



MARCOS ANDRÉ MOURA DOS SANTOS



**PESO AO NASCER, COMPOSIÇÃO CORPORAL, APTIDÃO
FÍSICA E COORDENAÇÃO MOTORA: UM ESTUDO COM
CRIANÇAS DE 7 A 10 ANOS DE IDADE**

Recife

2012



MARCOS ANDRÉ MOURA DOS SANTOS



**PESO AO NASCER, COMPOSIÇÃO CORPORAL, APTIDÃO
FÍSICA E COORDENAÇÃO MOTORA: UM ESTUDO COM
CRIANÇAS DE 7 A 10 ANOS DE IDADE**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco, para obtenção do título de Doutor em Nutrição.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Carol Góis Leandro

Co-orientador: Prof^o. Dr. Pedro Israel Lira

Recife

2012

Catálogo na fonte
Bibliotecária Gláucia Cândida da Silva, CRB4-1662

S237p	Santos, Marcos André Moura dos. Peso ao nascer, composição corporal, aptidão física e coordenação motora: um estudo com crianças de 7 a 10 anos de idade / Marcos André Moura dos Santos. – Recife: O autor, 2012. 109 folhas : il. ; 30 cm. Orientador: Carol Góis Leandro. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco, CCS. Programa de Pós-Graduação em Nutrição, 2012. Inclui bibliografia e anexos. 1. Crescimento e Desenvolvimento. 2. Recém-Nascido de Baixo Peso. 3. Aptidão Física. 4. Plasticidade. I. Leandro, Carol Góis. (Orientador). II. Título. 612.3 CDD (23.ed.) UFPE (CCS2013-003)
-------	---

MARCOS ANDRÉ MOURA DOS SANTOS

**PESO AO NASCER, COMPOSIÇÃO CORPORAL, APTIDÃO FÍSICA E
COORDENAÇÃO MOTORA: UM ESTUDO COM CRIANÇAS DE 7 A 10 ANOS
DE IDADE**

Tese aprovada em 12 de Dezembro de 2012

Prof. Yves Fournier – Université Claude Bernard

Prof. Go Tani – USP

Prof. Raphael Mendes Rini Dias – UPE

Prof. Carol Virginia Góis Leandro – UFPE

Prof. Raul Manhães de Castro – UFPE

DEDICATÓRIA

A minha esposa e meus filhos fonte de inspiração para galgar novos caminhos. A minha mãe Iza Moura que com suas orientações e ensinamentos, vem guiando meus caminhos todos os dias de minha vida. A minha esposa Maria Emilia que sempre acreditou e me incentivou no meu desenvolvimento profissional e nunca me deixou desistir. Aos meus filhos André Lucas e Luís Felipe, motivo de estímulo e apoio para continuar neste processo de aprendizagem.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por se mostrar sempre presente em minha vida, me proporcionando muitos momentos de felicidade.

À minha família por todo auxílio e incentivo durante estes anos de estudo.

A professora Dr^a. Carol Góis Leandro, orientadora desta TESE. Por ter acreditado em mim para condução deste estudo desde o primeiro momento, sem vacilações. Devo-lhe admiração, respeito e gratidão. Destaco o seu perfeccionismo, extremo cuidado e um verdadeiro amor pela pesquisa. Obrigado pela disponibilidade, paciência, atenção, dedicação e principalmente pela preciosa orientação no desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu Co-orientador Prof^o. Dr. Pedro Israel Cabral de Lira, na preparação das estimativas do tamanho amostral e as importantes observações relativas aos estudos de campo com crianças e adolescentes.

Ao professor Catedrático José Antonio Ribeiro Maia (Universidade do Porto – Portugal), pela importantíssima contribuição, com seu perfeccionismo e extremo cuidado na construção metodológica e elaboração das análises realizadas nestes estudos. Aos excelentes momentos que passamos em seu laboratório para um estágio de mobilidade discente. Pelo respeito às nossas limitações, e pela forma com que torna simples o que parece ser demasiadamente complexo. Meu agradecimento em especial.

Ao Prof^o Dr. Paulo Roberto Santana, por ajudar nos contatos com a Secretária de Saúde e Secretária de Educação da Cidade de Vitória de Santo Antão – PE.

Ao Prof^o Dr. Raul Manhães-de-Castro, com sua competência e simplicidade na condução do grupo do Grupo de pesquisa e dos diversos pesquisadores, nos faz entender que “não se faz pesquisa sozinho” e que em todos os momentos devemos estar de mãos dadas para sustentarmos uns aos outros. Muito obrigado professor.

Aos meus amigos de profissão e de luta nos dias de coletas, Marcelus Brito, João Wellington, Aline Siqueira, Sabrina França e Mario Tchamo, que com maestria coordenaram as áreas específicas deste estudo, com um cuidado irretocável na coleta das informações. Vivemos momentos difíceis e também de grande alegria. Foi muito bom! Também pude aprender bastante com cada um de vocês.

Aos meus orientandos e todos os estagiários que colaboraram para a consecução deste trabalho ao longo destes quatro anos. Atualmente, alguns envolvidos em programas de pós-graduação.

A todas as crianças das escolas do Município de Vitória de Santo Antão, que sempre estiveram envolvidas em todas as etapas deste estudo, sem elas nada do que aqui foi desenvolvido seria possível de ocorrer, fato que contribuiu para o alcance dos resultados.

A todos que fazem parte do Programa de Pós Graduação em Nutrição da UFPE, pelo excelente trabalho desenvolvido, contribuindo para manter o elevado nível deste programa. Um agradecimento especial à Profª Drª. Mônica Osório, à Secretária Neci Nascimento e à Cecília Arruda, por cuidar tão bem de nossa vida acadêmica.

Aos meus colegas de doutorado, alguns atualmente Doutores, Jailane de Souza Aquino, Juliana Kessia Barbosa Soares, Marina Petribú, Maria Elieidy Gomes de Oliveira, Rafael Miranda Tassitano e Raquel da Silva Aragão, pela agradável convivência.

À minha mãe, Iza Moura e a todos os meus familiares e amigos, que sempre me deram muita força e acreditaram em meu potencial, me estimulando a crescer pessoalmente e profissionalmente e me fazendo uma pessoa muito feliz.

A minha esposa Maria Emilia e aos meus filhos André Lucas e Luis Felipe que durante todo este tempo foram os pilares de sustentação para continuar nesta caminhada, abdicando de momentos de lazer e algumas vezes de ausência do pai e marido. Meu agradecimento especial.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho.

Agradeço a Secretária de Saúde e a Secretária de Educação da cidade de Vitória de Santo Antão, bem como aos professores, aos diretores, aos alunos e seus pais, que nos ajudaram sempre com boa vontade e presteza.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa – CNPq e a FACEPE, pela ajuda financeira neste projeto.

Por fim, agradeço aos membros da banca examinadora, pelo tempo disponibilizado para contribuir com o resultado final desta tese.

RESUMO

O presente estudo teve como objetivos (a) Analisar os indicadores de crescimento físico, composição corporal, nível de atividade física diário e a aptidão física em crianças pertencentes a distintos grupos de peso ao nascer; (b) Verificar as associações entre o peso ao nascimento e a influência do efeito cumulativo do tamanho do corpo atingido e da composição corporal sobre aptidão física de crianças pertencentes a grupos distintos de peso ao nascer; (c) Analisar as variáveis da aptidão física e coordenação motora em crianças, ao longo da variação cumulativa em gramas de peso ao nascer. A amostra foi composta por 533 crianças de ambos os gêneros dos 7 aos 10 anos de idade, sendo 277 meninos e 256 meninas. Foram avaliados parâmetros referentes aos indicadores do crescimento físico (peso, estatura), composição corporal (dobras de adiposidade). A aptidão física foi avaliada com base nos protocolos das seguintes baterias EUROFIT (1988) e FITNESSGRAM (1994). A avaliação do desempenho neuromotor foi analisada com base na bateria de testes Körperkoordinations-test für Kinder (KTK). O nível de atividade física habitual foi efetuado com base no questionário Godin e Shephard. Além das medidas de estatística descritivas e de forma a estudar as interações e inter-relações entre os fatores de interesse, a ANOVA two way, teste t-student, ANCOVA, Correlação de Pearson e Análise de regressão múltipla, foram os procedimentos estatísticos usados na análise dos resultados. Adotou-se nestas análises o nível de significância de 5%. As crianças baixo peso ao nascer apresentaram valores médios menores em relação ao peso corporal, estatura e massa corporal magra e demonstraram um menor desempenho nos testes de força de preensão e velocidade de corrida e um maior consumo máximo de oxigênio ($p < 0.05$). Contudo, quando ajustados por covariáveis: idade cronológica, gênero, nível de atividade física, peso, estatura, IMC, % de gordura, massa gorda e massa corporal magra, estes efeitos desapareceram. No entanto, estas diferenças persistiram em relação à força ($P < 0.01$) e a velocidade de corrida ($P < 0.01$). O peso de nascimento correlacionou-se de forma significativa em magnitude e sinal com a força de preensão ($P < 0.01$), velocidade de corrida ($P < 0.01$) e consumo máximo de oxigênio ($P < 0.05$), mas não houve correlação com outras variáveis da aptidão física e com o desempenho neuromotor. Estas associações ocorreram independentes do tamanho do corpo atingido, da composição corporal e a idade em meses. Isoladamente, o baixo peso ao nascer não parece ser um fator determinante do crescimento físico, da composição corporal e alguns componentes da aptidão física, mas é um preditor de um menor desempenho em força muscular e velocidade de corrida durante a infância.

Palavras-Chave: Crescimento e desenvolvimento, baixo peso ao nascer, aptidão física, plasticidade durante o desenvolvimento.

ABSTRACT

The goals of the present study were: a) to analyze the indicators of physical growth, body composition, level of daily physical activity and physical fitness in children divided in two groups according to their birth weight; b) to verify the association between birth weight and the cumulative effects of the body size, body composition, and physical fitness of children according to their birth weight; c) to analyze the variations expected in terms of physical fitness and motor coordination in children according to the variation of birth weight in grams. A total of 533 children of both genders composed the sample, aged 7 to 10 y old (277 boys and 256 girls). Indicators of physical growth (body weight and height), body composition (skinfold thickness) were evaluated. The battery of tests suggested by EUROFIT and FITNESSGRAM was used to evaluate physical fitness. The evaluation of motor coordination was performed by using Körperkoordinations-test für Kinder (KTK) tests. The level of physical activity was evaluated by the questionnaire suggested by Godin e Shephard. Descriptive analysis was performed to study the interactions and inter-relations between the factors of interest. ANOVA two-way, t test student, ANCOVA, Pearson's correlation and multiple-regression analysis were used for statistical procedures. Significance was set in 5%. Low birth weight children were lighter and smaller, and presented a lesser lean body mass than their peer's normal birth weight. As well as, they presented a lesser performance in the strength, speed tests and greater maximal oxygen consumption ($p < 0.05$). However, when data were adjusted by covariates (age, gender, physical activity, weight, height, BMI, Body fat%, fat mass, fat free mass, and lean body mass), the effects of low birth weight disappeared. Permanent effects of low birth weight (LBW) were seen in terms of strength ($P < 0.01$), and speed performance ($P < 0.01$). There was a positive correlation between birth weight and strength ($P < 0.01$), speed ($P < 0.01$), and maximal oxygen consumption ($P < 0.05$). There was no correlation between birth weight and motor coordination. In conclusion, in children, low birth weight alone does not seem to be a major factor that influences body composition and some physical fitness components; however, LBW is a strong predictor of lower performance in muscle strength and running speed tests during childhood. Whether these effects remain into adolescence or adulthood needs to be studied to establish an association between early events in life and later risks of metabolic disease. Because physical fitness is highly responsive to physical activity level, intervention studies are also necessary to investigate the potential effect of LBW when contrasted with positive environmental stimuli.

Key words: Growth and development, low birth weight, physical fitness, plasticity during development.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Mapa ilustrativo da configuração geográfica de Vitoria de Santo Antão/PE.	46
Figura 2	Avaliação da força de preensão	51
Figura 3	Avaliação da força muscular de membros inferiores	52
Figura 4	Avaliação da flexibilidade	53
Figura 5	Avaliação da resistência abdominal	54
Figura 6	Avaliação da Agilidade	55
Figura 7	Avaliação da velocidade	56
Figura 8	Avaliação da aptidão aeróbia	56
Figura 9	Tarefa 1 - Trave de Equilíbrio	58
Figura 10	Tarefa 2 – Salto Monopedal	59
Figura 11	Tarefa 3 – Salto lateral	60
Figura 12	Tarefa 4 – Transferência sobre Plataforma	51
 Artigo 1		
Figura 1	Fluxograma da estratégia de busca e dos estudos incluídos na revisão.	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Estudos que compõem os capítulos da TESE	19
Tabela 2	Número de total de indivíduos estratificados por peso ao nascimento, gênero e idade cronológica (anos)	47
Tabela 3	Equações de predição da percentagem de gordura	49
Tabela 4	Estrutura da bateria de testes da aptidão física	50
Tabela 5	Estrutura do teste Körperkoordinations-test für Kinder (KTK)	58
Tabela 6	Estimativas de fiabilidade dos diferentes testes e medidas realizados	62
 Artigo 1		
Tabela 1	Estudos utilizados para analisar as relações entre crescimento somático e a composição corporal em crianças nascidas com peso inferior a 2.500g, publicados no período: 2000 a 2012: Autor, ano, objetivos, amostra, métodos e resultados essenciais.	30
Tabela 2	Estudos utilizados para analisar as relações entre o peso ao nascer e a aptidão física de crianças nascidas com peso inferior a 2.500g, publicados no período: 2000 a 2012: Autor, ano, objetivos, amostra, métodos e resultados essenciais.	32
 Artigo 2		
Tabela 1	Means and standard deviations of growth, body composition and physical fitness variables in the LBW and NBW groups.	72
Tabela 2	Means (6standard errors) of LBW and NBW growth, body composition and physical fitness indicators, significant covariates, and P-values.	72
 Artigo 3		
Tabela 1	Relative reliability estimates (intraclass correlation coefficient, R, and its 95% confidence intervals) of all bodily measurements and motor performance	82
Tabela 2	Sample descriptive characteristics (Means $\pm$ standard deviations, Minimum and Maximum) of physical growth, body composition, motor performance and gross motor coordination variables.	83
Tabela 3	Bivariate correlations [Pearson correlation coefficient, <i>r</i> and (<i>p-values</i>)] among birth weight, body size, body composition, motor performance and gross motor coordination.	85
Tabela 4	Linear regression coefficients (beta estimates $\pm$ standard errors, 95% confidence intervals, and <i>p-values</i>) showing estimated change in mean handgrip strength, running speed and aerobic fitness (VO_{2max} expressed in $mL.kg^{-1}.min^{-1}$) per 1-gram increase in children birth weight.	86

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DOHaD	Origem desenvolvimentista da saúde e da doença
WHO	World Health Organization - Organização Mundial de Saúde
IDH	Índice de desenvolvimento Humano
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e estatística
IMC	Índice de Massa Corporal
PN	Peso Normal
BPN	Baixo peso ao nascer
MBPN	Muito baixo peso ao nascer
EBPN	Extremo baixo peso ao nascer
D-Tric	Dobra Cutânea Tricipital
D-Sub	Dobra Cutânea Subescapular
D-Pm	Dobra Cutânea Perna Média
D-Bic	Dobra Cutânea Bíceps
D-Si	Dobra Cutânea Supra Ilíaca
D-Cx	Dobra Cutânea Coxa
MDA	Medida de diâmetro abdominal
% Gord.	Percentual de Gordura
MLG	Massa livre de Gordura
MCM	Massa corporal Magra
MG	Massa Gorda
MDA	Medida de diâmetro abdominal
DEXA	Absortometria de raios-X
AF	Atividade Física
NAFH	Nível de Atividade Física Habitual
IGF-1	Insulin-like growth factor - Fator de crescimento similar á insulina
MET	Equivalente metabólico
KTK	Körperkoordinations-test für Kinder
AptFS	Avaliação da aptidão Física
AtFH	Avaliação da atividade física habitual
VO _{2max} L.mim	Volume máximo de oxigênio litros/mim.
VO _{2max} ml.kg.min ⁻¹	Volume máximo de Oxigênio mililitros /mim.

SUMÁRIO

1.0 APRESENTAÇÃO.....	12
2.0 REVISÃO DA LITERATURA	
Crescimento, desenvolvimento e aptidão física: uma revisão sistemática sobre a influência do baixo peso ao nascer.....	22
3.0 OBJETIVOS.....	41
4.0 HIPÓTESES	43
5.0 MÉTODOS.....	45
Local do Estudo.....	46
Amostra.....	46
5.1 Descrição e operacionalização das variáveis estudadas.....	48
5.1.1 Peso ao nascer.....	48
5.1.2 Antropometria e Composição corporal	48
5.1.3 Avaliação da Aptidão física (AptFS)	50
5.1.3.1 Força de Preensão (Dinamometria Manual).....	51
5.1.3.2 Teste de força de membros inferiores (Salto Horizontal).....	51
5.1.3.3 Teste de Flexibilidade.....	52
5.1.3.4 Força e Resistência Abdominal (<i>Curl up</i>).....	53
5.1.3.5 Teste de agilidade (Teste do Quadrado).....	54
5.1.3.6 Teste de velocidade de deslocamento (corrida de 20 metros).....	55
5.1.3.7 Aptidão Cardiorrespiratória	56
5.1.4 Avaliação da atividade física habitual (AtFH).....	57
5.1.5 Avaliação do desempenho neuromotor	57
5.1.5.1 - Trave de Equilíbrio.....	58
5.1.5.2 - Salto Monopedal.....	59
5.1.5.3 - Salto Lateral.....	59
5.1.5.4 - Transferência sobre Plataforma.....	60
5.2 Controle da qualidade dos dados.....	61
5.3 Processamento e análise estatística.....	63
6.0 RESULTADOS.....	67
6.1 Artigo Original 1.....	69
6.2 Artigo Original 2.....	75
7.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	90
ANEXOS.....	99

APRESENTAÇÃO

1.0 Caracterização do Problema

O intervalo entre a concepção e a maturidade é marcado por alterações nas funções e estruturas do organismo que são conhecidas como crescimento e desenvolvimento (MALINA, PENA REYES ET AL., et al., 2004). O termo crescimento faz referencia às mudanças quantitativas no organismo em função do tempo, repercutindo no aumento das dimensões do corpo como um todo ou em partes específicas. O crescimento físico ocorre a partir de fenômenos biológicos, que podem ser determinados tanto geneticamente, como também pelo meio ambiente (ROGOL, CLARK ET AL., et al., 2000). Já o desenvolvimento se refere ao conjunto de fenômenos celulares que de forma inter-relacionada permite aos indivíduos evoluírem em complexidade desde a concepção até a maturidade (MALINA, PENA REYES ET AL., et al., 2004). Uma nutrição balanceada durante o período crítico do desenvolvimento é essencial para o organismo e a falta ou deficiência de nutrientes nestas fases podem acarretar danos irreversíveis ao organismo que perduram até a fase adulta (HARDING, et al., 2001; BARKER, et al., 2007).

Ao longo dos últimos vinte anos, estudos epidemiológicos, clínicos e experimentais têm focado sobre o possível papel que os eventos iniciais da vida têm sobre o padrão normal de crescimento e o aparecimento de doenças, destacando fatores como o peso ao nascer, o ganho de peso na primeira infância e o início da maturidade como sendo indutores de respostas preditivas a curto e longo prazo (RAVELLI, STEIN ET AL., et al., 1976; PHIPPS, BARKER ET AL., et al., 1993; SAWAYA, DALLAL ET AL., et al., 1995; OZANNE, et al., 2001; LUCAS, et al., 2005; MAJCHER, PYRZAK ET AL., et al., 2010). A condição de baixo peso ao nascer (BPN: $\leq 2.500\text{g}$) pode resultar de uma gestação mais curta e/ou retardo do crescimento intrauterino, como também de insultos que ocorram no período gestacional como: aumento de glicocorticoides, desnutrição, etilismo, tabagismo e infecções maternas (LUCAS, et al., 2005).

Portanto, alterações do peso ao nascer e do ganho de peso na primeira infância podem ser caracterizados como preditores importantes no aparecimento de distúrbios durante o crescimento e desenvolvimento (CHOMTHO, WELLS ET AL., et al., 2008; MAJCHER, PYRZAK ET AL., et al., 2010; RUCKINGER, BEYERLEIN ET AL., et al., 2010). Relativamente, a maturidade adiantada (idade da menarca e pico de velocidade em altura) e o índice de massa corporal (IMC) na infância estão associados com o risco de aparecimento precoce de doenças cardiovasculares e cânceres do sistema reprodutivo (BARKER, OSMOND ET AL., et al., 2005; KAJANTIE, OSMOND ET AL., et al., 2005; GOLUB, COLLMAN ET AL., et al., 2008).

Esta relação entre as características do fenótipo e o ambiente no início da vida é chamado de “origem desenvolvimentista da saúde e da doença (DOHaD)” (BATESON, BARKER ET AL., et al., 2004). No modelo proposto, se introduz a ideia de uma plasticidade relacionada ao desenvolvimento (*developmental plasticity*) em períodos de acentuada proliferação e diferenciação celular. A “plasticidade do desenvolvimento”, no sentido mais restrito, é um componente da “plasticidade fenotípica” (GLUCKMAN, HANSON ET AL., et al., 2009). A plasticidade fenotípica por sua vez reflete a capacidade de um único genótipo em produzir mais de uma forma alternativa de estrutura, estado fisiológico ou comportamental em resposta às condições ambientais (BATESON, BARKER ET AL., et al., 2004; GLUCKMAN E HANSON, et al., 2004; WEST-EBERHARD, et al., 2005; GLUCKMAN E HANSON, et al., 2007).

Neste cenário, também tem sido demonstrado que a aptidão física e o desempenho neuromotor de crianças, podem ser influenciados pela condição ao nascer (GOYEN E LUI, et al., 2002; KRIEMLER, KELLER ET AL., et al., 2005; ROGERS, FAY ET AL., et al., 2005; DATAR E JACKNOWITZ, et al., 2009; MOURA-DOS-SANTOS, WELLINGTON-BARROS ET AL., et al., 2012). Por exemplo, um estudo realizado com crianças nascidas com muito baixo peso ao nascer (MBPN), revelou níveis inferiores na aptidão cardiorrespiratória e força muscular (BURNS, DANKS ET AL., et al., 2009). Rogers et al. (2005), ao avaliar em 53 crianças com peso < 800g e

gestação < 29 semanas, verificaram que, aos 17 anos, elas tinham capacidade aeróbia, resistência, força, flexibilidade e coordenação mais baixas quando comparadas com crianças de grupo controle (>2500g) (ROGERS, FAY ET AL., et al., 2005). Em relação ao desempenho neuromotor, foi verificado que crianças entre os 12 e 20 meses de idade, nascidas com baixo peso, apresentaram déficits no desenvolvimento neuromotor (MELLO, SILVA ET AL., et al., 2009; VAN BATENBURG-EDDES, DE GROOT ET AL., et al., 2010). Em outro estudo com crianças dos 4 aos 6 anos de idade, foi observado um menor desempenho em testes neuromotores, principalmente nos itens relacionados à coordenação motora (BENEFICE, FOUERE ET AL., et al., 1999).

Deste modo, este estudo foi norteado pela seguinte pergunta condutora: pode o peso ao nascer influenciar o crescimento físico, a composição corporal, o desempenho neuromotor, a aptidão física e o nível de atividade física diário de crianças ?. Na busca de um entendimento desta questão, este estudo tem três propósitos fundamentais: (1) Analisar os indicadores de crescimento físico, composição corporal, nível de atividade física diário e a aptidão física em crianças pertencentes a distintos grupos de peso ao nascer; (2) Verificar as associações entre o peso ao nascimento e a influência do efeito cumulativo do tamanho do corpo atingido e da composição corporal sobre aptidão física de crianças pertencentes a grupos distintos de peso ao nascer; (3) Analisar as variáveis da aptidão física e coordenação motora em crianças, ao longo da variação cumulativa em gramas de peso ao nascer.

