



Adolescentes e atividade física: aspectos funcionais e maturacionais

Prof. Dr. Hugo Tourinho Filho



Adolescentes e Exercício físico

CRESCIMENTO

DESENVOLVIMENTO

MATURAÇÃO

Crescimento

- ◆ Definido como as mudanças normais na quantidade de substância viva; é o aspecto quantitativo do desenvolvimento biológico.
- ◆ É o resultado de processos biológicos por meio dos quais a matéria viva se torna maior.

(Araújo, 1985)



Crescimento

- ♦ Atividade biológica dominante nas duas primeiras décadas da vida humana;
- ♦ Aumento no tamanho do corpo como um todo ou em partes específicas do corpo.

(Malina, Bouchar, Bar-Or, 2009)





Maturação

- ◆ Mudanças qualitativas que capacitam o organismo a progredir para níveis mais altos de funcionamento – é geneticamente determinada e resistente a influência do meio ambiente;
- ◆ Alcança níveis intensos de modificação durante a puberdade.

(Gallahue, 1989)

Maturação

- ◆ O processo de tornar-se maduro;
- ◆ Maturação é um processo;
- ◆ Maturidade é um estado.

(Malina, Bouchar, Bar-Or, 2009)





Desenvolvimento

- ◆ Definido como um processo contínuo de mudanças graduais, de um nível mais simples para um mais complexo, dos aspectos físico, mental, e emocional pelo qual todo o ser humano passa desde a concepção até a morte.

(Barbanti, 1994)



Desenvolvimento

- ◆ Ocorre de modo complexo e envolve processos de crescimento, e maturação que englobam a multiplicação de células, assim como mudanças no seu funcionamento e na sua organização.
- ◆ Essas mudanças decorrem de fatores biológicos e socioculturais, assim como da interação entre ambos.

(Bojikian, Ré, Massa, 2011)



Desenvolvimento

- ◆ Define-se como o refinamento de uma função de um órgão ou sistema;
- ◆ Contexto biológico – os sistemas tornam-se refinados;
- ◆ Contexto comportamental – competência comportamental em uma variedade de domínios.

(Malina, Bouchar, Bar-Or, 2009)

Desenvolvimento

- 
- ◆ Contexto comportamental:
 - Competência social;
 - Competência intelectual ou cognitiva;
 - Competência emocional;
 - Competência moral;
 - Competência motora

(Malina, Bouchar, Bar-Or, 2009)

Desenvolvimento

- ◆ Engloba o crescimento e a maturação;
- ◆ A única maneira de um indivíduo tornar-se adulto é por meio dos processos de crescimento, maturação e desenvolvimento.

(Malina, Bouchar, Bar-Or, 2009)

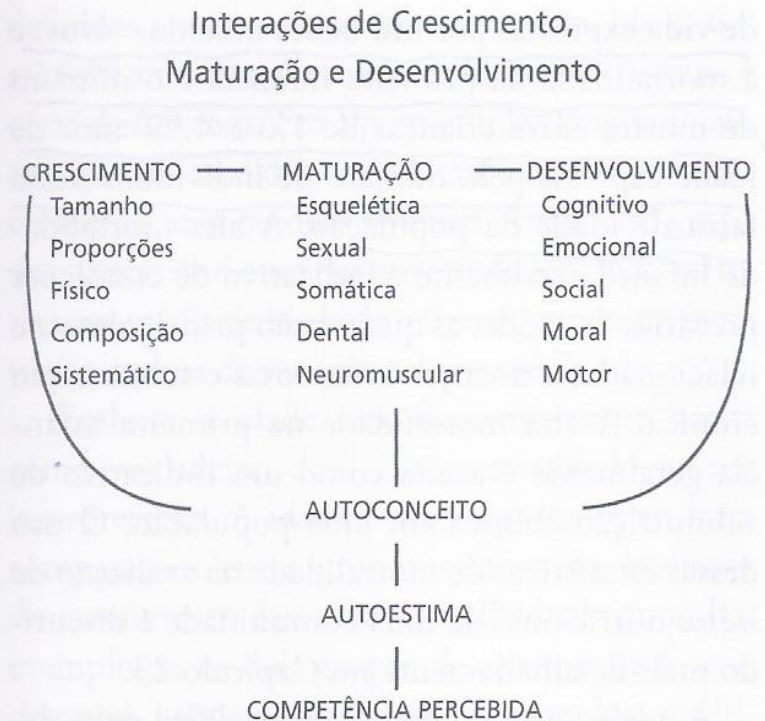
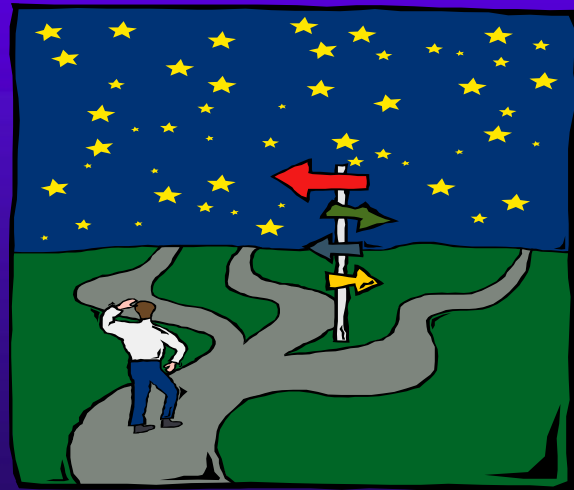


Figura 1.2 A criança e o adolescente como indivíduos bioculturais: interações do crescimento, maturação e desenvolvimento.

Puberdade

- ◆ Definida como as mudanças morfológicas e fisiológicas que acontecem durante o crescimento devido à transformação das gônadas de um estado infantil a um adulto;

(Marshall, 1978)





Puberdade

- ◆ É um processo fundamentalmente regulado pelo Sistema Nervoso Central e presumidamente por neurônios hipotalâmicos específicos;
- ◆ Fatores genéticos estão envolvidos na velocidade, na sequência e na duração dos eventos ligados com a maturação sexual.

(Malina; Bouchar; Bar-Or, 2009)



Puberdade

- ◆ Resulta da interação de fatores genéticos e ambientais, com características bem definidas:
- ◆ Aceleração do crescimento;
- ◆ Aparecimento de pilosidade – pubarca e axilarca e mamas (telarca);
- ◆ Menstruação – menarca;
- ◆ Ossificação dos discos epifisários.

(Halbe, Cunha & Mantese, 1981)

PUBERDADE

Tabela 15.2 Sequência de eventos que marcam a puberdade

Homens	Mulheres	Idade aproximada do surgimento
Primeiro crescimento testicular	Início do estirão de crescimento	9–10
	Despontar dos mamilos	10–11
Início do estirão de crescimento	Despontar dos seios	11–12
Início do crescimento dos pelos púbicos	Início do crescimento dos pelos púbicos	
	Crescimento da genitália	
	Pico do estirão de crescimento	12–13
	Formação de pelos axilares	
	Menarca	
Estirão de crescimento testicular e peniano		13–14
Formação de pelos axilares	Produção de óvulos maduros	14–15
Engrossamento da voz	(Final da puberdade)	
Produção de espermatozoides maduros (Final da puberdade)	Acne	15–16
	Voz mais grossa	
	Pelos púbicos maduros e desenvolvimento dos seios	
Pelos faciais	Cessação do crescimento esquelético	16–17
Pelos corporais		
Desenvolvimento de pelos púbicos maduros		
Cessação do crescimento esquelético		18–19

Puberdade

◆ Meninas ♀:

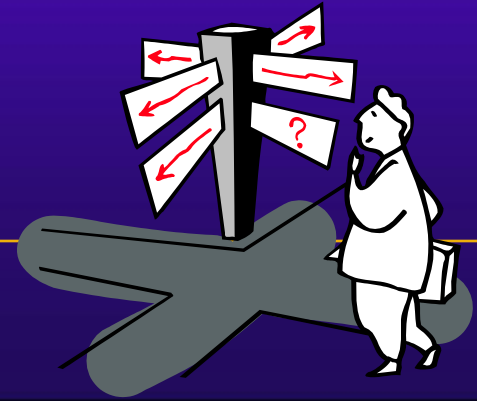
- ◆ 1 – PVA;
- ◆ 2 – Telarca;
- ◆ 3 – Pubarca;
- ◆ 4 – menarca (M4) – fim da puberdade.

◆ Meninos ♂:

- ◆ 1 – Crescimento testicular;
- ◆ 2 – Crescimento peniano;
- ◆ 3 – Pubarca;
- ◆ 4 – PVA (G3, G4)

Puberdade

- ♦ A explicação para o estímulo que desperta o eixo hipotálamo – hipofisário – gonadal no início da puberdade tem intrigado vários pesquisadores;
- ♦ Várias tentativas já foram feitas para identificar moduladores que suprimam ou iniciem a puberdade no ser humano, mas até agora houve pouco avanço.



