

Aspectos metabólicos, fisiológicos e nutricionais na infância

Prof. Dr. Raphael Del Roio Liberatore Jr.
rliberatore@fmrp.usp.br

*Nutrição e Metabolismo em Pediatria
Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto
Universidade de São Paulo*

Quais são as diferenças ?



- Crescimento
- Desenvolvimento

Introdução

- A Pediatria é considerada especialidade médica por lidar com seres humanos em fase de CRESCIMENTO e DESENVOLVIMENTO, que são as CRIANÇAS e ADOLESCENTES
- Deve-se levar em conta o processo de incorporação contínua de nutrientes e progressivo aumento de DIMENSÕES e CAPACIDADES do organismo

Noções Históricas

- Philippe Ariès:
 - ✓ "História Social da Criança e da Família"
- Surgimento da Pediatria como especialidade
 - ✓ Importância da Saúde Pública
- Surgimento gradativo das sub-especialidades
 - ✓ Importância da Nutrição

Crescimento

- Processo de caráter concreto, mensurável, caracterizado pela incorporação constante dos nutrientes recebidos:
 - ✓ Transformam-se músculos, ossos, sangue, órgãos como o cérebro, coração, fígado, rins, etc...
- Envolve aumento da massa corporal e renovação de tecidos

Crescimento x Desenvolvimento

- Desenvolvimento refere-se à incorporação de funções progressivamente mais complexas
- Existe paralelismo entre os 2 processos:
 - ✓ Crescimento do sistema músculo-esquelético e a capacidade de andar!
 - ✓ Aumento do tamanho do intestino delgado com o desenvolvimento das funções de digestão e absorção de alimentos!

Fatores que Interferem no Crescimento

✓ FATORES GENÉTICOS

1. Determinação Genética
2. Herança transmitida pelos pais e não pelo grupo étnico - Linha Mestra que condiciona o Crescimento
3. Outros fatores são "interferentes"
4. Importante a observação de características familiares (avós, pais, irmãos, etc), com a obtenção de medidas antropométricas, se possível:
 - o ALVO PARENTAL

Fatores que Interferem no Crescimento

✓ SEXO

1. Fator mais facilmente observável desde o nascimento, atingindo maiores diferenças na Puberdade
2. Meninas crescem mais rapidamente e atingem $\frac{1}{2}$ de sua estatura final com 1,7 anos, enquanto meninos o fazem com 2 anos
3. Meninas iniciam a Puberdade mais cedo e cessam antes que os meninos, ficando em média, 13 cm mais baixas

Fatores que Interferem no Crescimento

✓ SAÚDE

1. Interferência das DOENÇAS nos processos de Crescimento
2. Doenças Agudas
3. Doenças Crônicas
4. Doenças Genéticas
5. Doenças Endocrinológicas

Fatores que Interferem no Crescimento

✓ HORMONAIAS

- Hormônios são substâncias reguladoras de funções vitais, como a manutenção do meio interno, maturação sexual, regulação do metabolismo energético e protéico e do Crescimento:
 1. Hormônio de crescimento (GH)
 2. Outros Hormônios Hipofisários
 1. LH, FSH, TSH, ACTH
 3. *Insulin-like growth factors* (IGF)
 4. Hormônios tireoidianos
 - ❖ T3 e T4

Fatores que Interferem no Crescimento

✓ HORMONAIIS

4. Hormônios pancreáticos
 - ❖ Insulina, Glucagon
5. Hormônios adrenais
 - ❖ Glicocorticóides
 - ❖ Mineralocorticóides
 - ❖ Androgênios
6. Hormônios Sexuais
 - ❖ Testosterona
 - ❖ Estrógenos
 - ❖ Progesterona

Fatores que Interferem no Crescimento

✓ MEIO AMBIENTE

1. Vida Pré-Concepcional e Pré-Natal
2. Nutrição Materna
3. Clima
4. Altitude
5. Condições Sanitárias
6. Nível Sócio-Econômico
7. Guerras
8. Epidemias
9. Ambiente Familiar / Interação Mãe-Filho

Fatores que Interferem no Crescimento

✓ ALIMENTAÇÃO

1. Dentre os Fatores Ambientais, é o que mais se relaciona e interfere no processo de Crescimento
2. Excesso: Obesidade
3. Privação: Sub-Nutrição
4. Privações Específicas
 - o Vitaminas, oligoelementos

Consequências da Desnutrição



Conseqüências da Desnutrição

➤ Programação Nutricional:

✓ Nutritional Programming

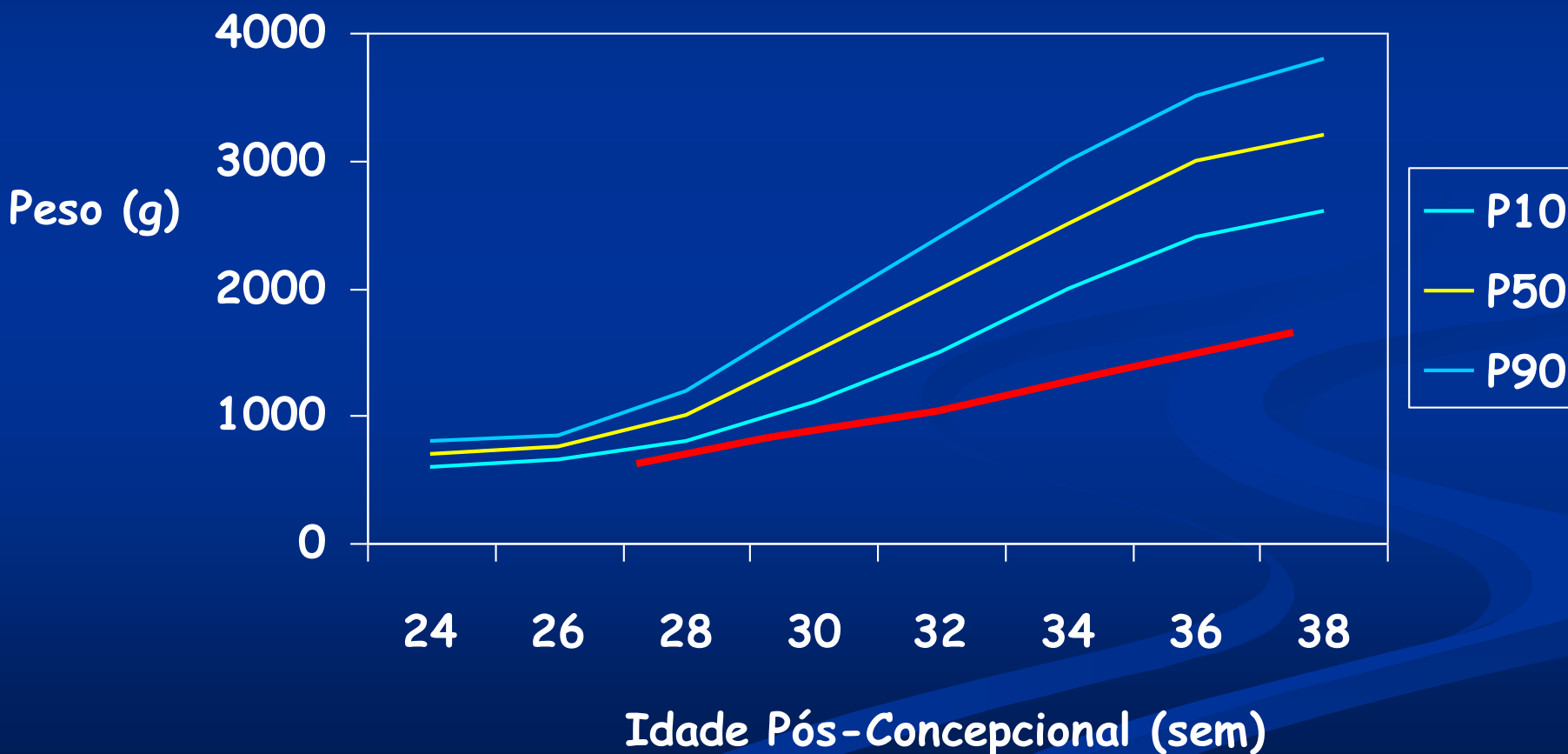
✓ Programming: estímulo ou insulto, que aplicado a um estágio crítico ou sensível do desenvolvimento, pode resultar em efeitos persistentes em estruturas ou funções orgânicas, por vezes permanentes

◦ (Lucas, *CIBA Symp 156*, 1991)

◦ (Lucas, *Arch Dis Child*; 71: 288, 1994)

Consequências da Desnutrição

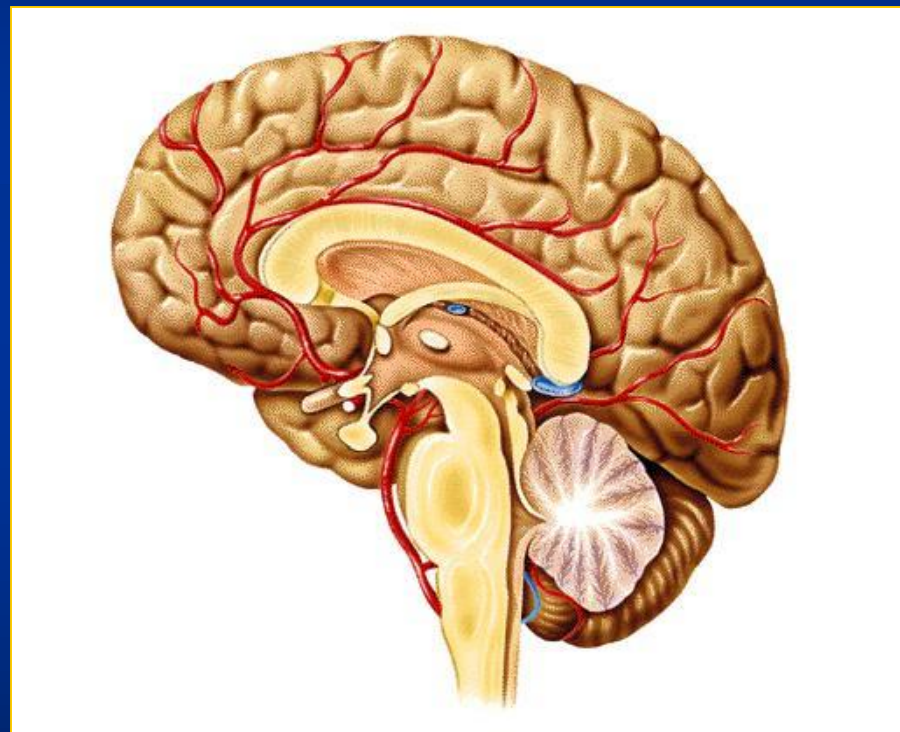
Efeito da nutrição neonatal inadequada no RN com RCIU