A pesquisa foi realizada em Vitoria de Santo Antão, uma cidade tradicional e economicamente pobre, localizada na Zona da Mata do Estado de Pernambuco, região Nordeste do Brasil. Foram orientadores deste estudo a Prof^a. Dra. Carol Virgínia Góis Leandro e o Prof. Dr. Pedro Israel Cabral de Lira. Parte do trabalho foi realizado em colaboração com o Laboratório de Cineantropometria e Estatística Aplicada da Faculdade de

Desporto da Universidade do Porto (FADE-UP), Porto - Portugal, tendo como orientador o Profº. Catedrático José Antônio Ribeiro Maia.

Esta pesquisa gerou 03 artigos científicos. O primeiro artigo intitulado: “*Crescimento, desenvolvimento e aptidão física: uma revisão sistemática sobre a influência do baixo peso ao nascer*”, foi enviado para publicação como artigo de revisão para a Revista da Brasileira de Saúde Materno Infantil. Esta revista é classificada com Qualis B2 no comitê de Nutrição da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Neste estudo, que será utilizado como parte da revisão de literatura para a tese, foi apresentada uma revisão sistemática sobre a relação entre os fatores que determinam o crescimento, o desenvolvimento e a aptidão física de crianças e adolescentes nascidos com baixo peso. Embora o crescimento e o desenvolvimento sigam padrões normativos bem estabelecidos, tem sido relatado que a plasticidade fenotípica nas diferentes fases do crescimento e desenvolvimento de crianças e adolescentes nascidos com baixo peso, pode atuar como um mediador na aquisição destes padrões.

Os demais artigos serão apresentados como resultados da pesquisa e estarão dispostos em suas versões originais. O segundo artigo, com o título: “*Permanent Deficits in Handgrip Strength and Running Speed Performance in Low Birth Weight Children*”, foi publicado como artigo original na revista: American Journal of Human Biology v. 24, 2012. O periódico possui Qualis B1 no comitê de Nutrição da CAPES. Em síntese, neste artigo verificou-se que o peso ao nascer não poder ser considerado isoladamente, um determinante biológico do crescimento físico, composição corporal e alguns componentes da aptidão física. No entanto, o baixo peso ao nascer é um preditor para um baixo desempenho em testes de força muscular e velocidade de corrida durante a infância.

O terceiro artigo sob o título: “*Associations among birth weight, body composition, physical fitness and motor coordination in children between 7 to 10 y old*” será submetido

para publicação como artigo original na revista: The American Journal of Clinical Nutrition. O periódico possui Qualis A1 no comitê de Nutrição da CAPES. Neste estudo foi observada uma associação entre o peso ao nascer e a força de preensão, a velocidade de corrida e a capacidade aeróbia em crianças. No entanto, não foi verificada associação com o desempenho neuromotor. Em conclusão, o peso pode ser considerado um preditor da força de preensão, velocidade de corrida e da aptidão aeróbia, mesmo após um controle para a idade cronológica, estatura e % gordura.

Ainda fizeram parte da composição desta tese mais dois artigos que foram publicados. Um na Revista de Nutrição intitulado: *Pode o peso ao nascer influenciar o estado nutricional, os níveis de atividade física e a aptidão física relacionada à saúde de crianças e jovens?* Rev. Nutr., Campinas, 24(5): 777-784, set./out., 2011. João Wellington Oliveira BARROS, Marcellus Brito de ALMEIDA, Marcos André Moura dos SANTOS, Paulo Roberto de SANTANA, Florisbela de Arruda Câmara e Siqueira CAMPOS, Carol Virgínia Góis LEANDRO. Outro na Revista Neurobiologia intitulado: *Pode o nível de atividade física atenuar os efeitos do baixo peso ao nascer sobre o desenvolvimento neuromotor de crianças?* Rev. NEUROBIOLOGIA, 74 (2) abr./jun., 2011. Marcellus Brito de Almeida; Marcos André Moura dos Santos; João Wellington Barros; David Filipe de Santana; Samanta Siqueira de Almeida; Maria Malta Teixeira; Monique Assis de Vasconcelos Barros; Iberê Caldas Souza Leão; Carol Góis Leandro. Estes artigos originaram-se de duas dissertações de Mestrado que abordaram aspectos do quadro conceitual da programação fetal e da sua relevância interpretativa na insuficiência da aptidão física e no desempenho motor e coordenativo em crianças (Anexo A e B).

1.1 Estrutura da TESE

Esta tese esta estruturada em cinco capítulos. O primeiro compreende a introdução do estudo que se centra na fundamentação teórica e justificativa do estudo e apresenta ainda questões fundamentais e os objetivos do estudo. O segundo capítulo é composto pelo artigo de revisão que procura sumarizar o essencial sobre o baixo peso ao nascer e a sua relação com o crescimento, desenvolvimento e aptidão física de crianças. O terceiro capítulo refere-se à metodologia empregada no presente estudo. O quarto capítulo congrega os dois estudos originais, apresentados sobre a forma de artigos, em concordância com as normas das revistas para onde foram submetidos, dois estudos que procuram responder aos principais objetivos desta Tese. Por fim, o quinto capítulo que apresenta as principais conclusões do estudo, salientando as suas implicações, bem como os desafios e as perspectivas. As referências são apresentadas ao final de cada capítulo. A tabela 1 apresenta sumariamente a estrutura da tese.

Tabela 1. Estudos que compõem os capítulos da TESE e seus principais objetivos

<i>Capítulo 1</i>	Apresenta a introdução geral, a pertinência do estudo e as questões fundamentais acerca dos objetivos da pesquisa.
<i>Capítulo 2</i>	Faz referência a Revisão da Literatura Artigo de Revisão: Baixo peso ao nascer, crescimento, desenvolvimento e aptidão física: uma revisão sistemática. <i>Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil</i>
<i>Capítulo 3</i>	Apresenta a Metodologia empregada no estudo
<i>Capítulo 4</i>	Apresentação dos Resultados Artigo Original 1 - Permanent Deficits in Handgrip Strength and Running Speed Performance in Low Birth Weight Children. <i>American Journal of Human Biology</i> Artigo Original 2 - Associations among birth weight, body composition, motor performance and gross motor coordination in children aged 7 to 10 years old. <i>The American Journal of Clinical Nutrition</i>
<i>Capítulo 5</i>	Conclusões e perspectivas
	Anexos

REFERÊNCIAS

- BARKER, D. J. The origins of the developmental origins theory. **J Intern Med**, v. 261, n. 5, p. 412-7, May 2007.
- BARKER, D. J. et al. Trajectories of growth among children who have coronary events as adults. **N Engl J Med**, v. 353, n. 17, p. 1802-9, Oct 27 2005.
- BATESON, P. et al. Developmental plasticity and human health. **Nature**, v. 430, n. 6998, p. 419-21, Jul 22 2004.
- BENEFICE, E.; FOUERE, T.; MALINA, R. M. Early nutritional history and motor performance of Senegalese children, 4-6 years of age. **Ann Hum Biol**, v. 26, n. 5, p. 443-55, Sep-Oct 1999.
- BURNS, Y. R. et al. Motor coordination difficulties and physical fitness of extremely-low-birthweight children. **Dev Med Child Neurol**, v. 51, n. 2, p. 136-42, Feb 2009.
- CHOMTHO, S. et al. Infant growth and later body composition: evidence from the 4-component model. **Am J Clin Nutr**, v. 87, n. 6, p. 1776-84, Jun 2008.
- DATAR, A.; JACKNOWITZ, A. Birth weight effects on children's mental, motor, and physical development: evidence from twins data. **Matern Child Health J**, v. 13, n. 6, p. 780-94, Nov 2009.
- GLUCKMAN, P. D.; HANSON, M. A. Living with the past: evolution, development, and patterns of disease. **Science**, v. 305, n. 5691, p. 1733-6, Sep 17 2004.
- GLUCKMAN, P. D.; HANSON, M. A. Developmental plasticity and human disease: research directions. **J Intern Med**, v. 261, n. 5, p. 461-71, May 2007.
- GLUCKMAN, P. D. et al. Towards a new developmental synthesis: adaptive developmental plasticity and human disease. **Lancet**, v. 373, n. 9675, p. 1654-7, May 9 2009.
- GOLUB, M. S. et al. Public health implications of altered puberty timing. **Pediatrics**, v. 121 Suppl 3, p. S218-30, Feb 2008.
- GOYEN, T. A.; LUI, K. Longitudinal motor development of "apparently normal" high-risk infants at 18 months, 3 and 5 years. **Early Hum Dev**, v. 70, n. 1-2, p. 103-15, Dec 2002.
- HARDING, J. E. The nutritional basis of the fetal origins of adult disease. **Int J Epidemiol**, v. 30, n. 1, p. 15-23, Feb 2001.
- KAJANTIE, E. et al. Size at birth as a predictor of mortality in adulthood: a follow-up of 350 000 person-years. **Int J Epidemiol**, v. 34, n. 3, p. 655-63, Jun 2005.
- KRIEMLER, S. et al. Aerobic and lung performance in premature children with and without chronic lung disease of prematurity. **Clin J Sport Med**, v. 15, n. 5, p. 349-55, Sep 2005.
- SANTOS, M.A.S. Tese de Doutorado. UFPE, 2012

LUCAS, A. Long-term programming effects of early nutrition -- implications for the preterm infant. **J Perinatol**, v. 25 Suppl 2, p. S2-6, May 2005.

MAJCHER, A. et al. [Low birth weight--additional important factor of diagnosis in children with short stature]. **Pediatr Endocrinol Diabetes Metab**, v. 16, n. 3, p. 148-52, 2010.

MALINA, R. M. et al. Secular change in height, sitting height and leg length in rural Oaxaca, southern Mexico: 1968-2000. **Ann Hum Biol**, v. 31, n. 6, p. 615-33, Nov-Dec 2004.

MELLO, R. R. et al. Predictive factors for neuromotor abnormalities at the corrected age of 12 months in very low birth weight premature infants. **Arq Neuropsiquiatr**, v. 67, n. 2A, p. 235-41, Jun 2009.

MOURA-DOS-SANTOS, M. et al. Permanent deficits in handgrip strength and running speed performance in low birth weight children. **Am J Hum Biol**, Nov 7 2012.

OZANNE, S. E. Metabolic programming in animals. **Br Med Bull**, v. 60, p. 143-52, 2001.

PHIPPS, K. et al. Fetal growth and impaired glucose tolerance in men and women. **Diabetologia**, v. 36, n. 3, p. 225-8, Mar 1993.

RAVELLI, G. P.; STEIN, Z. A.; SUSSER, M. W. Obesity in young men after famine exposure in utero and early infancy. **N Engl J Med**, v. 295, n. 7, p. 349-53, Aug 12 1976.

ROGERS, M. et al. Aerobic capacity, strength, flexibility, and activity level in unimpaired extremely low birth weight (≤ 800 g) survivors at 17 years of age compared with term-born control subjects. **Pediatrics**, v. 116, n. 1, p. e58-65, Jul 2005.

ROGOL, A. D.; CLARK, P. A.; ROEMMICH, J. N. Growth and pubertal development in children and adolescents: effects of diet and physical activity. **Am J Clin Nutr**, v. 72, n. 2 Suppl, p. 521S-8S, Aug 2000.

RUCKINGER, S. et al. Growth in utero and body mass index at age 5 years in children of smoking and non-smoking mothers. **Early Hum Dev**, v. 86, n. 12, p. 773-7, Dec 2010.

SAWAYA, A. L. et al. Obesity and malnutrition in a Shantytown population in the city of Sao Paulo, Brazil. **Obes Res**, v. 3 Suppl 2, p. 107s-115s, Sep 1995.

VAN BATENBURG-EDDES, T. et al. Fetal programming of infant neuromotor development: the generation R study. **Pediatr Res**, v. 67, n. 2, p. 132-7, Feb 2010.

WEST-EBERHARD, M. J. Developmental plasticity and the origin of species differences. **Proc Natl Acad Sci U S A**, v. 102 Suppl 1, p. 6543-9, May 3 2005.

REVISÃO DA LITERATURA

REVISÃO DA LITERATURA

Título: Crescimento, desenvolvimento e aptidão física: uma revisão sistemática sobre a influência do baixo peso ao nascer

Title: Growth, development and physical fitness: a systematic review about the influence of the low birth weight

Autores:

Marcos André Moura dos Santos¹, Carol Góis Leandro²

¹Departamento de Nutrição - Universidade Federal de Pernambuco, UFPE – Brasil.

²Núcleo de Educação Física e Ciências do Esporte, Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, CAV, Recife – Pernambuco - Brasil.

Endereço para correspondência:

Carol Góis Leandro

Núcleo de Educação Física e Ciências do Esporte. Centro Acadêmico de Vitória – CAV -
Universidade Federal de Pernambuco

Rua Alto do Reservatório, s/n

Vitória de Santo Antão, PE

Fone: (81) 21268463

Fax: (81) 21268473

Email: carolleandro22@gmail.com

SANTOS, M.A.S. Tese de Doutorado. UFPE, 2012

RESUMO

Objetivo: O propósito deste estudo foi revisar sistematicamente os estudos que consideram a influência do baixo peso ao nascer nas fases de crescimento, desenvolvimento e a aptidão física de crianças e adolescentes. **Métodos:** Foi realizada uma revisão sistemática da literatura nas bases de dados *Scopus*, *Science Direct*, *Scielo* e *Pubmed*. Os descritores utilizados foram: “*infant low birth weight*”, “*body composition*”, “*fetal programming*”, “*developmental plasticity*”, “*growth & development*”, “*physical fitness*”, e “*physical exercise*”. No total, 15 estudos foram incluídos. O espectro amostral foi composto exclusivamente por crianças e adolescentes (4,8 a 18 anos de idade). **Resultados:** Os resultados dos estudos apontam que crianças nascidas com peso abaixo de 2500g apresentam algum déficit em relação às variáveis de crescimento físico e composição corporal e um menor desempenho nos testes de força muscular e velocidade de corrida. **Conclusão:** Embora o crescimento e o desenvolvimento sigam padrões normativos bem estabelecidos, o peso ao nascer é um importante fator a ser considerado nas diferentes fases do crescimento e desenvolvimento e na aptidão física de crianças e adolescentes podendo atuar como um indutor de plasticidade fenotípica.

Palavras-chave: Plasticidade durante o desenvolvimento. Plasticidade fenotípica. Crianças. Adolescentes. Desempenho motor.

ABSTRACT

Objectives: The propose of this study was to review systematically the studies that consider the influence of low birth weight in the phases of growth and development, and physical fitness. **Methods:** A systematic review of the literature was performed in the data basis; *Scopus*, *Science Direct*, *Scielo* e *Pubmed*. It was used the following key words: “*infant low birth weight*”, “*body composition*”, “*fetal programming*”, “*developmental plasticity*”, “*growth & development*”, “*physical fitness*”, and “*physical exercise*”. In a total, 15 studies were included. The spectrum of the sample was composed by children and adolescents (between 4.8 to 18 years old). **Results:** Our results showed that low birth weight children (below to 2500 g) present deficit during growth and body composition, as well as in the performance of force and speed tests. **Conclusions:** Although growth and development follow up normal well-established pattern, birth weight can be considered important factor acting during the phases of growth and development and physical fitness of children and adolescents. Birth weight can also act as an inducer of phenotype plasticity.

Key words: Developmental plasticity. Phenotype Plasticity. Children. Adolescents. Motor Performance.

INTRODUÇÃO

O estudo do crescimento e desenvolvimento de crianças, usualmente entendido como a expressão visível de alterações mensuráveis no tamanho do corpo, na sua forma tipificada, na sua composição, e nos diversos modos de expressar as modificações nas proporções corporais, é provavelmente um dos melhores indicadores globais das circunstâncias em que se encontra o estado de saúde e nutrição.^{1, 2} Deste modo, o intervalo entre a concepção e a maturidade é marcado por alterações nas funções e estruturas do organismo que estão relacionadas ao crescimento e desenvolvimento.³ O crescimento pós-natal pode ser compreendido em fases, e o intervalo entre o nascimento e a idade adulta é geralmente dividido em uma sequência de eventos que, embora seja governada essencialmente por fatores genéticos, parece também responder aos estímulos ambientais, ocorridos precocemente.⁴

Ao longo dos últimos vinte anos, estudos epidemiológicos, clínicos e experimentais têm focado sobre o possível papel que os eventos iniciais da vida têm sobre o padrão normal de crescimento e o aparecimento de doenças, destacando fatores como o peso ao nascer e o início da maturidade como indutores de respostas preditivas a curto e longo prazo.^{5, 6, 7, 8, 9, 10} Por exemplo, a maturidade adiantada (idade da menarca e pico de velocidade em altura) e o índice de massa corporal (IMC) na infância estão associados com o risco de aparecimento precoce de doenças cardiovasculares e cânceres do sistema reprodutivo.¹¹⁻¹³ As respostas preditivas que estão associadas ao baixo peso ao nascer (BPN, ≤ 2.500 g) incluem o aumento da gordura corporal ainda na infância e o aparecimento de doenças metabólicas na vida adulta.¹¹

Neste cenário, também tem sido demonstrado que a aptidão física pode ser influenciada pelo BPN.¹⁴⁻¹⁶ A aptidão física é definida como o conjunto de atributos fisiológicos que o indivíduo apresenta para desempenhar atividades diárias sem fadiga excessiva.¹⁷ A aptidão física está diretamente associada com a atividade física regular e seus benefícios têm sido observados principalmente em indivíduos com um estilo de vida mais ativo. Por exemplo, em adolescentes (ambos os gêneros) foi demonstrado que uma maior aptidão cardiorrespiratória pode ser interpretada como um indicador de saúde cardiovascular.

18

A relação entre o fenótipo do adulto e o ambiente no início da vida é chamado de “origem desenvolvimentista da saúde e da doença (DOHaD)”.¹⁹ No modelo proposto, se introduz a ideia de uma plasticidade relacionada ao desenvolvimento (*developmental plasticity*) em períodos de acentuada proliferação e diferenciação celular. A “plasticidade do desenvolvimento”, no sentido mais restrito, é um componente da “plasticidade fenotípica”.²⁰ A plasticidade fenotípica por sua vez reflete a capacidade de um único genótipo em produzir mais de uma forma alternativa de estrutura, estados fisiológicos ou comportamentais em resposta às condições ambientais.^{19, 21}

Assim, este estudo tem por objetivo, analisar sistematicamente os estudos que consideram a influência do baixo peso ao nascer nas fases de crescimento, desenvolvimento e na aptidão física de crianças e adolescentes.

MÉTODOS

Para referenciar a informação mais relevante foi realizada uma busca nas bases de dados eletrônica PUBMED (via *National Library of Medicine*), SCOPUS, SCIENCE DIRECT e SCIELO. A seleção dos descritores utilizados na revisão foi feita mediante consulta aos descritores de assuntos em ciências da saúde da BIREME (DECs), usando SANTOS, M.A.S. Tese de Doutorado. UFPE, 2012

termos em português e seus correlatos em inglês. Nas buscas foram considerados os seguintes descritores: “*infant low birth weight*”, “*body composition*”, “*developmental plasticity*”, “*growth & development*”, “*physical fitness*” “*physical activity*”. Recorreu-se à lógica booleana para realizar a combinação dos descritores e termos utilizados para a localização das publicações.

Foram incluídos na revisão, os artigos que atendiam aos seguintes critérios: (i) artigos originais que tenham como tema o baixo peso ao nascer relacionado ao crescimento físico, composição corporal e/ou variáveis da aptidão física; (ii) publicações de 2000 até outubro 2012; (iii) na amostra incluir apenas crianças e adolescentes; (iv) analisar o baixo peso ao nascer ao longo de suas diferentes classificações (baixo peso nascer (BPN): ≤ 2.500 g; muito baixo peso ao nascer (MBPN) ≤ 1.500 g e extremo baixo peso ao nascer (EBPN) ≤ 1.000 g). Este período temporal foi estabelecido para verificar aspectos mais recentes sobre as questões propostas. Foram incluídos estudos fora deste período temporal para dar subsídios teóricos às discussões sobre o tema proposto. A análise dos estudos envolveu leitura de títulos, resumos e textos completos (Figura 1).

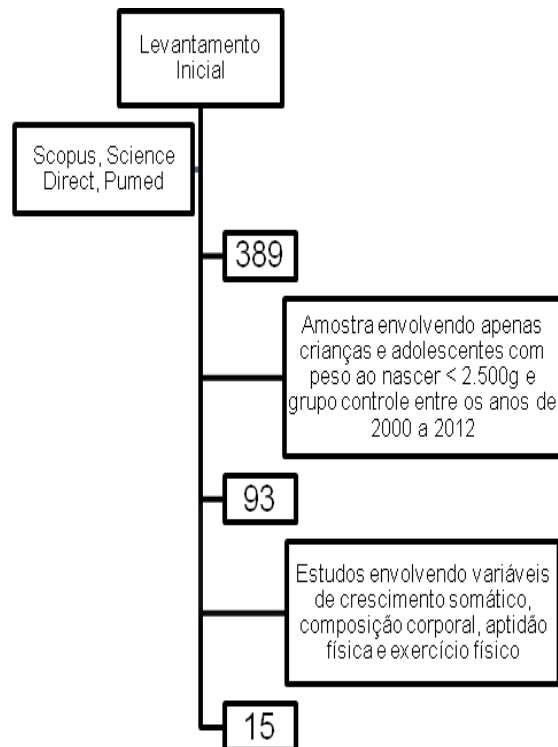


Figura -1 Fluxograma da estratégia de busca e dos estudos incluídos na revisão

Mediante o cruzamento dos descritores foram encontrados 389 artigos. A seleção inicial foi realizada por meio da leitura dos títulos, e posterior leitura do resumo. Nesta etapa, foram escolhidos 93 artigos que poderiam atender aos critérios de inclusão. Após a avaliação dos resumos, os artigos que preenchiam todos os critérios foram lidos na íntegra. Nesta segunda etapa, apenas 15 estudos preencheram os critérios de inclusão estabelecidos. Oito estudos ^{22, 5, 23, 24, 25, 26, 15, 27} investigaram a associação entre o peso ao nascer e as variáveis de crescimento físico e composição corporal.

Seis estudos ^{14, 28, 29, 30, 31, 32} examinaram a associação entre as variáveis da aptidão física e o peso ao nascer. Um estudo foi utilizado tanto nas análises sobre o crescimento e composição corporal, como também em relação às variáveis da aptidão física. ¹⁵

RESULTADOS

O espectro amostral foi composto por crianças e adolescentes, dos dois gêneros, cuja dimensão encontra-se compreendida entre 116 e 2.250³³, e a faixa etária entre 7 e 19 anos (Tabela 1). Com relação ao peso de nascimento, os estudos (n=9; 100%) se concentraram na análise em diferentes pontos de corte do peso ao nascer: (BPN: ≤ 2.500 g; MBPN: ≤ 1.500 g e EBPN: ≤ 1.000 g). A determinação da composição corporal por medidas de adiposidade foi a mais frequente (n=6; 66,6%), seguida do método de absorimetria de raios-X (n=3; 33,3%).

Os estudos comparativos entre BPN e PN (n=3; 33,3%) não foram os mais frequentes, contudo, as análises de correlação e regressão representaram a maioria dos estudos selecionados (n=6; 66,6%). O peso ao nascer foi correlacionado negativamente com as dobras de adiposidade, razão entre as dobras centrais e periféricas e o IMC (n=4; 44%) e foi associado positivamente com massa óssea e massa livre de gordura, IMC (n=3; 33,3%) e não foi associado com o percentual de gordura e a gordura do tronco (n=2; 22,2%).