Puberdade

- ◆ Hipótese de Frisch nos anos de 1960 – baseada na evidência do efeito metabólico do tecido adiposo sobre a atividade do estrogênio – percentual de gordura crítico.

(Rowland, 2008)





Puberdade

LEPTINA X PUBERDADE

Evidências recentes tem indicado que a leptina possa influenciar na iniciação dos eventos púberes. Caso esta relação seja verdade, a leptina serviria como um elo entre a função reprodutiva e o status nutricional.

(Rowland, 2008).

Puberdade

- ♦ Animais que são privados de alimentos demonstram hipofunção da hipófise e atraso na maturação sexual – nesse sentido a leptina agiria como o “portal metabólico” permitindo a maturação sexual somente em condições nutricionais adequadas.

(Rowland, 2008)



PUBERDADE

- ◆ Indivíduos com deficiência congênita de leptina não experimentam a puberdade até que lhes sejam oferecido uma terapia com suplementação de leptina exógena.

(Rowland, 2008)

→ Ratos jovens normais tratados com injeções de leptina experimentam uma aceleração dos surgimento dos primeiros sinais de puberdade.

(Malina; Bouchard; Bar-Or, 2009)

Puberdade

- ♦ A leptina pode não ser suficiente para ser o gatilho da puberdade. Entretanto, a ausência de leptina impede a maturação sexual.

(Malina; Bouchard; Bar-Or, 2009)

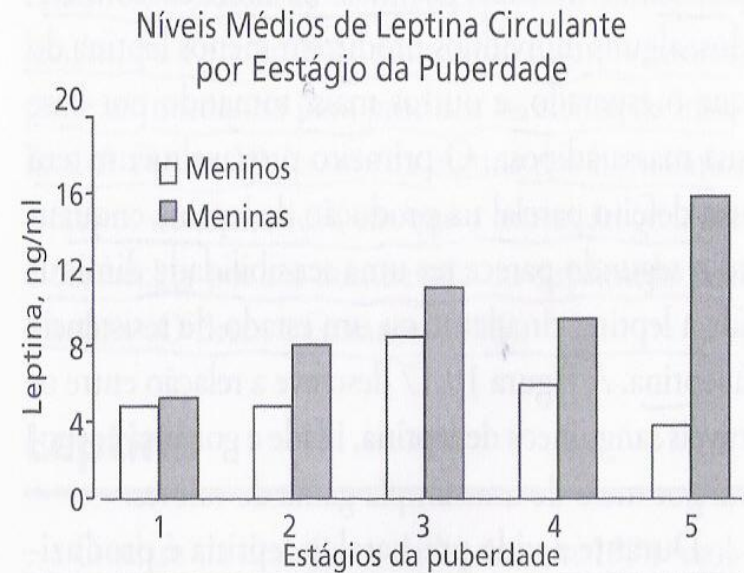


Figura 19.18 Níveis de leptina em meninos e meninas da Espanha em diferentes estágios da puberdade (Figuras 15.3 a 15.6, no Capítulo 15). Note que há uma considerável variação na idade cronológica das crianças em relação a cada estágio da puberdade.



Puberdade

- ◆ Kisspeptinas e GPR54:
- ◆ Estudos realizados em camundongos e humanos trazem evidências do papel do receptor GPR54 (G protein-coupled receptor) no desencadeamento da puberdade e, provavelmente, na regulação da secreção do GnRH pelo hipotálamo.

(Seminara et al, 2003).

Puberdade

- ◆ Camundongos e famílias com pessoas portadoras de hipogonadismo hipogonadotrófico idiopático não expressavam o GPR54 ou apresentavam-no com mutações;
- ◆ O efeito do GPR54 sobre a secreção do GnRH talvez seja determinante para a maturação sexual normal e, mutações nos genes que regulam sua expressão estejam envolvidas na etiopatogenia dos quadros de déficit de gonadotrofinas, atraso puberal e infantilismo sexual

(Seminara et al, 2003).

Puberdade

Kisspeptina/GPR54 → ↑GnRH
(click para a puberdade)



↑ LH e FSH (gonadotrofinas)



Gonôdas - ↑ Esteróides anabólicos

Puberdade

↑ Esteróides Sexuais.



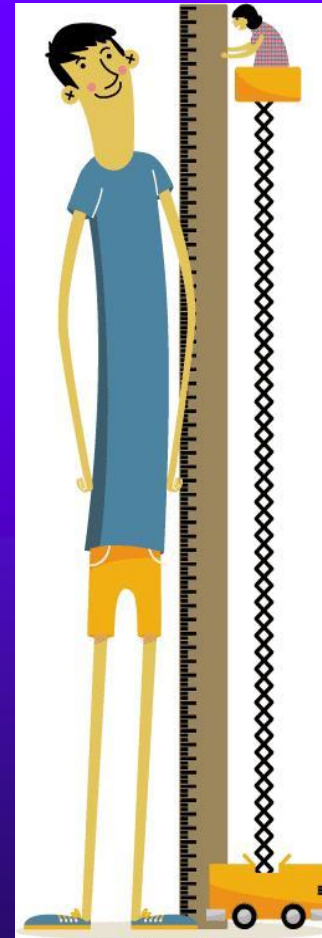
GHRH



↑GH → ↑IGF-I



◆ Estirão do Crescimento





PUBERDADE e ESPORTE

- ♦ O treinamento esportivo intenso nos meninos não parece influenciar o tempo ou ritmo da progressão púbere, em parte, estimada pela surgimento das características sexuais secundárias.

(Rowland, 2008).



PUBERDADE e ESPORTE

- ◆ No grupo feminino, apenas ginastas e bailarinas apresentam um desenvolvimento tardio, mas esses achados foram, até certo ponto, hereditários e não resultados diretos do treinamento intenso.

(Rowland, 2008)



PUBERDADE e ESPORTE

- ◆ Diferenças no nível de desenvolvimento púbere refletem a pré-seleção por esportes:

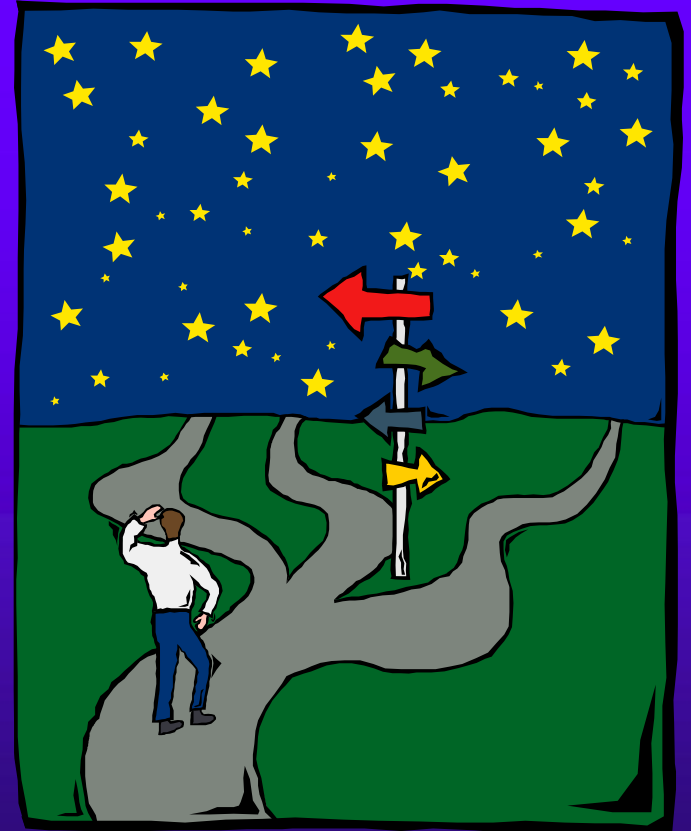


- ◆ indivíduos com maturação precoce que são maiores e mais fortes terão maior nível de excelência em esportes como o futebol americano, o rugby e o hóquei.

