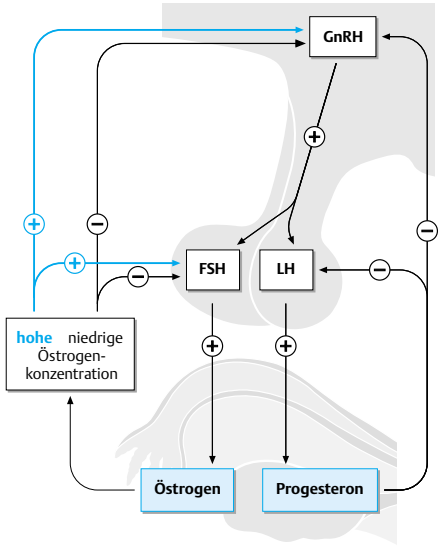
5.1 Welche Hormone sind an der Steuerung des Menstruationszyklus beteiligt? Wie beeinflussen sie sich gegenseitig?

- **GnRH** (Gonadotropin-Releasing-Hormon): stimuliert die Freisetzung der Gonadotropine FSH und LH
- **FSH** (Follikelstimulierendes Hormon): stimuliert die Follikelreifung und indirekt (über die Follikel) die Östrogenfreisetzung
- **LH** (Luteinisierendes Hormon): stimuliert das Corpus luteum und damit v. a. die Progesteronsynthese
- **Östrogene:** wirken in niedrigen bis mittleren Konzentrationen negativ rückkoppelnd auf die Freisetzung der Gonadotropine FSH und LH; in hohen Konzentrationen schlägt die negative in eine positive Rückkopplung um und die Gonadotropinfreisetzung wird stimuliert
- **Gestagene (v. a. Progesteron):** wirken negativ rückkoppelnd auf die Gonadotropinfreisetzung.



Steuerung der Sexualhormone der Frau

5.2 Zählen Sie je mindestens 5 Wirkungen der weiblichen Sexualhormone auf!

Östrogene:

- Entwicklung/Reifung der primären (Uterus, Vagina, Ovarien, Tuben) und sekundären (Mammae, Fettverteilung) weiblichen Geschlechtsmerkmale
- Bremsung des Längenwachstums durch Schluss der Epiphysenfugen
- Förderung der Osteoblastentätigkeit
- Beeinflussung des Blutfettspiegels (LDL ↓, VLDL ↑, HDL ↑)
- Erhöhung der Gerinnungsfähigkeit des Blutes
- Proliferation des Endometriums
- Förderung der Follikelreifung
- Verflüssigung des Zervixschleims
- Steigerung der Tubenmotilität
- Epithelproliferation in der Vagina

Progesteron („Schwangerschaftschutzhormon"):
Vorbereitung des Körpers auf eine Schwangerschaft oder bei Eintritt einer Schwangerschaft Schutz der Schwangerschaft:

- Sekretorische Transformation des Endometriums, Erhalt des Endometriums
- Verfestigung des Zervixschleims
- Wachstum der Uterusmuskulatur
- Hemmung der Uteruskontraktion
- Entwicklung des Milchgangsystems der Brustdrüsen
- Erhöhung der Basaltemperatur.

5.3 Beschreiben Sie den Menstruationszyklus! Erläutern Sie auch, wie sich die Konzentrationen der verschiedenen Hormone, das Endometrium und der Zervixschleim während eines Menstruationszyklus verändern! Zeichnen Sie die Hormonkurven auf und erläutern Sie!