(adaptado de Carlson & Ziegler, *J Perinat*, 1988)

Consequências da Desnutrição

- Desnutrição e desenvolvimento encefálico:
 - ✓ Menor número de células cerebrais
 - ✓ Impacto negativo a longo prazo
 - Comportamento
 - Aprendizagem
 - Memória
 - Agravamento de lesões neurológicas



Consequências da Desnutrição

- Ingestão elevada de CHO e baixa de proteínas pela mãe durante gestação e lactação:
 - ✓ Obesidade
 - ✓ Aumento resistência à insulina
 - ✓ Diabetes (*)
 - ✓ Hipercolesterolemia
 - ✓ Hiperlipidemia

(*)Células β - Ilhotas de Langerhans

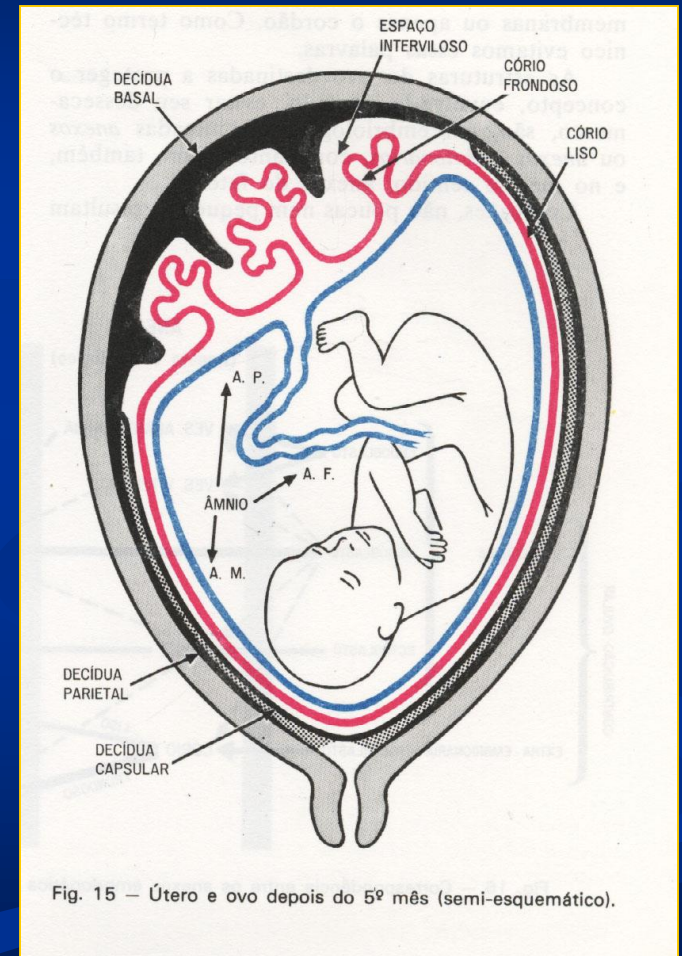


(Lucas, *Arch Dis Child*, 1994)

Fases do Crescimento

➤ PERÍODO ANTE-NATAL OU PRÉ-NATAL

1. Fecundação
2. Fase Embrionária
3. Fase Fetal
4. Processos que levam ao RCIU
 - ✓ Causas Maternas
 - ✓ Causas Fetais
 - ✓ Causas Placentárias



Fases do Crescimento

1. Do nascimento até 28 dias de vida
2. Perda de 10% do peso de nascimento nos primeiros 3 dias
3. Recuperação do peso de nascimento em até 10 dias
4. Ganho de 30 g/dia
5. Ganho de até 3 cm

PERÍODO NEONATAL



Fases do Crescimento

1. 1º Trimestre: 25 - 30 g/dia e 1 - 3 cm/mês
2. 2º Trimestre: 20 - 25 g/dia e completa 15 cm no 1º semestre de vida
3. Dobra o peso nos primeiros 5 - 6 meses e triplica com 1 ano
4. 3º Trimestre: 15 g/dia
5. 4º Trimestre: 10 g/dia e ganha + 10 cm até o final do primeiro ano de vida

PERÍODO DO LACTENTE

De 29 dias a 2 anos de idade



Fases do Crescimento

1. De 2 a 6 anos de idade
2. Ritmo mais estável de crescimento
3. 2 - 3 kg/ano
4. 6 - 8 cm/ano
5. Mudança de aspecto: parece "mais magro"
6. Apetite menos intenso

PERÍODO PRÉ-ESCOLAR



Fases do Crescimento

1. De 7 a 10 anos de idade
2. Crescimento se mantém estável
3. 3 - 3,5 kg/ano
4. 6 cm/ano
5. Completa-se o crescimento do SNC!
6. Crescimento máximo do tecido linfóide!

PERÍODO ESCOLAR



Fases do Crescimento

➤ Adolescência:

- ✓ Etapa evolutiva caracterizada por profundas transformações somáticas, psicológicas e sociais, sendo o ponto culminante de todo o processo de maturação bio-psico-social do indivíduo
- ✓ OMS: compreende dos 10 aos 19 anos de idade
- ✓ É o segundo período da vida extra-uterina em que o crescimento tem a sua velocidade máxima, após a primeira infância

Fases do Crescimento

➤ Puberdade:

- ✓ Caracterizada pelas mudanças biológicas determinadas pelo desencadeamento dos estímulos hormonais do eixo Hipotálamo-Hipófise-Gônadas
- ✓ O crescimento rápido é acompanhado pelo acentuado desenvolvimento de caracteres sexuais secundários, algum tempo após as primeiras modificações hormonais
- ✓ As transformações físicas dessa fase acentuam as diferenças entre os sexos masculino e feminino

Fases do Crescimento

➤ Fisiologia da Puberdade:

- ✓ SEXO FEMININO

- ✓ Crescimento Físico acentuado

- ✓ Telarca - Influência do GH, IGF-I e Insulina, comando dos Estrógenos

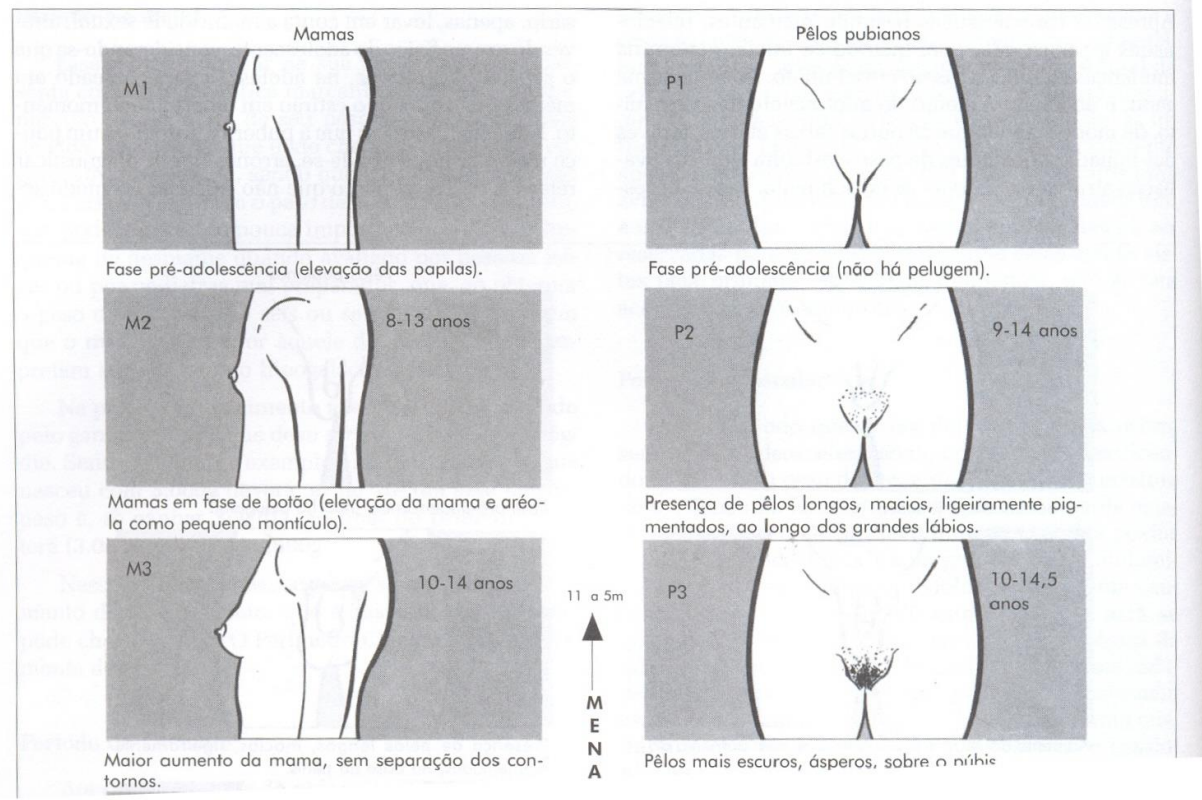
- ✓ Crescimento de pelos axilares e pubianos - comando dos Andrógenos Adrenais

- ✓ Outras modificações:

