

Ândrea de Melo Boaz¹ 
 Rudimar dos Santos Riesgo^{1,2} 
 Pricila Sleifer³ 

Body balance on Horus® computerized posturography and body measurements in healthy children

Equilíbrio corporal na posturografia computadorizada Horus® e medidas corporais em crianças híginas

Keywords

Postural Balance
 Child
 Vestibular System
 Diagnostic Equipment
 Body Mass Index

Descritores

Equilíbrio Postural
 Criança
 Sistema Vestibular
 Equipamentos para Diagnóstico
 Índice de Massa Corporal

Correspondence address:

Ândrea de Melo Boaz
 Programa de Pós-graduação em Saúde da Criança e do Adolescente, Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS
 Rua Ramiro Barcelos, 2400, Sala 220, Porto Alegre (RS), Brasil, CEP: 900 35003
 E-mail: andrea.de.melo@hotmail.com

Received: February 05, 2024

Accepted: August 05, 2024

ABSTRACT

Purpose: To verify possible associations between body balance and growth curves, weight, height and body mass index in healthy children. **Methods:** Quantitative cross-sectional study. Two hundred and sixteen children aged between 4 and 6 years and 11 months participated. An interview was carried out with the parents/guardians and the children underwent visual screening, auditory assessment (pure tone audiometry screening method, otoacoustic emissions and immittance testing), verification of weight and height measurements and Horus® computerized posturography. Anthro and AnthroPlus software were used to classify the growth curves by age, sex, height, weight and body mass index. Responses were analyzed using the non-parametric Kruskal-Wallis and post hoc Dunn-Bonferroni statistical tests for pairwise comparisons between ages, with $p < 0.05$. **Results:** The measurement of weight by length showed a correlation with different examination conditions at 4 years-old, mainly for the average speed data. The same data, under different examination conditions, showed a correlation with the body mass index at 4 and 5 years of age, between children classified with weight outside the expected standard and those underweight. Children considered underweight had greater instability in body balance. Height and weight showed correlation for different examination conditions in the three age groups. **Conclusion:** There was an association between responses in posturography and individual body measurements (weight, height and body mass index). Therefore, it is suggested that these measurements be analyzed and considered in the evaluation with computerized posturography in children aged 4 to 6 years.

RESUMO

Objetivo: Verificar possíveis associações entre o equilíbrio corporal e curvas de crescimento, peso, altura e índice de massa corporal em crianças híginas. **Método:** Estudo transversal quantitativo. Participaram 216 crianças, entre 4 a 6 anos e 11 meses. Realizou-se entrevista com os pais/responsáveis e as crianças passaram por triagem visual, avaliação auditiva (audiometria tonal método triagem, emissões otoacústicas e imitanciometria), aferição de peso e altura, e posturografia computadorizada Horus®. Utilizaram-se os softwares Anthro e Anthro Plus para classificação das curvas de crescimento por idade, sexo, altura, peso e índice de massa corporal. Analisaram-se as respostas pelos testes estatísticos não paramétrico Kruskal-Wallis, post hoc Dunn-Bonferroni para comparações par-a-par entre idades, sendo $p < 0,05$. **Resultados:** A medida de peso pelo comprimento demonstrou relação com diferentes condições de exame aos 4 anos, principalmente para o dado de velocidade média. O mesmo dado, em diferentes condições de exame, mostrou relação com o índice de massa corporal aos 4 e 5 anos de idade entre as crianças classificadas com excesso de peso e àquelas abaixo do peso. As crianças consideradas abaixo do peso apresentaram maior instabilidade no equilíbrio corporal. Altura e peso mostraram relação para diferentes condições de exame nas três faixas etárias. **Conclusão:** Verificou-se associação entre as respostas na posturografia e as medidas corporais individuais (peso, altura e índice de massa corporal), as quais exerceram influência sobre a manutenção do equilíbrio corporal. Desta forma, sugere-se que essas medidas sejam analisadas e consideradas na avaliação com posturografia computadorizada em crianças de 4 a 6 anos.

Study conducted at Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS - Porto Alegre (RS), Brasil.

¹Programa de Pós-Graduação em Saúde da Criança e do Adolescente, Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS - Porto Alegre (RS), Brasil.

²Hospital de Clínicas – HCPA, Porto Alegre (RS), Brasil.

³Departamento de Saúde e Comunicação Humana, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS - Porto Alegre (RS), Brasil

Financial support: nothing to declare.