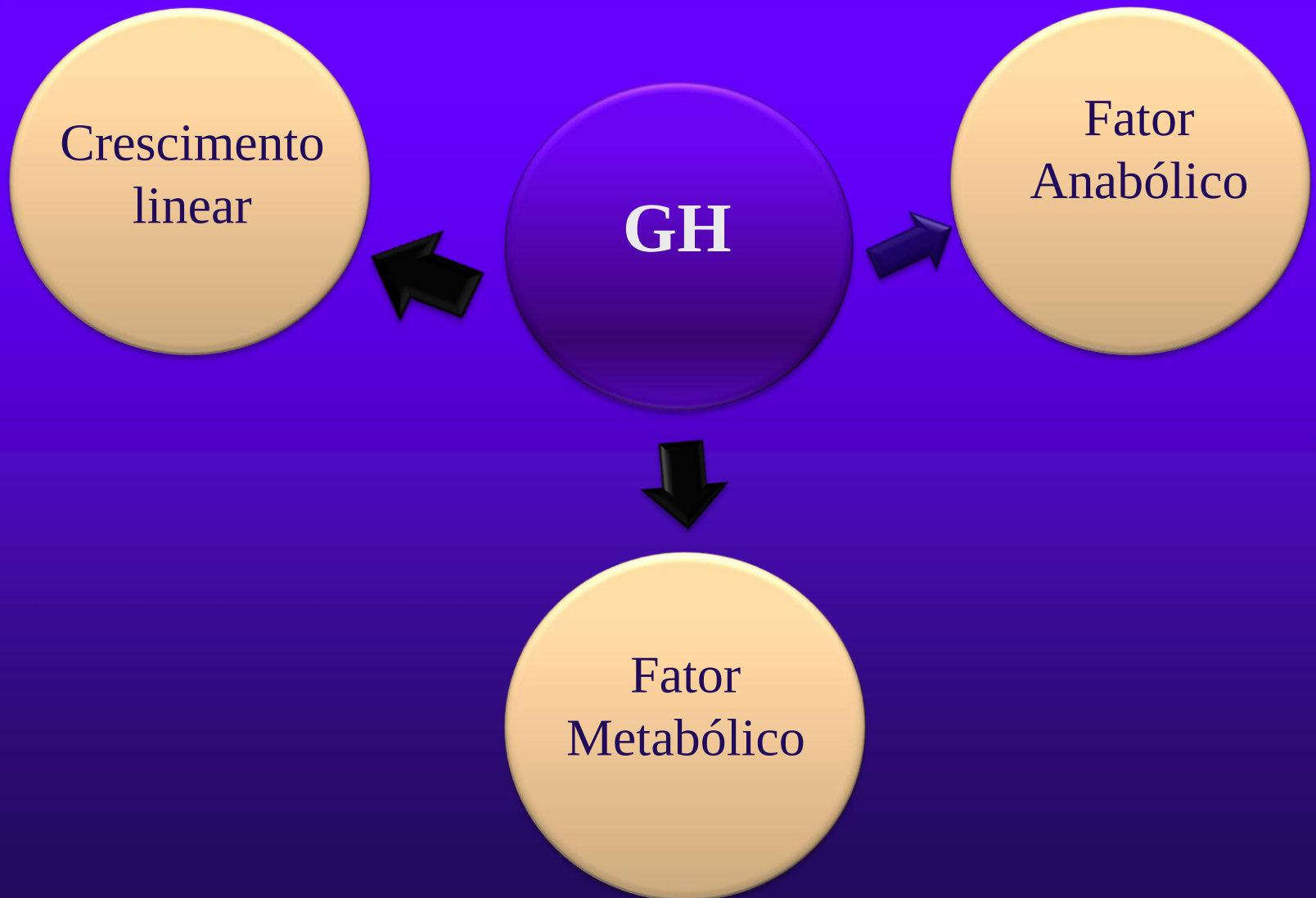
(Rowland, 2008)

Eixo GH/IGF-I

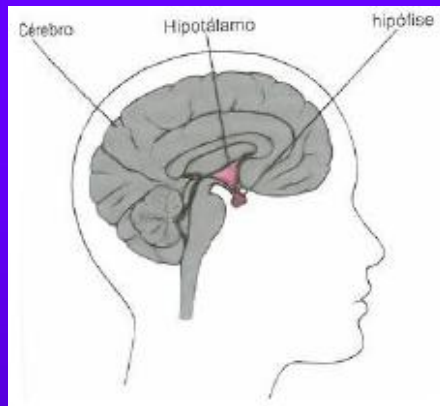
O esporte
potencializa ou
prejudica o
crescimento??



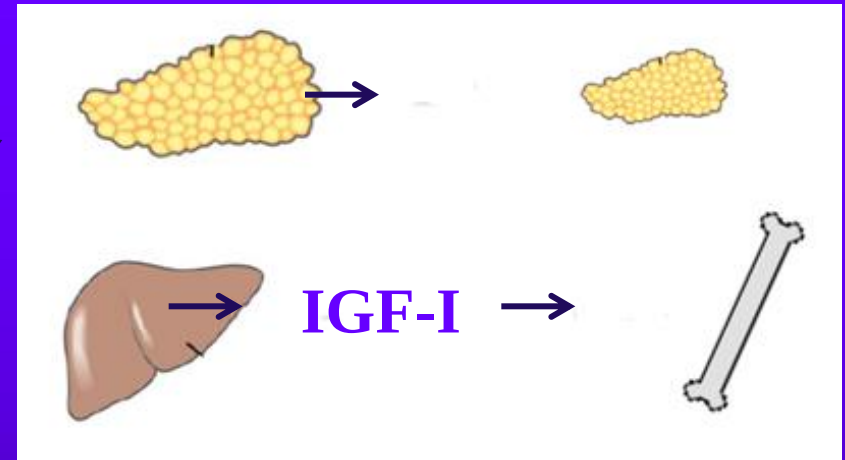
Eixo GH/IGF-I



Eixo GH/IGF-I



→ **GH**



↑ Metabolismo da gordura;

Preserva a concentração plasmática de glicose;

Promove o crescimento dos tecidos ósseo, conjuntivo e muscular.

EIXO GH/IGF-I

◆ Crescimento linear

O GH, o IGF-I e os
hormônios tireoidianos T3
e T4



manutenção do crescimento
normal durante a infância.

(Malina; Bouchard; Bar-Or, 2009)



EIXO GH/IGF-I

↑ Efeitos do Eixo GH/IGF-I



Puberdade



↑ Esteróides Sexuais.



◆ Estirão do Crescimento

(Malina; Bouchard; Bar-Or, 2009)





Sistema IGF-I/IGFBPs

- ◆ IGF-I – ação autócrina, parócrina e endócrina;
- ◆ IGF-I livre – meia vida curta;
- ◆ IGF-I – Complexo ternário



IGF-I – ALS – IGFBP-3



Sistema IGF-I/IGFBPs

◆ IGFBP-1 - ↓ Bioatividade do IGF-I;

↓ IGFBP-1 x Insulina↑

IGFBP-3 - ↑ Bioatividade do IGF-I



Sistema IGF-I/IGFBPs

- ◆ A insulina e o GH interagem de forma complexa , e a insulina é essencial para a expressão dos efeitos do GH;
- ◆ Os efeitos do GH e IGF-I na síntese proteica e também no crescimento são consideravelmente maiores na presença de insulina.

Eixo GH/IGF-I

- ◆ GH – Engenheiro;
- ◆ IGF-I – Mestre de obras;
- ◆ IGFBPs - Pedreiros



Eixo GH/IGF-I

Supressão do eixo



Ação de citocinas
IL-6 e $\text{TNF}\alpha$



Eixo GH/IGF-I

Teoria de duas fases



- 1ª Fase – Catabólica
(3 a 4 semanas)
- 2ª Fase - Anabólica



EIXO GH/IGF-I

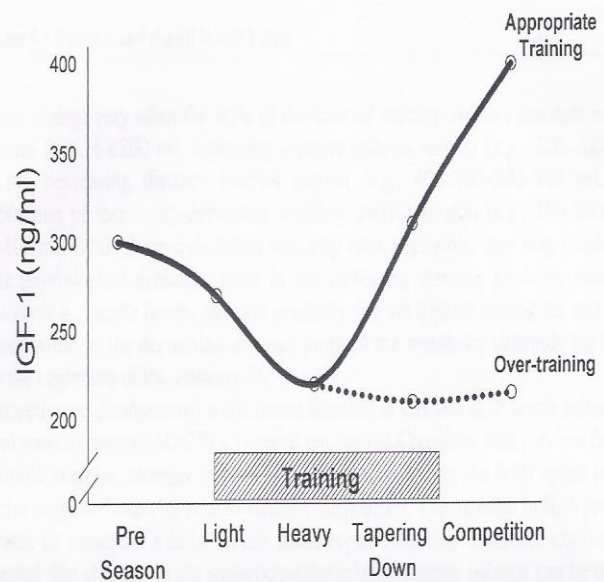
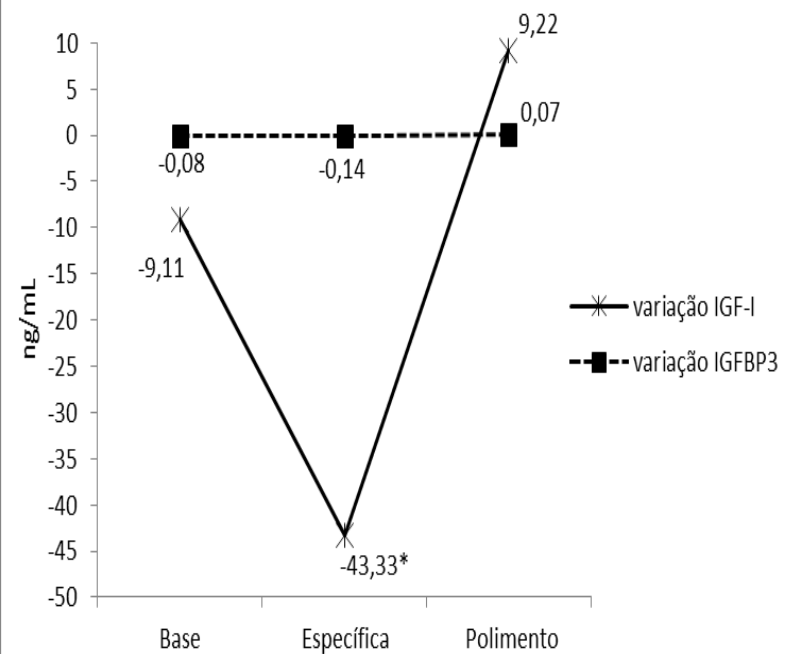