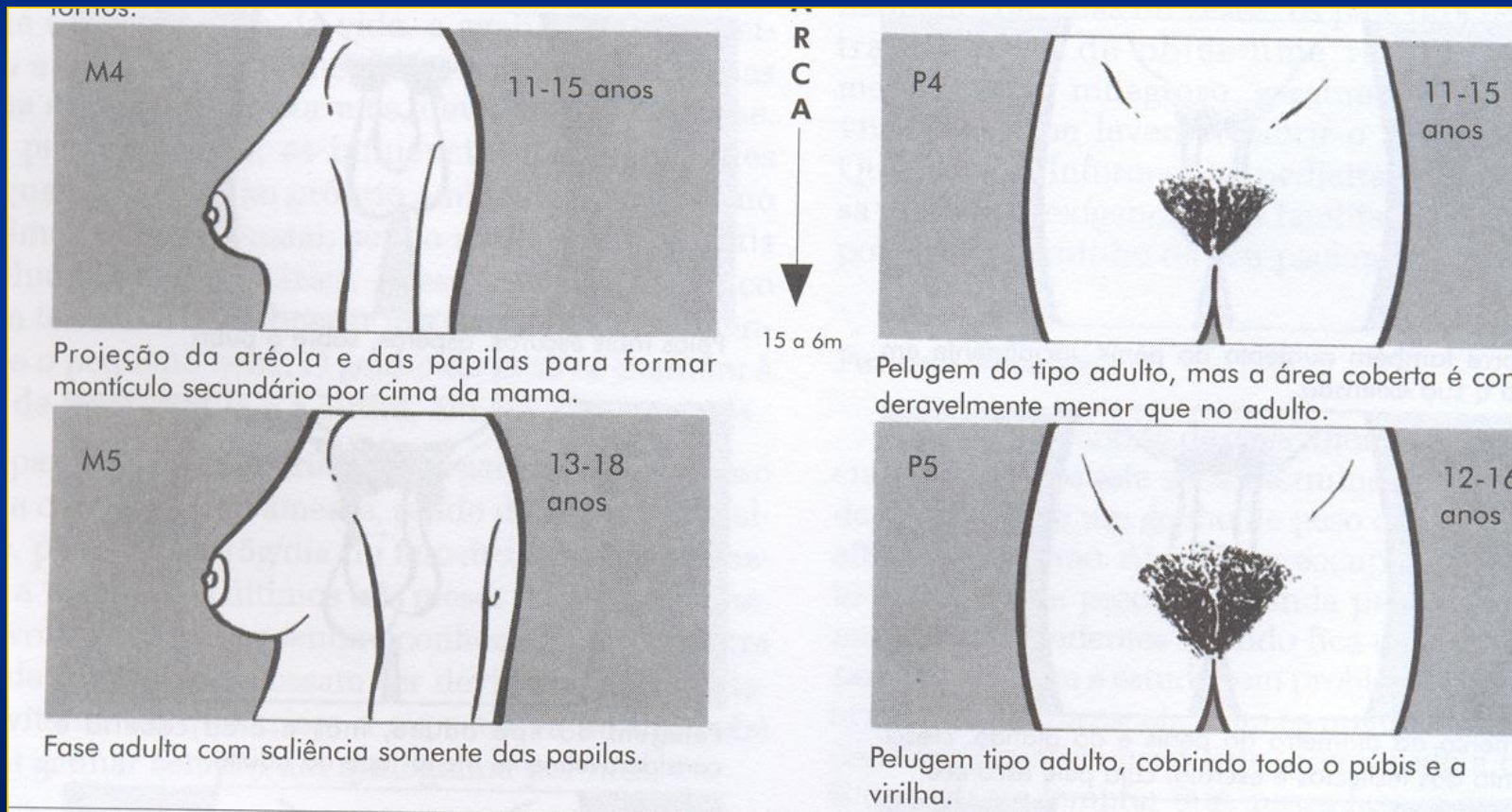
- Modificação de proporções corporais / gordura

- Menarca

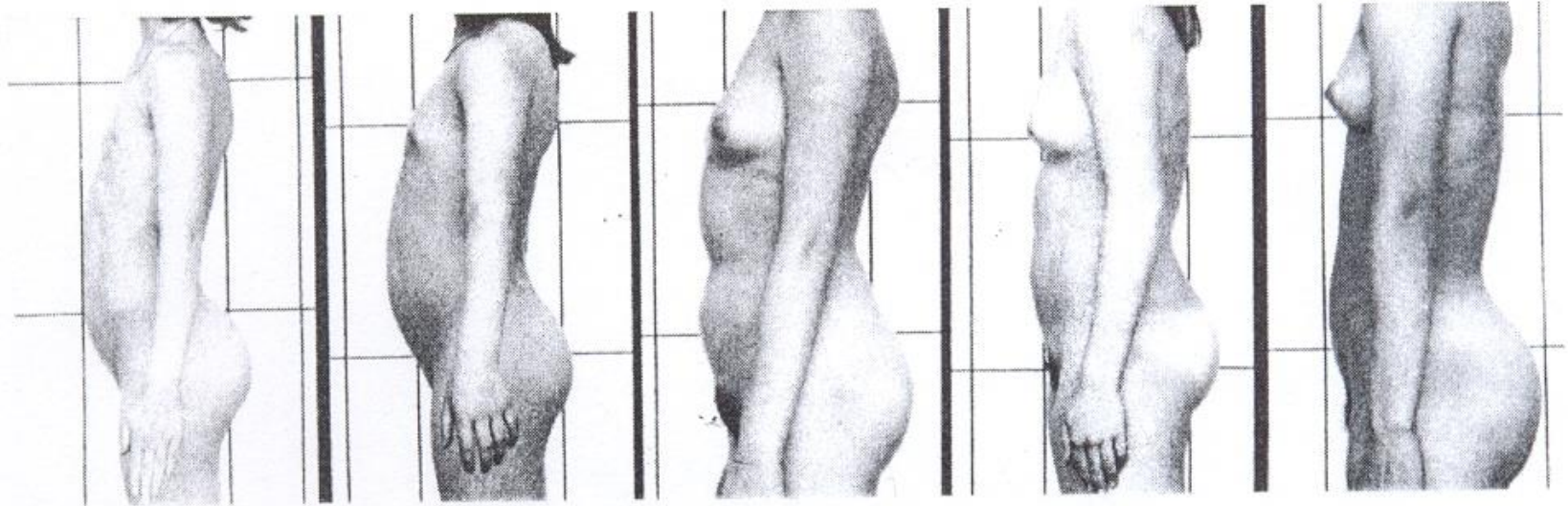
Estágios de Desenvolvimento Puberal de Tanner - Sexo Feminino



Estágios de Desenvolvimento Puberal de Tanner - Sexo Feminino

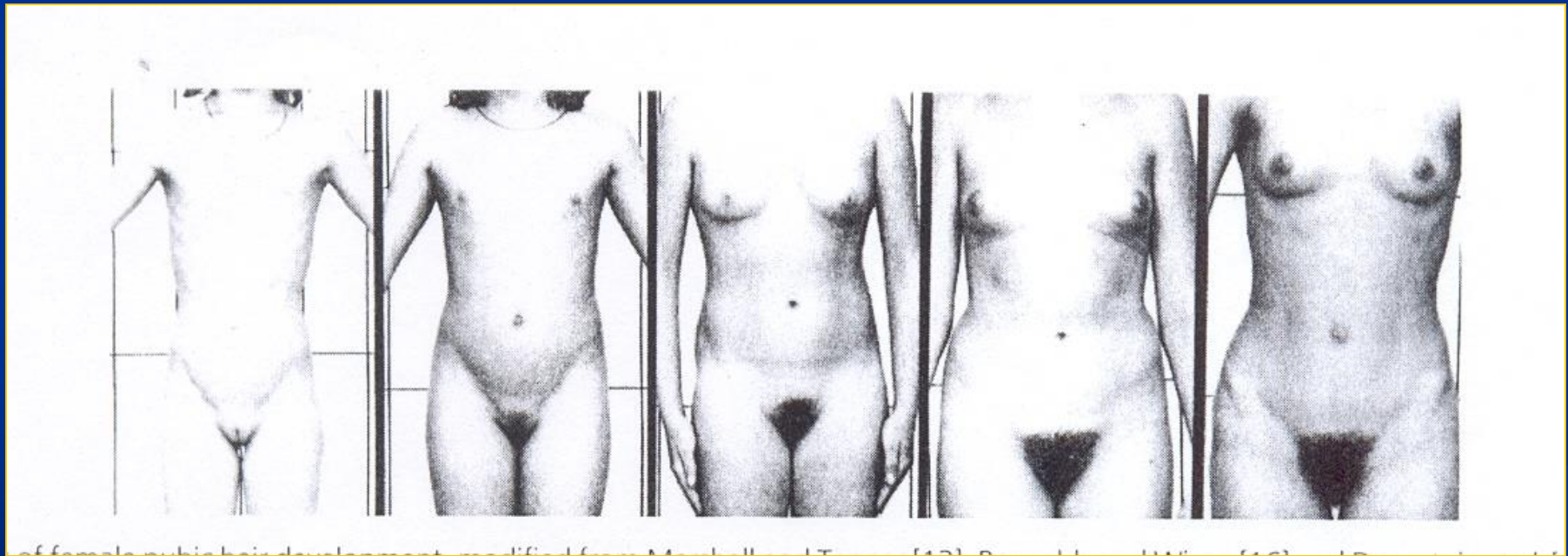


Estágios de Desenvolvimento Puberal de Tanner - Sexo Feminino



breast development, modified from Marshall and Tanner [13] and Reynolds and Wines [16]. Stage 1: preadolescent; e