Tabela 1- Estudos utilizados para analisar as relações entre crescimento somático e a composição corporal em crianças nascidas com peso inferior a 2.500g, publicados no período: 2000 a 2012: Autor, ano, objetivos, amostra, métodos e resultados essenciais.

Autor, Ano	Objetivos	Amostra	Métodos	Resultados principais
Okosun, I. S., et al., (2000)	Determinar a associação entre o peso ao nascer e adiposidade central e subcutânea.	5 a 11 anos Branços (n: 759) Negros (n: 916) Hispanicos (n: 813)	Medidas antropométricas (peso, estatura e IMC) e adiposidade (SE); adiposidade central-periférica (SE+SI)/(TR+CX)	Peso ao nascer foi associado negativamente com a adiposidade central e as dobras cutâneas.
Walker, S. P., et al., (2002)	Determinar os efeitos do baixo peso ao nascer e baixa estatura (<i>stunting</i>), sobre o índice de massa corporal (IMC), distribuição e gordura corporal.	7 a 11 anos (n=116)	Medidas antropométricas (peso, estatura e IMC) e dobras de adiposidade (SE e TR)	O baixo peso ao nascer foi negativamente associado com a distribuição de gordura e positivamente relacionado com o IMC e sem correlação com as dobras de adiposidade.
Labayen, I., et al. (2006)	Avaliar o efeito do peso ao nascer sobre a composição corporal e distribuição de gordura em um grupo de adolescentes espanhóis.	13 a 18 anos (n=140♀; n=94♂)	Dobras de adiposidade (SE e TR) e absorptometria de raios-X	O peso ao nascer foi inversamente associado com a distribuição de gordura nos meninos e diretamente associado com a massa óssea e massa livre de gordura entre as meninas.
Chomtho, S., et al., (2008)	Investigar a associação entre o peso ao nascer e massa gorda (MG), massa livre de gordura (MLG), e distribuição de gordura tardia	11,7±4,3 anos (n=391♂♀)	Dobras de adiposidade (SE e TR) e absorptometria de raios-X	O peso ao nascer foi associado positivamente com a estatura em ambos os sexos e positivamente associado com massa livre de gordura nos meninos. Não houve associação com o percentual de gordura.
Gianni, M. L., et al., (2008)	Analisar a distribuição de gordura corporal em crianças nascidas a termo nascidas com PNN.	4,8 a 6,6 anos (n=45♂♀)	Medidas antropométricas (peso, estatura e IMC) e absorptometria de raios-X	Nascidos pré-termo apresentam menor gordura corporal, gordura central e IMC.
Majcher, A., et al. (2010)	Avaliação da frequência de baixo peso ao nascerem crianças com baixa estatura e a avaliação de parâmetros antropométricos em crianças com baixo peso e peso normal ao nascer.	9 anos (n=456♂; n=346♀)	Medidas antropométricas (peso, estatura e IMC)	A frequência de BPN foi de 17, % em todo o grupo analisado. Crianças nascidas a termo e com BPN foi de 5,3%. Crianças BPN apresentaram maior deficiência em estatura e menor valor do IMC.
Lima C.M. et. al., (2011)	Avaliar a influência do baixo peso em recém-nascidos a termo, sobre a composição corporal na idade escolar.	8 anos (n=213)	Composição corporal (dobras de TR e SE) e antropometria (medida perímetro do braço).	As dobras do tríceps e subescapular, e a circunferência do braço, área muscular e de gordura do braço, foram menores em crianças nascidas a termo e com baixo peso. Sem ≠ significativas.
Labayen, I., et al., (2012)	Examinar se o peso ao nascer (PNN) prevê mudanças na composição corporal ao longo de um período de 6 anos em crianças suéas e adolescentes.	Crianças e Adolescentes 12,5 a 17,4 (n=409♀)	Medidas antropométricas (peso, estatura, IMC, circunferência da cintura), Dobras de adiposidade (BIC, SE, TR, SI, PM).	O baixo peso ao nascer foi inversamente relacionado com a mudança no IMC e soma das cinco dobras de adiposidade. Não houve correlação significativa entre o peso nascimento e o ganho de adiposidade na adolescência.
Moura-Dos-Santos et al., (2012)	Verificar a influência BPN sobre o crescimento físico, e aptidão física após ajustadas para covariáveis.	7 a 10 anos (n=356♀♂)	Medidas antropométricas (peso, estatura e IMC) e Dobras de adiposidade (SE e TR)	As diferenças em relação à composição corporal desapareceram após ajustados por covariáveis.

BPN: baixo peso ao nascer; PNN: peso normal ao nascer; AF: atividade física; EBPN: extremo peso ao nascer; MDA: medida de diâmetro abdominal; MLG: massa livre de gordura; MG: massa gorda; ♂: Masculino; ♀: Feminino. ≠ diferenças; SE: subescapular; TR: tríceps; SI: suprailíaca; CX: coxa; BIC: bíceps; PM: perna média; IMC: índice de massa corporal.

No que se refere à associação entre variáveis da aptidão física e o peso ao nascer (Tabela 2), a dimensão amostral variou de 84¹⁴ a 1.801³⁰ crianças e adolescentes, de ambos os sexos, com idades compreendidas entre 7 e 18,5 anos. Nestes estudos, as análises consideraram diferentes pontos de corte para o peso ao nascer. Destaca-se entre os objetivos, a explicação das associações relacionadas ao peso ao nascer e a variação da aptidão física.

A avaliação da força de preensão (n=4; 51,1%) e capacidade aeróbia (n=5; 71,4%) foram as variáveis mais utilizadas. Contudo, ainda foram mensuradas: força de membros inferiores, flexibilidade, agilidade, gasto energético por acelerometria (n=4; 57,1%) e a capacidade respiratória (espirometria; n=14,2%). Foram encontradas diferenças em relação à força de preensão, capacidade aeróbia, força de membros inferiores, flexibilidade e capacidade respiratória entre os grupos MBPN e BPN comparativamente aos seus pares PN (n=3; 42,8%). O peso ao nascer associou-se positivamente com a força de preensão (n=2; 28,5%) e não apresentou associação com o gasto energético e aptidão aeróbia (n=2; 28,5%).

Esta variação percentual decorre do fato de um estudo ter usado um ou mais testes envolvidos na avaliação das variáveis de crescimento, composição corporal e aptidão física. Nenhum estudo considerou a plasticidade fenotípica associada às diferentes trajetórias de crescimento e desenvolvimento.

Tabela 2- Estudos utilizados para analisar as relações entre o peso ao nascer e a aptidão física de crianças nascidas com peso inferior a 2.500g, publicados no período: 2000 a 2012: Autor, ano, objetivos, amostra, métodos e resultados essenciais.

Autor,Ano	Objetivos	Amostra	Métodos	Resultados essenciais
Rogers, M., et al., (2005)	Comparar a capacidade aeróbia, força, flexibilidade e nível de atividade física de adolescentes EBPB e controles nascidos a termo.	17,3 a 17,8 anos PN (n=31) e EBPN (n=53)	Medidas da Capacidade aeróbia, força muscular (força de preensão e salto vertical), resistência abdominal, flexibilidade e nível de atividade física.	EBPN ↓ capacidade aeróbia, força de preensão, força de membros inferiores, flexibilidade e nível de atividade física.
Ortega, F. B., et al., (2008)	Analisar se força de preensão manual ou a aptidão cardiovascular modificam as associações entre peso ao nascer e a composição corporal.	13 a 18,5 anos (n= 798 ♂ n=942 ♀)	Circunferência da cintura, % Gordura, MG, MLG, Capacidade aeróbia (shuttle run test) e força de preensão.	O peso ao nascer foi associado com MLG em meninas com ↑ capacidade aeróbia. O peso ao nascer foi positivamente associado com adiposidade total e central com ↓ força de preensão.
Smith, L. J., et al., (2008)	Analisar a função pulmonar aos 10 anos de idade e os resultados da aptidão aeróbia em crianças EBPB e antes de 32 semanas de gestação.	10 anos (n=126)	Espirometria para avaliação da função pulmonar (volume pulmonares e trocas gasosas) e aptidão física (caminhada 6 minutos e shuttle run test).	O EBPB apresentaram valores significativamente mais baixos para todos os parâmetros espirométricos comparados com o grupo de controle. A capacidade de exercício do grupo pré-termo foi de aproximadamente metade do grupo de controle. Não houve diferença significativa na distância percorrida no teste da caminhada de 6 minutos.
Ortega, F. B., et al., (2009)	Analisar se o peso ao nascer está associado à força de preensão manual e aptidão cardiovascular na adolescência e, em caso afirmativo, como essas associações são influenciadas pela composição corporal atual.	13 a 18,5 anos (n= 818 ♂ n=983 ♀)	Capacidade aeróbia (shuttle run test) e força de preensão. Medidas antropométricas (peso, estatura e IMC) e composição corporal	O peso ao nascer foi associado com a força de preensão em mulheres após o controle por covariáveis. As associações foram fracas a moderada entre os homens. As diferenças não foram significativas após os ajustes para a MLG.
Campbell, C. P., et al., (2010)	Analisar se o tamanho durante a gravidez e o tamanho e peso ao nascer são determinantes do gasto energético na infância.	13,2 anos (n=124 ♂ e n=160 ♀) (n=569 (mães))	Medidas antropométricas (peso, estatura e IMC) e composição corporal (bioimpedância elétrica) e monitor Actical (gasto calórico)	O peso ao nascer não é um determinante do gasto calórico na infância.
Labayen, I., et al., 2012	Examinar se o Nível de atividade física (AF) influencia a associação entre o peso ao nascer e a leptina sérica em adolescentes.	12,5 a 17,4 anos (n=315 ♀ e n= 223 ♂)	Atividade física por acelerometria e níveis de leptina.	O nível de atividade física pode atenuar os efeitos negativos d peso ao nascer sobre os níveis de leptina em adolescentes do sexo feminino.
Moura-Dos-Santos et al., (2012)	Verificar a influência BPN sobre o crescimento físico, e aptidão física após ajustadas para covariáveis.	7 a 10 anos n =356 ♀ ♂	Antropometria (peso, estatura e IMC). Composição corporal (dobras de adiposidade). Medidas da Capacidade aeróbia, força muscular (força de preensão e salto vertical), resistência abdominal, flexibilidade, velocidade e agilidade.	O BPN isoladamente não pode ser considerado um determinante biológico da aptidão física em crianças, mas é um indicador da força muscular e velocidade de execução.

BPB: baixo peso ao nascer; PNB: peso normal ao nascer; AF: atividade física; EBPB: extremo peso ao nascer; ♂: Masculino; ♀: Feminino; NAF: nível de atividade física; ↓: menor; MLG: massa livre de gordura; MG: massa gorda.

DISCUSSÃO

O BPN e o ganho de peso na primeira infância têm sido descritos como importantes preditores do aparecimento de distúrbios durante o crescimento e desenvolvimento.^{5, 34, 35} O BPN pode resultar de uma gestação de curta duração e estímulos ou insultos ambientais (i.e, desnutrição, hormônios, antígenos, drogas ou álcool).⁶ Desde modo, o feto responde ao menor fornecimento de nutrientes, diminuindo a sua demanda anabólica, ao menos em parte, através da redução nas concentrações plasmáticas de insulina e fator de crescimento semelhante à insulina (IGF-1), que são os dois mais bem documentados promotores do crescimento fetal.³⁶ Esta redução no crescimento fetal é claramente necessária para permitir a sobrevivência fetal ao nascimento.³⁶

Os resultados dos estudos analisados que fazem comparações entre crianças e adolescentes nascidos com BPN ($\leq 2.500\text{g}$), demonstram a existência de déficits relacionados ao crescimento somático^{5, 37} e a composição corporal.^{23, 38} Contudo, observa-se uma variação em relação à magnitude dos déficits encontrados, que podem ser devido às diferentes faixas etárias e ao gênero estudado, os instrumentos utilizados na determinação da composição corporal e o valor de ponto de corte do peso ao nascer $< 1800\text{ g}$.²³ e 3.449 g .¹⁵ Outro aspecto importante a considerar é que os estudos não deixam claro se estes déficits são permanentes ou podem ser modificados ao longo das diferentes fases do crescimento.

Contudo, foi verificado em dois dos estudos analisados que as diferenças relacionadas ao crescimento e a composição corporal de crianças nascidas com baixo peso desapareceram quando ajustadas por covariáveis biológicas (gênero, idade atual, altura, peso, massa livre de gordura e massa magra) e ambientais (nível de atividade física, fator socioeconômico). Na verdade, a persistência de efeitos, em sistemas distintos, torna difícil a determinação do (s) mecanismo (s) mais dominantes. Um tema recorrente na fisiologia do desenvolvimento é que,

embora o impacto inicial de um evento desencadeante possa ser relativamente sutil, os seus efeitos poderão ser ampliados ao longo do tempo, mas isso não significa que o evento pré-natal seja o único responsável.³⁹

Neste sentido, embora os processos de crescimento e desenvolvimento estejam sob forte comando genético, há um componente extrínseco referente à variabilidade ambiental (fenótipo). Por exemplo, no caso da estatura, o processo de crescimento humano é complexo e marcado por intensas mudanças, com sua distribuição passando por períodos distintos de desenvolvimento. O entendimento desta complexidade ajudaria a explicar a base poligênica da variabilidade da estatura.⁴⁰ Pelo fato de o crescimento em estatura durante a infância ser canalizado, alguma recuperação também pode ocorrer durante a adolescência tardia.⁴¹

Relativamente aos estudos que analisaram as associações entre o peso ao nascer e a composição corporal, foi verificado a existência de uma relação com a massa livre de gordura, massa óssea e IMC. Em contrapartida, outros estudos foram menos consistentes em relação ao percentual de gordura, massa gorda e distribuição de gordura, demonstrando associações negativas, positivas e a inexistência de associações.^{15, 24, 26, 27, 42} A inconsistência de alguns aspectos relacionados ao peso ao nascer e as alterações no padrão de crescimento e na composição corporal sugere uma abordagem que incorpore o contexto em que o sujeito está envolvido, uma vez que outros fatores, como a aptidão física e um maior nível de atividade física, podem influenciar estas associações.

A maioria dos estudos indica que crianças e adolescentes nascidos com menor peso apresentam um menor nível de aptidão física quando comparados aos seus pares nascidos com peso normal.^{14, 29} No entanto, estas diferenças não foram evidentes em todos os testes da aptidão física. A curto prazo, a plasticidade nas várias fases de crescimento da criança sugere que mecanismos epigenéticos podem definir a extensão da plasticidade adaptativa durante o crescimento, em resposta a estímulos ambientais (intervenção nutricional, atividade física e o

exercício físico).²⁰ De fato, a associação entre o peso de nascimento e o desenvolvimento dos tecidos e órgãos não são as mesmas, e alguns tecidos e sistemas podem ser mais afetados do que outros.⁴ Esta variabilidade ocorrida no início do crescimento tem consequências em longo prazo diminuindo a eficiência dos mecanismos de reparo celular típicos do processo de desenvolvimento.⁴

Deste modo, observou-se, na maioria dos estudos analisados, um déficit permanente relacionado à força de preensão¹⁴ e a velocidade de corrida durante o período da infância e adolescência.¹⁵ Como o número de fibras é definido antes do nascimento, com hiperplasia pouco evidente durante a vida pós-natal^{43, 44}, uma explicação plausível para esta performance muscular reduzida pode estar relacionada a uma capacidade metabólica limitada do músculo esquelético, e aos déficits que incluem o menor tamanho muscular, uma baixa proporção de fibras musculares de contração rápida e um comprometimento nas propriedades biomecânicas do músculo esquelético.^{24, 30, 45}

CONCLUSÃO

Diante dos resultados encontrados, foi possível concluir que o peso ao nascer pode influenciar, de alguma forma as variáveis relacionadas ao crescimento somático e a composição corporal e o nível de aptidão física de crianças e adolescentes. No entanto, não está claro se estes déficits são permanentes ao longo das diferentes fases do crescimento ou podem ser atenuados ou revertidos. Portanto, uma abordagem que analise as variações do crescimento, composição corporal e aptidão física ao longo do tempo (estudos longitudinais) são necessários para preencher essas lacunas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio financeiro da FACEPE, CAPES e CNPq.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

M.A. Moura-dos-Santos, realizou a pesquisa de todos os blocos de conteúdos, a estruturação, a redação e a edição final do manuscrito. C.G. LEANDRO participou da orientação, da estruturação e da edição final do artigo.

REFERÊNCIAS:

1. Malina RM, Katzmarzyk PT, Beunen G. Birth weight and its relationship to size attained and relative fat distribution at 7 to 12 years of age. *Obes Res.* 1996; 4(4): 385-390.
2. Beunen GP, Rogol AD, Malina RM. Indicators of biological maturation and secular changes in biological maturation. *Food Nutr Bull.* 2006; 27(4 Suppl Growth Standard): S244-256.
3. Malina RM, Pena Reyes ME, Tan SK, Buschang PH, Little BB, Koziel S. Secular change in height, sitting height and leg length in rural Oaxaca, southern Mexico: 1968-2000. *Ann Hum Biol.* 2004; 31(6): 615-633.
4. Wells JC, Stock JT. Re-examining heritability: genetics, life history and plasticity. *Trends Endocrinol Metab.* 2011; 22(10): 421-428.
5. Majcher A, Pyrzak B, Bielecka-Jasiocha J, Witkowska-Sedek E. [Low birth weight--additional important factor of diagnosis in children with short stature]. *Pediatr Endocrinol Diabetes Metab.* 2010; 16(3): 148-152.
6. Lucas A. Long-term programming effects of early nutrition -- implications for the preterm infant. *J Perinatol.* 2005; 25 Suppl 2: S2-6.
7. Ozanne SE. Metabolic programming in animals. *Br Med Bull.* 2001; 60: 143-152.

SANTOS,M.A.S. Tese de Doutorado. UFPE,2012

8. Sawaya AL, Dallal G, Solymos G, de Sousa MH, Ventura ML, Roberts SB, et al. Obesity and malnutrition in a Shantytown population in the city of Sao Paulo, Brazil. *Obes Res.* 1995; 3 Suppl 2: 107s-115s.
9. Phipps K, Barker DJ, Hales CN, Fall CH, Osmond C, Clark PM. Fetal growth and impaired glucose tolerance in men and women. *Diabetologia.* 1993; 36(3): 225-228.
10. Ravelli GP, Stein ZA, Susser MW. Obesity in young men after famine exposure in utero and early infancy. *N Engl J Med.* 1976; 295(7): 349-353.
11. Barker DJ, Osmond C, Forsen TJ, Kajantie E, Eriksson JG. Trajectories of growth among children who have coronary events as adults. *N Engl J Med.* 2005; 353(17): 1802-1809.
12. Kajantie E, Osmond C, Barker DJ, Forsen T, Phillips DI, Eriksson JG. Size at birth as a predictor of mortality in adulthood: a follow-up of 350 000 person-years. *Int J Epidemiol.* 2005; 34(3): 655-663.
13. Golub MS, Collman GW, Foster PM, Kimmel CA, Rajpert-De Meyts E, Reiter EO, et al. Public health implications of altered puberty timing. *Pediatrics.* 2008; 121 Suppl 3: S218-230.
14. Rogers M, Fay TB, Whitfield MF, Tomlinson J, Grunau RE. Aerobic capacity, strength, flexibility, and activity level in unimpaired extremely low birth weight (≤ 800 g) survivors at 17 years of age compared with term-born control subjects. *Pediatrics.* 2005; 116(1): e58-65.
15. Moura-Dos-Santos M, Wellington-Barros J, Brito-Almeida M, Manhaes-de-Castro R, Maia J, Gois Leandro C. Permanent deficits in handgrip strength and running speed performance in low birth weight children. *Am J Hum Biol.* 2012: (in press).
16. Kriemler S, Keller H, Saigal S, Bar-Or O. Aerobic and lung performance in premature children with and without chronic lung disease of prematurity. *Clin J Sport Med.* 2005; 15(5): 349-355.
17. Mota J, Guerra S, Leandro C, Pinto A, Ribeiro JC, Duarte JA. Association of maturation, sex, and body fat in cardiorespiratory fitness. *Am J Hum Biol.* 2002; 14(6): 707-712.
18. Ortega FB, Ruiz JR, Castillo MJ, Moreno LA, Gonzalez-Gross M, Warnberg J, et al. [Low level of physical fitness in Spanish adolescents. Relevance for future cardiovascular health (AVENA study)]. *Rev Esp Cardiol.* 2005; 58(8): 898-909.

19. Bateson P, Barker D, Clutton-Brock T, Deb D, D'Udine B, Foley RA, et al. Developmental plasticity and human health. *Nature*. 2004; 430(6998): 419-421.
20. Gluckman PD, Hanson MA, Bateson P, Beedle AS, Law CM, Bhutta ZA, et al. Towards a new developmental synthesis: adaptive developmental plasticity and human disease. *Lancet*. 2009; 373(9675): 1654-1657.
21. Gluckman PD, Hanson MA. Developmental plasticity and human disease: research directions. *J Intern Med*. 2007; 261(5): 461-471.
22. Lima MC, Dantas HF, Amorim RJ, Lira PI. Does fetal growth restriction influence body composition at school age? *J Pediatr (Rio J)*. 2011; 87(1): 29-35.
23. Gianni ML, Mora S, Roggero P, Amato O, Piemontese P, Orsi A, et al. Regional fat distribution in children born preterm evaluated at school age. *J Pediatr Gastroenterol Nutr*. 2008; 46(2): 232-235.
24. Chomtho S, Wells JC, Williams JE, Lucas A, Fewtrell MS. Associations between birth weight and later body composition: evidence from the 4-component model. *Am J Clin Nutr*. 2008; 88(4): 1040-1048.
25. Labayen I, Moreno LA, Blay MG, Blay VA, Mesana MI, Gonzalez-Gross M, et al. Early programming of body composition and fat distribution in adolescents. *J Nutr*. 2006; 136(1): 147-152.
26. Walker SP, Gaskin PS, Powell CA, Bennett FI. The effects of birth weight and postnatal linear growth retardation on body mass index, fatness and fat distribution in mid and late childhood. *Public Health Nutr*. 2002; 5(3): 391-396.
27. Okosun IS, Liao Y, Rotimi CN, Dever GE, Cooper RS. Impact of birth weight on ethnic variations in subcutaneous and central adiposity in American children aged 5-11 years. A study from the Third National Health and Nutrition Examination Survey. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2000; 24(4): 479-484.
28. Ortega FB, Ruiz JR, Labayen I, Redondo C, Breidenassel C, Gomez S, et al. High fitness is associated with a healthier programming of body composition at adolescence. *Am J Hum Biol*. 2008; 20(6): 732-734.