Fig. 2. Training season effects on IGF-I circulating levels. IGF-I level decreased significantly during heavy training, and with proper training increased above baseline levels before the target competition. With overtraining, IGF-I levels remain low.





Adolescência

- ◆ Afetado pelo aspecto biológico e cultural:
- ◆ Biológico – momento em que o fim da infância é marcado pelo início da maturação sexual;
- ◆ Cultural – o fim da adolescência e o início da fase adulta são marcados pela independência emocional e financeira da família.

(Gallahue, 1989)



Adolescência

- ♦ A adolescência é o período mais difícil de se definir em termos de idade cronológica:
- ♦ OMS – 10 e 18 anos
- ♦ Meninos – 10 e 22 anos;
- ♦ Meninas – 10 e 19 anos

(Malina, Bouchar, Bar-Or, 2009)



Crianças, Adolescentes e Exercício físico

Idade Cronológica
X
Idade Biológica



Idade cronológica

- ◆ Determinada pela diferença entre um dado dia e o dia do nascimento do indivíduo:
- ◆ Primeira infância – 1 mês a 24 meses;
- ◆ Segunda infância – 24 meses a 10 anos;
- ◆ Adolescência – 10 a 20 anos;
- ◆ Adulto jovem – 20 a 40 anos;
- ◆ Adulto de meia idade – 40 a 60 anos;
- ◆ Adulto mais velho – acima de 60 anos.

(Gallahue, 1989)

Idade Biológica

- ♦ Idade determinada pelo nível de maturação dos diversos órgãos que compõem o homem



Idade Biológica

- ◆ Determinada pelo nível de maturação dos diversos sistemas e pode ser obtida pela determinação das idades:
 - ✓ Mental;
 - ✓ Óssea;
 - ✓ Morfológica;
 - ✓ Neurológica;
 - ✓ Dental;
 - ✓ Sexual.



Idade Sexual — determinada pela observação das características sexuais primárias e secundárias.

♦ Sexo masculino:

- ✓ Pelos axilares;
- ✓ Pelos pubianos;
- ✓ Desenvolvimento escrotal.

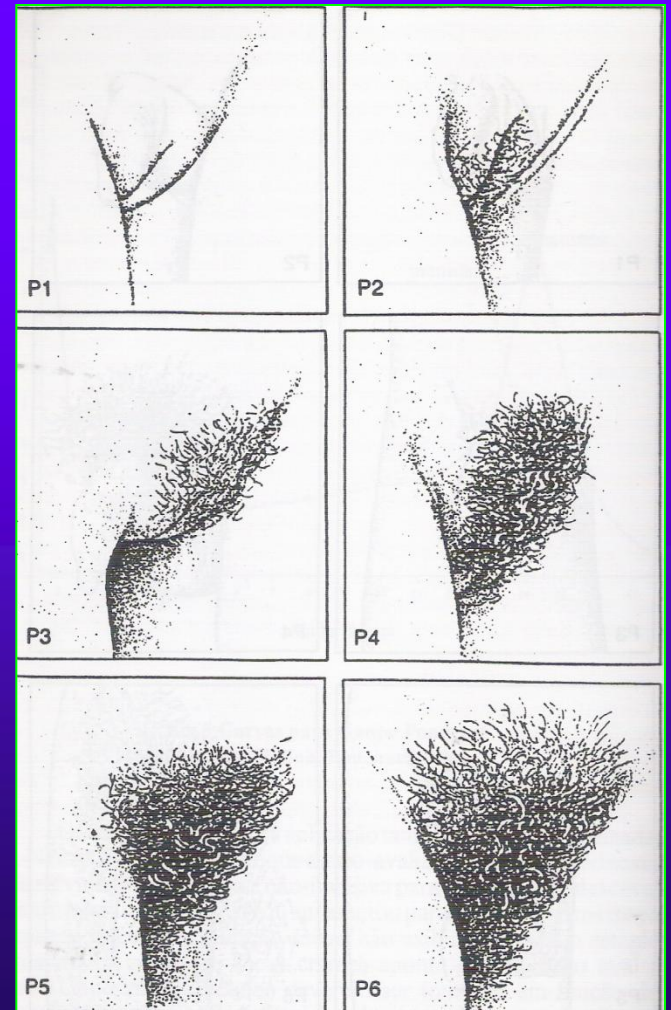
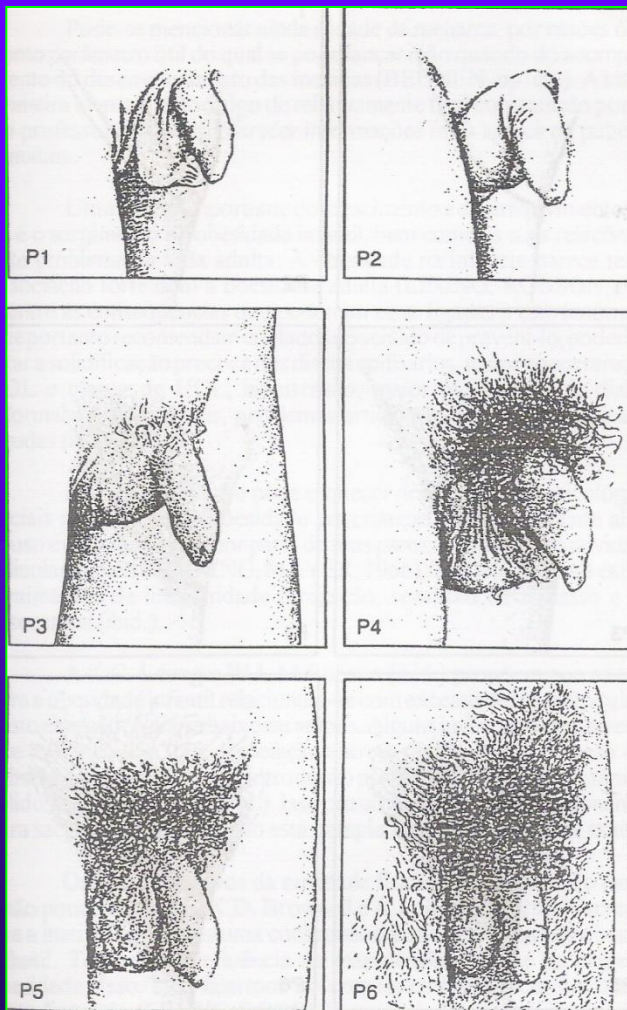


♦ Sexo Feminino:

- ✓ Pelos pubianos;
- ✓ Desenvolvimento mamário;
- ✓ Menarca.



IDADE SEXUAL



Níveis de maturação e exercício físico

♠ Aplicabilidade:

- ✓ Formar grupos homogêneos;
- ✓ Adequar o programa de treinamento;
- ✓ Evitar super ou subestimação.





Níveis de maturação e exercício

Capacidades motoras condicionais	Fases de desenvolvimento
Potência aeróbia	Antes e durante a puberdade
Potência anaeróbia	Puberdade avançando alguns anos da fase adulta
Força	Puberdade e fase adulta
Velocidade (deslocamento)	Puberdade e alguns anos da fase adulta



PERÍODO CRÍTICO

- ◆ As mudanças associadas ao crescimento, maturação e desenvolvimento ocorrem com maior rapidez e que o processo organizacional pode mais facilmente ser modificado durante esses períodos;
- ◆ Podem representar os momentos de maior prontidão e elevada sensibilidade aos estímulos do treino e instrução.

(Magill, 1988; Malina, 1993)



PERÍODO CRÍTICO

- ◆ Entendido como um período de tempo durante o qual determinado processo é influenciado de forma irreversível e aplica-se na embriologia, sobretudo no domínio dos processos reguladores do crescimento.