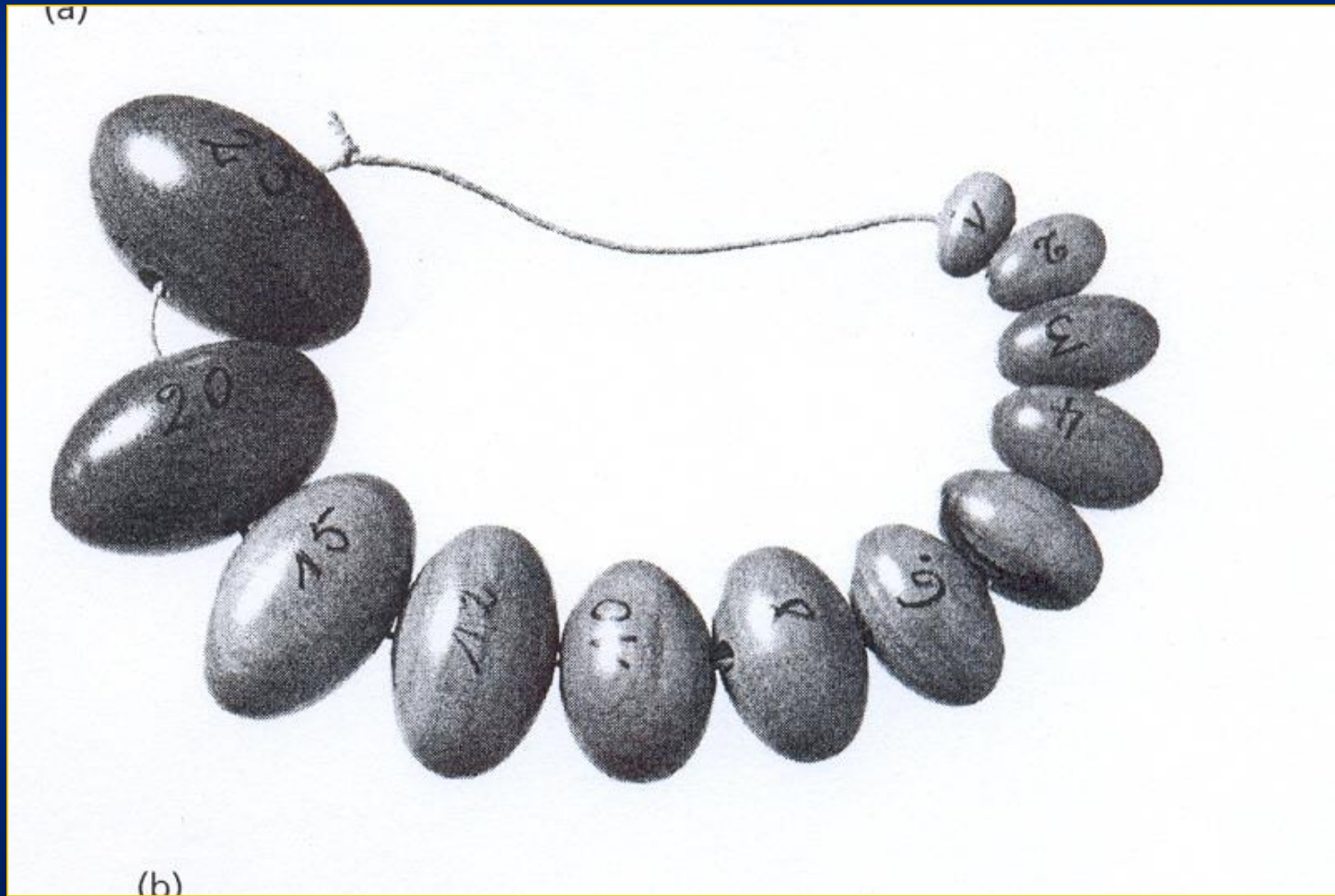
Estágios de Desenvolvimento Puberal de Tanner - Sexo Feminino



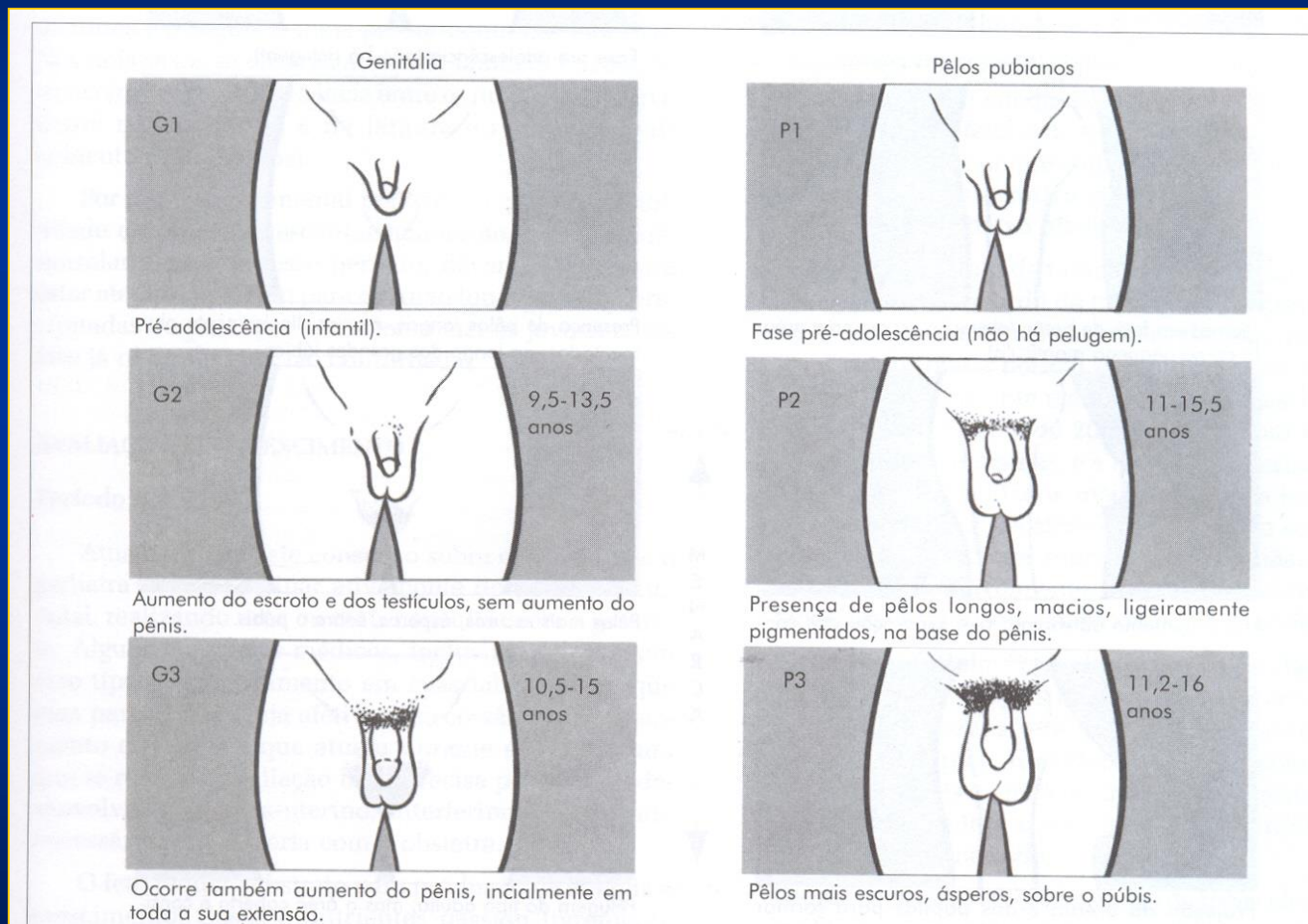
Fases do Crescimento

- Fisiologia da Puberdade:
 - ✓ SEXO MASCULINO
 - ✓ Crescimento Inicial dos Testículos
 - Avaliação pelos Orquidômetros de Prader
 - ✓ Crescimento da Genitália / Pênis - Controle Androgênico
 - ✓ Crescimento Físico acentuado
 - ✓ Espermatogênese
 - ✓ Alterações da voz, pelos faciais
 - ✓ Proporções corporais / massa muscular

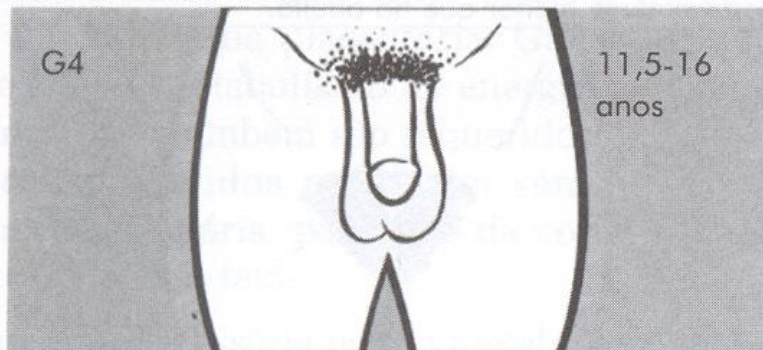
Orquidômetros de Prader



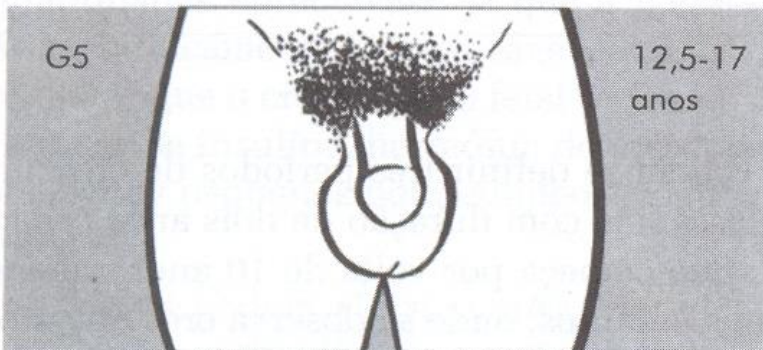
Estágios de Desenvolvimento Puberal de Tanner - Sexo Masculino



Estágios de Desenvolvimento Puberal de Tanner - Sexo Masculino



Aumento do diâmetro do pênis e da glândula, crescimento dos testículos e escroto, cuja pele escurece.



Tipo adulto.