29. Smith LJ, van Asperen PP, McKay KO, Selvadurai H, Fitzgerald DA. Reduced exercise capacity in children born very preterm. *Pediatrics*. 2008; 122(2): e287-293.
30. Ortega FB, Labayen I, Ruiz JR, Martin-Matillas M, Vicente-Rodriguez G, Redondo C, et al. Are muscular and cardiovascular fitness partially programmed at birth? Role of body composition. *J Pediatr*. 2009; 154(1): 61-66 e61.
31. Campbell CP, Barnett AT, Boyne MS, Soares-Wynter S, Osmond C, Fraser RA, et al. Predictors of physical activity energy expenditure in Afro-Caribbean children. *Eur J Clin Nutr*. 2010; 64(10): 1093-1100.
32. Labayen I, Ortega FB, Moreno LA, Gonzalez-Gross M, Jimenez-Pavon D, Martinez-Gomez D, et al. Physical activity attenuates the negative effect of low birth weight on leptin levels in European adolescents; The HELENA study. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 2012.
33. Victora CG, Sibbritt D, Horta BL, Lima RC, Cole T, Wells J. Weight gain in childhood and body composition at 18 years of age in Brazilian males. *Acta Paediatr*. 2007; 96(2): 296-300.
34. Chomtho S, Wells JC, Williams JE, Davies PS, Lucas A, Fewtrell MS. Infant growth and later body composition: evidence from the 4-component model. *Am J Clin Nutr*. 2008; 87(6): 1776-1784.
35. Wells JC, Hallal PC, Wright A, Singhal A, Victora CG. Fetal, infant and childhood growth: relationships with body composition in Brazilian boys aged 9 years. *Int J Obes (Lond)*. 2005; 29(10): 1192-1198.
36. Gluckman PD, Hanson MA, Beedle AS. Early life events and their consequences for later disease: a life history and evolutionary perspective. *Am J Hum Biol*. 2007; 19(1): 1-19.
37. Ruckinger S, Beyerlein A, Jacobsen G, von Kries R, Vik T. Growth in utero and body mass index at age 5 years in children of smoking and non-smoking mothers. *Early human development*. 2010; 86(12): 773-777.
38. Lima MC, Dantas HF, Amorim RJ, Lira PI. Does fetal growth restriction influence body composition at school age? *Jornal de pediatria*. 2011; 87(1): 29-35.
39. Lopes AAT, Tani. G, Maia. JAR. Neuromotor performance, prematurity and low birth weight. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*. 2011; 1(13): 73-81.
SANTOS,M.A.S. Tese de Doutorado. UFPE,2012

40. Petronis A. Epigenetics as a unifying principle in the aetiology of complex traits and diseases. *Nature*. 2010; 465(7299): 721-727.
41. Wells JC. Maternal capital and the metabolic ghetto: An evolutionary perspective on the transgenerational basis of health inequalities. *Am J Hum Biol*. 2010; 22(1): 1-17.
42. Labayen I, Ortega FB, Ruiz JR, Sjostrom M. Birth weight and subsequent adiposity gain in Swedish children and adolescents: a 6-year follow-up study. *Obesity (Silver Spring)*. 2012; 20(2): 376-381.
43. Maltin CA, Delday MI, Sinclair KD, Steven J, Sneddon AA. Impact of manipulations of myogenesis in utero on the performance of adult skeletal muscle. *Reproduction*. 2001; 122(3): 359-374.
44. Malina RM, Katzmarzyk PT, Beunen G. Birth weight and its relationship to size attained and relative fat distribution at 7 to 12 years of age. *Obes Res*. 1996; 4(4): 385-390.
45. Paiva M, Souza TO, Canon F, Perot C, Xavier LC, Ferraz KM, et al. Stunting delays maturation of triceps surae mechanical properties and motor performance in prepubertal children. *Eur J Appl Physiol*. 2012; 112(12): 4053-4061.

OBJETIVOS

3. OBJETIVOS

3.1 Geral

Analisar os indicadores de crescimento físico, composição corporal, nível de atividade física, desempenho neuromotor e a aptidão física de crianças entre 7 e 10 anos de idade que apresentaram ou não baixo peso ao nascer.

3.2 Específicos

- Descrever os indicadores de crescimento físico, composição corporal, nível de atividade física e a aptidão física de crianças pertencentes a distintos grupos de peso ao nascer;

- Examinar os indicadores de crescimento físico, composição corporal, nível de atividade física diário e a aptidão física, após ajustados por covariáveis: idade cronológica, gênero, nível de atividade física, tamanho do corpo atingido (peso, estatura, IMC) e a composição corporal (% de gordura, massa gorda e massa corporal magra) de crianças pertencentes a distintos grupos de peso ao nascimento.

- Analisar a associação entre o peso ao nascer, as variáveis da aptidão física e o desempenho neuromotor, e examinar a influência do tamanho do corpo (peso, estatura, IMC) e da composição corporal (% de gordura, massa gorda e massa corporal magra) na mediação destas relações.

HIPÓTESES

4. HIPÓTESES

- O baixo peso ao nascer pode influenciar o crescimento físico (peso, estatura e IMC), a composição corporal (% de gordura, massa gorda e massa magra) e a aptidão física durante a infância, e um fator ambiental (nível de atividade física) e variáveis biológicas (idade, gênero, tamanho do corpo e a composição corporal) podem condicionar estas relações.

- O peso ao nascer é um preditor da força muscular, velocidade de corrida e capacidade aeróbia durante a infância independente dos efeitos cumulativos do tamanho do corpo e composição corporal e não interfere a coordenação motora.

MÉTODOS

5. MÉTODOS

Local do Estudo

O presente estudo foi realizado na cidade de Vitória de Santo Antão, localizada na zona da Mata Sul do estado de Pernambuco, distante 55 km do Recife (Figura 1). A densidade demográfica é de 352,14 hab/km². O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é de 0.663 e o coeficiente de mortalidade infantil é de 13.1 obtidos por 1000 nascidos vivos (Base de dados do Estado de Pernambuco- BDE, 2010). Na área de educação, a rede Municipal de Ensino totaliza 70 estabelecimentos (44 zona Rural e 25 Zona Urbana) com 6.244 alunos matriculados, sendo: 1.149 na Zona Rural e 5.095 na Zona Urbana compreendidos na faixa etária dos 7 a 10 anos de idade (Prefeitura Municipal de Vitória de Santo Antão; Secretária de Educação, 2009).



Figura 1 – Mapa ilustrativo da configuração geográfica de Vitoria de Santo Antão/PE. (IBGE, 2012).

Amostra

Este estudo de delineamento transversal teve como amostra um grupo de crianças (ambos os gêneros) com idades compreendidas entre 7 e 10 anos idade, subdivididas de acordo com o peso ao nascer, estabelecido como indicador de desnutrição intrauterina. Os SANTOS,M.A.S. Tese de Doutorado. UFPE,2012

grupos foram formados a partir do peso ao nascimento em baixo peso ao nascer (BPN: 1.000 g e 2.500g, cerca 27% da população infantil) e o grupo peso normal (PN: ≥ 3.000 g, cerca de 70% da população infantil).

O tamanho da amostra foi estimado no programa Epi Info, 6.0 com as seguintes condições: uma margem de erro de $\pm 5\%$ e o intervalo de confiança de 95%, estimando-se um risco de 2.0 para eventos de baixo peso ao nascer em relação a crianças nascidas com peso normal (ou seja, 2:1). Assim, estimou-se um total de 474 crianças (sendo: 158 BPN e 316 PN). No entanto, foi possível avaliar 533 crianças (meninos: 277 e 256 meninas), nascidos na Cidade de Vitória de Santo Antão, condição estabelecida para participação neste estudo. Em toda amostra o peso de nascimento variou de 1000 g a 5.100 g (Tabela 2). Todas as crianças foram convidadas a participar do estudo, por meio de um comunicado informando todos os procedimentos (Anexo E).

Tabela 2 – Número de total de indivíduos estratificados por peso ao nascimento, gênero e idade cronológica (anos).

Idade (anos)	Peso de Nascimento			
	N	Mínimo (g)	Maximo (g)	X $\pm$ dp
<i>Masculino</i>				
7 anos	67	1.250	5.100	2.967 $\pm$ 0.8
8 anos	75	1.239	4.850	3.139 $\pm$ 0.7
9 anos	78	1.086	5.100	3.079 $\pm$ 0.7
10 anos	57	1.455	3.950	3.122 $\pm$ 0.5
Total	277	-	-	-
<i>Feminino</i>				
7 anos	70	1.730	4.300	3.007 $\pm$ 0.5
8 anos	65	1.260	4.100	3.000 $\pm$ 0.5
9 anos	80	1.800	4.100	3.087 $\pm$ 0.5
10 anos	41	1.000	4.000	3.037 $\pm$ 0.6
Total	256	-	-	-

5.1 Descrição e operacionalização das variáveis estudadas

5.1.1 Peso ao nascer

O peso ao nascer foi obtido através das informações fornecidas a partir do registro do peso da criança por ocasião do nascimento que foi informado pelos pais no termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) e que em seguida foram confrontados com o banco de dados de nascidos vivos em Vitória de Santo Antão no período compreendido entre os anos de 1999 a 2003. A detecção de qualquer distúrbio de ordem motora, e a não aceitação da criança para participação no estudo, bem como a não autorização dos responsáveis, foram considerados como critérios de exclusão.

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal de Pernambuco, sob número: **Of. N° 231/2009 – CEP/CCS. Registro do SISNEP FR – 261629 CAAE – 0175.0.172.000-09. Registro CEP/CCS/UFPE N° 178/09** (Anexo A). O termo de consentimento foi assinado pelos pais ou responsável por cada criança envolvida neste estudo (Anexo D).

5.1.2 Antropometria e Composição corporal

A avaliação dos parâmetros antropométricos das crianças incluiu: **peso corporal:** obtido utilizando-se uma balança de plataforma com capacidade máxima de 150 Kg e precisão de 100g (Filizola, São Paulo, Brasil). O avaliado posicionou-se em pé, de costas para escala de medidas da balança, em posição ortostática, levemente vestido (calção e camisa) (LOHMAN, et al., 1986). **Altura:** foi medida entre o plano de referência do solo e o vértex, com o indivíduo descalço, utilizando-se para esta medida um estadiômetro portátil com precisão de 0,1 cm (Sanny, São Paulo, Brasil).

Para avaliação da **composição corporal** das crianças foram utilizadas as medidas das dobras de adiposidade subcutânea. Esta técnica consiste em destacar uma camada de pele e gordura, de forma que exclua o músculo subjacente. Para obtenção dos valores de dobra

SANTOS, M.A.S. Tese de Doutorado. UFPE, 2012

cutânea, foi utilizado um adipômetro de marca Lange, de precisão de 0,1mm (Lange, Santa Cruz, Califórnia). O calibrador exerce uma pressão constante de 10 g/mm², e precisão de 1 mm. Todas as mensurações foram realizadas no hemicorpo direito do avaliado na região tricipital e subescapular e repetida duas vezes em cada local em todos os alunos analisados, ocorrendo uma terceira medição sempre que a diferença entre a primeira e a segunda medição exceder 5%. No final, foi extraída a média aritmética entre os dois valores mais próximos obtidos. Todo o protocolo de medição foi realizado segundo padronização sugerida por Lohman, (1986).

Cálculo de indicadores e a composição corporal

A partir das medidas antropométricas foram realizados os seguintes cálculos para estimar: categoria ponderal (IMC), Σ das dobras de adiposidade das crianças, e o % de gordura corporal, massa corporal magra, massa gorda:

Índice de Massa Corporal (IMC) = massa corporal (Kg)/estatura (m²)

Σ das dobras de adiposidade: DTR + DSE.

Para o cálculo do **percentual de gordura corporal (%GC)** foram utilizadas as equações descritas na Tabela 3 (LOHMAN E GOING, et al., 2006).

Tabela 3 - Equações de predição da percentagem de gordura (LOHMAN E GOING, et al., 2006)

Σ TRÍCEPS E SUBESCAPULAR (< 35mm)	
% gordura corporal =	$1,35 \times (\Sigma \text{tric} + \text{sub}) - 0,012(\Sigma \text{tric} + \text{sub})^2 - 3,4$ (Masculino)
% gordura corporal =	$1,33 \times (\Sigma \text{tric} + \text{sub}) - 0,013(\Sigma \text{tric} + \text{sub})^2 + 2,5$ (Feminino)
Σ TRÍCEPS E SUBESCAPULAR (> 35mm)	
% gordura corporal =	$0,783 \times (\Sigma \text{tric} + \text{sub}) + 2,2$ (Masculino)
% gordura corporal =	$0,546 \times (\Sigma \text{tric} + \text{sub}) + 9,7$ (Feminino)

A partir dos valores do percentual de gordura corporal, foram calculados os valores de **massa gorda** (MG) e **massa magra** (MCM).

$$MG \text{ (kg)} = \text{massa corporal (kg)} \times \% \text{ gordura corporal}/100$$

$$MM \text{ (kg)} = \text{massa corporal (kg)} - \text{massa gorda}$$

5.1.3 Avaliação da Aptidão física (AptFS)

Os dados da aptidão física foram coletados mediante a administração de uma bateria de testes motores compostas por sete itens conhecidos e padronizados, obedecendo à seguinte sequência: força de preensão (dinamometria), flexibilidade (sentar e alcançar), força e resistência abdominal (sit-up's), força explosiva de membros inferiores (impulsão horizontal), agilidade (teste do quadrado), corrida de velocidade (corrida 20m) e o teste de caminhada/corrida da milha (1.609m), cuja estrutura está descrita na Tabela 4. Toda a avaliação da aptidão física foi efetuada com base nos protocolos das baterias de testes *FITNESSGRAM* e *EUROFIT* (Anexo F).

Tabela 4 - Estrutura da bateria de testes

Testes	Componentes de Aptidão Física
Força de Preensão (kg/f)	Força Isométrica
Impulsão Horizontal (cm)	Força Explosiva de Membros Inferiores
Teste Corrida de 20 metros (m/s)	Velocidade
Teste do Quadrado (m/s)	Agilidade
Teste Sentar e Alcançar (cm)	Flexibilidade
Resistência Abdominal (r/mim.)	Força /Resistência Muscular Abdominal
Teste da milha (1.609m) (m/mim)	Capacidade Aeróbia

Kg/f: kilograma força; cm: centímetros; m/s: metros por segundo; m/mim: metros por minuto.

5.1.3.1 Força de Preensão

Para a realização do teste de força de preensão, o participante ficou posicionado de pé, com o braço estendido ao longo do corpo (posição anatômica), com o dinamômetro posicionado em uma das mãos (direita ou esquerda), ao ser informado o avaliado realizou uma força máxima durante 5 segundos. O avaliador registrou o valor na ficha de coletas e em seguida o participante passou o dinamômetro para a outra mão, repetindo todo o procedimento anterior. O teste foi realizado com duas medições em cada mão com intervalo de um minuto entre elas, sendo utilizado para a análise dos dados apenas o maior desempenho em termos absolutos (Figura 2) (SAFRIT, STAMM ET AL., et al., 1977).



Figura 2- Avaliação da força de preensão

5.1.3.2 Teste de força explosiva de membros inferiores (salto horizontal)

Para a avaliação da força dos membros inferiores através do salto horizontal utilizou-se uma trena fixada ao solo, perpendicularmente à linha demarcatória inicial, ficando o ponto zero sobre a mesma. A criança colocou-se imediatamente atrás da linha, com os pés paralelos, ligeiramente afastados, joelhos semiflexionados, tronco ligeiramente projetado à frente. Ao

sinal, a criança saltou uma maior distância possível. Foram realizadas duas tentativas, registrando-se o melhor desempenho. A distância do salto foi registrada em centímetros a partir da linha inicial traçada no solo até o calcanhar mais próximo desta (Figura 3) (SAFRIT, STAMMET AL., et al., 1977).



Figura 3- Avaliação da força muscular de membros inferiores

5.1.3.3 Teste de Flexibilidade (Sentar-e-alcançar)

Para avaliação da flexibilidade utilizou-se o banco de *Wells* com as seguintes características: um cubo construído com peças de 30 x 30 cm; uma escala de 53 cm de comprimento por 15 cm de largura; graduação com trena métrica entre 0 a 53 cm. Na aplicação deste teste, as crianças estavam descalças. O avaliado senta-se de frente para a base da caixa, com as pernas estendidas e unidas. Com as mãos sobrepostas elevam os braços a vertical, inclinam o corpo para frente e alcançam com as pontas dos dedos das mãos tão longe quanto possível sobre a régua graduada, sem flexionar os joelhos e sem utilizar movimentos de balanço (insistências). Cada aluno realizou duas tentativas. O avaliador permaneceu ao lado do aluno, para assegurar que os joelhos permanecessem em extensão. O resultado foi obtido a partir da posição mais longínqua que o aluno pôde alcançar na escala com as pontas

dos dedos. Registrou-se o melhor desempenho entre as duas execuções (Figura 4) (SAFRIT, STAMM ET AL., et al., 1977).



Figura 4 - Avaliação da flexibilidade

5.1.3.4 Força Abdominal (Curl-Up's)

O objetivo é avaliar a força e resistência da musculatura abdominal. O material utilizado envolve um colchonete – evitando o incomodo do contato com o solo – e cronometro. O aluno posiciona-se em decúbito dorsal com os joelhos flexionados a 90 graus e com os braços cruzados sobre o tórax. O avaliador fixa os pés do estudante ao solo. Ao sinal o aluno inicia os movimentos de flexão do tronco até tocar com os cotovelos nas coxas, retornando a posição inicial (não é necessário tocar com a cabeça no colchonete a cada execução). O avaliador realiza a contagem em voz alta. O aluno deverá realizar o maior número de repetições completas em um tempo de 1 minuto. O resultado é expresso pelo número de movimentos completos realizados durante o tempo estabelecido (Figura 5) (SAFRIT, STAMM ET AL., et al., 1977).



Figura 5 - Avaliação da resistência abdominal

5.1.3.5 Teste de agilidade (teste do quadrado)

Para administração deste teste é necessário: uma área em forma de quadrado delimitado em solo antiderrapante com 4 x 4 m de lado. O aluno parte da posição de pé, com um pé avançado a frente imediatamente atrás da linha de partida. Ao sinal do avaliador, deverá deslocar-se até o próximo cone em direção diagonal. Na sequência, corre em direção ao cone a sua esquerda e depois se desloca para o cone em diagonal (atravessa o quadrado em diagonal). Finalmente, corre em direção ao ultimo cone, que corresponde ao ponto de partida. O aluno deverá tocar com uma das mãos cada um dos cones que demarcam o percurso. O cronometro deverá ser acionado pelo avaliador no momento em que o avaliado realizar o primeiro passo tocando com o pé o interior do quadrado. São realizadas duas tentativas, sendo registrado o melhor tempo de execução (Figura 6) (SAFRIT, STAMM ET AL., et al., 1977).

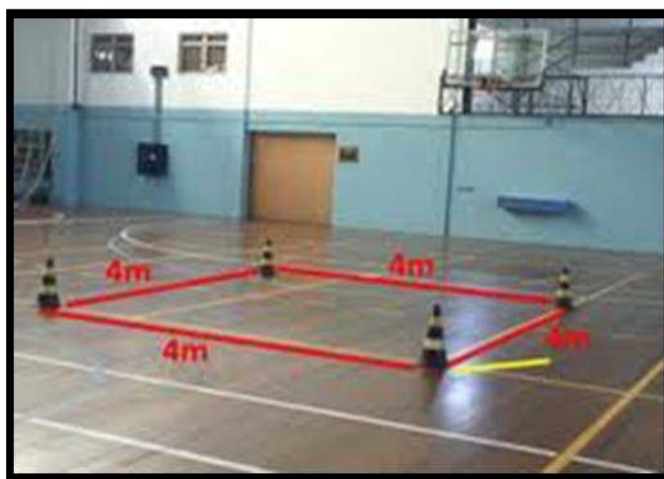


Figura 6 - Avaliação da Agilidade

5.1.3.6 Teste de velocidade de deslocamento (corrida de 20 metros)

Para administração deste teste é necessário: um cronômetro e uma pista de 20 metros demarcada com três linhas paralelas no solo da seguinte forma: a primeira (linha de partida); a segunda, distante 20m da primeira (linha de cronometragem ou linha de chegada) e a terceira linha (linha de referência), marcada a dois metros da segunda (linha de chegada). A terceira linha serve como referência de chegada para o aluno na tentativa de evitar que ele inicie a desaceleração antes de cruzar a linha de cronometragem. Dois cones para a sinalização da primeira e terceira linhas. O estudante parte da posição de pé, com um pé avançado a frente imediatamente atrás da primeira linha e será informado que deverá cruzar a terceira linha o mais rápido possível. Ao sinal do avaliador, o aluno deverá se deslocar, o mais rápido possível, em direção à linha de chegada. O avaliador aciona o cronômetro no momento em que o avaliado der o primeiro passo (tocar ao solo), ultrapassando a linha de partida. Quando o aluno cruzar a segunda linha (dos 20 metros) será interrompido o cronômetro (Figura 7) (SAFRIT, STAMM ET AL., et al., 1977).

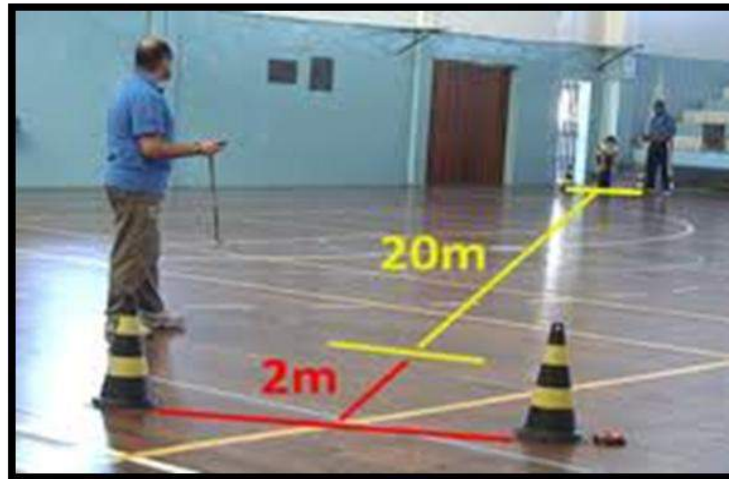


Figura 7 - Avaliação da velocidade

5.1.3.7 Aptidão Cardiorespiratória

Para avaliação da aptidão cardiorespiratória foi utilizado o teste de caminhada/corrida da milha (1.609m) (CURETON, SLONIGER ET AL., et al., 1995). Cada criança percorreu a referida distância onde foi registrado o tempo na execução da tarefa. Em seguida estes valores foram convertidos em ml.kg.min^{-1} utilizando a equação sugerida por Cureton (1995) (Figura 8) (CURETON, SLONIGER ET AL., et al., 1995) em que:

$$\text{VO}_2\text{max}=108,94-8,41(\text{tempo,min})+0,34(\text{tempo,min})^2+0,21(\text{idade x sexo})^b-0,84(\text{IMC})^c$$

^bPor sexo, substitua 1 para masculino e 0 para feminino; ^cIMC= Índice de massa corporal



Figura 8- Avaliação da aptidão aeróbia

5.1.4 Avaliação da atividade física habitual (AtFH)

A avaliação da **atividade física habitual (AtFH)** refere-se à avaliação do nível de atividade física. A avaliação da AtFH foi realizada com base no questionário de Godin e Shephard (1985) que pretende marcar aspectos da atividade física semanal das crianças (do inglês *leisure-time exercise*) (GODIN E SHEPHARD, et al., 1985). Os participantes relataram o número de vezes/semana que passam em diferentes atividades durante um período de pelo menos 15 min. Três categorias foram consideradas: leve (3 mets), moderada (5 mets) e intensa ou extenuante (9 mets). Os valores 9, 5 e 3 correspondem a METs (equivalente metabólico) associados às qualidades das atividades descritas pelas crianças. O valor obtido nas respostas foi utilizado numa equação para estimar, numa unidade arbitrária, a atividade física realizada em uma semana (AtFHSemanal) em que: **AtFHSemanal = (9 * número de atividade física intensa) + (5 * número de atividade física moderada) + (3 * número de atividade física leve)**. As respostas aos questionários foram obtidas por entrevistas diretas às crianças, realizadas por pesquisadores devidamente treinados (Anexo G).

5.1.5 Avaliação do desempenho neuromotor

Para a avaliação do DNM foi utilizada a bateria de testes de coordenação corporal e desempenho motor através do Körperkoordinations-test für Kinder (KTK), proposto por Kiphard e Schilling (1974). O teste KTK tem em sua composição a realização de quatro tarefas de movimentos: equilíbrio em marcha à retaguarda, saltos monopedais, saltos laterais e transferência sobre plataformas, cuja estrutura esta descrita na Tabela 5.(Anexo H).