(Scott, 1986)



PERÍODO SENSÍVEL

- ◆ Entendido como o período em que a aprendizagem de habilidades ou desenvolvimento de aptidões e competências se faz de forma mais facilitada - deve aplicar-se no desenvolvimento humano pós – natal;

(Lopes e Maia, 2000)



TREINABILIDADE

- ♦ O grau de treinabilidade é influenciado pelo genótipo, verificando-se uma forte interação entre os efeitos do genótipo e dos efeitos do envolvimento (meio ambiente), ocasionando, portanto, grande variação inter-individual no grau de sensibilidade ao treino e instrução.

(Lopes e Maia, 2000).



Treinabilidade

- ♦ A maior treinabilidade das capacidade condicionais na adolescência não se traduz, automaticamente, em uma maior capacidade de suportar cargas, mas sim em uma maior probabilidade de resposta favorável ao treinamento desde que ele seja adequado às condições do praticante.

(Ré; Barbanti,2010)



Potência Aeróbia

- ◆ O VO_2max aumenta ao longo da 2ª infância acompanhando o crescimento das dimensões corporais;
- ◆ Até os 12 anos as curvas de crescimento do VO_2max não apresentam diferenças significativas entre os sexos;
- ◆ Após os 14 anos as meninas atingem um platô, enquanto os meninos continuam com valores crescentes até os 18 anos.

Potência Aeróbia

- ◆ Consumo de oxigênio relativo (ml/kg.min):
 - O VO₂max expresso em ml/kg.min, no sexo masculino é virtualmente independente da idade dentro da faixa etária que vai de oito a dezoito anos;
 - Entre as mulheres, é até mais alto na fase pré-púbere do que durante a fase púbere ou pós-púbere.
- (Imbar & Bar Or, 1986)



Potência Aeróbia

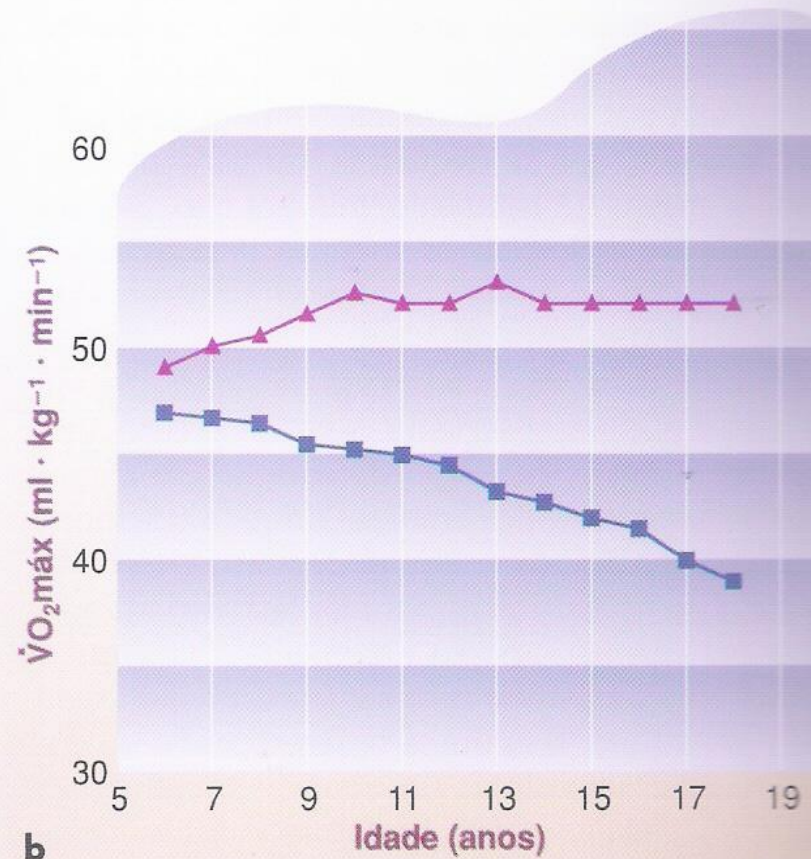
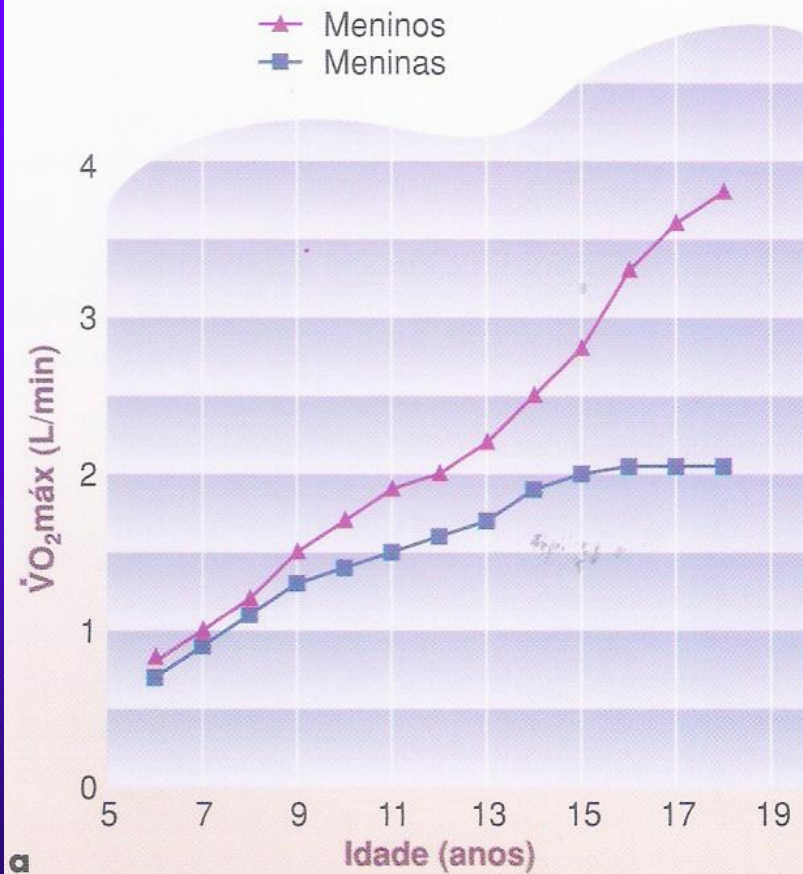


Figura 16.11 Alterações do consumo máximo de oxigênio com a idade. Os valores são expressos (a) como valores absolutos em $\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$ e (b) em relação ao peso corporal em $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$.



Puberdade e Potência Aeróbia

- ♦ A puberdade influencia na melhoria da aptidão aeróbia pelo aumento do tamanho corporal, particularmente, nas dimensões do coração (ventrículo esquerdo) dos pulmões, dos músculos e do sistema circulatório.



Crescimento somático

Potência Aeróbia

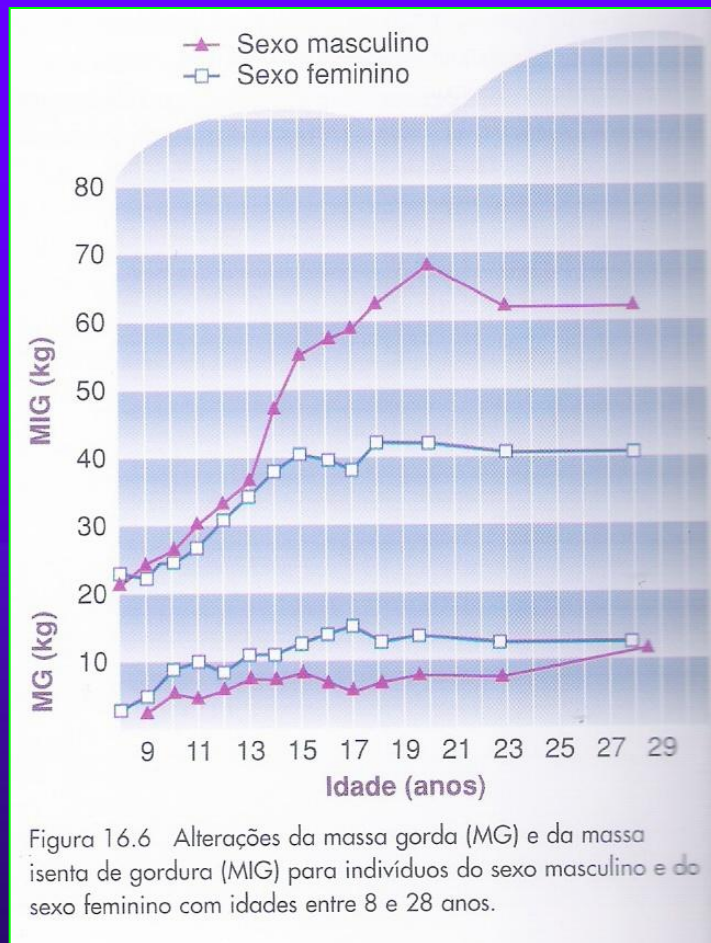
VO₂max e gênero



VO₂max → Massa
Magra

Meninos - ↑ massa
magra - ↑ VO₂max

→ Meninas - ↑ massa
gorda –
↔ ou ↓ VO₂max





Massa Corporal

MENINOS

- ♦ **O ganho de peso em meninos adolescentes ocorre basicamente por causa de aumentos na altura e na massa muscular;**
- ♦ **Por volta dos 10 anos meninos terão atingido 55% de seu peso adulto e meninas 60%;**
- ♦ **Os meninos continuam a ganhar peso significativamente até aproximadamente 22 anos.**