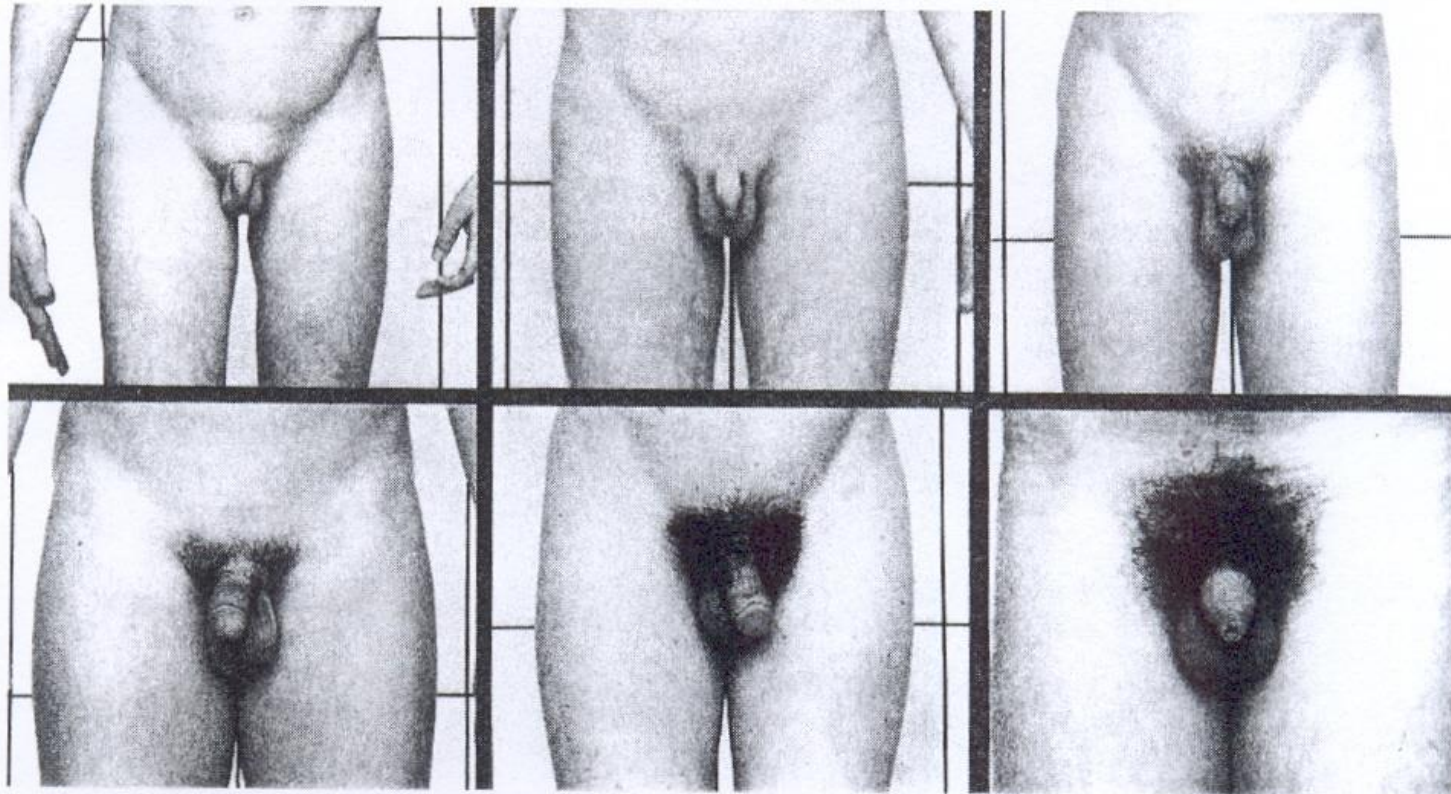


Pelugem do tipo adulto, mas a área coberta é consideravelmente menor que no adulto.



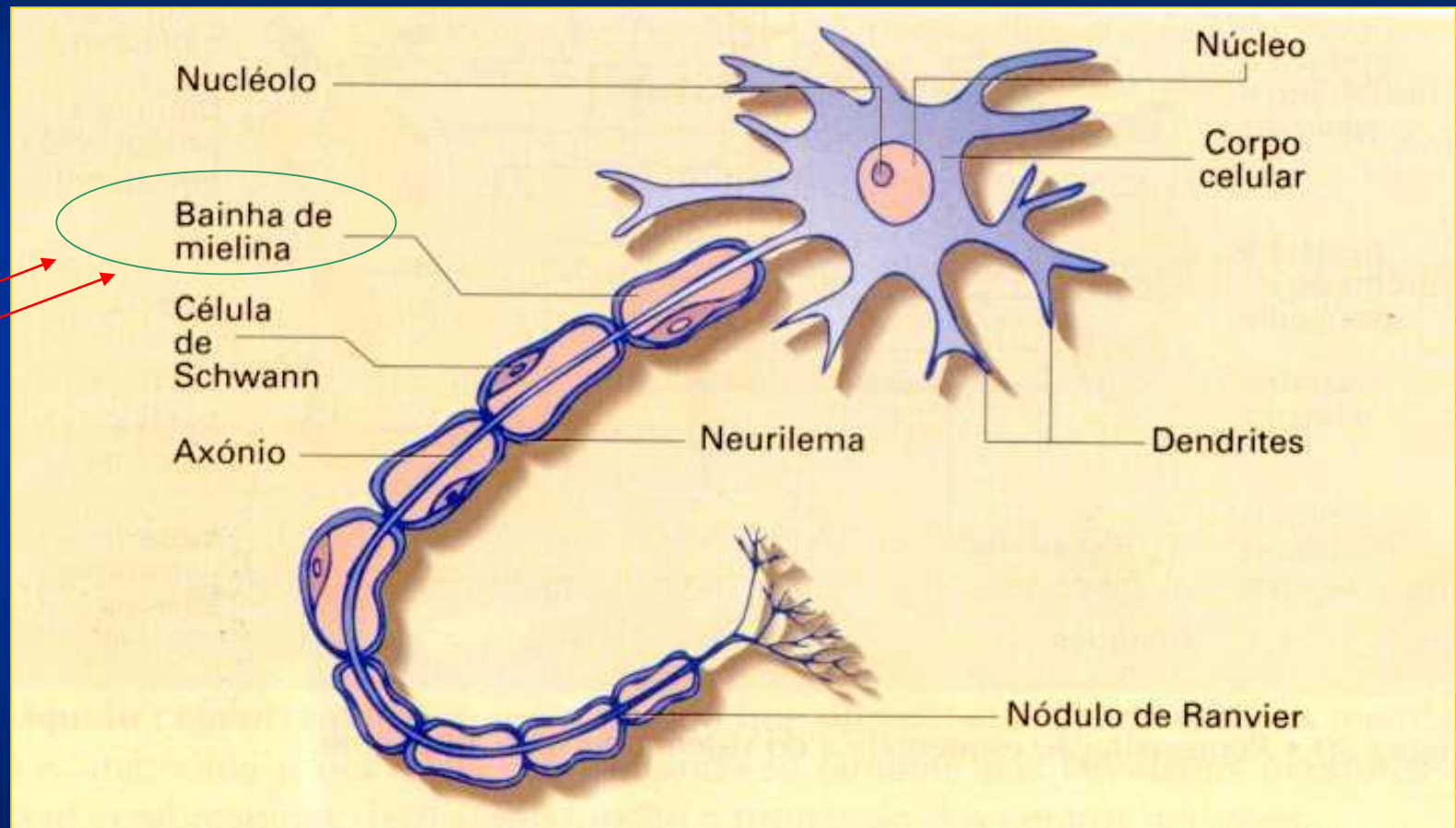
Tipo adulto, estendendo-se até a face interna das coxas.

Estágios de Desenvolvimento Puberal de Tanner - Sexo Masculino



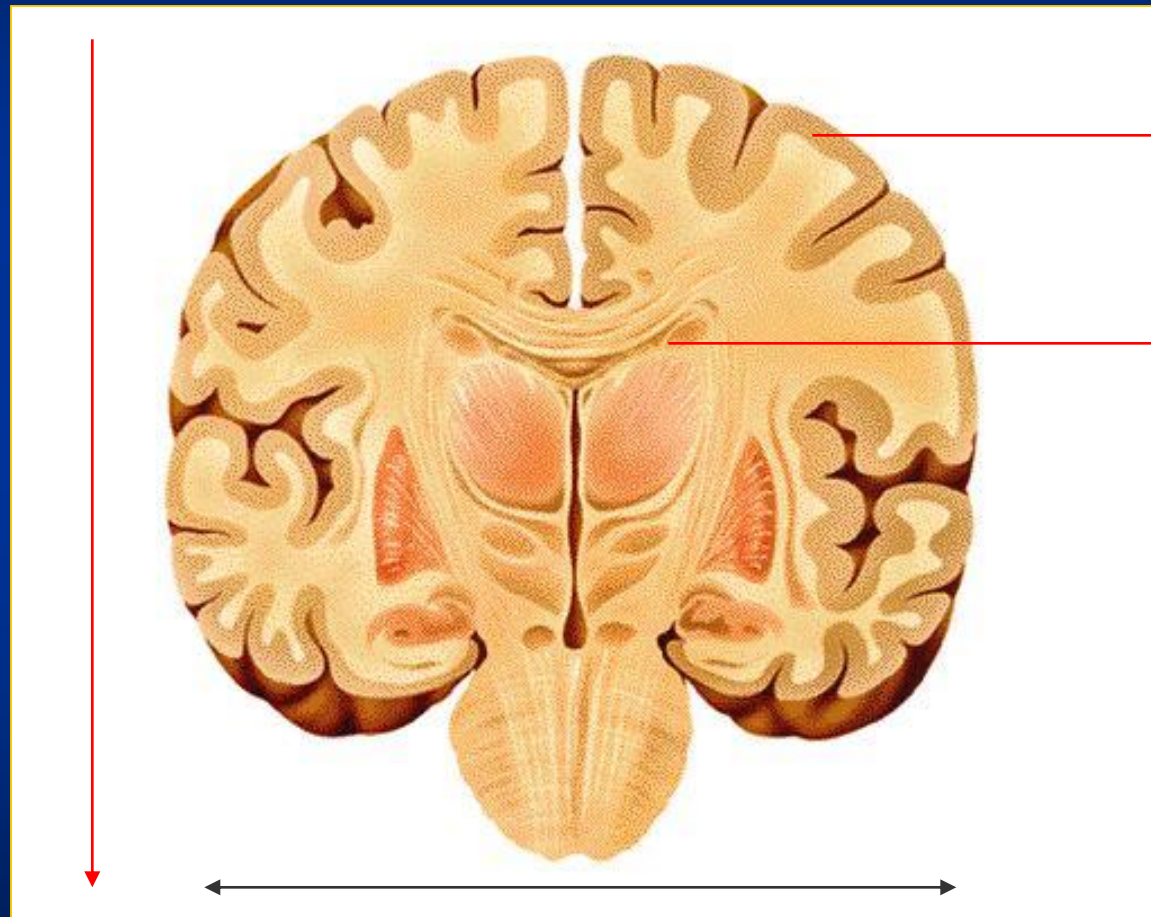
es of male genital development and pubic hair development, modified from Marshall and Tanner [14], Reynolds and Wines [16]

