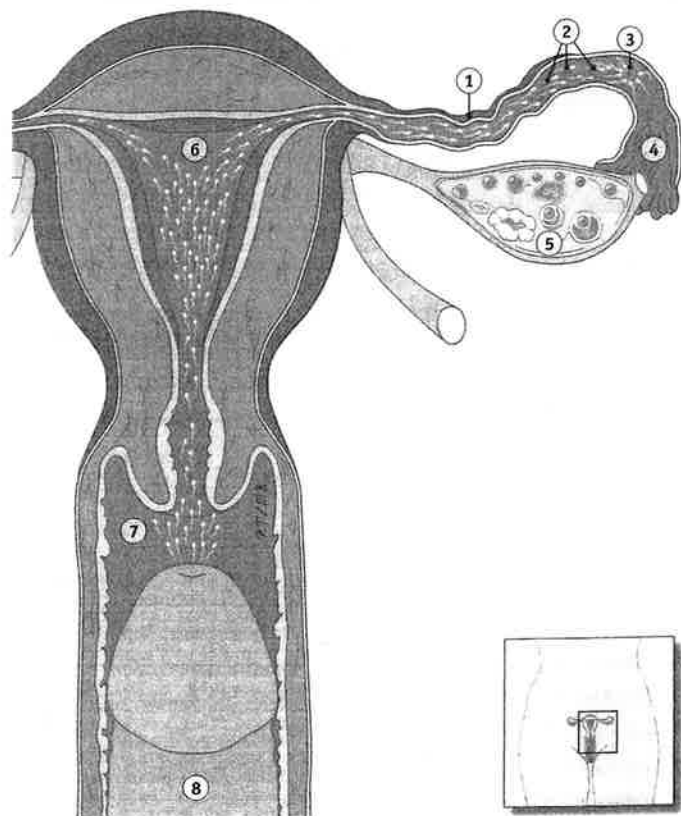
- opwindingsfase;
- plateaufase;
- orgasmische fase;
- ontspanningsfase.

Opwindingsfase

De belangrijkste functie van de **opwindingsfase** is de vagina en de penis voor te bereiden op de eigenlijke paring. Door tal van zaken kan iemand seksueel opgewonden raken, onder andere doordat de partners elkaar aanraken, strelen en kussen. Het lichaam heeft een aantal plaatsen die bij stimulering de opwinding vergroten. Deze plaatsen worden de **erogene zones** genoemd. Voorbeelden van erogene zones zijn de lippen, de hals, de binnenkant van de dijen, de borsten en vooral de tepels, de buik, de rug, de glans clitoridis en de glans penis. Door seksuele opwinding neemt de bloedtoevoer toe naar de schaamlippen, de borsten en de testes en naar de zwellichamen van de penis en clitoris. De tepels richten zich op en ook de penis en de clitoris komen in erectie. De klieren van Bartholin scheiden slijm af, waardoor de ingang naar de vagina glad wordt. Over de hele lengte van de vagina wordt een smerend slijm afgescheiden. De klieren van Cowper scheiden een draderig slijm af, dat de glans penis zeer glad maakt.

Plateaufase

In de **plateaufase** duren de verschijnselen uit de opwindingsfase voort en wordt de penis in de vagina gebracht; dit wordt **immissio penis** genoemd. De top van de penis komt gewoonlijk tot aan de baarmoedermond. Het onderste eenderde deel van



15.11 Paring en bevruchting

- 1 tuba uterina
- 2 spermatozoa
- 3 eicel
- 4 fimbriae
- 5 ovarium
- 6 uterus
- 7 vagina
- 8 penis

de vagina vernauwt zich rond de penis; het bovenste tweederde deel wordt wat ruimer. De anteflexie-stand van de uterus neemt iets af en de baarmoedermond en het cervixkanaal worden iets wijder. Tijdens de plateaufase wordt de penis ritmisch heen en weer bewogen in de vagina. Bij beide partners nemen hartslag, bloeddruk en ademhalingsfrequentie toe. Deze verschijnselen treden niet zozeer op vanwege de inspanning, maar zijn het gevolg van stimulatie van het autonome zenuwstelsel.

Orgastische fase

In de **orgastische fase** komen man en vrouw tot een **orgasme** (klaarkomen). Het orgasme kan bij de man en vrouw gelijktijdig optreden, maar dat is zeker niet de regel. Een orgasme duurt doorgaans maar enkele seconden en kenmerkt zich door ritmische, onwillekeurige contracties van de bekkenbodem en de geslachtorganen.

Bij de vrouw contraheert het onderste eenderde deel van de vagina, de baarmoeder richt zich nog iets op en vertoont ook ritmische contracties. De clitoris is uiterst gevoelig voor aanraking.

Bij de man komt de **ejaculatie** (zaadlozing) tot stand. De ejaculatie gebeurt in twee fasen, die **emissiefase** en **expulsiefase** genoemd worden. In de emissiefase trekt de sluitspier van de blaas samen, zodat er geen urine in de urethra kan komen. Vervolgens worden zaadvocht en spermatozoa in de pars prostatica van de urethra geperst en komt er prostaatvocht bij. Het uit kliervocht en spermatozoa samengestelde vocht wordt tijdens de expulsiefase met kracht vanuit de urethra in de vagina gestuwd.

Ontspanningsfase

Na het orgasme volgt de **ontspanningsfase**. De erecties van penis en clitoris verdwijnen vrij snel, de vagina ontspant zich en de uterus keert terug