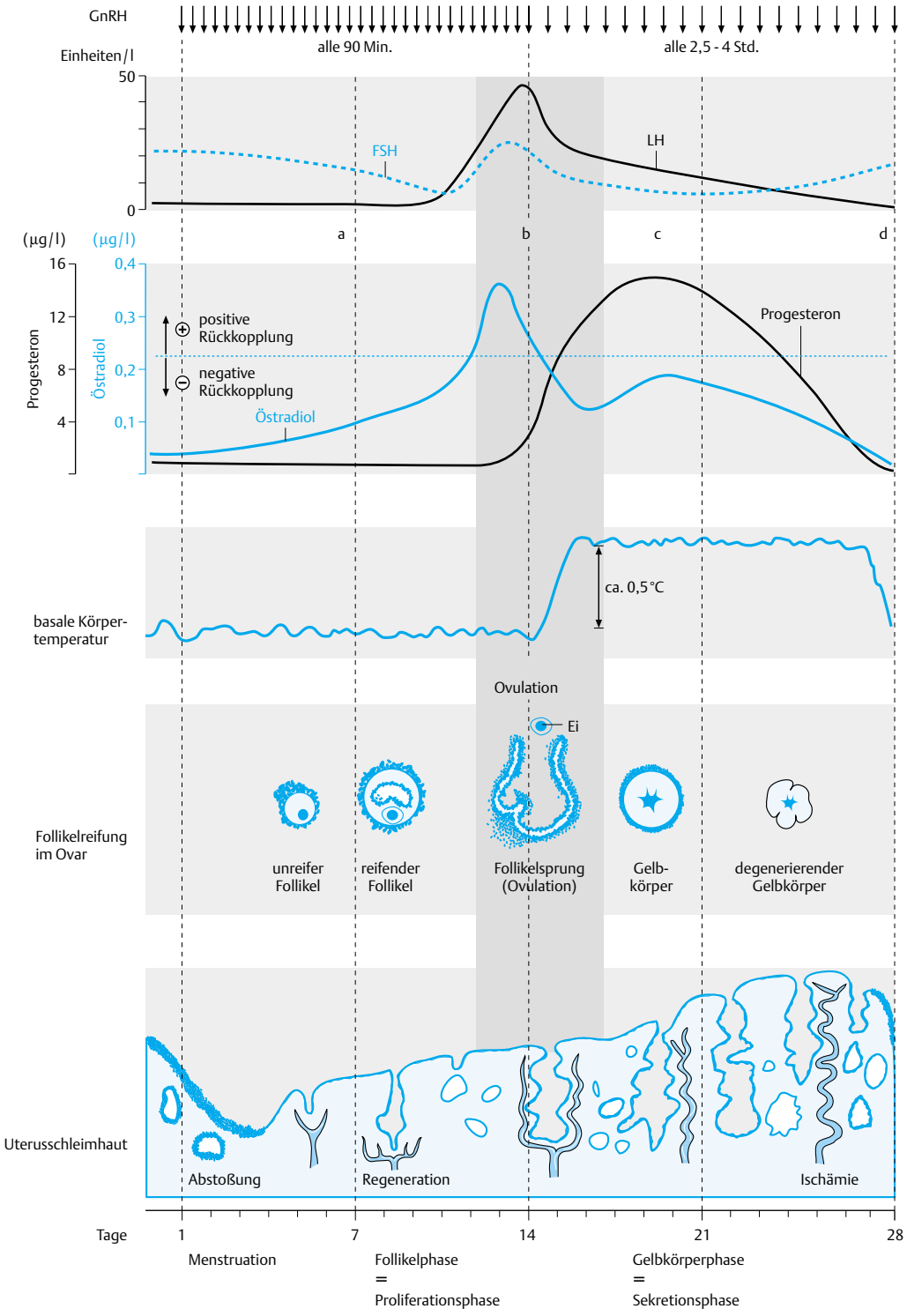
Follikelphase (1. Zyklushälfte, 6. – 12. Tag):

- Unter GnRH-Einfluss Anstieg der Gonadotropinspiegel (FSH, LH)
- FSH stimuliert im Ovar die Reifung von Follikeln (40 – 100), die gleichzeitig Östrogene produzieren
- Der anfangs noch niedrige Östrogenspiegel wirkt negativ rückkoppelnd auf die Gonadotropinausschüttung → FSH, LH steigen nicht weiter an → das gebildete FSH reicht nur für den Follikel, der die meisten FSH-Rezeptoren präsentiert und sich im Verlauf zum dominanten Follikel (sog. Graaf-Follikel) entwickelt, die übrigen Follikel gehen zugrunde
- Je größer der Follikel wird, desto mehr Östrogene synthetisiert er; bei sehr hohem Östrogenspiegel schlägt die negative in eine positive Rückkopplung um → FSH, LH steigen deutlich an
- Östrogenwirkung auf das Endometrium: Proliferation (Proliferationsphase)
- Östrogenwirkung auf den Zervixschleim: Verflüssigung → erleichterte Spermienpassage

Ovulation (Eisprung, Zyklusmitte, 13./14. Tag):

- Ovulation wird durch den starken LH-Anstieg (LH-Peak) ausgelöst
- Einblutung des im Ovar verbleibenden Follikelrests und Umwandlung in Corpus luteum (Gelbkörper)

Walter, Fallbuch Physiologie (ISBN 3131404310), © 2006 Georg Thieme Verlag KG



Darstellung der zyklischen Veränderungen von Endometrium und Follikel in Abhängigkeit von den Hormonspiegeln

Fall 5 ***Seite 6***

Walter, Fallbuch Physiologie (ISBN 3131404310), © 2006 Georg Thieme Verlag KG

Lutealphase (Gelbkörperphase, 2. Zyklushälfte, 15. – 28. Tag):