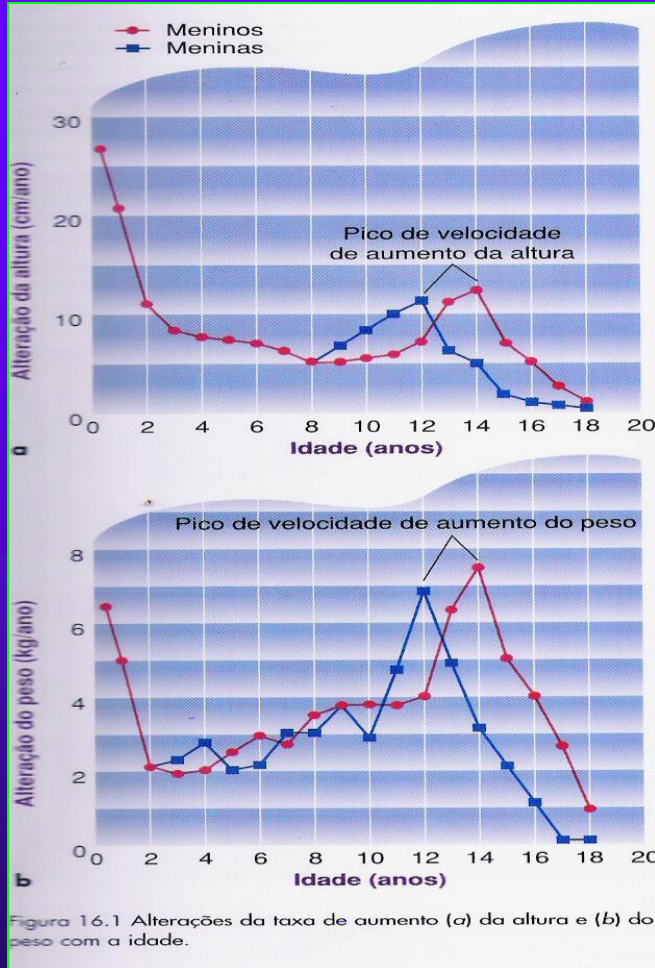


Massa Corporal

MENINAS

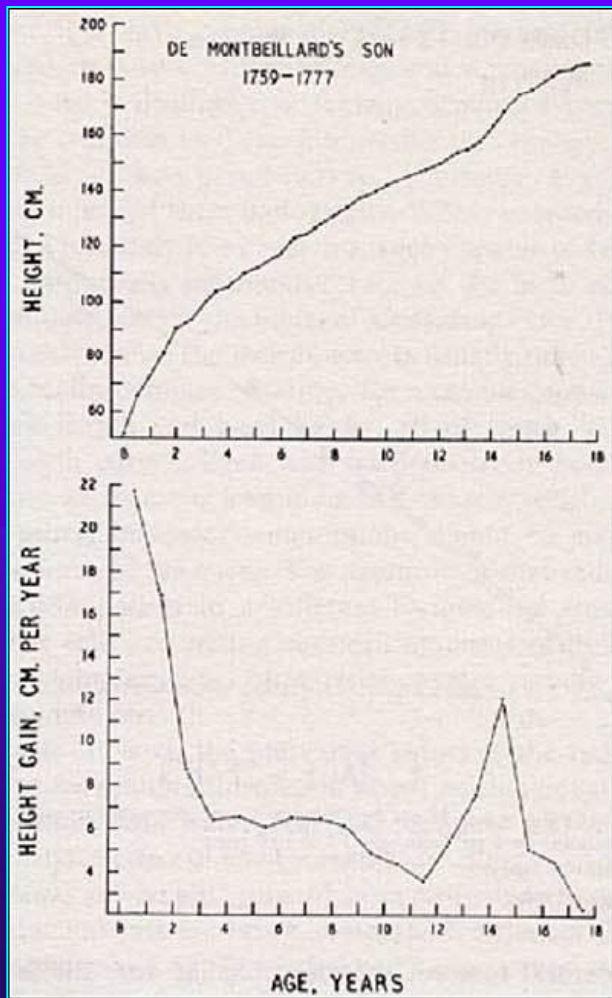
- ♦ O ganho de peso em meninas deve-se a aumentos na massa adiposa e, em menor grau, a aumentos na massa muscular;
- ** Meninos e meninas antes dos 10 anos apresentam-se muito parecidos na variável peso, sendo os meninos ligeiramente mais pesados. No entanto, no surto de crescimento adolescente, meninas são mais pesadas até(+ -) 14 anos, quando inicia-se a estabilização.

Estatura e Massa Corporal



Peso	♀	♂	Estatura	♀	♂
Início do Estirão	10	11	Início do Estirão	9	11
Pico	12	13	Pico	11	13
Fim do Estirão	16	14	Fim do Estirão	16	18

ESTATURA



Curvas de Distância e Velocidade para o Crescimento em Altura de uma Criança

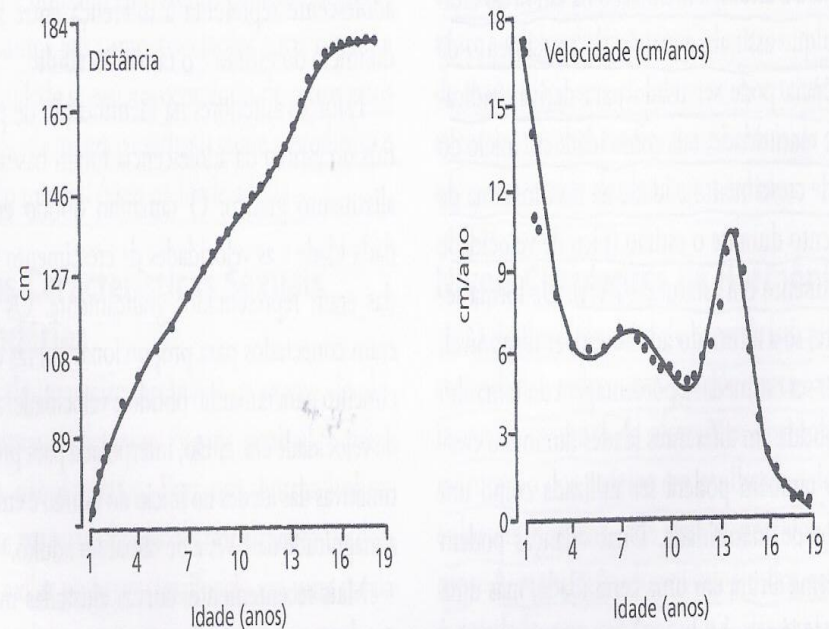


Figura 15.9 Um exemplo de curva de crescimento matematicamente ajustada para a estatura de uma criança individual. Os círculos indicam as estaturas observadas (esquerda) e as velocidades de estatura (direita), e as linhas contínuas indicam as curvas de distância e velocidade ajustadas com um modelo logístico triplo. A idade de início do estirão adolescente para essa criança é de 11,8 anos de idade, e a idade do pico de velocidade em estatura é de 13,8 anos.

Reimpresso, com permissão, de Mel Lozy (1978).



Estatura

- ◆ O GH, o IGF-I e o hormônios tireoidianos possuem propriedades estimuladoras do crescimento e estão primariamente envolvidos na manutenção do crescimento normal durante a infância.