Tabela 5 – Estrutura do teste Körperkoordinations-test für Kinder (KTK)

Testes	Componentes do Desempenho Motor
Trave de Equilíbrio	Estabilidade do equilíbrio em marcha à retaguarda sobre a trave
Saltos monopedaais	Coordenação dos membros inferiores; energia dinâmica/força.
Saltos Laterais	Velocidade em saltos alternados
Transferência sobre plataformas	Lateralidade; estruturação espaço-temporal

5.1.5.1 - Trave de Equilíbrio

São utilizadas três traves de 3 metros de comprimento e 3 cm de altura, com larguras de 6 cm, 4,5 cm e 3 cm. Como superfície de apoio para saída, coloca-se à frente da trave, uma plataforma medindo 25 x 25 x 5cm. As três traves de equilíbrio são colocadas paralelamente. A tarefa consiste em caminhar à retaguarda sobre três traves de madeira com espessuras diferentes. São válidas três tentativas em cada trave. Durante o deslocamento (passos) não é permitido tocar o solo. Antes das tentativas válidas, o sujeito terá um pré-exercício para se adaptar à trave, no qual realiza um deslocamento à frente e outro à retaguarda (Figura 9). Para cada trave, são contabilizadas três tentativas válidas, o que perfaz um total de nove tentativas. O resultado será igual ao somatório de execuções a retaguarda nas 9 tentativas (KIPHARD E SCHILLING, et al., 1974).



Figura 9 - Tarefa 1 - Trave de Equilíbrio
SANTOS,M.A.S. Tese de Doutorado. UFPE,2012

5.1.5.2 - Salto Monopedal

São usados 12 blocos de espuma, medindo 50 x 20 x 5 cm cada um. A tarefa consiste em saltar um ou mais blocos de espuma colocados uns sobre os outros, com uma das pernas. A altura inicial a ser contada baseia-se no resultado do exercício-ensaio e na idade do indivíduo. Com isso, devem ser alcançados mais ou menos os mesmos números de passagens a serem executadas pelos avaliados nas diferentes faixas etárias. Estão previstos dois exercícios-ensaio para cada perna (direita e esquerda). (Figura 10) (KIPHARD E SCHILLING, et al., 1974).

Alturas recomendadas para o início do teste de acordo com a idade em anos:

- 7 - 8 anos = 15 cm (3 blocos de espuma)
- 9 - 10 anos = 25 cm (5 blocos de espuma)



Figura 10 - Tarefa 2 – Salto Monopedal

5.1.5.3 - Salto Lateral

Uma plataforma de madeira (compensado) de 60 x 50 x 0,8 cm, com um sarrafo divisório de 60 x 4 x 2 cm e um cronômetro. A tarefa consiste em saltitar de um lado a outro, com os dois pés ao mesmo tempo, o mais rápido possível, durante 15 segundos. Deve ser evitada a passagem alternada dos pés (um depois do outro). (Figura 11). Registram-se o número de saltos dados, em duas passagens de 15 segundos (saltitando para um lado, conta-se SANTOS, M.A.S. Tese de Doutorado. UFPE, 2012

1 ponto; voltando, conta-se outro, e assim sucessivamente). Como resultado final da tarefa teremos o somatório de saltos das duas passagens válidas (KIPHARD E SCHILLING, et al., 1974).



Figura 11- Tarefa 3 – Salto lateral

5.1.5.4 - Transferência sobre Plataforma

São usados para o teste, duas plataformas de 25 x 25 x 5 cm e um cronômetro. As plataformas são colocadas lado a lado com uma distância entre elas de 5 cm. Na direção de deslocar é necessário uma área livre de 5 a 6 metros. A tarefa consiste em deslocar-se sobre as plataformas que estão colocadas no solo, em paralelo, uma ao lado da outra. O tempo de duração será de 20 segundos, e a criança terá duas tentativas para a realização da tarefa. A transferência lateral pode ser feita para a direita ou para a esquerda, de acordo com a preferência do indivíduo. No caso de haver apoio das mãos, toque de pés no chão, queda ou quando a plataforma for pega apenas com uma das mãos, o avaliador deve instruir o aluno a continuar e, se necessário, fazer uma rápida correção verbal, sem interromper a tarefa. São executadas duas passagens de 20 segundos, devendo ser mantido um intervalo de pelo menos 10 segundos entre elas (Figura 12). Conta-se tanto o número de transferências das plataformas, como também as do corpo, em um tempo de 20 segundos. Anotam-se os valores

da primeira e segunda tentativa válida, em seguida, somam-se esses valores, obtendo-se o valor bruto da tarefa (KIPHARD E SCHILLING, et al., 1974).



Figura 12- Tarefa 4 – Transferência sobre Plataforma

5.2 Controle da qualidade dos dados

O controle dos dados passou por um conjunto variado de etapas de modo a garantir a maior qualidade possível da informação obtida: (1) Em primeiro lugar foram apresentados, da forma mais detalhada possível, o conteúdo e alcance do projeto, bem como os detalhes da estrutura de avaliação das variáveis antropométricas e da composição corporal, os testes da Aptidão Física (AptFS), a avaliação do Desempenho Neuromotor e a aplicação do Questionário do Nível de Atividade Física Habitual (AtFH); (2) Todos os membros das equipes passaram por um período de treinamento, onde testaram cada um dos procedimentos em si próprios, como também em um grupo de crianças pertencentes à referida comunidade. Os problemas e questões relatadas nesta etapa foram solucionados pelos responsáveis do projeto; (3) Foi realizado um teste piloto pelas equipes de avaliação, garantindo que a amostra a ser testada (aproximadamente 20 sujeitos) fosse dos dois gêneros e composta por alunos dentro da faixa etária estabelecida para o estudo (7 a 10 anos de idade); (4) Como último procedimento para controle da qualidade da informação, após o início da coleta de dados (21

dias) foi realizado um reteste com aproximadamente 10% do total da amostra, coletada até o período. O coeficiente de correlação intraclasse (R) e os respectivos intervalos de confiança (95%) foram utilizados para estimar a fiabilidade dos dados (Tabela 6).

No sentido genérico do termo, fiabilidade reflete a noção de consistência de um padrão de comportamento dos mesmos sujeitos que são avaliados em diferentes momentos do tempo. No presente estudo, a fiabilidade foi estimada a partir do coeficiente de correlação intraclasse (R). Espera-se que estes valores, que se situam entre 0 e 1, sejam os mais elevados possíveis, e que amplitude do intervalo de confiança de R seja muito pequeno garantindo a elevada precisão das estimativas e reprodução do seu verdadeiro universo de competência.

Tabela 6 - Estimativas de fiabilidade dos diferentes testes e medidas realizados (valores de correlação intraclasse (R) que se situam, sempre, entre 0 e 1).

Variável	R	95% IC
<i>Medidas Somáticas</i>		
Peso (Kg)	0.99	0.98 a 1.00
Estatura (cm)	0.99	0.98 a 1.00
<i>Composição corporal</i>		
Dobra Tricipital (mm)	0.99	0.95 a 0.99
Dobra Subescapular (mm)	0.99	0.95 a 0.99
<i>Aptidão Física (AptFS)</i>		
Força de Pressão DIR. (kg/f)	0.98	0.97 a 0.99
Força de Pressão ESQ. (kg/f)	0.98	0.95 a 0.99
Impulsão Horizontal (cm)	0.99	0.96 a 0.99
Teste Corrida de 20 metros (m/s)	0.95	0.81 a 0.99
Teste do Quadrado (m/s)	0.97	0.89 a 0.99
Teste Sentar e Alcançar (cm)	0.98	0.93 a 0.99
Resistência Abdominal (r/mim.)	0.95	0.88 a 0.98
Teste da milha (1.609m) (m/mim)	0.88	0.52 a 0.97
<i>Desempenho Neuromotor (KTK)</i>		
Trave de Equilíbrio	0.93	0.72 a 0.98
Salto Monopedal	0.87	0.48 a 0.97
Salto Lateral	0.92	0.67 a 0.98
Transferência sobre Plataforma	0.85	0.39 a 0.96
AtFH(Mets/15min/semana)	0.72	0.61 a 0.89

5.3 Processamento e análise estatística

Os procedimentos estatísticos realizados neste estudo estão divididos em duas partes, sendo os primeiros procedimentos comuns aos dois estudos e a segunda parte específica aos propósitos estabelecidos para cada uma das análises. Para a análise estatística, utilizou-se o software SPSS for Windows, versão 18.0. Inicialmente, foi realizada uma análise exploratória dos dados para identificar a eventual presença de informações incorretas ou inconsistentes (*outliers*), bem como testar a hipótese de normalidade em todas as distribuições de dados (Kolmogorov-Smirnov). As variáveis com distribuição heterogênea foram ajustadas por meio de transformação logarítmica. A interação entre os fatores sexo e idade com o peso ao nascer foram avaliadas por ANOVA *Two-way* (ou seja: sexo vs peso ao nascer e idade vs peso ao nascer). Como não foram encontradas interações significativas, os dados foram analisados como um único grupo (ou seja: meninos e meninas juntos).

Após estes procedimentos comuns às duas análises no 1º. Artigo: para analisar as diferenças entre os grupos BPN e PN foi utilizado o *t-test Student* para amostras independentes. Os valores são apresentados como média $\pm$ desvio padrão. Em seguida os resultados foram ajustados para diferentes covariáveis: idade, sexo, altura, peso corporal, IMC, composição corporal (massa corporal magra e massa gorda) e nível de atividade física através da análise de covariância (ANCOVA). Em todas as análises o nível de significância de 5% foi utilizado.

Para o 2º. Artigo, como primeiro procedimento foi realizada uma análise de Correlação bivariada (Correlação de Pearson) entre as seguintes variáveis: peso ao nascer, força de preensão, impulsão horizontal, flexibilidade, resistência abdominal, corrida de velocidade (20 metros), agilidade (teste do quadrado), aptidão aeróbia e o desempenho neuromotor (quatro tarefas), com o tamanho do corpo atingido (estatura, IMC) e a composição corporal (% de gordura e massa corporal magra). Em seguida, todas as variáveis

que apresentaram correlações significativas com o peso ao nascer foram incluídas na análise de regressão linear.

Assim, uma série de modelos de regressão linear foram consecutivamente testados de modo a determinar como cada variável pode influenciar ou não, as associações entre o peso ao nascer e as variáveis da aptidão física. Modelo I incluiu apenas o preditor (peso ao nascer) e a variável dependente (força de preensão, velocidade de corrida e capacidade aeróbia); para o Modelo II um fator de confusão foi incluído (ou seja: idade decimal atual); para o Modelo III a altura foi incluída (fator de confusão + altura), para o Modelo IV o IMC foi incluído em lugar da altura (fator de confusão + IMC), para o Modelo V a massa corporal magra (MCM) foi incluída ao modelo em lugar do IMC (fator de confusão + MCM), para o modelo VI o % de gordura foi incluído em lugar da MCM (fator de confusão + % Gord.).

REFERÊNCIAS

SANTOS,M.A.S. Tese de Doutorado. UFPE,2012

REFERÊNCIAS

CURETON, K. J. et al. A generalized equation for prediction of VO₂peak from 1-mile run/walk performance. **Med Sci Sports Exerc**, v. 27, n. 3, p. 445-51, Mar 1995.

GODIN, G.; SHEPHARD, R. J. A simple method to assess exercise behavior in the community. **Can J Appl Sport Sci**, v. 10, n. 3, p. 141-6, Sep 1985.

KIPHARD, E. J.; SCHILLING, F. Korper-koordinations-test fur kinder. Ktk.Manual. **Weiheim: Beltz Test GmbH**, 1974.

LOHMAN, T. G. Applicability of body composition techniques and constants for children and youths. **Exerc Sport Sci Rev**, v. 14, p. 325-57, 1986.

LOHMAN, T. G.; GOING, S. B. Body composition assessment for development of an international growth standard for preadolescent and adolescent children. **Food Nutr Bull**, v. 27, n. 4 Suppl Growth Standard, p. S314-25, Dec 2006.

SAFRIT, M. J. et al. Effect of environment and order of testing on performance of a motor task. **Res Q**, v. 48, n. 2, p. 376-81, May 1977.

RESULTADOS

6.0 RESULTADOS - ARTIGOS ORIGINAIS

Os resultados deste estudo serão apresentados sob a forma de dois artigos originais que serão divulgados em veículos científicos conforme regulamentação do Colegiado de Pós Graduação do Centro de Ciências da Saúde da UFPE:

1º Artigo: intitulado “*Permanent Deficits in Handgrip Strength and Running Speed Performance in Low Birth Weight Children*”, foi publicado na Revista American Journal of Human Biology.

2º Artigo: intitulado “*Associations among birth weight, body composition, motor performance and gross motor coordination in children aged 7 to 10 years old*” será enviado para publicação na Revista The American Journal of Clinical Nutrition.

ARTIGO ORIGINAL - 1

Original Research Article

Permanent Deficits in Handgrip Strength and Running Speed Performance in Low Birth Weight Children

MARCOS MOURA-DOS-SANTOS,¹ JOÃO WELLINGTON-BARROS,² MARCELUS BRITO-ALMEIDA,² RAUL MANHÃES-DE-CASTRO,¹ JOSÉ MAIA,³ AND CAROL GOIS LEANDRO^{2*}¹Department of Nutrition, Federal University of Pernambuco, Recife, Pernambuco 50670-901, Brazil²Department of Physical Education and Sports Science, CAV, Federal University of Pernambuco, Recife, Pernambuco 55608-680, Brazil³CIFPD, Kinanthropometry and Applied Statistics Lab, Faculty of Sport, University of Porto, Porto 4200-450, Portugal

Objective: The main goal of this study was to verify the influence of low birth weight (LBW) on the physical fitness of children aged 7–10 years. The comparisons were subsequently adjusted for chronological age, gender, physical activity (PA), and body composition.

Methods: A total of 356 children of both genders born in Vitória de Santo Antão (Northeast of Brazil) were divided into two groups according to their birth weight (LBW < 2,500 g, $n = 100$, and normal birth weight, NBW $\geq 3,000$ g and $\leq 3,999$ g, $n = 256$). Body composition measurements included body weight, height, body mass index, triceps, and subscapular skinfolds, and body fat percentage (%BF). PA was assessed by a questionnaire. Physical fitness was assessed by handgrip strength, muscle endurance, explosive power, flexibility, agility, maximal oxygen consumption (VO_{2max}), and running speed.

Results: LBW children were shorter, lighter, had lower fat-free mass, muscle strength, and running speed but a higher VO_{2max} than the NBW group. The differences in body weight ($P = 0.507$), height ($P = 0.177$), fat-free mass ($P = 0.374$), and VO_{2max} ($P = 0.312$) disappeared when adjusted for covariates. The differences in right and left handgrip strength ($P < 0.01$) and running speed ($P < 0.01$) remained significant even when controlled for age, gender, height, fat-free mass, and PA.

Conclusion: This combined analysis suggests that LBW alone can be not considered as a biological determinant of growth, body composition, or physical fitness in children, but is a predictor of muscle strength and running speed. *Am. J. Hum. Biol.* 00:000–000, 2012. © 2012 Wiley Periodicals, Inc.

Over the last years, epidemiological, clinical and experimental studies have focused on the association between early life events and the normal trajectory of growth, body composition, physical activity (PA) levels, physical fitness and the risk of adult disease (Barker et al., 2005; Chomtho et al., 2008; Ortega et al., 2009; Ridgway et al., 2011). Previous studies have shown that birth weight is an important marker of the environmental status of mothers during gestation (Gluckman et al., 2007, 2009). Low birth weight (LBW, birth weight < 2500 g) can result from a short gestation or environmental stimuli or insults (for example, undernutrition, hormones, antigens, drugs, or alcohol). Inverse relationships between birth weight and the risk of metabolic diseases (glucose intolerance, obesity, and dyslipidemia) and heart disease in adulthood have been reported (Barker, 1999; Barker et al., 2005). However, like LBW, rapid body weight gain during childhood is also related with various indicators of metabolic syndrome (Singhal et al., 2003) and may be further exacerbated by a hypercaloric diet and low levels of PA and physical fitness (Wells, 2010).

Physical fitness is a measure of the body's abilities related to both health (leisure activities) and sports performance. Physical fitness is often related to components such as cardiorespiratory fitness, muscle strength, muscle endurance, body composition, agility, and flexibility (Beunen et al., 1997). Low levels of physical fitness may induce a more sedentary lifestyle and an increased risk of metabolic disease (Beunen et al., 1997). However, high maximal oxygen consumption (VO_{2max}), as an indicator of cardiorespiratory fitness, has been associated with a low predisposition to cardiovascular and metabolic diseases

(Carnethon et al., 2009). Muscle strength and endurance are related to large muscle mass, reduced fat mass and a high resting metabolic rate (Vuori, 2001). In addition, flexibility has been related to reduced injury risk and the prevention or reduction of postexercise soreness (Hopper et al., 2008). Physical fitness is directly associated with regular PA and more benefits have been observed for higher active lifestyles (Mota et al., 2002). Recently, it has been shown that physical fitness can also be influenced by birth weight (Keller et al., 2000; Kriemler et al., 2005; Rogers et al., 2005).

Lower birth weight has been related with reduced physical performance in tests to evaluate physical fitness, including muscle strength, muscle endurance and cardiorespiratory fitness in children and adolescents (Ridgway et al., 2011). Birth weight was positively associated with both lean body mass and total body fat at 9–10 years of

This study was performed at the Department of Nutrition, Federal University of Pernambuco, 50670-901 Recife, PE, Brazil

Contract grant sponsor: National Council for Scientific and Technological Development (CNPq); Contract grant number: 501619/2009-7; Contract grant sponsor: the Coordination for the Improvement of Higher Level or Education - Personnel (CAPES); Contract grant number: 2317/2008; Contract grant sponsor: the State of Pernambuco Science and Technology Support Foundation (FACEPE); Contract grant number: APQ-0575-4.05/08

*Correspondence to: Carol Góis Leandro, Núcleo de Educação Física e Ciências do Esporte, Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, CAV Recife, Pernambuco 55608-680, Brazil. E-mail: carolleandro22@gmail.com

Received 9 August 2012; Revision received 4 October 2012; Accepted 10 October 2012

DOI 10.1002/ajhb.22341

Published online in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com).

age in both sexes (Rogers et al., 2006). Extremely low birth weight (ELBW < 999 g) infants show a lower running economy, aerobic capacity, and flexibility compared with their normal birth weight (NBW) peers (Baraldi et al., 1991). Similarly, birth weight and aerobic fitness (measured in laps completed until voluntary exhaustion by a 20-m shuttle run test) were positively related in young males and females (aged 12 and 15 years; Boreham et al., 2001). Aerobic capacity, strength, flexibility and activity level were lower in ELBW adolescents (17-years-old) than their NBW peers (Rogers et al., 2005). Female ELBW adolescents (aged 13–18.5 years) demonstrated low performances in handgrip strength tests (as an indicator of muscle strength) after adjusting for body fat percentage (%BF; Ortega et al., 2009). Indeed, birth weight may induce reduced physical fitness, including low muscle mass-induced muscle strength deficits and low aerobic capacity-induced insufficient cardiorespiratory fitness (Andersen et al., 2009). However, the associations between birth weight and physical fitness is mostly limited to extreme groups (extremely LBW) and little is known about the influence of a less deleterious birth weight (LBW) range on physical fitness in children.

In this study, the influences of LBW on the body composition and physical fitness of children aged 7–10 years were evaluated. The comparisons were subsequently adjusted for chronological age, sex, PA, and body composition. Our hypothesis is that birth weight is a significant predictor of growth (height and weight), body composition (% fat mass and lean body mass), and physical fitness measures during childhood and that an environmental factor (PA levels) and biological variables (age, sex, and size variables) may condition these relationships.

MATERIAL AND METHODS

Sample

This study was conducted in the city of Vitória de Santo Antão, which is located in a traditional and economically poor rural zone in the state of Pernambuco, in northeast Brazil. The sample size was estimated in Epi Info 6.04 given the following conditions: an error of $\pm 5\%$, a power of 80%, and a relative risk of 2.0 for events in low-birth weight versus NBW subjects, that is, a ratio of 1:2. A total of 356 children (196 boys and 160 girls) aged 7–10 years old were evaluated. The sample was divided into two groups according to their birth weight: LBW from 1.500 to 2.500 g ($n = 100$) and NBW from 3.000 to 3.999 g ($n = 256$). All measurements were carried out during a 6-month period from March to November 2009, according to the school calendar. No seasonality is to be expected in the PA measures and physical fitness given that the temperature and weather conditions are stable during this period.

The birth weights were obtained from health booklets in which this information was recorded by nurses and/or pediatricians. Written informed consent was obtained from the parents or legal guardians of each child. This study was approved by the ethics committee of the local health authority (Center of Health Science, Federal University of Pernambuco, protocol number 0175.0.172.000-09).

Anthropometry and body composition

The body weight of the lightly dressed and barefooted subjects were measured to the nearest 0.1 kg with a digital scale (Filizola, São Paulo, Brazil). The standing height was measured to the nearest 0.5 cm using a portable stadiometer (Sanny, São Paulo, Brazil) with each subject's shoes off, feet together, and head in the Frankfurt horizontal plane (Lohman, 1986). The body mass index (BMI) was calculated using the standard formula [weight (kg)/height² (m)]. Triceps and subscapular skinfolds were measured with a Lange caliper (Lange, Santa Cruz, CA). The percent body fat, fat mass (kg) and lean body mass (kg) were estimated using Lohman and Going's formulas (Lohman and Going, 2006).

Physical fitness

Physical fitness was assessed according to the standardized tests of the FITNESSGRAM (Research TC1FA 1999) and EUROFIT (1988) batteries, including: (1) handgrip strength (measured independently in each hand) using a handgrip dynamometer (Saehan, Flintville, TN); (2) standing long jump (a measure of the explosive power of the lower limbs); (3) curl-ups (as an indicator of dynamic muscle endurance); (4) sit-and-reach as a measure of flexibility; (5) aerobic fitness (1-mile run/walk test) as an estimate of relative maximal oxygen consumption ($\text{VO}_{2\text{max}}$, $\text{mL kg}^{-1} \text{min}^{-1}$) using the equations suggested by a previous study (Cureton et al., 1995); (6) square test as a measure of agility [complete a weaving running course ($4 \times 4 \text{ m}^2$) in the shortest possible time]; (7) and a 20-m run (to evaluate running speed in the shortest possible time).

Physical activity

PA was assessed by a direct interview of each child using the Godin and Shephard questionnaire (Godin and Shephard, 1985). To prevent accuracy problems in reporting their activities, face-to-face interviews were used, and all questions were placed in the children's daily routine contexts. Participants reported the number of times/week that they spent in different activities for a period of at least 15 min. Three PA categories were considered in terms of the metabolic equivalent task (MET) method: mild (3 METs), that is, activities such as easy walking or swimming; moderate (5 METs), that is, activities such as fast walking, leisurely bicycling, volleyball, dance, and noncompetitive swimming; and strenuous (9 METs), that is, activities such as running, jogging, soccer, basketball, judo, roller skating, and vigorous swimming. A total score was derived by multiplying the frequency of each category by the MET value (Godin and Shephard, 1985).