- Kurzfristiges Absinken des Östrogenspiegels bis das Corpus luteum so weit entwickelt ist, dass es seine Hormonsynthese aufnimmt und Progesteron und Östrogene synthetisiert
- Hoher Progesteron- und mäßig hoher Östrogenspiegel wirken negativ rückkoppelnd auf LH und FSH → Absinken der FSH- und LH-Spiegel
- 14 Tage nach der Ovulation ist der LH-Spiegel so weit abgesunken, dass das Corpus luteum untergeht → Einstellung der Hormonsynthese mit Abfall der Östrogen- und Progesteronspiegel
- Progesteronwirkung auf das Endometrium: sekretorische Umwandlung (Sekretionsphase), Einlagerung von Glykogen, Entwicklung von Spiralarterien
- Progesteronwirkung auf den Zervixschleim: Verfestigung → erschwerte Spermien- oder Bakterienpassage

Menstruation (1. – 5. Tag):

- Abstoßen des Endometriums aufgrund des Östrogen- und Progesteronmangels (Desquamationsphase) → Menstruation („Hormonentzugsblutung")
- Östrogen- und Progesteronmangel hebt negative Rückkopplung auf die Gonadotropine auf → Zunahme der Gonadotropinausschüttung → Zyklus beginnt erneut.

5.4 Wie funktionieren orale Kontrazeptiva („Mikropille")?

Orale Kontrazeptiva („Mikropille") enthalten Östrogene und Gestagene und wirken über verschiedene Mechanismen empfängnisverhütend:

- **Ovulationshemmung:** Hemmung der Gonadotropinfreisetzung über negative Rückkopplung durch Östrogene und Gestagene; ohne FSH keine Follikelreifung → kein befruchtungsfähiges Ei
- **Veränderung des Zervixschleims:** Verfestigung des Zervixschleims durch Gestagen → erschwerte Spermienpassage
- **Veränderung des Endometriums:** sequenzielle Wirkung der Hormone beim Menstruationszyklus (erst nur Östrogene, ab Zyklusmitte zusätzlich Progesteron) ist für einen optimalen Endometriumaufbau für die Nidation (Eieinnistung) notwendig; gleichzeitige Einnahme beider Hormone bedingt eine Atrophie des Endometriums, so dass die Nidation erschwert ist
- **Veränderung der Tubenmotilität:** Herabsetzung der Tubenmotilität und -sekretion.

Kommentar

Menstruationszyklus: Der Menstruationszyklus beruht auf einem genau austarierten Zusammenwirken verschiedener Hormone. Während der Pubertät beginnt der Hypothalamus mit der pulsatilen Ausschüttung von GnRH, welches in der Hypophyse die Freisetzung der Gonadotropine FSH und LH stimuliert. FSH und LH fördern die Freisetzung der Sexualhormone, bei der Frau Östrogene (v. a. Estradiol) und Gestagen (v. a. Progesteron). Mit fortschreitender Pubertät stabilisiert sich der Zyklus bis regelmäßig, etwa alle 28 Tage, ein befruchtungsfähiges Ei heranreift. Per definitionem ist der erste Tag der Menstruationsblutung der 1. Zyklustag. Zum Ablauf des Zyklus s. Antwort zur Frage 5.3.

Kontrazeption: Neben den oben beschriebenen **Kombinationspräparaten** („Mikropille", s. Antwort zur Frage 5.4) können auch **niedrig dosierte reine Gestagenpräparate** („Minipille") bei der oralen Kontrazeption (Verhütung) verwendet werden. Die Gestagene wirken empfängnisverhütend durch Verfestigung des Zervixschleims und Atrophisierung des Endometriums; eine Ovulation wird nicht sicher verhindert. **Progesteron** führt 1 – 2 Tage nach der Ovulation zur Erhöhung der Basaltemperatur des Körpers um 0,5 °C, retrospektiv lässt sich damit der Ovulationstermin bestimmen. Bei regelmäßigem Menstruationszyklus lässt sich so auch der voraussichtlich nächste Termin ermitteln. Diese Methode kann zur Schwangerschaftsverhütung genutzt werden, ist allein aber sehr unsicher. Unter **Östrogeneinfluss** verflüssigt sich zur Zyklusmitte hin der Zervixschleim, die zervikale Schleimsekretion nimmt folglich zu. Präovulatorisch ist der Schleim klar, dünnflüssig und fadenziehend. Nach der Ovulation nimmt durch die Progesteronwirkung die Schleimproduktion ab, der Schleim wird zäh. Beobachtet man diese Veränderungen zusätzlich zur Basaltemperatur, lässt sich der ungefähre Ovulationstermin mit höherer Sicherheit ermitteln.