Desenvolvimento Neuro-Psico-Motor



Desenvolvimento Neuro-Psico-Motor

Mielinização
Crânio-caudal

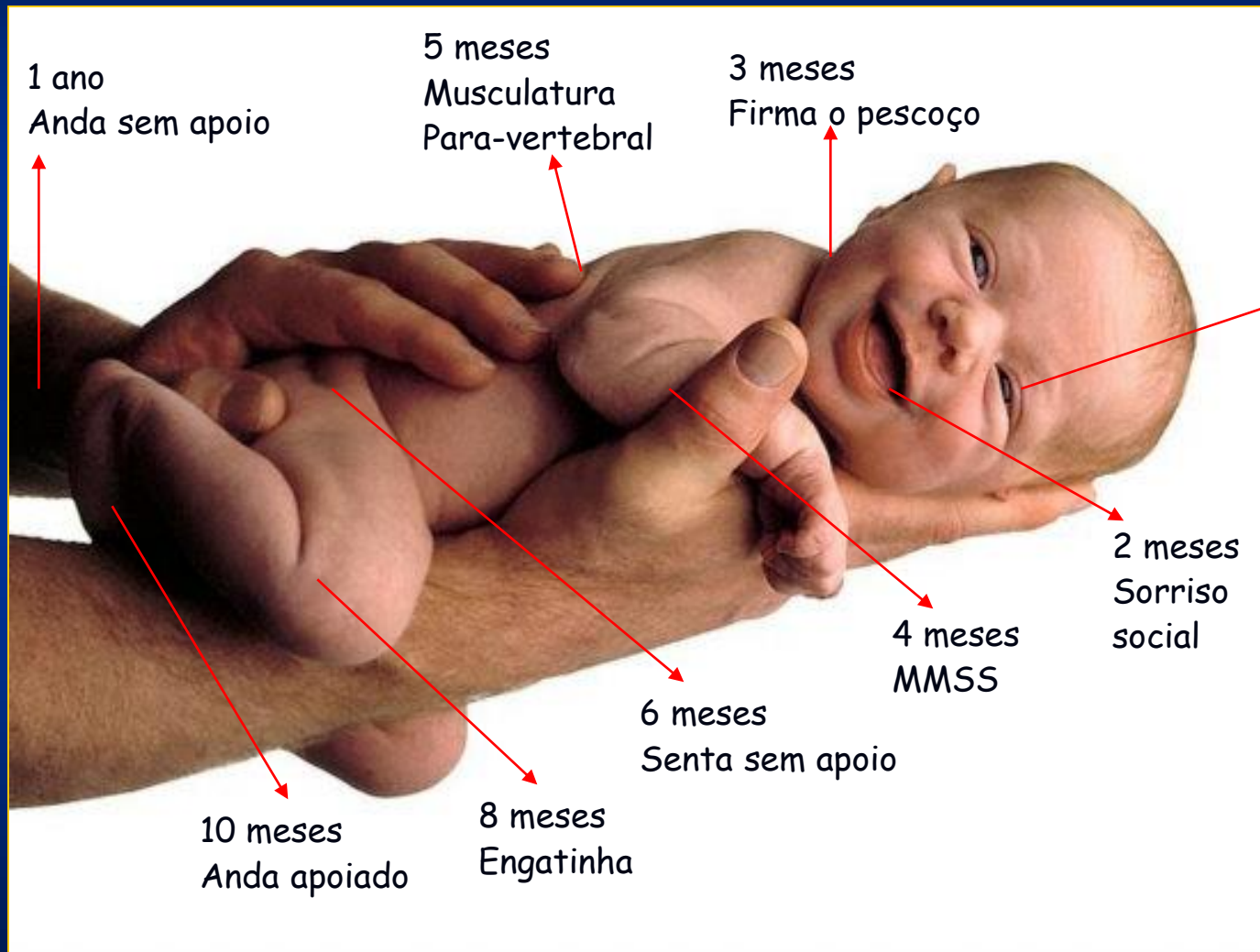


Córtex

Região
Sub-cortical:
RN !!!

Mielinização inter-sistemas neuronais (LENTA !!!)

Desenvolvimento Neuro-Psico-Motor



Desenvolvimento GI: Boca

- RN e lactente pequeno
 - ✓ Alimento fica pouco tempo na boca
 - ✓ Pouca saliva
- Saliva aumenta entre 3 e 6 meses
 - ✓ Amilase igual ao adulto com 1 ano
- Alimentos sólidos
 - ✓ Dentição e mastigação
 - ✓ Eficiência da mastigação
 - 40% aos 6 anos, 75% aos 10 anos, 50% aos 11-13 anos e 100% após os 16 anos



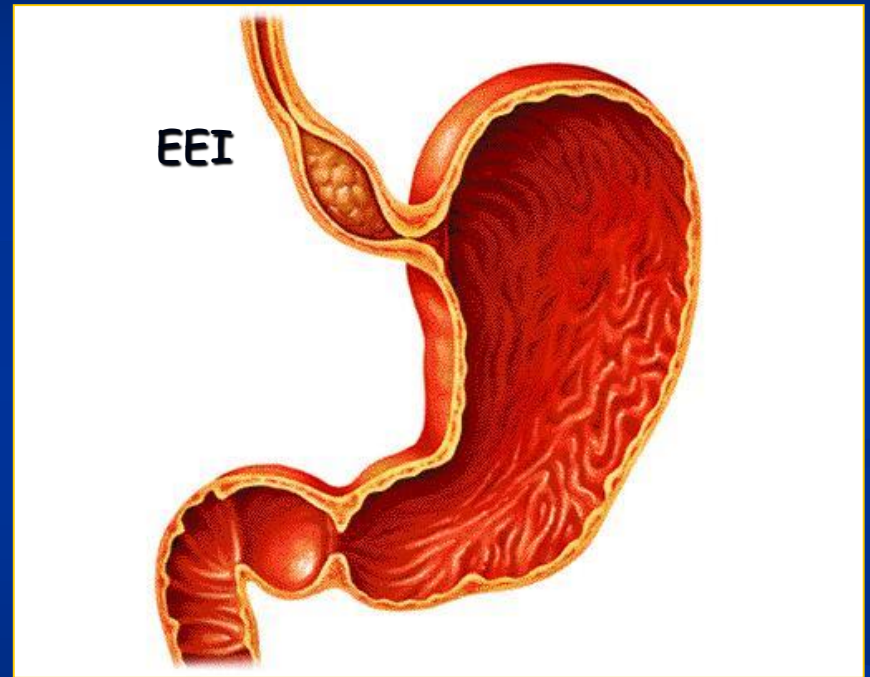
Função GI: Motilidade

➤ Deglutição:

- ✓ O feto começa a engolir entre 11-16 sem IG
- ✓ Chega a deglutir 450 ml/dia no 3º trimestre
 - Em ciclos de 45 minutos
 - Líquido amniótico contém Fator de Crescimento Epidermal
- ✓ Coordenação adequada de sucção - respiração - deglutição
 - 32 a 34 sem IG

Função GI: Motilidade

- Esfíncter esofágico inferior é barreira relativamente ineficaz no RN
 - ✓ 4 cm H₂O PT
 - ✓ 28 cm H₂O termo
- Normal após 3^a - 4^a semanas de vida

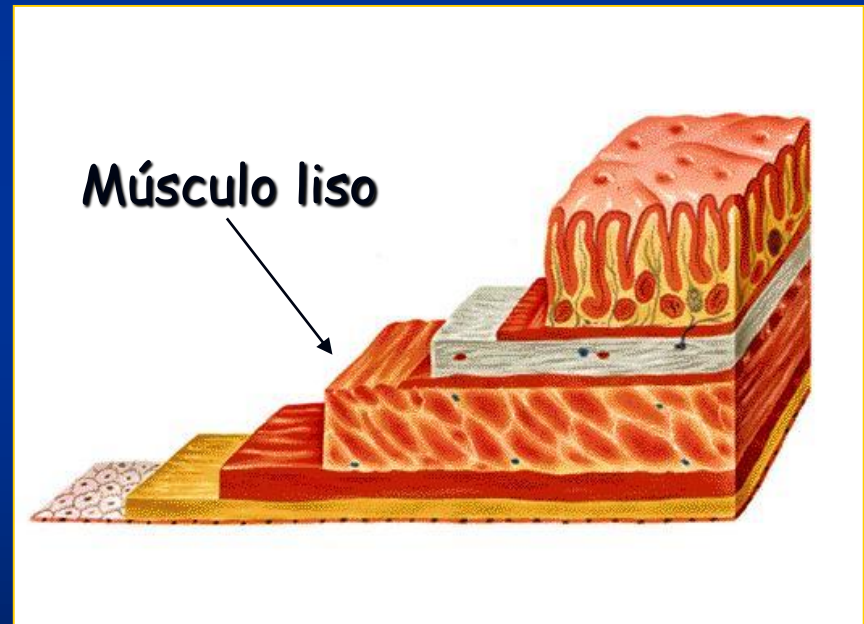


Conseqüência: incidência elevada de Refluxo Gastro-Esofágico no 1^o mês

Função GI: Motilidade

- **Esvaziamento gástrico é lento nos prematuros**
 - ✓ Dificulta tolerância ao leite
- **Esvaziamento de meio volume com leite humano:**
 - ✓ 20-40 minutos
 - ✓ Mais lento com fórmula, alta osmolaridade e maior densidade calórica

Camadas da parede gástrica



Esvaziamento é mais rápido e pressão intra-gástrica aumenta com a idade gestacional !!