Data quality control

Data quality control was assessed by retesting 10% of the total sample. Intraclass correlation coefficients (R) and respective 95% confidence intervals were used to estimate the relative reliability, the values of which were as follows: height, $R = 0.99$ (95%CI: 0.98–1.00); weight, $R = 0.99$ (95%CI: 0.98–1.00); triceps skinfold, $R = 0.99$ (95%CI: 0.98–0.99); subscapular skinfold, $R = 0.99$ (95%CI: 0.97–0.99); right handgrip strength, $R = 0.98$ (95%CI: 0.97–0.99); left handgrip strength, $R = 0.98$ (95%CI: 0.95–0.99); standing long jump, $R = 0.99$ (95%CI:

0.96–0.99); sit and reach, $R = 0.98$ (95%CI: 0.93–0.99); curl-ups, $R = 0.95$ (95%CI: 0.88–0.98); square test, $R = 0.97$ (95%CI: 0.89–0.99); 20 m run, $R = 0.95$ (95%CI: 0.81–0.99); 1-mile run/walk $R = 0.88$ (95%CI: 0.52–0.97); PA, $R = 0.72$ (95%CI: 0.61–0.89).

Statistical analysis

Exploratory data analysis was used to identify possible inaccurate information and the presence of outliers and to test the assumption of normality in all data distributions. Variables with skewed distributions were log-transformed. Descriptive statistics are presented as the means with standard deviations. Interaction factors between sex and age with birth weight were assessed by 2-way ANOVA

TABLE 1. Means and standard deviations of growth, body composition and physical fitness variables in the LBW and NBW groups

Variables	NBW (n = 256)	LBW (n = 100)
Birth Weight (g)	3426 ± 0.2	2084 ± 0.3 ^a
Age (decimal)	8.87 ± 1.0	8.70 ± 1.0
Growth and Body Compositions		
Weight (kg) ^b	31.4 ± 7.8	29.4 ± 7.8 ^a
Height (cm) ^b	133.3 ± 8.4	131.1 ± 8.4 ^a
BMI (kg/m ²) ^b	17.4 ± 3.3	17.1 ± 3.4
Body Fat (%) ^b	21.3 ± 8.4	20.0 ± 8.5
Fat Mass (kg) ^{b,c}	7.2 ± 4.6	6.4 ± 4.3
Fat-Free Mass (kg) ^b	24.4 ± 4.6	23.2 ± 4.0 ^a
Sum of triceps and subscapular skinfolds (mm) ^b	24.4 ± 12.7	22.4 ± 12.5
Physical Fitness		
Right Handgrip Strength (kg/f)	14.3 ± 3.5	12.5 ± 3.7 ^e
Left Handgrip Strength (kg/f)	13.5 ± 3.6	12.0 ± 3.4 ^e
Standing Long Jump (cm) ^b	109.8 ± 22.4	107.7 ± 21.1
Sit and Reach (cm) ^b	25.3 ± 5.8	24.6 ± 6.0
Curl-ups (number of repetitions/min) ^b	16.4 ± 8.3	15.3 ± 7.8
Time to perform a distance in a square with 4 × 4 m (s)	7.6 ± 0.7	7.7 ± 0.6
Running speed in 20-m test (s)	4.6 ± 0.4	4.7 ± 0.5 ^a
VO _{2max} (ml/kg/min)	45.2 ± 3.7	46.2 ± 3.7 ^a
Physical Activity (Mets/15 min/week) ^b	55.1 ± 23.7	54.9 ± 22.5

^a $P < 0.05$.

^bLog-transformed data for the t-test.

^c $P < 0.01$; t-test.

(i.e., sex × birth weight and age × birth weight). Because no statistically significant interactions were found, data were analyzed as a single group (i.e., boys and girls together). First, group differences between LBW and NBW subjects were examined with independent *t*-tests. Then, these results were adjusted for age, gender, height, weight, BMI, body composition, and PA using ANCOVA. SPSS 18.0 was used in all analyses, and the level of significance was set at 5%.

RESULTS

Descriptive information regarding body composition and physical fitness is shown in Table 1. The LBW group was shorter, lighter, had lower fat-free mass, and was less physically fit than the NBW group.

Table 2 presents the adjusted means after controlling for different covariates. The differences in body weight ($P = 0.507$), height ($P = 0.177$), and fat-free mass ($P = 0.374$) disappeared when these means values were adjusted for covariates. Likewise, in aerobic fitness, the differences disappeared when the results were adjusted for gender, height, and fat-free mass. However, the differences in right and left handgrip strength ($P = 0.001$ and $P = 0.006$, respectively) and running speed ($P = 0.001$) remained significant even after controlling for age, gender, height, fat-free mass, and PA.

DISCUSSION

Most studies associating the early period of development with later risks of disease have used birth weight as an index of fetal growth, with LBW being shown to be predictive of increased subsequent impairment of health (Barker et al., 2005; Kajantie et al., 2005; Ortega et al., 2009). In this study, we evaluated the short-term influences of LBW in childhood. For body composition, our results showed that LBW children are smaller, lighter, and have less fat-free mass than NBW children. Both groups showed height and weight values within the normal range of the WHO international growth references (de Onis et al., 2006), as well as within the normal range of

TABLE 2. Means (± standard errors) of LBW and NBW growth, body composition and physical fitness indicators, significant covariates, and *P*-values

Variables	NBW (n = 256)	LBW (n = 100)	Covariates	<i>P</i> -value
Growth and Body Composition				
Weight (kg) ^a	30.9 ± 0.02	30.9 ± 0.03	Height, FM, FFM	0.507
Height (cm) ^a	133.0 ± 0.4	131.9 ± 0.7	Age, Gender	0.177
BMI (kg/m ²) ^a	17.3 ± 0.09	17.5 ± 0.01	Gender, Age, Fat-Free Mass, Fat Mass	0.353
Body Fat (%) ^a	20.9 ± 0.3	21.2 ± 0.5	Age, Gender, Weight, PA	0.645
Fat Mass (kg) ^a	6.9 ± 0.09	7.1 ± 0.15	Age, Gender, Weight, PA	0.434
Fat-Free Mass (kg) ^a	23.9 ± 0.9	23.8 ± 0.1	Age, Gender, Weight, PA	0.374
Sum SE and TR (mm) ^a	23.7 ± 0.4	24.2 ± 0.7	Age, Gender, Weight	0.605
Physical Fitness				
Right Handgrip (kg/f)	14.0 ± 0.15	12.9 ± 0.25 ^b	Age, Gender, Height, PA, FFM	0.001
Left Handgrip (kg/f)	13.3 ± 0.16	12.4 ± 0.26 ^c	Age, Gender, Height, PA, FFM	0.006
Long Jump (cm) ^a	108.7 ± 1.1	108.0 ± 1.8	Age, Weight, FFM	0.751
Flexibility (cm) ^a	25.4 ± 0.3	24.4 ± 0.5	Height, FFM	0.139
Sit-ups (n/min) ^a	16.5 ± 0.4	15.1 ± 0.7	Height, Gender, FM	0.113
Time to perform a distance in a square with 4 × 4 m (s)	7.6 ± 0.03	7.7 ± 0.06	Height, Weight Gender, FFM	0.177
Running speed in 20-m test (s)	4.6 ± 0.02	4.8 ± 0.04 ^b	Gender, Height, FFM	0.001
VO _{2max} (ml/kg/min)	45.3 ± 0.1	45.6 ± 0.2	Gender, Height, FFM	0.312

The data are presented as the means ± SE.

^aLog-transformed data.

^b $P < 0.001$.

^c $P < 0.05$.

children from the Northeast of Brazil (Silva et al., 2012). Our findings corroborate previous studies that reported a positive association between birth weight and body weight, height, and fat-free mass during childhood (Chomtho et al., 2008; Kitchen et al., 1992). The consequences of LBW on body composition during infancy can be observed when a remarkable catch-up of growth in weight occurs at adolescence followed by a tendency for obesity and its health risks at adulthood (Saigal et al., 2001). Indeed, the trajectory of growth among children is associated with changes in body composition, mainly a decrease in the skeletal muscle mass and a gradual development of central adiposity (Barker et al., 2005). It seems that LBW children are more susceptible to age-related change in terms of body composition.

In contrast with what was expected for LBW children, our results showed that BMI, %BF, fat mass, and the sum of skinfolds were not different from NBW children. In fact, the association between birth weight and the development of tissues and organs are not the same, and some organs are affected more than others (Wells, 2011). It was interesting to note that LBW children had lower fat-free mass but no changes in body fat. According to the thrifty phenotype hypothesis (Hales and Barker, 1992), tissues may receive more investment to ensure short-term survival associated with the advantages of an immediate alteration in developmental pattern (Hales and Barker, 1992). For example, growth-restricted newborn infants born at or near term retain subcutaneous and intraabdominal adipose tissue compartments to the detriment of lean body mass (Harrington et al., 2004). According to our data, this situation appears to persist during childhood, and a study that follows up LBW children into adolescence would improve the understanding of these associations. Previous longitudinal studies have shown that at adolescence, LBW children have lower growth attainment according to anthropometric parameters and have body compositions associated with a higher prevalence of risk for cardiovascular disease (Hack et al., 1996; Saigal et al., 2001).

By adjusting our results for chronological age, gender, PA levels, and attained body size, our findings were weakened. During childhood, a variety of complementary hormonal processes and environmental factors (diet and PA) may strongly regulate growth and tissue accretion and differentiation (Wells and Stock, 2011). It has been proposed that individuals can present an enough plasticity to adjust their growth and developmental trajectories according to their environments (Wells and Stock, 2011). Recent findings suggest that the nondeterministic implications of perinatal disturbances and children's diversified life histories may attenuate the long-term effects of LBW (Wells, 2010; Wells and Stock, 2011). Herein, we demonstrated that the short-term effects of LBW did not remain after the adjustment for an environmental factor (PA levels) and biological variables (age, sex, body weight, and height).

Our findings concerning the association between birth weight and PA level are in accordance with a previous study wherein the association between birth weight and leisure time PA was very weak within the NBW range (Andersen et al., 2009). Nevertheless, both low and high birth weights are associated with a higher probability to adopt a sedentary lifestyle, which may be a mediator between low PA levels and

excessive body weight gain and obesity (Andersen et al., 2009; Rogers et al., 2005).

In the standing long jump, dynamic muscle endurance (curl-ups), flexibility (sit and reach), and agility, LBW children were not significantly different from NBW children. Our findings about physical fitness and birth weight are consistent with reports by other researchers (Ortega et al., 2009; Ridgway et al., 2011; Salonen et al., 2011; Welsh et al., 2010). Explosive force and passive stretch, as measured by the standing long jump, curl-ups, flexibility, and agility tests, did not alter due, at least in part, to the preservation of the passive component of skeletal muscle as observed in prepubertal children (Grosset et al., 2008). To our surprise, LBW children had higher aerobic fitness than NBW children. Aerobic performance is commonly expressed relative to body weight ($\text{mL kg}^{-1} \text{min}^{-1}$), and body weight is negatively associated with endurance performance in running tests (Beunen et al., 1997; Ortega et al., 2009). Additionally, a shorter body stature is associated with a shorter pace, and an increased oxygen cost of running at a given speed and distance (Hebestreit and Bar-Or, 2001).

The most relevant finding of this study is the permanent deficit in muscle strength (handgrip strength) and running speed performance in LBW children even after controlling for covariates. One possible explanation for this reduced muscle performance may be related to a limited metabolic capacity of skeletal muscles as previously described in LBW and ELBW children; these deficits included smaller muscle size, a low proportion of fast-twitch muscle fibers and an impairment in the biomechanical properties of skeletal muscle (Chomtho et al., 2008; Keller et al., 2000; Ortega et al., 2009; Rogers et al., 2006). Our previous study has demonstrated that early malnourished children (9 years $\pm$ 6 months) presented lower capacities to develop force under voluntary or induced conditions (Paiva et al., in press). In animals, we previously demonstrated that skeletal muscles might change their phenotype during development in response to perinatal disturbances by changing their contractile and passive mechanical properties (Toscano et al., 2008). If reduced infant fat-free mass is a key mechanism by which LBW leads to low muscle strength and running speed, an important question about the intervention strategies for promoting PA that focus on reaching optimal infant muscle mass, such as physical training, is raised. Our previous studies have shown that moderate physical training attenuated the effects of a perinatal restricted protein diet on the rapid catch-up of growth and reduced fat-free mass in rats during development (Leandro et al., in press; Moita et al., 2011; Pires-de-Melo et al., in press).

CONCLUSIONS

In children, LBW alone does not seem to be a major factor that influences body composition and some physical fitness components; however, LBW is a strong predictor of lower performance in muscle strength and running speed tests during childhood. Whether these effects remain into adolescence or adulthood needs to be studied to establish an association between early events in life and later risks of metabolic disease. Because physical fitness is highly responsive to PA level, intervention studies are also necessary to investigate the potential effect of LBW when contrasted with positive environmental stimuli.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors' contributions were as follows: M.A.M.S., J.W.B., C.G.L., R.M.C. and M.B.A. designed the study and collected the data; M.A.M.S., C.G.L., and J.A.R.M. performed all statistical analyses and wrote the article; all authors were responsible for critical revisions of the article and approval of the final version. The authors thank all the involved children and their families for participating in this study.

LITERATURE CITED

- Andersen LG, Angquist L, Garmberg M, Byberg L, Bengtsson C, Canoy D, Eriksson JG, Eriksson M, Jarvelin MR, Lissner L, Nilsen TI, Osler M, Overvad K, Rasmussen F, Salonen MK, Schack-Nielsen L, Tammelin TH, Tuomainen TP, Sorensen TI, Baker JL, NordNet Study Group. 2009. Birth weight in relation to leisure time physical activity in adolescence and adulthood: meta-analysis of results from 13 nordic cohorts. *PLoS One* 4:e8192.
- Beraldi E, Zancanato S, Zorzi C, Santuz P, Benini F, Zaccarello F. 1991. Exercise performance in very low birth weight children at the age of 7–12 years. *Eur J Pediatr* 150:713–716.
- Barker DJ. 1999. Early growth and cardiovascular disease. *Arch Dis Child* 80:305–307.
- Barker DJ, Osmond C, Forsen TJ, Kajantie E, Eriksson JG. 2005. Trajectories of growth among children who have coronary events as adults. *N Engl J Med* 353:1802–1809.
- Beunen G, Ostyn M, Simons J, Renson R, Claessens AL, Vanden Eynde B, Lefevre J, Vanreusel B, Malina RM, van't Hof MA. 1997. Development and tracking in fitness components: Leuven longitudinal study on life-style, fitness and health. *Int J Sports Med* 18(Suppl 3):S171–S178.
- Boreham CA, Murray L, Dedman D, Davey Smith G, Savage JM, Strain JJ. 2001. Birthweight and aerobic fitness in adolescents: the Northern Ireland Young Hearts Project. *Public Health* 115:373–379.
- Carnethon MR, Sternfeld B, Schreiner PJ, Jacobs DR Jr, Lewis CE, Liu K, Sidney S. 1999. Association of 20-year changes in cardiorespiratory fitness with incident type 2 diabetes: the coronary artery risk development in young adults (CARDIA) fitness study. *Diabetes Care* 22:1284–1288.
- Chomtho S, Wells JC, Williams JE, Lucas A, Fewtrell MS. 2008. Associations between birth weight and later body composition: evidence from the 4-component model. *Am J Clin Nutr* 88:1040–1048.
- Cureton KJ, Sloniger MA, O'Bannon JP, Black DM, McCormack WP. 1995. A generalized equation for prediction of VO2peak from 1-mile run/walk performance. *Med Sci Sports Exerc* 27:445–451.
- de Onis M, Onyango AW, Borghi E, Garza C, Yang H. 2006. Comparison of the World Health Organization (WHO) Child Growth Standards and the National Center for Health Statistics/WHO international growth reference: implications for child health programmes. *Public Health Nutr* 9:942–947.
- EUROFIT. 1988. Handbook for the EUROFIT tests of physical fitness. Rome: Council of Europe Committee for the Development of Sport.
- Gluckman PD, Hanson MA, Bateson P, Beedle AS, Law CM, Bhutta ZA, Anokhin KV, Bougneres P, Chandak GR, Dasgupta P, Smith GD, Ellison PT, Forrester TE, Gilbert SF, Jablonka E, Kaplan H, Prentice AM, Simpson SJ, Uauy R, West-Eberhard MJ. 2009. Towards a new developmental synthesis: adaptive developmental plasticity and human disease. *Lancet* 373:1654–1657.
- Gluckman PD, Hanson MA, Beedle AS. 2007. Early life events and their consequences for later disease: a life history and evolutionary perspective. *Am J Hum Biol* 19:1–19.
- Godin G, Shephard RJ. 1985. A simple method to assess exercise behavior in the community. *Can J Appl Sport Sci* 10:141–146.
- Grosset JF, Mora I, Lambert D, Perot C. 2008. Voluntary activation of the triceps surae in prepubertal children. *J Electromyogr Kinesiol* 18:455–465.
- Hack M, Weissman B, Borawski-Clark E. 1996. Catch-up growth during childhood among very low-birth-weight children. *Arch Pediatr Adolesc Med* 150:1122–1129.
- Hales CN, Barker DJ. 1992. Type 2 (non-insulin-dependent) diabetes mellitus: the thrifty phenotype hypothesis. *Diabetologia* 35:595–601.
- Harrington TA, Thomas EL, Frost G, Modi N, Bell JD. 2004. Distribution of adipose tissue in the newborn. *Pediatr Res* 55:437–441.
- Hebestreit H, Bar-Or O. 2001. Exercise and the child born prematurely. *Sports Med* 31:591–599.
- Hopper D, Deacon S, Das S, Jain A, Riddell D, Hall T, Briffa K. 2005. Dynamic soft tissue mobilisation increases hamstring flexibility in healthy male subjects. *Br J Sports Med* 39:594–598; discussion 598.
- Kajantie E, Osmond C, Barker DJ, Forsen T, Phillips DI, Eriksson JG. 2006. Size at birth as a predictor of mortality in adulthood: a follow-up of 350 000 person-years. *Int J Epidemiol* 34:655–663.
- Keller H, Bar-Or O, Kriemler S, Ayub BV, Saigal S. 2000. Anaerobic performance in 5- to 7-yr-old children of low birthweight. *Med Sci Sports Exerc* 32:278–283.
- Kitchen WH, Doyle LW, Ford GW, Callanan C. 1992. Very low birth weight and growth to age 8 years. I. Weight and height. *Am J Dis Child* 146:40–45.
- Kriemler S, Keller H, Saigal S, Bar-Or O. 2005. Aerobic and lung performance in premature children with and without chronic lung disease of prematurity. *Clin J Sport Med* 15:349–355.
- Leandro CG, da Silva Ribeiro W, Dos Santos JA, Bento-Santos A, Lima-Coelho CH, Falcão-Tobias F, Lagranha CJ, Lopes-de-Souza S, Manhaes-de-Castro R, Toscano AE. 2012. Moderate physical training attenuates muscle-specific effects on fibre type composition in adult rats submitted to a perinatal maternal low-protein diet. *Eur J Nutr* 51:807–816.
- Lohman TG. 1986. Applicability of body composition techniques and constants for children and youths. *Exerc Sport Sci Rev* 14:325–357.
- Lohman TG, Going SB. 2006. Body composition assessment for development of an international growth standard for preadolescent and adolescent children. *Food Nutr Bull* 27(4 Suppl Growth Standard):S314–S325.
- Moita L, Lustosa MF, Silva AT, Pires-de-Melo IH, de Melo RJ, de Castro RM, Filho NT, Ferraz JC, Leandro CG. 2011. Moderate physical training attenuates the effects of perinatal undernutrition on the morphology of the splenic lymphoid follicles in endotoxemic adult rats. *Neuroimmunomodulation* 18:103–110.
- Mota J, Guerra S, Leandro C, Pinto A, Ribeiro JC, Duarte JA. 2002. Association of maturation, sex, and body fat in cardiorespiratory fitness. *Am J Hum Biol* 14:707–712.
- Ortega FB, Labayen I, Ruiz JR, Martín-Matillas M, Vicente-Rodriguez G, Redondo C, Warnberg J, Gutierrez A, Sjostrom M, Castillo MJ, Moreno LA; AVENA Study Group. 2009. Are muscular and cardiovascular fitness partially programmed at birth? Role of body composition. *J Pediatr* 154:61–66.e1.
- Paiva MD, Souza TO, Canon F, Perot C, Xavier LC, Ferraz KM, Osorio MM, Manhaes-de-Castro R, Lambert D. 2012. Stunting delays maturation of triceps surae mechanical properties and motor performance in prepubertal children. *Eur J Appl Physiol* [Epub ahead of print].
- Pires-de-Melo I, Moita L, Reis Pd, Oliveria Ed, Lisboa P, Moura EG, Manhaes-de-Castro R, Leandro CG. 2012. Effects of a moderate physical training on the leptin synthesis by adipose tissue of adult rats submitted to a perinatal low-protein diet. *Horm Metab Res* 44:814–818.
- Research TCHIA. 1999. FITNESSGRAM test administration manual, 2nd ed. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Ridgway CL, Brage S, Andersen SA, Sardinha LB, Andersen LB, Ekelund U. 2011. Do physical activity and aerobic fitness moderate the association between birth weight and metabolic risk in youth? the European Youth Heart Study. *Diabetes Care* 34:187–192.
- Rogers IS, Ness AR, Steer CD, Wells JC, Emmett PM, Reilly JR, Tobias J, Smith GD. 2006. Associations of size at birth and dual-energy X-ray absorptiometry measures of lean and fat mass at 9 to 10 y of age. *Am J Clin Nutr* 84:736–747.
- Rogers M, Fay TB, Whitfield MF, Tomlinson J, Grunau RE. 2005. Aerobic capacity, strength, flexibility, and activity level in unimpaired extremely low birth weight (<or = 800 g) survivors at 17 years of age compared with term-born control subjects. *Pediatrics* 116:e58–65.
- Saigal S, Stoskopf BL, Streiner DL, Burrows E. 2001. Physical growth and current health status of infants who were of extremely low birth weight and controls at adolescence. *Pediatrics* 108:407–415.
- Salonen MK, Kajantie E, Osmond C, Forsen T, Yliharila H, Paile-Hyvarinen M, Barker DJ, Eriksson JG. 2011. Developmental origins of physical fitness: the Helsinki Birth Cohort Study. *PLoS One* 6:e22302.
- Silva S, Maia J, Claessens AL, Beunen G, Pan H. 2012. Growth references for Brazilian children and adolescents: healthy growth in Cariri study. *Ann Hum Biol* 39:11–18.
- Singhal A, Wells J, Cole TJ, Fewtrell M, Lucas A. 2003. Programming of lean body mass: a link between birth weight, obesity, and cardiovascular disease? *Am J Clin Nutr* 77:726–730.
- Toscano AE, Manhaes-de-Castro R, Canon F. 2008. Effect of a low-protein diet during pregnancy on skeletal muscle mechanical properties of offspring rats. *Nutrition* 24:270–278.
- Vuori IM. 2001. Dose-response of physical activity and low back pain, osteoarthritis, and osteoporosis. *Med Sci Sports Exerc* 33(6 Suppl):S551–S586; discussion 609–610.
- Wells JC. 2010. Maternal capital and the metabolic ghetto: an evolutionary perspective on the transgenerational basis of health inequalities. *Am J Hum Biol* 22:1–17.
- Wells JC. 2011. The thrifty phenotype: an adaptation in growth or metabolism? *Am J Hum Biol* 23:65–75.
- Wells JC, Stock JT. 2011. Re-examining heritability: genetics, life history and plasticity. *Trends Endocrinol Metab* 22:421–428.
- Welsh L, Kirkby J, Lum S, Odendaal D, Marlow N, Derrick G, Stocks J. 2010. The EPICure study: maximal exercise and physical activity in school children born extremely preterm. *Thorax* 65:165–172.

ARTIGO ORIGINAL - 2

Title: Associations among birth weight, body composition, motor performance and gross motor coordination in children aged 7 to 10 years old

Short-Title: Birth weight and motor performance

Authors: Marcos André Moura dos Santos¹, João Wellington Barros², Marcelus Brito de Almeida², Raul Manhães-de-Castro¹, José António Ribeiro Maia³, Carol Góis Leandro².