Hormonelle Veränderungen zu Beginn einer Schwangerschaft: Wird ein Ei befruchtet, muss die **Progesteronproduktion unbedingt erhalten werden**, da andernfalls das Endometrium und mit ihm die befruchtete Eizelle abgestoßen werden würden. Aufgrund der negativen Rückkopplung von Östrogen und Progesteron auf LH, sinken die LH-Spiegel nach der Ovulation ab und das progesteronbildende Corpus luteum droht zugrunde zu gehen. Um dies zu verhindern, wird vom Trophoblasten humanes Choriongonadotropin (**hCG**) als LH-Ersatz gebildet. hCG hält das Corpus luteum in einem funktionsfähigen Zustand, damit die für die Schwangerschaft unerlässlichen Hormone weiter

Walter, Fallbuch Physiologie (ISBN 3131404310), © 2006 Georg Thieme Verlag KG

produziert werden können. Ab dem zweiten Schwangerschaftsdrittel (ca. 14. Woche) kann die **Plazenta** die Progesteronproduktion selbst übernehmen, das Corpus luteum wird nicht mehr benötigt, und der hCG-Spiegel sinkt ab. hCG ist etwa 6 – 8 Tage nach der Befruchtung im Urin nachweisbar, auf seinem Nachweis beruhen die handelsüblichen Schwangerschaftstest.

Anorexia nervosa: Bei der Anorexia nervosa („Magersucht") handelt es sich um eine psychosomatische Erkrankung, die mit einem selbst herbeigeführten extrem niedrigen Körpergewicht einhergeht. Sie tritt häufig bei jungen Mädchen peripubertär auf und verzögert Pubertät und Menarche (1. Menstruationsblutung) oder führt zur sekundären Amenorrhoe, d. h. die Regelblutung bleibt aus, nachdem sie schon eingetreten war. Eine normale Zyklusfunktion setzt einen minimalen Fettanteil von ca. 22% an der Gesamtkörpermasse voraus, wenn dieser unterschritten wird, setzt die neuroendokrine Steuerung der Gonadenfunktion entweder erst gar nicht ein, oder, wenn sie schon in Gang gekommen war, fällt sie wieder auf die präpubertäre Ebene zurück. Entwicklungsgeschichtlich kann man dies als eine natürliche Kontrazeption bei schlechter Ernährungslage betrachten, die als schlechte Vorraussetzung für Nachwuchs angesehen werden muss. Die betroffenen Mädchen sind häufig kachektisch (abgezehrt, abgemagert), die Gonadotropin- und Östrogenspiegel sind stark erniedrigt.



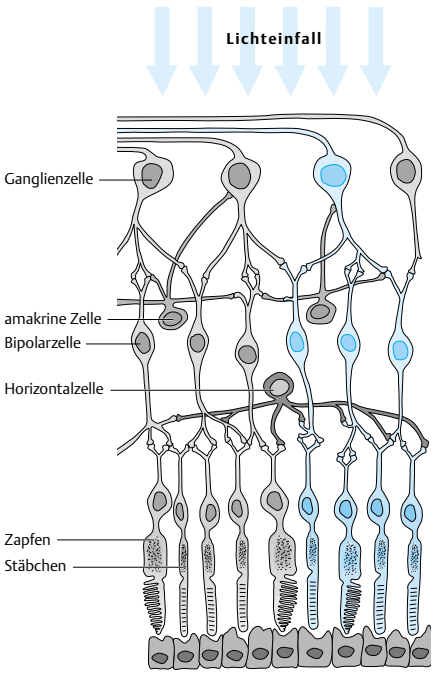
ZUSATZTHEMEN FÜR LERNGRUPPEN

Ovulation
Schwangerschaft und Geburt
Laktation
Männliche Sexualhormone

Fall 6 Signalverarbeitung in der Retina

6.1 Wie ist die Netzhaut aufgebaut?

- Die Netzhaut (Retina) besteht aus mehreren Schichten verschiedener Zelltypen, von innen nach außen betrachtet unterscheidet man:
  - Ganglienzellen (Axone der Ganglienzellen bilden den N. opticus)
  - Amakrine Zellen
  - Bipolarzellen
  - Horizontalzellen
  - Photorezeptoren (Zapfen, Stäbchen)
  - Pigmentzellen.
- Auch auf horizontaler Ebene lassen sich verschiedene Regionen der Netzhaut unterscheiden:
  - Zentral: sog. Fovea centralis (Stelle des schärfsten Sehens)
  - 30° nasal von der Fovea centralis: Papilla nervi optici („blinder Fleck"), hier laufen die Axone der Ganglienzellen zusammen und verlassen den Augapfel als N. optici; an dieser Stelle befinden sich keine Photorezeptoren.



Aufbau der Retina (blau = Ganglienzelle mit ihrem rezeptiven Feld)

6.2 Welche Photorezeptoren kennen Sie? Wie unterscheiden sie sich?

Die Photorezeptoren lassen sich in 2 Typen, die Stäbchen und die Zapfen, unterteilen. Das Verhältnis Stäbchen : Zapfen beträgt etwa 20 : 1.

- **Stäbchen:**
  - Liegen v. a. in der Netzhautperipherie

Walter, Fallbuch Physiologie (ISBN 3131404310), © 2006 Georg Thieme Verlag KG