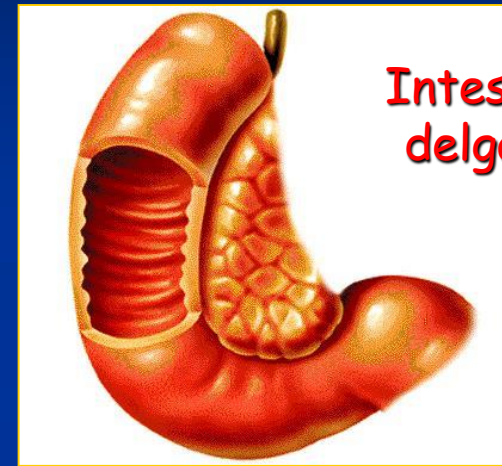
Função GI: Motilidade

- Padrão amadurecido da motilidade intestinal:
 - ✓ 32 a 34 sem IG
 - ✓ Complexos migrantes motores no jejum
 - ✓ Resposta coordenada na alimentação
 - ✓ Amadurece mais rápido com a alimentação



Desenvolvimento GI: Macro-estrutura

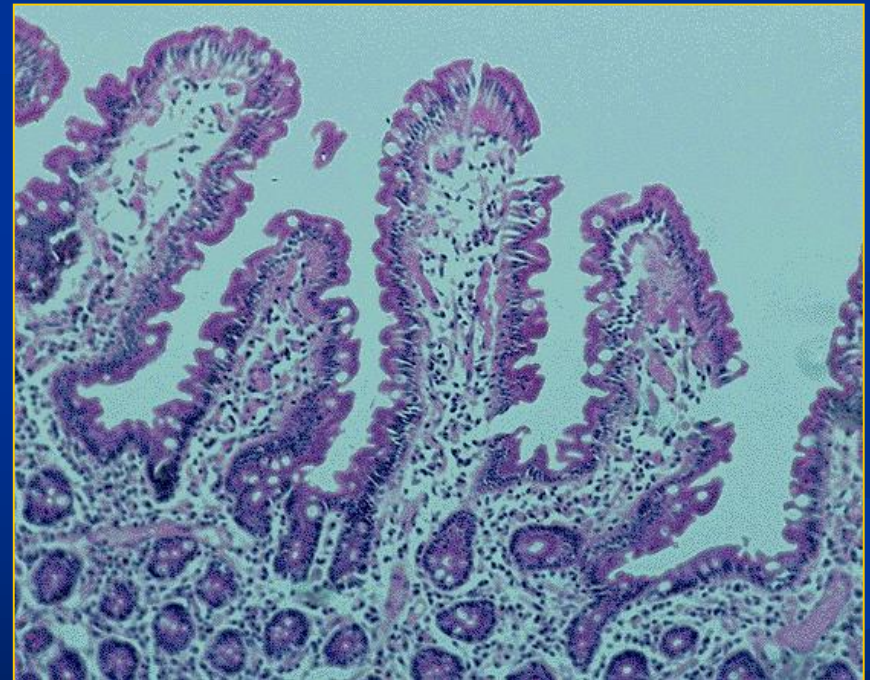
- Crescimento em comprimento:
 - ✓ Intestino humano fetal alonga 1000 x entre 5 e 40 sem
 - ✓ Extensão dobra nas últimas 15 sem IG
 - ✓ Extensão média ao nascimento a termo é de 275 cm



Desenvolvimento GI: Micro-estrutura

- Epitélio intestinal:
 - ✓ Entre 8 e 19 sem IG
 - Epitélio absorptivo
 - Células de Paneth, Goblet, M, dendríticas, enteroendócrinas
 - Linfócitos intra-epiteliais
 - ✓ "Turnover" epitelial:
 - 3 a 5 dias

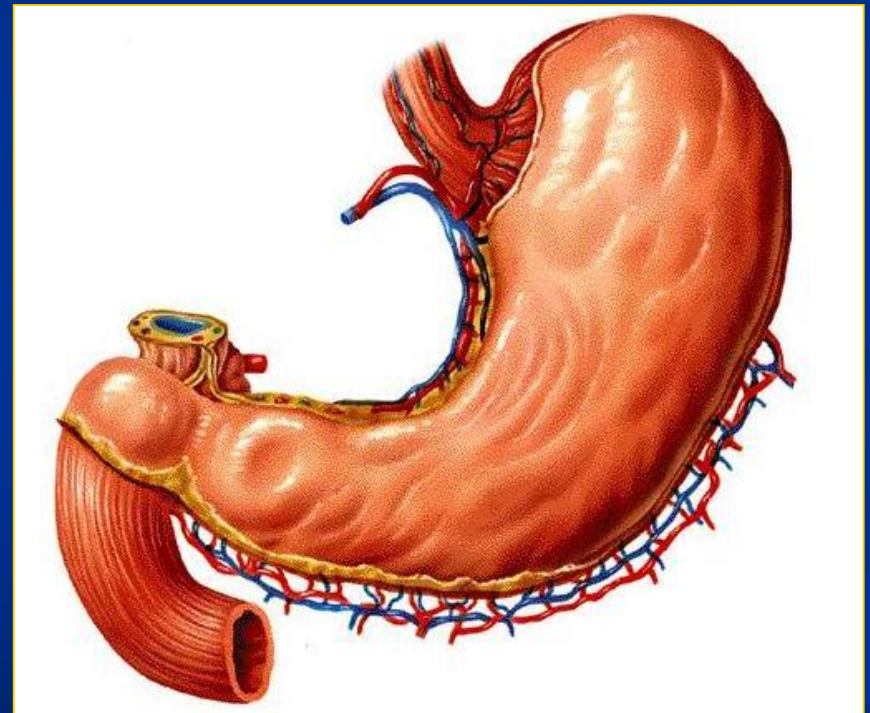
Mucosa duodenal em corte transversal



Digestão Protéica

- Digestão gástrica de proteínas é ineficiente no RN
- Secreção gástrica:
 - ✓ 24-48 h: pH 5,5-7,0
 - ✓ Secreção ácida dobra em 1 a 4 sem: pH=4
 - ✓ HCl - 50% - 4 meses e 100% - 2 anos
- Pepsina:
 - ✓ PT - 639 U/kg
 - ✓ Termo - 3352 U/kg

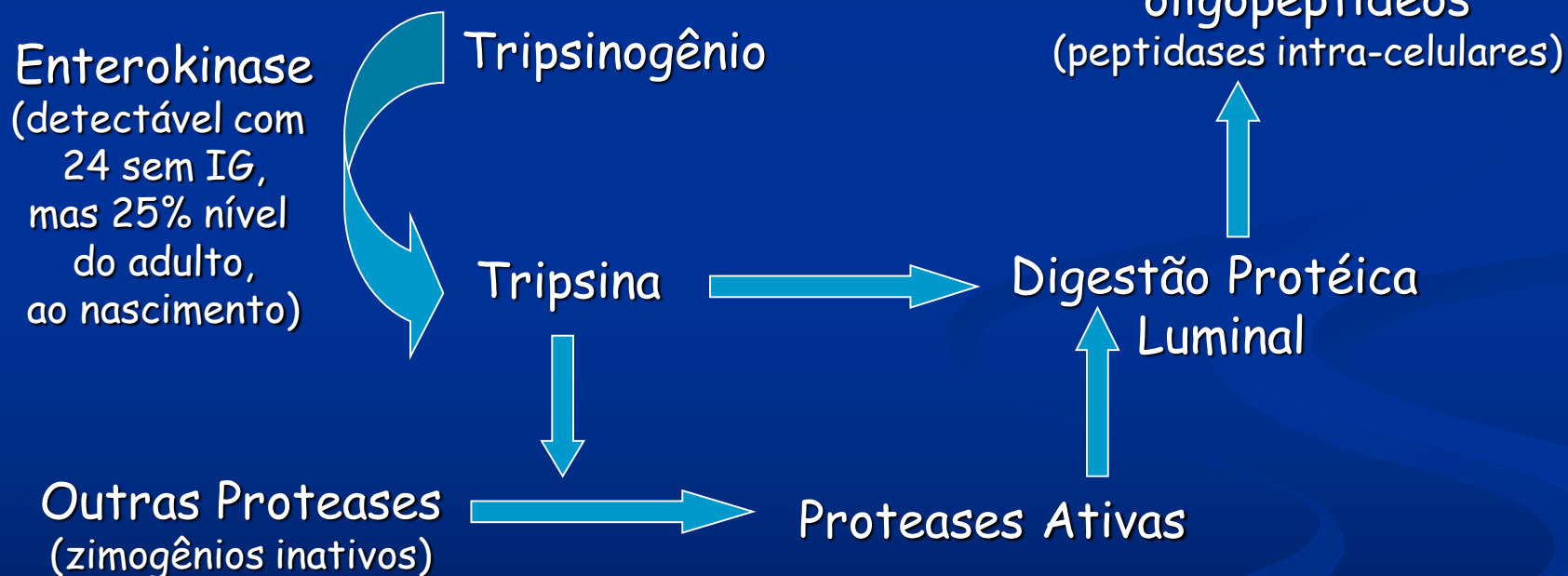
Hidrólise protéica



(Hyman et al, *J Pediatr*, 1985 e
Armand et al, *AJCN*, 1995)