(Malina, Bouchar; Bar-Or, 2009)

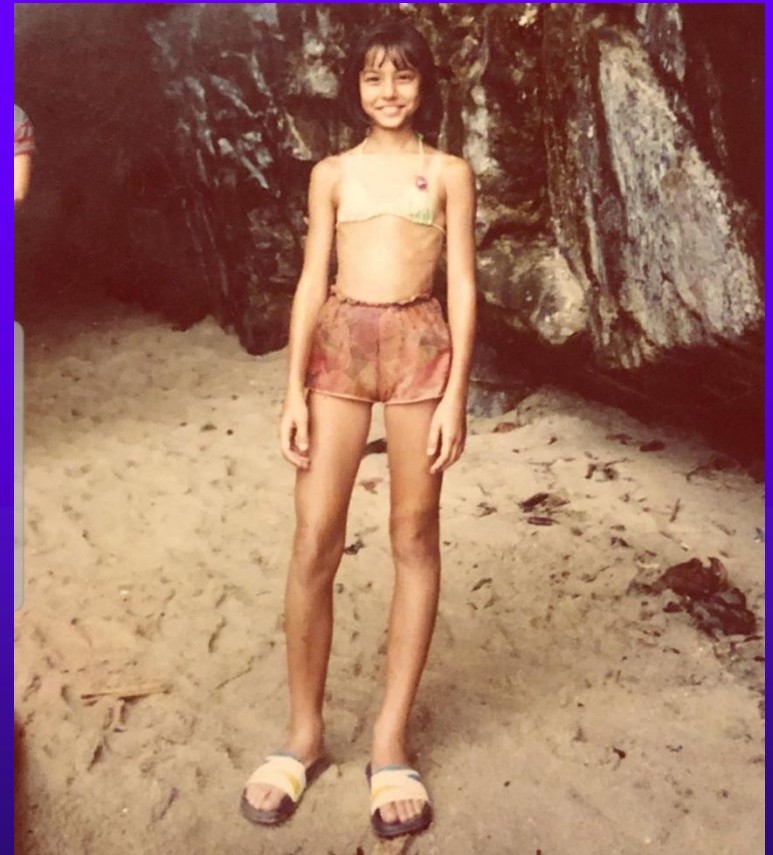
Estirão do Crescimento

- ◆ É dominado pela estimulação dos testículos ou dos ovários pelas gonodotrofinas (FSH e LH) que provocam elevada produção de esteróides sexuais pelas gônadas;
- ◆ ↑ esteróides sexuais durante a puberdade



↑GH e IGF-I

(Malina, Bouchar; Bar-Or, 2009)



Força Muscular

- ◆ Pico de crescimento da força muscular



Cerca de 14 meses após o PVA

Pico de crescimento muscular



Cerca de 3 meses após o PVA

(Tanner, 1972)



Força Muscular

◆ Pico de crescimento muscular:

- O peso muscular em pré-púberes situa-se entre 25 e 30% do peso total;
- Na puberdade, sob a influência hormonal androgênica, passa a 40/45% do peso corporal total de meninos e fica entre 35 a 38% do peso das meninas.

(Wells, 1985)



Força Muscular

- 
- ◆ Pico de crescimento da força muscular:
 - ↑ Crescimento muscular;
 - ↑ da atividade enzimática glicolítica;
 - ↑ do número de sarcômeros e da distância entre as bandas Z;

Força Muscular

- Aprimoramento da regulação nervosa – quer no recrutamento, quer no plano da coordenação;
- Sistema endócrino –
 - ↑ níveis de testosterona e hormônio do crescimento



Níveis de Testosterona

◆ Níveis de testosterona salivar em garotos:

- 10 anos – 19,3pmol/L;
- 11 anos – 34,6pmol/L;
- 12 anos – 49,8pmol/L;
- 13 anos – 57,6pmol/L;
- 14 anos – 119,6pmol/L;
- 15 anos – 222,1pmol/L.





Andrógenos e Sexo Feminino

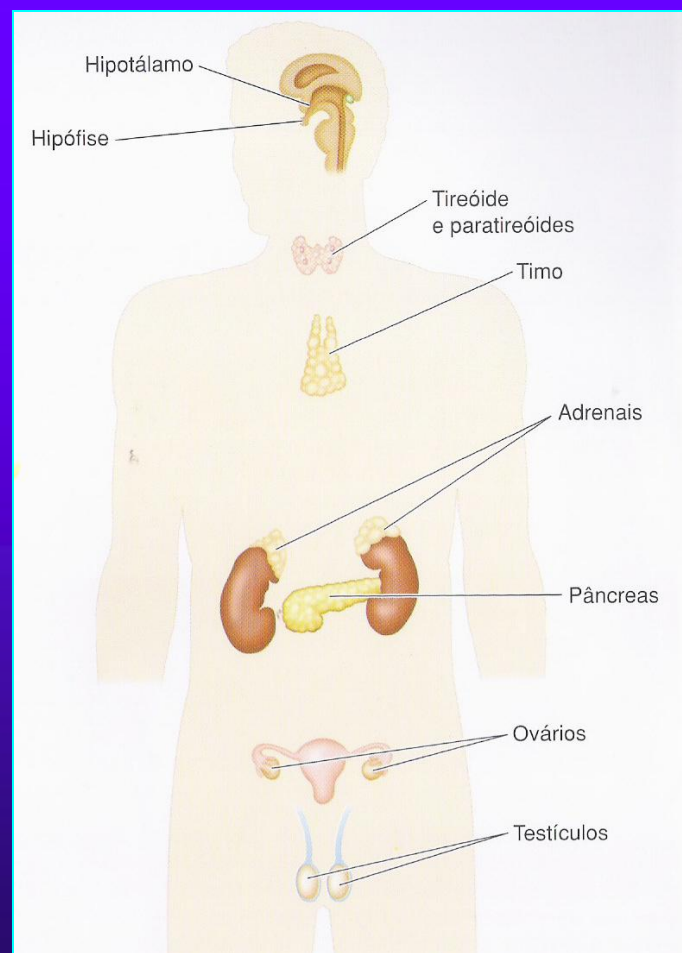
- ◆ Andrógenos nos sexo feminino são derivados somente do córtex adrenal;
- ◆ Precursores androgênicos são secretados em pequenas quantidades pelo ovário e pelo córtex adrenal.

(Malina; Bouchard; Bar-Or, 2009)

Andrógenos e Sexo Feminino

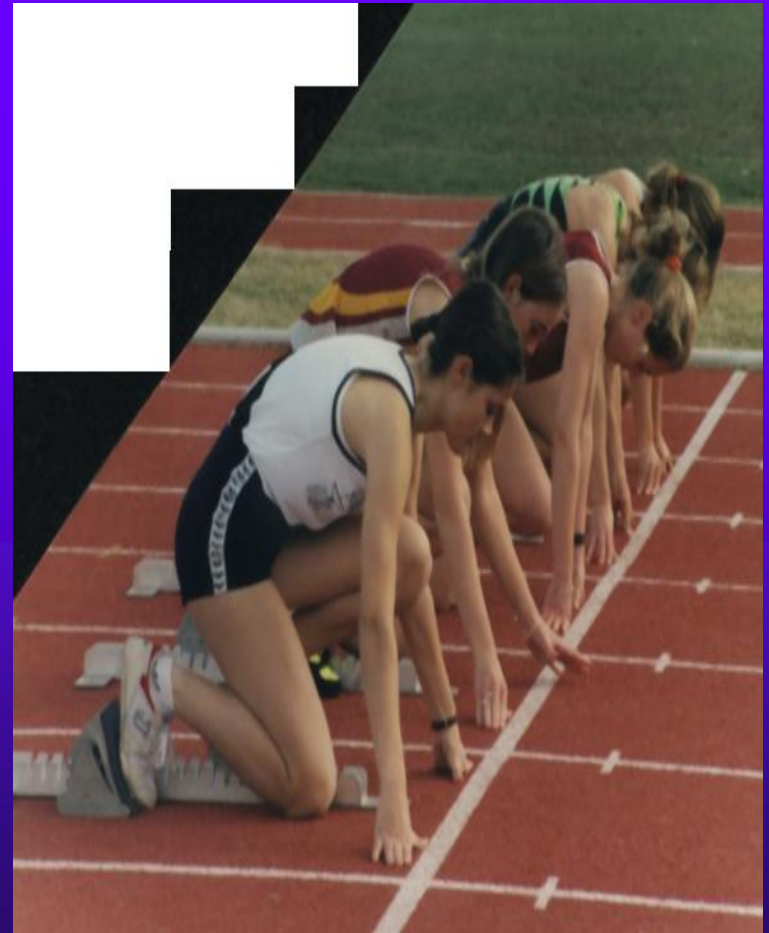
- ♦ Na mulher a testosterona é derivada primariamente (cerca de 75%) da conversão enzimática de androstenediona de origem adrenal.
- ♦ O restante é produzido pelos ovários.

(Malina; Bouchard; Bar-Or, 2009)



Velocidade

- ♦ Evolução da velocidade
 - 2º momento:
- Cerca dos 12 anos nas meninas e entre 12 e 15 anos para os meninos, coincidindo com o período de incremento da massa muscular.





Capacidades Coordenativas

- ◆ Ambos os sexos apresentam prestações do mesmo nível e evoluem até os 11-12 anos;
- ◆ Após se estabelece uma diferença significativa com as meninas estabilizando os níveis de suas prestações, enquanto os meninos mantêm um ritmo até cerca de 18 anos.