Conflict of interests: nothing to declare.



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

INTRODUCTION

Posturography is an evaluation tool that allows a global analysis of the balance, as it integrates access conditions to visual, somatosensory and vestibular information, aiming to measure body oscillations⁽¹⁾, objectively and precisely quantifying the relevant parameters in time and frequency domains in interpatient comparison⁽¹⁾. It consists of a force platform, which checks the oscillations made by the subject positioned on it, in relation to the center of gravity and the center of pressure (CP)⁽²⁾.

In adults, it is known that the responses obtained in posturography are related to the subject's anthropometric characteristics, such as height and weight measurements, allowing interference in responses⁽³⁾. This demonstrates that differences in the subject's body composition and other variables can influence the results of the exam⁽⁴⁾. For clinical investigations, it is necessary to standardize and standardize assessment procedures, and care must be taken when quantifying body balance using anthropometric measurements⁽³⁾.

In children, there is a correlation between age and measurements such as height and weight in the child, as well as a positive correlation between age and the magnitude of body sway⁽⁵⁾. In the childhood, anthropometric measurements can negatively interfere with body balance control, although their correlation is not clearly defined⁽⁶⁾.

In the evaluation with computerized posturography of the dynamic type, there were associations between excess body weight and values lower than expected in different conditions of the exam, indicating interference of anthropometric measurements in the postural balance response in children aged 6 to 7 years⁽⁷⁾. In the evaluation of overweight and obese children, between 6 and 9 years old, using dynamic posturography and force platform, a deficit in postural balance was found, which researchers believe was enhanced by the variables of sex, age, level of physical activity and anthropometric characteristics⁽⁸⁾.

It is suggested that in studies to standardize computerized posturography, analyzes of the findings using anthropometric measurements should be carried out⁽⁹⁾. Body measurements such as height and weight can influence, in addition to the age factor, the development of balance in children, as structural changes occur in the body continuously during growth, causing the sensory inputs to the vestibular system to be updated/changed throughout childhood⁽¹⁰⁾.

It was found in the scientific literature that there is influence of body weight measurements and height on postural balance in children, however, no studies were found seeking the correlation between body measurements in children and the findings in the Horus® computerized posturography, which justifies the relevance of the present work. Thus, the objective is to verify the existence of an association between body balance (through the findings of Horus® computerized posturography) and body measurements through growth curves for age, sex, height, weight and body mass index (BMI) in healthy children, aged 4 to 6 years and 11 months.

METHODS

The study described is cross-sectional, using a quantitative approach. It was approved by the Ethics Committee of the Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS), with opinion number 39835. Furthermore, the study followed the ethical standards and guidelines established by Resolution 466/12 of the National Health Council, which regulates research involving human beings.

During the process of recruitment and participation in the study, strict measures were taken to ensure informed consent from participants. The Informed Consent Form was provided to those responsible for the children, explaining in detail the objectives, procedures, risks and benefits of the research. This term was signed by those responsible to authorize the child's participation in the study.

Additionally, acceptance of the Child Assent Form was requested, allowing those children who were already capable of understanding the process to consent individually, by signing, when applicable. In addition, consent for image use was obtained, ensuring that any visual recordings of children during the study were used in accordance with established guidelines.

Regarding the inclusion criteria, children should be between 4 and 6 years and 11 months old, present typical development according to the stages of child development and not present otoneurological and/or auditory complaints. The children who were unable to participate, that is, those who met the exclusion criteria, were those with a body weight of less than 15 kg; diagnosis of syndromes, hearing loss or otological changes; presence of craniofacial abnormalities; complaints of headaches, vertigo, motion sickness; history of frequent falls or presence of dizziness; visual difficulty and/or motor impairment which could compromise the assessment; neurological, cognitive alterations and/or evident psychological disorders; use of medications that act on the vestibular system or central nervous system; difficulty in understanding or, for any reason, to carry out the procedures and complete all assessment stages.

The initial contact followed by taking an anamnesis with the child's parents/guardians, in a self-report format, aiming to understand the child's development to date, as well as the presence of previous diagnoses and/or disorders, verification of possible auditory complaints and /or related to body balance that could be a reason for exclusion from participating in the research. Regarding child development, the domains of language and speech, cognitive, social, emotional, gross and fine motor were explored in detail.