Proteínas: Digestão e Absorção

Cascata das Proteases
(26-30 sem IG: 6% do termo;
4-6 sem de vida: NORMAL)

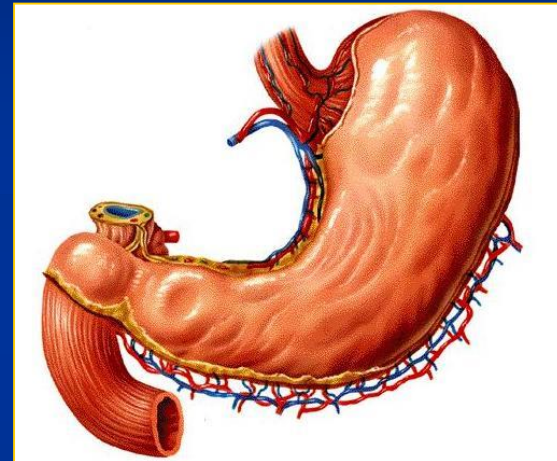
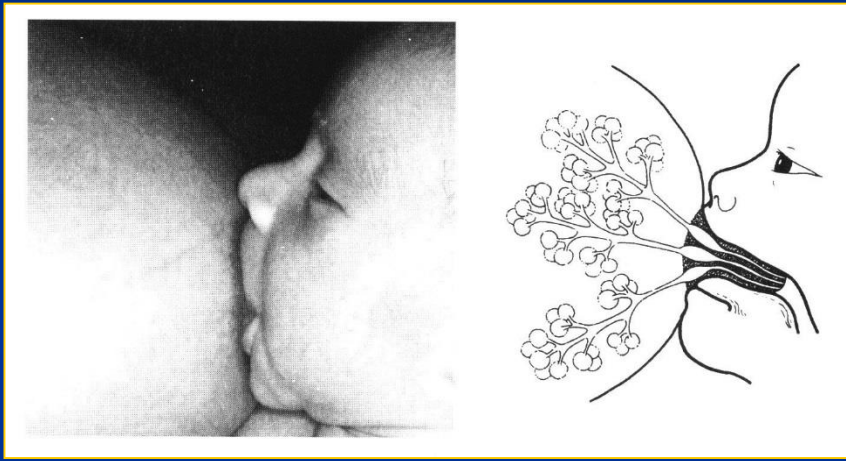


*Maturidade estimulada em resposta aos alimentos !!

*Boa capacidade de digestão e absorção de proteínas já no prematuro !!

Digestão Lipídica

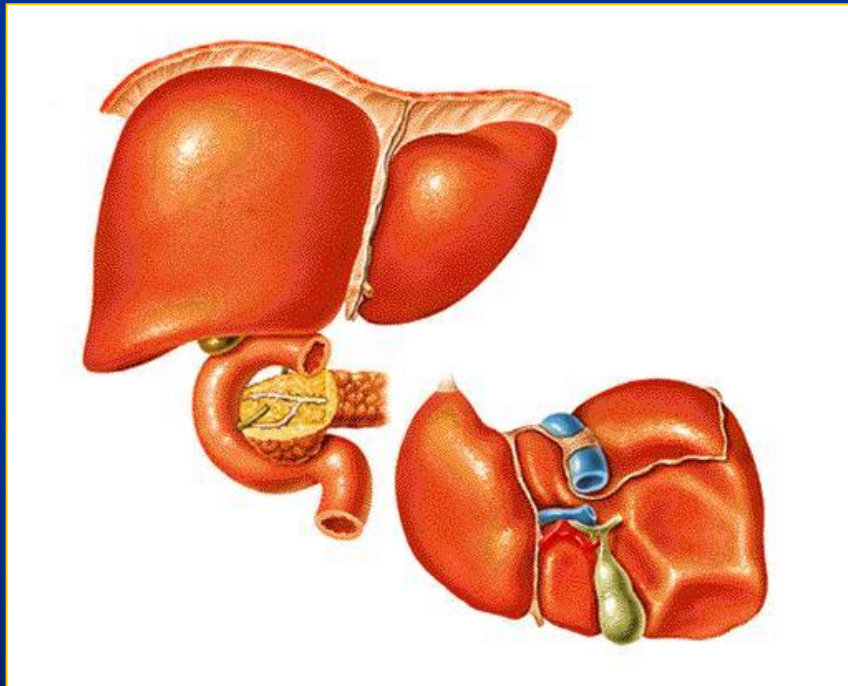
Lipases pré-duodenais



- Lipases combinadas (leite materno e gástrica) facilitam hidrólise lipídica intra-luminal, preparando ação de enzimas pancreáticas (Normal com 4-6 sem)
- Leite materno de RN prematuros têm concentração de lipases mais elevadas que RN termo

Lipídeos: Digestão e Absorção

Ácidos Biliares



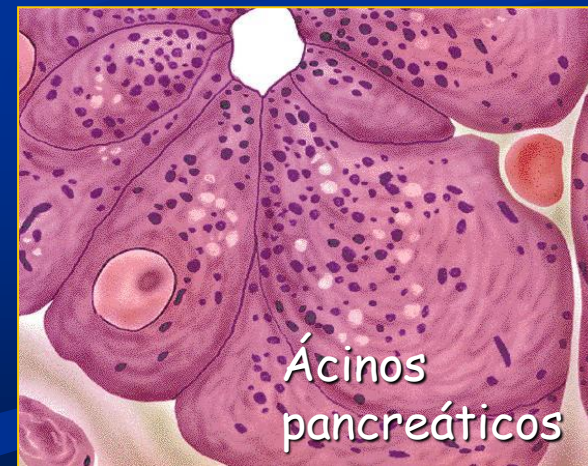
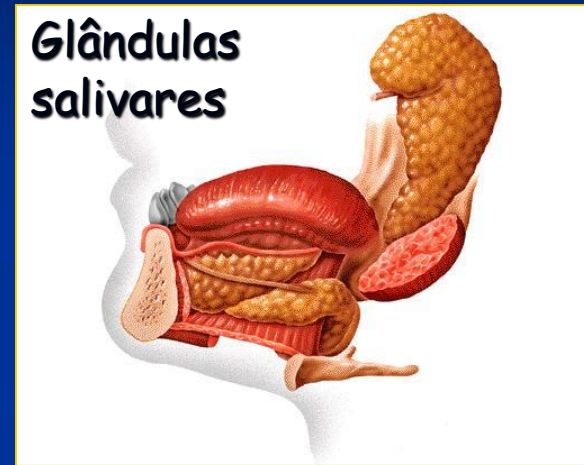
- Síntese é menor nos pré-termo
- Reabsorção ileal dos ácidos biliares é menor nos prematuros
- Não são necessários para absorção de triglicérides de cadeia média e curta (TCM = 4%-10% dos alimentos habituais)
- Normaliza após o 1º mês de vida

Hidratos de Carbono: Digestão e Absorção

- Digestão e absorção de carboidratos:
 - ✓ Amilase salivar
 - ✓ Amilase pancreática
 - ✓ Amilase do leite materno (!?)
 - ✓ Dissacaridases da "borda em escova" da mucosa intestinal:
 - Lactase
 - Maltase
 - Sacarase

CHO: Digestão e Absorção

- Amilase salivar age no estômago e intestino, atividade moderada no RN
- Amilase pancreática é ausente em < 6 m
- Amilase do leite humano tem atividade elevada
 - ✓ Função ???



CHO: Digestão e Absorção

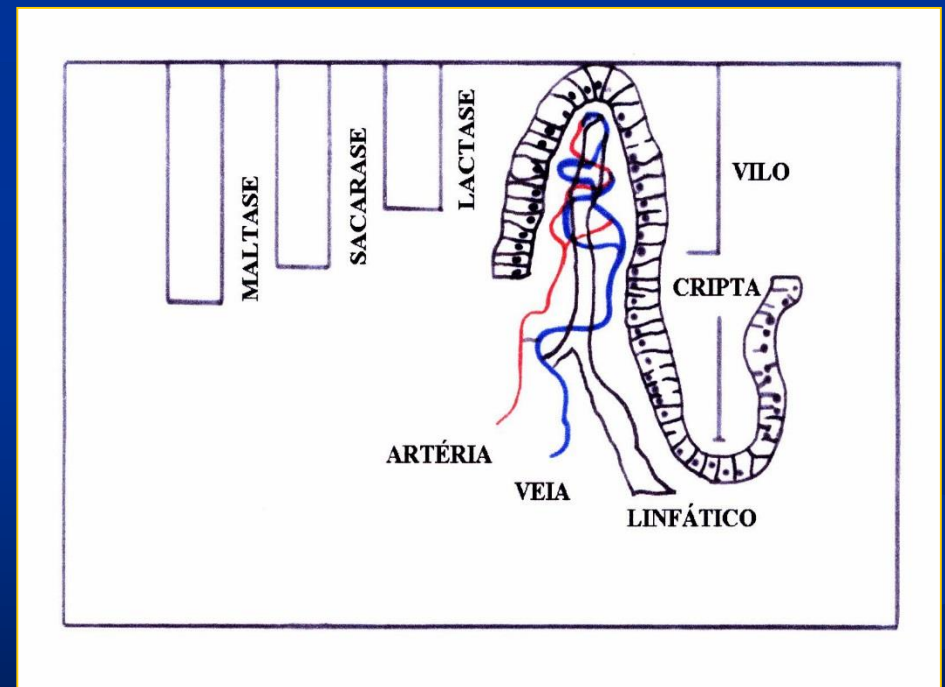
➤ Dissacaridases, vilos e criptas:

- ✓ 26 - 34 semanas IG:
 - Lactase - 30% termo
 - Sacarase e maltase - 70% termo

➤ Concentração de lactose no leite materno:

- ✓ 53 g/l (4 dias)
- ✓ 69 g/l (30 dias)

Desenvolvimento da mucosa e dissacaridases



De volta para o futuro...