Capacidades Coordenativas

Puberdade

- ♦ As modificações das proporções, sobretudo, das extremidades, faz com que as capacidades coordenativas sofram um prejuízo mais ou menos acentuado conforme os indivíduos.

(Weineck, 1986)



Capacidades coordenativas, condicionas e cognitivas

(Habilidades motoras fechadas)

Importância para o desempenho	Capacidades condicionais	Capacidades coordenativas	Percepção e Decisão
Natação	Elevada	Média	Pequena
Atletismo (corridas)	Elevada	Pequena	Pequena
Atletismo (demais provas)	Elevada	Média	Pequena
Ciclismo	Elevada	Pequena	Pequena
Ginástica Rítmica	Elevada	Elevada	Pequena
Ginástica Artística	Elevada	Elevada	Pequena

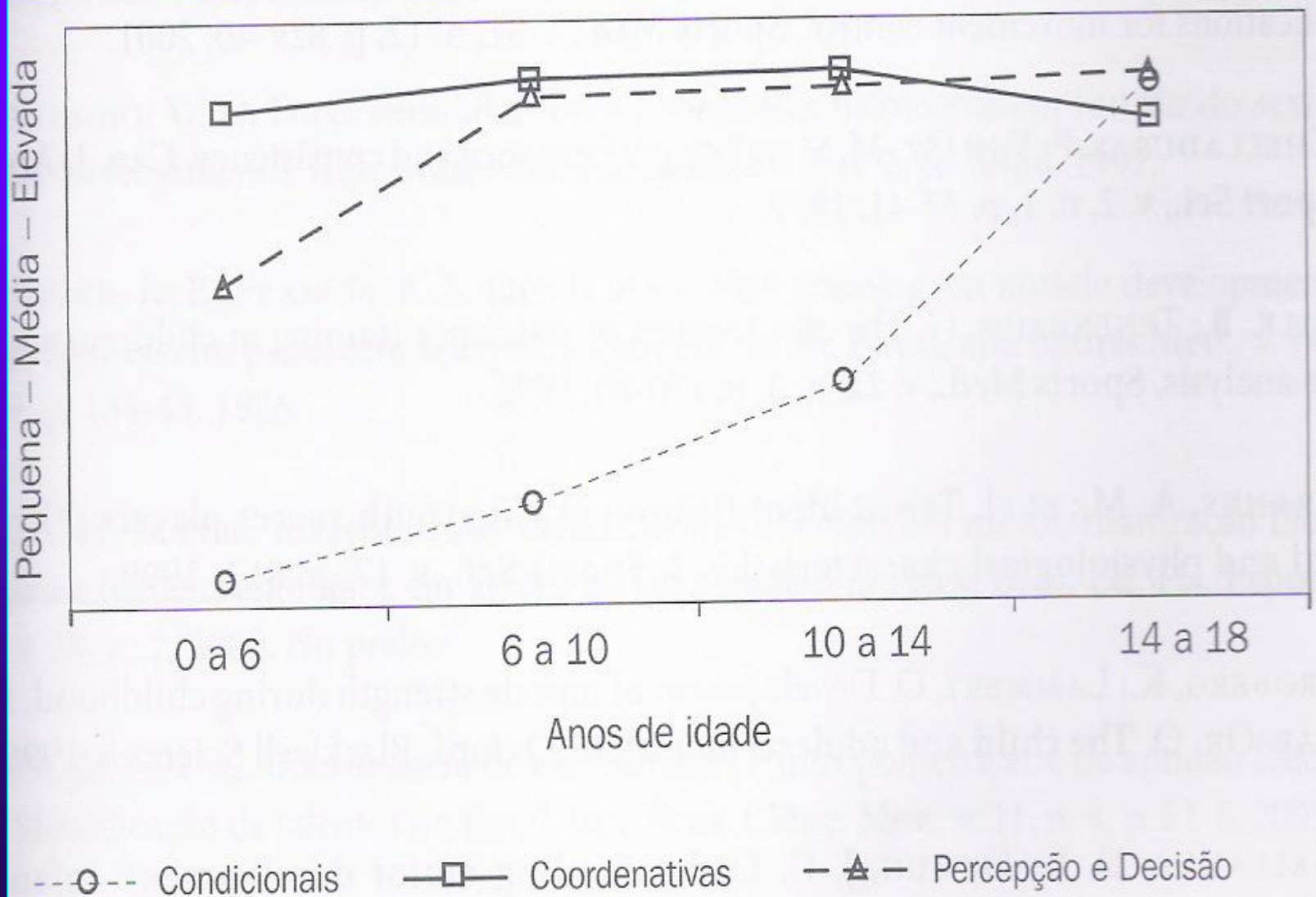


Capacidades coordenativas, condicionas e cognitivas

(Habilidades motoras abertas)

Importância para o desempenho	Capacidades condicionais	Capacidades coordenativas	Percepção e Decisão
Futebol	Elevada	Elevada	Elevada
Basquete	Elevada	Elevada	Elevada
Voleibol	Elevada	Elevada	Elevada
Handebol	Elevada	Elevada	Elevada
Judô	Elevada	Elevada	Elevada

SÍNTESE



SÍNTESE

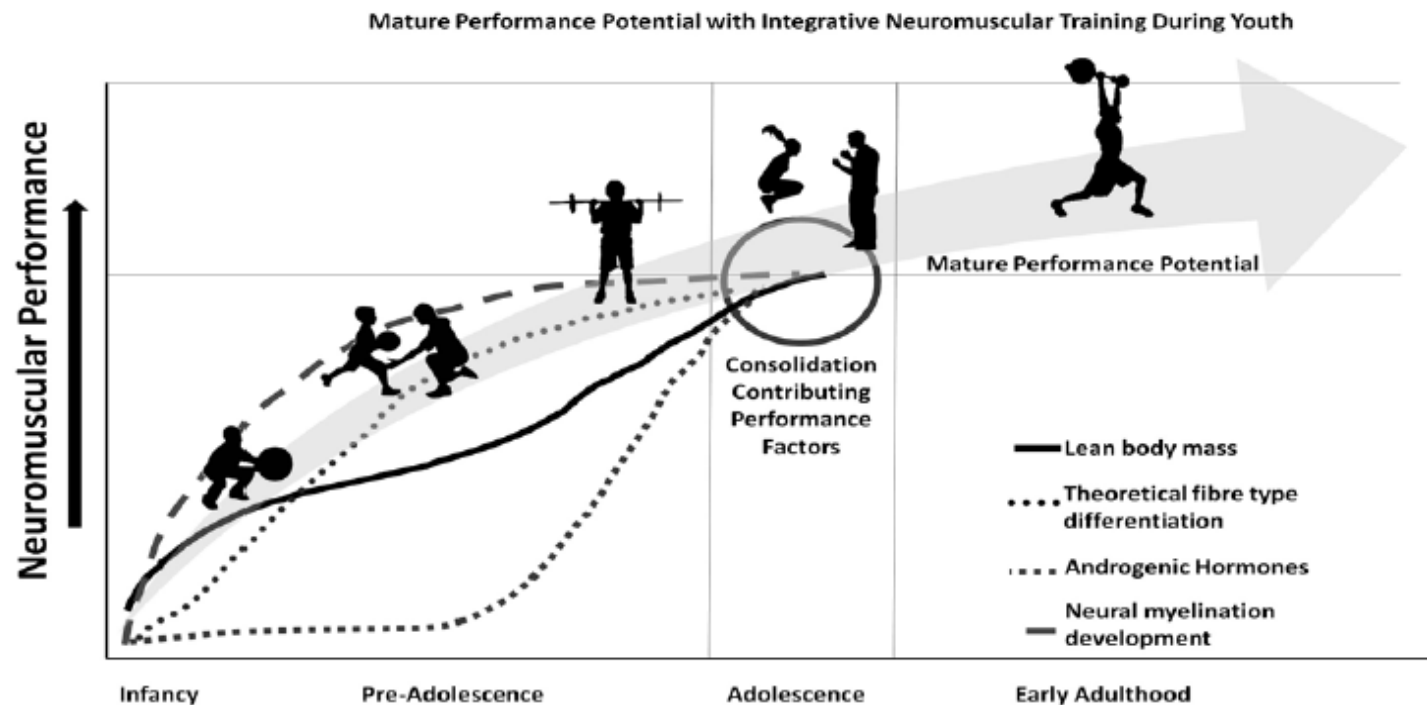


Figure 2 — Interactive model for the integration of factors related to the potential for muscle strength adaptations and training-induced performance gains during preadolescence, adolescence, and early adulthood. Adapted from Kraemer et al. (28) and Myer et al. (43).



tourinho@usp.br