Author's Institutions

¹ Department of Nutrition, Federal University of Pernambuco, 50670-901 Recife, PE, Brazil

²Department of Physical Education and Sports Science, CAV, Federal University of Pernambuco, 55608-680 Recife, PE, Brazil

³CIFI²D, Faculty of Sport, University of Porto, 4200-450 Porto, Portugal

This study was performed at the Department of Nutrition, Federal University of Pernambuco, 50670-901 Recife, PE, Brazil

Address of corresponding author:

Carol Góis Leandro

Núcleo de Educação Física e Ciências do Esporte, Universidade Federal de Pernambuco. Centro Acadêmico de Vitória – CAV. Phone: (00 55 81) 21268463. Fax: (00 55 81) 21268473. **E-mail:** carolleandro22@gmail.com

This study was supported by National Council for Scientific and Technological Development (CNPq, GRANT n° 501619/2009-7), Coordination for the Improvement of Higher Level -or Education- Personnel (CAPES, GRANT n° 2317/2008) and State of Pernambuco Science and Technology Support Foundation (FACEPE, GRANT n° APQ-0575-4.05/08).

Abstract

Purpose: The main goal of the present study was to analyze the associations among birth weight (BW), body composition, physical fitness and gross motor coordination in children.

Methods: A total of 506 subjects aged 7 to 10 years born in Vitória of Santo Antão (Northeast of Brazil) were sampled. Birth weight was obtained from children medical records. Body weight, height, body mass index (BMI), fat free mass (FFM), and % body fat (%BF) were assessed. Physical fitness was measured by handgrip strength, muscle endurance, explosive power, flexibility, agility, maximal oxygen consumption (VO_{2max}) and running speed. Gross motor coordination was evaluated by means of the *Körperkoordinations-test für Kinder* (KTK) tests. Data analysis included correlations and multiple regression.

Results: Positive correlations ($p < 0.05$) between BW and handgrip strength, speed and aerobic capacity were found, but not between BW and gross motor coordination. BW positively predicted handgrip strength and running speed, even after controlling for decimal age, height, BMI, FFM and %BF. Aerobic fitness showed a similar pattern of results, but the significance of the relationship disappeared when height, BMI and FFM entered the model.

Conclusions: Birth weight was a predictor of handgrip strength, running speed and aerobic fitness even when current chronological age, height and %FM are included in the analysis. On the other hand, no significant associations were found between birth weight and gross motor coordination.

Key words: Birth weight, motor performance, body composition, children

Introduction

Previous studies have consistently reported inverse associations between birth weight and increased risk of metabolic diseases (high blood pressure, glucose intolerance, dyslipidemia, central abdominal adiposity), as well as type 2 diabetes and heart diseases [1,2,3]. One of the best-known attempts to understand this central riddle of developmental origin of diseases is the “phenotype thrifty hypothesis” proposed by Hales and Barker in 1992 [4]. This hypothesis is widely used to interpret associations between early environmental stimuli or insults (for example, malnutrition, smoke, antigens, drugs and alcohol) and degenerative disease risks [4]. Previous studies have shown that birth weight is an important marker of the environmental status of mothers during gestation [5,6].

There is evidence for an inverse association between size at birth and subsequent development of ischemic heart disease, with a 10–20% lower risk observed per 1 kg higher birth weight [7]. On the other hand, a recent meta-analysis showed a linear positive relationship between birth weight and later overweight risk ($p < 0.001$) [8]. Low birth weight ($< 2,500$ g) was found to be followed by a decreased risk of overweight (odds ratio (OR)=0.67; 95% confidence interval (CI) = 0.59-0.76), while high birth weight ($> 4,000$ g) was associated with increased risk of overweight (OR=1.66; 95% CI 1.55-1.77) [8].

Subsequent studies have identified that not only birth weight but also the rapid weight gain during childhood, physical sedentarism and lower physical fitness levels are associated with cardiovascular diseases in adulthood [2,9,10,11]. Small size for gestational age at birth can program excess abdominal fat deposition in children [10]. Furthermore, lower birth weight has been linked to reduced motor performance including muscle strength, muscle endurance and cardiorespiratory fitness in children and adolescents [12]. Our previous study showed that low birth weight alone can be not considered as a biological determinant of physical growth, body composition, or physical fitness in children, but it is a predictor of

permanent deficit in muscle strength (handgrip strength) and running speed performance even after controlling for covariates [13].

Motor coordination has been also associated with birth weight and extremely low birth weight (< 1,500 g) is considered high risk for motor impairment [14]. Indeed, the likelihood of developmental coordination disorder increases for children born very preterm and/or 1,500 g or less, with odds ratios of 6.29 (95% confidence interval, 4.37-9.05, $p < 0.0001$) and 8.66 (95% confidence interval, 3.40-22.07, $p < 0.0001$) for <5th or 5-15th percentile scores, respectively [15]. However, the associations between birth weight and motor coordination is mostly limited to extreme groups (extremely low birth weight) and little is known about the association of the birth weight range on motor coordination in children.

Thus, the purposes of this paper are: (1) to identify the influence of birth weight in motor performance and gross motor coordination, and (2) to verify the joint likelihood of increased or reduced influence of several covariates such as height, BMI, Fat-free mass, and % of body fat in addition to birth weight in motor performance and gross motor coordination.

Material and Methods

Sample

This study was conducted in the city of Vitória de Santo Antão, located in a traditional and economically poor rural zone in the Pernambuco state, in northeast Brazil. A total of 506 subjects (265 males and 241 females) aged 7 to 10 years all born in Vitória of Santo Antão were sampled, with birth weight ranging from 1,000 g to 5,100 g. All measurements were carried out during a 6-month period from March to November 2009, according to the school calendar. No seasonality is to be expected in motor performance and gross motor coordination measures given that the temperature and weather conditions are fairly stable during this period.

The birth weights were obtained from health booklets in which this information was recorded by nurses and/or pediatricians. Written informed consent was obtained from all parents or legal guardians of each child. This study was approved by the ethics committee of the local health authority (Center of Health Science, Federal University of Pernambuco, protocol number 0175.0.172.000-09).

Anthropometry and body composition

The body weight of the lightly dressed and barefooted subjects was measured to the nearest 0.1 kg with a digital scale (Filizola, São Paulo, Brazil), and the standing height was measured to the nearest 0.5 cm using a portable stadiometer (Sanny, São Paulo, Brazil) with each subject's shoes off, feet together, and head in the Frankfurt horizontal plane [16]. The body mass index (BMI) was calculated using the standard formula [weight (kg)/height² (m)]. Triceps and subscapular skinfolds were measured with a Lange caliper (Lange, Santa Cruz, California, USA) according to Lohman et al [17] protocol. The percent body fat (BF %), fat mass (kg) and fat-free mass (FFM, kg) were estimated using Lohman & Going's formulas [17].

Motor performance

Motor performance was assessed according to FITNESSGRAM [18] and EUROFIT [19] standardized test batteries. For the present report the chosen tests were: (1) handgrip strength (measured independently in each hand) using a handgrip dynamometer (Saehan, Flintville, USA); (2) standing long jump (a measure of the explosive power of the lower limbs); (3) curl-ups (as an indicator of dynamic muscle endurance of abdominal muscles); (4) sit-and-reach as a measure of flexibility; (5) aerobic fitness (1-mile run/walk test) as a putative indicator of relative maximal oxygen consumption, where time to run the distance was transformed to $\text{VO}_{2\text{max}}$ ($\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) using the regression equations suggested by a previous study [20]; (6) square test as a measure of agility (complete a weaving running

course [4x4 meter square] in the shortest possible time); (7) and a 20-meter dash run (to evaluate running speed in the shortest possible time).

Gross motor coordination

Gross motor coordination was evaluated with a standardized test battery for children which was developed in Germany (*Körper Koordination Test für Kinder* - KTK) [21], and has been widely used in Brazil. The KTK includes the assessment of the following items: (1) balance – child walks backward on a balance beam 3 m in length, but of decreasing widths: 6 cm, 4.5 cm, 3 cm; (2) jumping laterally – child makes consecutive jumps from side to side over a small beam (60 cm×4cm×2 cm) as fast as possible for 15 s; (3) hopping on one leg over an obstacle – the child is instructed to hop on one foot at a time over a stack of foam squares. After a successful hop with each foot, the height is increased by adding a square (50 cm×20 cm×5 cm) and (4) shifting platforms – child begins by standing with both feet on one platform (25 cm×25 cm×2 cm supported on four legs 3.7 cm high); places the second platform along-side the first and steps on to it; the first platform is then placed alongside the second and the child steps on to it; the sequence continues for 20 s.

Data quality Control

Data quality control was assessed by means of retesting 10% of the total sample 4 weeks apart. ANOVA-based intraclass correlation coefficient (R) and respective 95% confidence intervals were used to estimate relative reliability (Table 1).

Table 1 – Relative reliability estimates (intraclass correlation coefficient, R, and its 95% confidence intervals) of all bodily measurements and motor performance

Variables	R	95% CI
Growth and Body Composition		
Weight (Kg)	0.99	0.98 to 1.00
Height (cm)	0.99	0.98 to 1.00
Triceps skinfold (mm)	0.99	0.98 to 0.99
Subscapular skinfold (mm)	0.99	0.97 to 0.99
Motor performance		
Right Handgrip Strength (kgf)	0.98	0.97 to 0.99
Left Handgrip Strength (kgf)	0.98	0.95 to 0.99
Standing Long Jump (cm)	0.99	0.96 to 0.99
Running speed in 20-meter test (s)	0.95	0.81 to 0.99
Time to perform a distance in a square with 4x4 meters (s)	0.97	0.89 to 0.99
Sit and Reach (cm)	0.98	0.93 to 0.99
Curl-ups (number of repetitions/min)	0.95	0.88 to 0.98
VO _{2max} (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	0.88	0.52 to 0.97
Gross Motor Coordination		
Balancing backwards	0.93	0.72 to 0.98
One-legged obstacle jumping	0.87	0.48 to 0.97
Jumping from side to side	0.92	0.67 to 0.98
Sideway movements	0.85	0.39 to 0.96

Statistical analysis

Exploratory data analysis was used to identify possible inaccurate information, outliers and normality checks. Variables with skewed distribution were log transformed to obtain a more symmetrical distribution. Descriptive statistics are presented as means and standard deviations, minimum and maximum values. Interactions factors (i.e., sex x birth weight and age x birth weight) were considered within ANOVA models. Since no statistically significant interactions were found, all sex and age groups were analyzed together.

After inspection of correlation results (Pearson correlation) among the main study variables, the effects of birth weight on motor performance were analyzed by linear regression in an extended-model approach. Thus, a series of linear regression models were consecutively tested: Model I included only the predictor (birth weight) and the motor performance dependent variable; for model II, one confounder (i.e., current decimal age) was entered; for SANTOS, M.A.S. Tese de Doutorado. UFPE, 2012

model III, height was entered into the model (confounder + height); for model IV, BMI was entered into the model instead of height (confounder + BMI); for model V, FFM was entered into the model instead of BMI (confounder + FFM); for model VI, BF% was entered into the model instead of previous indices (confounder + BF %). Separate models were built for each body size and body composition variable to determine how each one influence, or not, the associations between birth weight and motor performance variables. SPSS software version 18.0 (SPSS Inc, Chicago) was used in all analysis, and the significant level was set at 5%.

Results

Basic descriptive information concerning physical growth, body composition, motor performance and gross motor coordination is shown in Table 2.

Table 2 Sample descriptive characteristics (Means $\pm$ standard deviations, Minimum and Maximum) of physical growth, body composition, motor performance and gross motor coordination variables.

	Mean $\pm$ sd	Min	Max
Birth Weight (g)	3043 $\pm$ 0.5	1000	5100
Age (decimal age)	8.78 $\pm$ 1.0	7.00	10.40
Growth and Body Composition			
Weight (Kg) [§]	30.1 $\pm$ 7.3	12.9	57.1
Height (cm) [§]	132.1 $\pm$ 8.2	110.6	158.0
BMI (Kg·m ⁻²) [§]	17.1 $\pm$ 2.9	11.1	32.6
Body Fatness (%) [§]	21.0 $\pm$ 8.3	6.6	47.0
Fat Mass (kg) [§]	6.8 $\pm$ 4.2	1.2	23.2
Fat Free Mass (kg) [§]	23.3 $\pm$ 4.0	13.4	48.7
Motor performance			
Handgrip Strength (kgf) [†]	13.1 $\pm$ 3.5	4.0	24.5
Standing Long Jump (cm) [§]	108.4 $\pm$ 21.4	38.0	168.0
Sit and Reach (cm) [§]	25.4 $\pm$ 5.7	9.0	46.5
Curl-ups (n/mim) [§]	16.1 $\pm$ 7.9	0.0	39.0
Running speed in 20m (s)	4.6 $\pm$ 0.6	3.5	6.6
Square test (s)	7.6 $\pm$ 0.6	5.3	11.2
VO ₂ max (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	46.0 $\pm$ 3.9	32.9	57.3
VO ₂ max (L·min ⁻¹)	1.3 $\pm$ 0.2	0.78	1.3
Gross Motor Coordination			
Balancing backwards [§]	38.7 $\pm$ 13.1	5.0	70.0
One-legged obstacle jumping [§]	38.9 $\pm$ 11.6	8.0	68.0
Jumping from side to side [§]	44.0 $\pm$ 12.2	14.0	76.0
Sideway movements [§]	36.0 $\pm$ 5.5	23.0	51.0

[†]The average of left and right hand scores is shown

[§]Log-transformed variables were used in the latter analysis.

Table 3 shows the Pearson correlation (r and p -values) among birth weight, motor performance, gross motor coordination, attained body size (height and BMI) and body composition (FFM, % body fat). Birth weight correlated positively with height, BMI, FFM, handgrip strength and absolute VO_{2max} ($L \cdot min^{-1}$), and negatively with 20-meter run and relative VO_{2max} ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$). No statistically significant associations were found among birth weight, % BF, standing long jump, sit and reach, curl-ups and square test and motor coordination ($p > 0.05$). Height, BMI, %BF and FFM showed associations with some motor performance and gross motor coordination variables as shown in Table 3.

Table 3 Bivariate correlations [Pearson correlation coefficient, *r* and (*p*-values)] among birth weight, body size, body composition, motor performance and gross motor coordination

Variables	Birth weight (g) §	Height (cm) [§]	BMI (Kg·m ⁻²) [§]	%BF [§]	FFM (kg) [§]
Birth weight (g) [§]	- (-)	0.112 (0.012)	0.087 (0.051)	0.059 (0.187)	0.170 (<0.001)
<i>Motor performance</i>					
Handgrip Strength (kgf) †	0.194 (<0.001)	0.664 (<0.001)	0.318 (<0.001)	0.184 (<0.001)	0.672 (<0.001)
Standing Long Jump (cm) [§]	-0.044 (0.318)	0.206 (<0.001)	0.191 (<0.001)	-0.303 (<0.001)	0.145 (<0.001)
Sit and Reach (cm) [§]	0.016 (0.721)	-0.177 (<0.001)	0.019 (0.665)	-0.022 (0.624)	0.091 (0.040)
Curl-ups (n/min) [§]	0.039 (0.376)	0.076 (0.088)	-0.206 (<0.001)	-0.240 (<0.001)	0.023 (0.601)
Running speed in 20m (s)	-0.113 (0.011)	-0.190 (<0.001)	0.118 (0.004)	0.239 (<0.001)	-0.164 (<0.001)
Square test (s)	0.008 (0.854)	-0.247 (<0.001)	0.070 (0.119)	0.175 (<0.001)	-0.212 (<0.001)
VO _{2max} (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	-0.124 (0.005)	-0.010 (0.830)	-0.615 (<0.001)	-0.505 (<0.001)	0.263 (<0.001)
VO _{2max} (L·min ⁻¹)	0.124 (0.005)	0.842 (<0.001)	0.647 (<0.001)	0.558 (<0.001)	0.894 (<0.001)
<i>Gross motor Coordination</i>					
Balancing Backwards [§]	0.026 (0.567)	- 0.078 (0.078)	- 0.208 (<0.001)	- 0.241 (<0.001)	- 0.113 (0.011)
One-legged obstacle jumping [§]	- 0.068 (0.130)	0.208 (<0.001)	- 0.173 (<0.001)	- 0.263 (<0.001)	0.109 (0.014)
Jumping from side to side [§]	- 0.030 (0.496)	0.172 (<0.001)	0.060 (0.179)	- 0.118 (<0.001)	0.119 (0.007)
Sideway movements [§]	- 0.017 (0.702)	0.240 (<0.001)	- 0.063 (0.157)	- 0.119 (<0.001)	0.195 (<0.001)

†The average of left and right hand scores is shown

§ Log-transformed variables were used in the analysis.

Results for the different multiple linear regressions models are presented in Table 4 showing the expected changes in the selected motor performance variables (according to their

statistically significant correlations) per 1 gram increases in children birth weight. Birth weight positively and significantly predicted handgrip strength, even after controlling for decimal age, as well as additional covariates as height, BMI, FFM and %BF. A significant association between birth weight and running speed was noticed and this association remained significant even after controlling for decimal age, and also after additional controlling for height, BMI, FFM, and %BF. Aerobic fitness (relative $\text{VO}_{2\text{max}}$) showed a similar pattern of results. However, the significance of the relationship disappeared when FFM entered the model for $\text{VO}_2 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Similarly, birth weight positively and significantly predicted absolute values of aerobic fitness ($\text{VO}_2 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$). However, the significance of the relationship disappeared when height, BMI and FFM entered in model.

Table 4 Linear regression coefficients (beta estimates $\pm$ standard errors, 95% confidence intervals, and p-values) showing estimated change in mean handgrip strength, running speed and aerobic fitness ($\text{VO}_{2\text{max}}$ expressed in $\text{mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) per 1-gram increase in children birth weight

	Birth Weight (kg)			
	n	$\beta \pm \text{s.e.}$	95 % CI	p-value
Handgrip Strength (kg/f) †				
No confounder	506	1.052 $\pm$ 0.237	0.586 to 1.518	<0.001
Confounder	506	0.924 $\pm$ 0.198	0.535 to 1.314	<0.001
Confounder + Height [§]	506	0.688 $\pm$ 0.174	0.346 to 1.029	<0.001
Confounder + BMI [§]	506	0.828 $\pm$ 0.190	0.455 to 1.200	<0.001
Confounder + FFM [§]	506	0.508 $\pm$ 0.169	0.176 to 0.841	0.003
Confounder + % BF [§]	506	0.889 $\pm$ 0.197	0.503 to 1.276	<0.001
Running speed in 20m (s)				
No confounder	506	-0.089 $\pm$ 0.035	-0.158 to -0.021	0.011
Confounder	506	-0.079 $\pm$ 0.033	-0.145 to -0.013	0.019
Confounder + Height [§]	506	-0.079 $\pm$ 0.034	-0.145 to -0.013	0.020
Confounder + BMI [§]	506	-0.094 $\pm$ 0.033	-0.159 to -0.029	0.005
Confounder + FFM [§]	506	-0.078 $\pm$ 0.034	-0.145 to -0.012	0.022
Confounder + % BF [§]	506	-0.091 $\pm$ 0.032	-0.154 to -0.001	0.005
VO₂ max (mL.kg⁻¹.min⁻¹)				
No confounder	506	-0.763 $\pm$ 0.273	-1.298 to -0.227	0.005
Confounder	506	-0.808 $\pm$ 0.269	-1.337 to -0.278	0.003
Confounder + Height [§]	506	-0.735 $\pm$ 0.269	-1.263 to -0.206	0.007
Confounder + BMI [§]	506	-0.393 $\pm$ 0.204	-0.793 to 0.007	0.054
Confounder + FFM [§]	506	-0.411 $\pm$ 0.253	-0.908 to 0.087	0.106
Confounder + % BF [§]	506	-0.654 $\pm$ 0.229	-0.705 to -0.036	0.004
VO₂ max (L.min⁻¹)				
No confounder	506	0.054 $\pm$ 0.019	0.016 to 0.092	0.005
Confounder	506	0.044 $\pm$ 0.017	0.012 to 0.077	0.008
Confounder + Height [§]	506	0.013 $\pm$ 0.011	-0.008 to 0.034	0.217
Confounder + BMI [§]	506	0.019 $\pm$ 0.012	-0.003 to 0.042	0.092
Confounder + FFM [§]	506	-0.011 $\pm$ 0.009	-0.028 to 0.006	0.206
Confounder + % BF [§]	506	0.032 $\pm$ 0.013	0.006 to 0.059	0.017

† The average of left and right hand scores is shown; [§] Log-transformed variables were used in the analysis.

DISCUSSION

We found that the birth weight was positively associated with current height, BMI and FFM, which corroborate previous studies that reported this same positive association during childhood [8,22,23]. The slope of these associations with birth weight, notwithstanding its different magnitude, is well established such that with increasing deficits in birth weight, somatic variables and body composition are affected during childhood [24]. It is important to note that there are relevant differences when low (< 2,500 g) or high (> 4,000 g) birth weight infants are contrasted with normal (between 3,000 and 3,999 g) birth weight infants [10,25]

and it makes the different groups appear to have fundamentally different developmental pathways and to have rapid post-natal growth pattern. However, in view of the linear associations shown in the present study, it is more appropriate to consider low birth weight and high birth weight individuals as extremes of a continuum of metabolic capacity scaling with birth size [26].

While the association between birth weight and handgrip strength and absolute $\text{VO}_{2\text{max}}$ ($\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$) was positive, there was an inverse association with 20-meter run (expected given that we consider time to run the distance, thus less time equals better performance) and relative $\text{VO}_{2\text{max}}$ ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) and no association with gross motor coordination. In accordance with previous studies, both low and high birth weights are associated with higher chances to adopt sedentary lifestyles, which may be a mediator between low physical activity levels and low performance in motor performance tests [11,13,27]. The present findings about gross motor coordination are consistent with previous studies [28,29,30,31]. Impaired performance in motor coordination tests were reported mostly in extreme low birth weight ($< 1,500$) children (aged 8 to 11 years) [32]. In addition, the association between current height, body composition and gross motor coordination seems to be more determinant in pre-pubertal children as seen in our previous study [33].

According to our data, current height, BMI, %BF and FFM were more associated with motor performance and gross motor coordination. While %BF was positively associated with the performance in physical fitness tests that included force and velocity, there was a negative association with motor coordination as described in previous studies [34,35,36]. On the other hand, FFM showed a positive association with all motor performance and gross motor coordination variables except for running speed in 20m, square test and balancing backwards as shown in a previous study [35]. Taken together, it means that metabolic load (%BF and FFM) is associated with some motor performance and gross motor coordination

variables independently of the birth weight. In UK children aged 9 years, height, lean mass, and fat mass were found to be independently and positively associated with blood pressure [37]. For some aspects, postnatal conditions including body size and composition are strong inductors of phenotype plasticity and hence important for the understanding of the relationship between early environment and adulthood metabolic disease.

When studying the relationship between birth weight and its consequences in childhood, a serious limited statistical power was recently addressed in available research, namely to reliably explore the effect of confounding variables [8]. In order to study the associations among birth weight, body composition, and physical fitness without overestimated the power of birth weight and unduly selective emphasis on particular results, the present study used the multiple linear regressions models. Furthermore, before the start of the study we conducted a power analysis given the following conditions, an error of $\pm 5\%$, a power of 80%, and a relative risk of 2.0 for events low birth weight and versus NBW, and the estimated sample size was 474 children, which was satisfied in the present report. It was shown that the expectations of mean changes in the handgrip strength and running speed per 1 gram increase in birth weight in children is independent of decimal age, current height, BMI, FFM and %BF. However, the association between birth weight and aerobic fitness was weakened by the inclusion of FFM in the regression model. The combined effects of birth weight and motor performance during childhood have been investigated in some previous studies that support the present finding [12,38,39,40]. Low levels of aerobic fitness may induce a more sedentary lifestyle and an increased risk of an imbalance in the metabolic load and capacity [26]. In addition, the positive association between birth weight and muscle strength and endurance are related to large muscle mass, which also exacerbate metabolic load arising from high birth weight indicating constrained metabolic capacity.

In conclusion, birth weight can be considered a predictor of handgrip strength, running speed and aerobic fitness even when current chronological age, height and %FM are included in the analysis. On the other hand, there are no associations among birth weight and motor coordination. The current body composition seems be more determinant in terms of gross motor coordination in children.

Conflicts of interest

We declare that we have no conflicts of interest.

Acknowledgments

This study was supported by National Council for Scientific and Technological Development (CNPq), Coordination for the Improvement of Higher Level -or Education- Personnel (CAPES) and State of Pernambuco Science and Technology Support Foundation (FACEPE). Authors' contributions were as follows: M.A.M.S., J.W.B., R.M.C and M.B.A. designed the study and collected the data. M.A.M.S., C.G.L., and J.A.R.M performed all statistical analyses and wrote the paper. All authors were responsible for critical revisions of the paper and approval of the final version. We thank all children and their families for participating in this study.

REFERENCES

1. Barker DJ (2006) Birth weight and hypertension. *Hypertension* 48: 357-358.
2. Labayen I, Moreno LA, Blay MG, Blay VA, Mesana MI, et al. (2006) Early programming of body composition and fat distribution in adolescents. *J Nutr* 136: 147-152.
3. Langley-Evans SC (2001) Fetal programming of cardiovascular function through exposure to maternal undernutrition. *Proc Nutr Soc* 60: 505-513.
4. Hales CN, Barker DJ (1992) Type 2 (non-insulin-dependent) diabetes mellitus: the thrifty phenotype hypothesis. *Diabetologia* 35: 595-601.

SANTOS,M.A.S. Tese de Doutorado. UFPE,2012

5. Gluckman PD, Hanson MA, Bateson P, Beedle AS, Law CM, et al. (2009) Towards a new developmental synthesis: adaptive developmental plasticity and human disease. *Lancet* 373: 1654-1657.
6. Gluckman PD, Hanson MA, Beedle AS (2007) Early life events and their consequences for later disease: a life history and evolutionary perspective. *Am J Hum Biol* 19: 1-19.
7. Huxley R, Owen CG, Whincup PH, Cook DG, Rich-Edwards J, et al. (2007) Is birth weight a risk factor for ischemic heart disease in later life? *Am J Clin Nutr* 85: 1244-1250.
8. Schellong K, Schulz S, Harder T, Plagemann A (2012) Birth weight and long-term overweight risk: systematic review and a meta-analysis including 643,902 persons from 66 studies and 26 countries globally. *PLoS One* 7: e47776.
9. Barker DJ, Osmond C, Forsen TJ, Kajantie E, Eriksson JG (2005) Trajectories of growth among children who have coronary events as adults. *N Engl J Med* 353: 1802-1809.
10. Biosca M, Rodriguez G, Ventura P, Samper MP, Labayen I, et al. (2011) Central adiposity in children born small and large for gestational age. *Nutr Hosp* 26: 971-976.
11. Andersen LG, Angquist L, Gamborg M, Byberg L, Bengtsson C, et al. (2009) Birth weight in relation to leisure time physical activity in adolescence and adulthood: meta-analysis of results from 13 nordic cohorts. *PLoS One* 4: e8192.
12. Ridgway CL, Brage S, Anderssen SA, Sardinha LB, Andersen LB, et al. (2011) Do physical activity and aerobic fitness moderate the association between birth weight and metabolic risk in youth?: the European Youth Heart Study. *Diabetes Care* 34: 187-192.
13. Moura-Dos-Santos M, Wellington-Barros J, Brito-Almeida M, Manhaes-de-Castro R, Maia J, et al. (2012) Permanent deficits in handgrip strength and running speed performance in low birth weight children. *Am J Hum Biol*: (in press).

14. Dewey D, Creighton DE, Heath JA, Wilson BN, Anseeuw-Deeks D, et al. (2011) Assessment of developmental coordination disorder in children born with extremely low birth weights. *Dev Neuropsychol* 36: 42-56.
15. Edwards J, Berube M, Erlandson K, Haug S, Johnstone H, et al. (2011) Developmental coordination disorder in school-aged children born very preterm and/or at very low birth weight: a systematic review. *J Dev Behav Pediatr* 32: 678-687.
16. Lohman TG (1986) Applicability of body composition techniques and constants for children and youths. *Exerc Sport Sci Rev* 14: 325-357.
17. Lohman TG, Going SB (2006) Body composition assessment for development of an international growth standard for preadolescent and adolescent children. *Food Nutr Bull* 27: S314-325.
18. Research TCIfA (1999) FITNESSGRAM test administration manual. 2nd ed Champaign, IL: Human Kinetics.
19. EUROFIT (1988) Handbook for the EUROFIT tests of physical fitness. Rome: Council of Europe Committee for the Development of Sport.
20. Cureton KJ, Sloniger MA, O'Bannon JP, Black DM, McCormack WP (1995) A generalized equation for prediction of VO₂peak from 1-mile run/walk performance. *Med Sci Sports Exerc* 27: 445-451.
21. Kiphard EJ, Schilling F (1974) *Korper-koordinations-test fur kinder*. Ktk.Manual. Weiheim: Beltz Test GmbH.
22. Kitchen WH, Doyle LW, Ford GW, Callanan C (1992) Very low birth weight and growth to age 8 years. I: Weight and height. *Am J Dis Child* 146: 40-45.
23. Chomtho S, Wells JC, Williams JE, Lucas A, Fewtrell MS (2008) Associations between birth weight and later body composition: evidence from the 4-component model. *Am J Clin Nutr* 88: 1040-1048.

24. Walker SP, Gaskin PS, Powell CA, Bennett FI (2002) The effects of birth weight and postnatal linear growth retardation on body mass index, fatness and fat distribution in mid and late childhood. *Public Health Nutr* 5: 391-396.
25. Leeson CP, Kattenhorn M, Morley R, Lucas A, Deanfield JE (2001) Impact of low birth weight and cardiovascular risk factors on endothelial function in early adult life. *Circulation* 103: 1264-1268.
26. Wells JC (2011) The thrifty phenotype: An adaptation in growth or metabolism? *Am J Hum Biol* 23: 65-75.
27. Rogers M, Fay TB, Whitfield MF, Tomlinson J, Grunau RE (2005) Aerobic capacity, strength, flexibility, and activity level in unimpaired extremely low birth weight (≤ 800 g) survivors at 17 years of age compared with term-born control subjects. *Pediatrics* 116: e58-65.
28. Marlow N, Hennessy EM, Bracewell MA, Wolke D (2007) Motor and executive function at 6 years of age after extremely preterm birth. *Pediatrics* 120: 793-804.
29. Keller H, Ayub BV, Saigal S, Bar-Or O (1998) Neuromotor ability in 5- to 7-year-old children with very low or extremely low birthweight. *Dev Med Child Neurol* 40: 661-666.
30. Keller H, Bar-Or O, Kriemler S, Ayub BV, Saigal S (2000) Anaerobic performance in 5- to 7-yr-old children of low birthweight. *Med Sci Sports Exerc* 32: 278-283.
31. Datar A, Jacknowitz A (2009) Birth weight effects on children's mental, motor, and physical development: evidence from twins data. *Maternal and child health journal* 13: 780-794.
32. Marlow N, Roberts L, Cooke R (1993) Outcome at 8 years for children with birth weights of 1250 g or less. *Arch Dis Child* 68: 286-290.

33. Paiva M, Souza TO, Canon F, Perot C, Xavier LC, et al. (2012) Stunting delays maturation of triceps surae mechanical properties and motor performance in prepubertal children. *Eur J Appl Physiol* 112: 4053-4061.
34. Mota J, Guerra S, Leandro C, Pinto A, Ribeiro JC, et al. (2002) Association of maturation, sex, and body fat in cardiorespiratory fitness. *Am J Hum Biol* 14: 707-712.
35. Lopes VP, Rodrigues LP, Maia JA, Malina RM (2011) Motor coordination as predictor of physical activity in childhood. *Scand J Med Sci Sports* 21: 663-669.
36. Freitas D, Beunen G, Maia J, Claessens A, Thomis M, et al. (2012) Tracking of fatness during childhood, adolescence and young adulthood: a 7-year follow-up study in Madeira Island, Portugal. *Ann Hum Biol* 39: 59-67.
37. Wells JC, Williams JE, Chomtho S, Darch T, Grijalva-Eternod C, et al. (2012) Body-composition reference data for simple and reference techniques and a 4-component model: a new UK reference child. *Am J Clin Nutr* 96: 1316-1326.
38. Ortega FB, Labayen I, Ruiz JR, Martin-Matillas M, Vicente-Rodriguez G, et al. (2009) Are muscular and cardiovascular fitness partially programmed at birth? Role of body composition. *J Pediatr* 154: 61-66 e61.
39. Welsh L, Kirkby J, Lum S, Odendaal D, Marlow N, et al. (2010) The EPICure study: maximal exercise and physical activity in school children born extremely preterm. *Thorax* 65: 165-172.
40. Salonen MK, Kajantie E, Osmond C, Forsen T, Yliharsila H, et al. (2011) Developmental origins of physical fitness: the Helsinki Birth Cohort Study. *PLoS One* 6: e22302.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

7.0 CONCLUSÕES GERAIS

Na primeira instância, esta pesquisa teve como finalidade analisar os efeitos do baixo peso ao nascer sobre o crescimento físico, a composição corporal, aptidão física, o desenvolvimento neuromotor e o nível de atividade física habitual em crianças. No segundo momento, analisou-se as associações entre o peso ao nascer, as variáveis antropométricas, a aptidão física e o desempenho neuromotor, mediadas por variáveis biológicas (idade em meses, peso, estatura, IMC) e a composição corporal (% de gordura, massa gorda e massa corporal magra) e uma variável ambiental (nível de atividade física). De acordo com os objetivos estabelecidos em cada capítulo, o da revisão da literatura, o tratamento dos dados referentes aos estudos originais, destacamos as seguintes conclusões:

Artigo de Revisão	<i>Crescimento, desenvolvimento e aptidão física: uma revisão sistemática sobre a influência do baixo peso ao nascer.</i> 1) O peso ao nascer pode influenciar, de alguma forma, variáveis relacionadas ao crescimento somático e a composição corporal e o nível de aptidão física de crianças e adolescentes. 2) Não está claro se estes déficits são permanentes ao longo das diferentes fases do crescimento ou podem ser atenuados ou revertidos.
Artigo original - 1	<i>Permanent deficits in handgrip strength and running speed performance in low birth weight children.</i> 1) O baixo peso ao nascer por si só não parece ser um fator determinante da composição corporal e alguns componentes da aptidão física. 2) O peso ao nascer é um preditor do menor desempenho em força muscular e velocidade de corrida durante a infância.

Artigo original 2

Associations among birth weight, body composition, motor performance and gross motor coordination in children aged 7 to 10 years old.

- 1) O peso ao nascer pode ser considerado um preditor da força de preensão, velocidade de corrida e da aptidão aeróbia, mesmo após ajustes para a idade cronológica, estatura e % Gordura.
 - 2) Não foram evidenciadas associações entre o peso ao nascer e a coordenação motora. A composição corporal atual parece ser mais determinante em termos de coordenação motora em crianças pré-púberes.
-

PERSPECTIVAS

Os resultados obtidos neste estudo nos remetem a uma reflexão sobre os déficits, relacionados ao crescimento físico, a composição corporal, a aptidão física e o desenvolvimento neuromotor de crianças, de modo a buscarmos um entendimento dos mecanismos subjacentes relacionados à influência dos fatores ambientais mediando às relações entre o peso ao nascer e as condições ao qual o sujeito está envolvido.

Contudo, no que refere à existência de déficits em relação à força muscular e a velocidade de corrida, resta saber se esses efeitos persistem até a adolescência ou a idade adulta, a fim de estabelecer uma associação entre os primeiros eventos ocorridos no início da vida e os riscos ao desenvolvimento de doenças metabólicas. Deste modo, emerge a necessidade de se verificar a importância relativa que outros hábitos relacionados ao estilo de vida (controle nutricional, nível de atividade física, aptidão física, etc.), possam exercer na mediação destes déficits.

Considerando que a aptidão física é altamente sensível ao nível de atividade física, estudos de característica longitudinal, bem como de intervenção também são necessários para

investigar o potencial efeito do BPN, mesmo quando comparada com os estímulos ambientais positivos.

ANEXOS

ANEXOS

- ANEXO A Artigo publicado na Revista de Nutrição: Pode o peso ao nascer influenciar o estado nutricional, os níveis de atividade física e a aptidão física relacionada à saúde de crianças e jovens? Rev. Nutr., Campinas, 24(5):777-784, set./out., 2011.
- ANEXO B Artigo publicado na Revista de Neurobiologia: Pode o nível de atividade física atenuar os efeitos do baixo peso ao nascer sobre o desenvolvimento neuromotor de crianças? Rev. NEUROBIOLOGIA, 74 (2) abr./jun., 2011.
- ANEXO C Parecer do comitê de ética em Pesquisa
- ANEXO D Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)
- ANEXO E Comunicado aos pais ou responsáveis sobre os procedimentos, avaliações e testes.
- ANEXO F Ficha de avaliação antropométrica, composição corporal e aptidão física.
- ANEXO G Questionário de avaliação do Nível de Atividade Física Habitual
- ANEXO H Ficha de avaliação do desempenho motor - KTK
- ANEXO I Comprovante de encaminhamento do manuscrito: Crescimento, desenvolvimento e aptidão física: uma revisão sistemática sobre a influência do baixo peso ao nascer. – Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil.

ANEXO A – Artigo publicado na Revista de Nutrição: Pode o peso ao nascer influenciar o estado nutricional, os níveis de atividade física e a aptidão física relacionada à saúde e crianças e jovens? Rev. Nutr., Campinas, 24(5):777-784, set./out., 2011.

Parecer do Comitê de ética em Pesquisa

ANEXO B - Artigo publicado na Revista de Neurobiologia: Pode o nível de atividade física atenuar os efeitos do baixo peso ao nascer sobre o desenvolvimento neuromotor de crianças?
Rev. NEUROBIOLOGIA, 74 (2) abr./jun., 2011.

ANEXO C – Parecer do Comitê de Ética

ANEXO III



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
Comitê de Ética em Pesquisa**

Of. Nº. 231/2009 - CEP/CCS Recife, 20 de agosto de 2009

Registro do SISNEP FR – 261629
CAAE – 0175.0.172.000-09
Registro CEP/CCS/UFPE Nº 178/09
Título: **"Programação perinatal e desenvolvimento neuromotor: estudo com crianças dos 7 aos 10 anos da Zona da Mata do Estado de Pernambuco".**

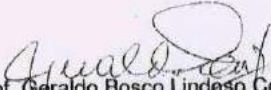
Pesquisadora Responsável: Carol Virgínia Góis Leandro.

Senhora Pesquisadora:

Informamos que o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco (CEP/CCS/UFPE) registrou e analisou, de acordo com a Resolução N.º 196/96 do Conselho Nacional de Saúde, o protocolo de pesquisa em epígrafe, aprovando-o e liberando-o para início da coleta de dados em 20 de agosto de 2009.

Ressaltamos que o pesquisador responsável deverá apresentar o relatório ao final da pesquisa.

Atenciosamente


Prof. Geraldo Bosco Lindoso Couto
Coordenador do CEP/CCS/UFPE
 Geraldo Bosco Lindoso Couto
Coordenador do CEP/CCS/UFPE

A
Dra. Carol Virgínia Góis Leandro
Departamento de Nutrição - CCS/UFPE

Av. Prof. Moraes Rego, s/n Cid. Universitária, 50670-901, Recife - PE, Tel/fax: 81 2126 8588; cepccs@ufpe.br

ANEXO D - Termo de consentimento livre e esclarecido (TCL)**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Nome da Pesquisa: Programação Perinatal, desenvolvimento neuro-motor, aptidão física e composição corporal: estudo com crianças dos 7 aos 10 anos de idade da Zona da Mata do Estado de Pernambuco

Pesquisador responsável: Carol Virginia Góis Leandro – Marcos André Moura dos Santos
Universidade Federal de Pernambuco

Av. Porf. Moares Rego, s/n – Cidade Universitária

CEP:50670-901 – Recife /Pernambuco

Fone: (081) 2126-8588

O seu filho foi escolhido entre as crianças que nasceram no Município Vitória de Santo Antão no período de 1999 a 2003, para fazer parte de um estudo a ser realizado pelo Centro Acadêmico de Vitória- UFPE, que tem como objetivo avaliar o nível de aptidão física, o desenvolvimento neuromotor (coordenação corporal e equilíbrio), o nível de atividade física diário, bem como avaliar algumas medidas corporais. Para avaliarmos o perfil de crescimento, estado nutricional, aptidão física, a coordenação e o equilíbrio corporal do seu filho, vamos precisar medir o seu peso corporal, altura em pé e sentado, circunferência da cabeça, do braço, da cintura e do quadril e os depósitos de gordura do corpo. Realizaremos também testes de: velocidade, força, resistência, agilidade, flexibilidade e um teste de coordenação e equilíbrio corporal. Ainda será aplicado um questionário para saber sobre as atividades físicas diárias do seu filho durante uma semana. Vamos também avaliar a pressão sanguínea. Essas avaliações serão realizadas em dois momentos e as crianças serão levadas para o Centro Acadêmico de Vitória em uma condução específica deste projeto.

CONSENTIMENTO DO PACIENTE

Li e entendi as informações descritas neste estudo e todas as minhas dúvidas em relação à participação do meu filho _____ nesta pesquisa, sendo estas respondidas satisfatoriamente. Dou livremente o consentimento para participação do meu filho neste estudo até que decida pelo contrário.

Assinatura do pai ou responsável: _____ Data: _____

PESO DE NASCIMENTO DA CRIANÇA: _____

NOME COMPLETO DA MÃE: _____

NASCIDO EM VITORIA () SIM () NÃO

DECLARAÇÃO DO PESQUISADOR

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o consentimento livre e esclarecido deste pai ou responsável para a participação nesta pesquisa.

Assinatura do pesquisador: _____ Data: _____

ANEXO E - Comunicado aos pais ou responsáveis sobre os procedimentos, avaliações e testes.

C O M U N I C A D O

Prezado senhor (a) responsável pelo aluno (a) _____

Comunicamos que estamos iniciando a **COLETA** de dados do **PROJETO PROGRAMAÇÃO FETAL DESENVOLVIMENTO NEUROMOTOR E APTIDÃO FÍSICA: ESTUDO COM CRIANÇAS DE 7 A 10 ANOS DA ZONA DA MATA DO ESTADO DE PERNAMBUCO**. Informamos que a avaliação das medidas antropométricas e testes motores será realizada nesta XXXXXXXXXXXXXXXX podendo escolher entre o horário da manhã ou a tarde.

Na ocasião iremos entregar uma CAMISA do nosso projeto como forma de agradecer pela valiosa participação em nossa pesquisa. Por isso é muito **IMPORTANTE** que você compareça a esta avaliação.

Desde já renovamos os nossos sinceros votos de elevada estima e consideração,

Atenciosamente,

Profº Ms. Marcos Andre Moura dos Santos

Coordenador do Projeto: Programação Fetal, desenvolvimento neuromotor e aptidão física: estudo com crianças dos 7 aos 10 anos da Zona da Mata do Estado de Pernambuco

Universidade Federal de Pernambuco-PE, Recife - Pernambuco

Em, Recife, de 2009

ANEXO F - Ficha de avaliação antropométrica e da Aptidão Física

FICHA DE AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA
--

NOME: _____ IDADE: _____

NASC. ____ / ____ / ____ DATA ALIAÇÃO: ____ / ____ / ____

P. ARTERIAL: 1. ____ / ____ 2. ____ / ____ 3. ____ / ____

Peso (Kg)..... Peso ao nascer (g): Altura (cm)..... Altura sentado (cm)..... (-50cm banco)**Perímetros**

DIR

ESQ.

Perímetro do Braço Relaxado (cm)..... Perímetro Geminal (cm)..... Perímetro da Cintura (cm)..... Perímetro do Quadril (cm)..... Perímetro Cefálico (cm)..... **Gordura subcutânea**Tricipital SKF (mm)..... Bíceps SKF (mm)..... Suprailíaca (mm)..... Subescapular SKF(mm)..... Coxa medial SKF (mm)..... Panturrilha media SKF (mm).....

FICHA DE AVALIAÇÃO DA APTIDÃO FÍSICA

Pressão manual: Direita Esquerda 1. Flexibilidade (Sentar e alcançar) 2. Abdominais 1min 3. Impulsão horizontal s/corrida preparatória. 4. Agilidade 5. Velocidade 20m 7 Vo2max (distância m) 1.609m Tempo Total (mim)

ANEXO G – Questionário de avaliação do nível de atividade Física Habitual

**Questionário de Atividade Física Habitual
(Godin & Shephard, 1985)**

Nome: _____ Sexo: _____

Data da Avaliação: ____/____/2009

Com que você reside: _____

1. Considere num período de 7 dias (uma semana) quantas vezes, em média, você realiza diferentes tipos de exercícios por mais de 15 minutos durante o seu tempo livre (escreve em cada linha o número apropriado).

- a) **Exercícios extenuantes (intensos):** onde o Coração bate rapidamente (ex.: corridas, futebol, basquete, judô, natação vigorosa, longos percursos vigorosos de bicicleta.

Nº de vezes por semana

- b) **Exercícios moderados (não exaustivos):** (ex.: caminhadas rápidas, voleibol, percursos lentos de bicicleta, natação não exaustiva, dança etc).

Nº de vezes por semana

- c) **Exercício suave: esforço mínimo** (ex.: yoga, caminhadas lentas, pesca, etc).

Nº de vezes por semana

2. Considere num período de 7 dias (uma semana), durante o seu tempo de lazer, quantas vezes realiza uma atividade física suficientemente longa para suar (transpirar), em que o coração bate rapidamente?

_____ **Nunca/raramente** _____ **Às vezes** _____ **Muitas vezes**

ANEXO H - Ficha de avaliação do desempenho motor - KTK**FICHA DE COLETA DE DADOS DO TESTE K.T.K**

Nome: _____

Sexo: _____

Data nascimento: ____ / ____ / ____

Data da Avaliação: ____ / ____ / 2009

1. Tarefa Equilíbrio na trave

Trave	1	2	3	Soma
6,0 cm				
4,5 cm				
3,0 cm				
Total				
MQ1				

2. Tarefa Salto Monopedal

Altura	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	Soma
Direita														
Esquerda														
Total														
MQ2														

3. Tarefa Salto lateral

Saltar 15 segundos	1	2	Soma
Total			
MQ3			

4. Tarefa Transferência de plataforma

Saltar 20 segundos	1	2	Soma
Total			
MQ4			

Soma de QM1 até QM4 _____

Total de QM _____

Classificação: _____

Avaliador(a) _____

Data: ____ / ____ / ____

ANEXO I - Comprovante de encaminhamento do manuscrito: ARTIGO DE REVISÃO

O artigo "Crescimento, desenvolvimento e aptidão física: uma revisão sistemática sobre a influência do baixo peso ao nascer" foi submetido com sucesso.

Você pode acompanhar o andamento do processo de avaliação e publicação do artigo acessando a opção 'Detalhes do artigo', presente na página 'Manter artigos'.

De forma alternativa, a situação do artigo poderá ser consultada por qualquer pessoa através do endereço: www.beehiveweb.com.br/rbsmi, bastando para tanto informar o seguinte protocolo de acesso:

Protocolo: 0007a52929