Anthropometric measurements of height and weight were measured using a measuring tape fixed to the wall of the examination room and using a digital scale available on site, respectively, with body weight later confirmed using the measuring scale present on the Horus® platform. Aiming to analyze these measures, data were added individually, for each participant, in the Anthro software⁽¹¹⁾ for children under 5 years of age and in the AnthroPlus software⁽¹²⁾ for those over 5 years of age, both programs available free of charge, online, by the World Health Organization (WHO). For data registration and

analysis, it was also necessary to manually add data on date of birth and measurement date.

After including these data, the software generates graphs containing response curves for the variables weight for height, weight for age, height for age and body mass index (BMI) for age, in Anthro⁽¹¹⁾ and, for the variables weight for age, height by age and BMI by age, in AnthroPlus⁽¹²⁾. Therefore, the answers presented in Standard Deviation (SD) can be interpreted through the different colors present in the lines of the graphs: green for within normal range (value within the population mean), adequate value; yellow for SD -1 and SD +1 being considered a warning sign; red for SD -2 and SD +2 referring to a possible nutritional problem; and black for SD -3 and SD +3 asking for data confirmation⁽¹³⁾ and purple for biological implausibility (BI). BI refers to when the child is much taller and/or weight for age, thus suggesting an implausible value for the registered subject, however, when present, the child's measurements were reassessed to confirm the data and if correct, the classification was maintained.

For body mass index (BMI), in children up to 5 years old, the data is interpreted as follows: SD +1 are described as "at risk of overweight", above SD +2 as overweight, and above SD+3 as obese⁽¹⁴⁾; and for children over 5 years: SD+1 refers to overweight, SD+2 refers to obesity, SD +3 to severe obesity, SD -1 refers to underweight, SD -2 refers to if thinness, SD -3 for extreme thinness and SD for a value within the normal range⁽¹³⁾.

According to the guidelines of the AnthroPlus Software User's Manual⁽¹⁴⁾, the creation of two programs was necessary due to the value of the cutoff point for the classification of overweight and obesity, after analyzing the populations, being different in the age groups in the two age groups, age under 5 years and range from 5 to 19 years. The classification of nutritional status is based on these cutoff points, established by the WHO for weight for age, height for age indices and BMI for age⁽¹⁴⁾.

Subsequently, the battery of tests that formed part of the evaluations began with the evaluation of the peripheral auditory system, with visual inspection of the external auditory canal using a Welch Allyn otoscope, tonal audiometry screening method which consists of sweeping⁽¹⁵⁾ at an intensity of 20 dB in the frequencies of 500, 1000, 2000 and 4000 Hz in both ears, individually evaluated. Audiometry was performed using Callisto equipment and TDH-39 model headphones, with the child sitting comfortably in a chair positioned inside an acoustic booth; Transient otoacoustic emissions (TEOAE) of the screening type, using AccuScreen equipment and the use of insertion-type headphones; Tympanometry with a 226Hz probe and investigation of contralateral acoustic reflexes at frequencies of 500, 1000, 2000 and 4000 Hz. These were carried out with Zodiac equipment and the use of insertion and probe type headphones. Those children who presented responses present in TEOAE and in all frequencies tested in pure tone audiometry, type A tympanometric curve and acoustic reflexes present in both ears were considered eligible. All equipment used in this study was calibrated according to ISO 8253-1 standards.

The assessment of the visual system was carried out through visual acuity screening using the Snellen "E" directional optotype, following the guidelines provided by the Ministry of Health⁽¹⁶⁾.

This test is performed by evaluating each eye individually. To do this, the child wore an eye patch with a children's illustration and in a playful way the term: "like a pirate" was used. They were asked to cover the left eye that was not being evaluated at the time, and then cover the right eye, being observed and checked by the examiner whether it was really covered and without pressure on the eyes. For the assessment, the child was asked to speak or point in which direction they were seeing the "legs of the letter E", previously explained and demonstrated. The evaluation began by showing the figures from top to bottom on the sheet, positioned on the wall of the room at a distance according to the Ministry of Health guidelines⁽¹⁶⁾, that is, the largest letters were presented first to the smallest. Responses were considered to be within the range of vision, that is, correct responses corresponding to line 10.

Later, body balance was analyzed using computerized posturography Horus®, from the company Contronic. There was a need to adapt the platform and software by the manufacturer, especially adapted for this research, due to the need to adapt the minimum acceptable weight to carry out the tests. To the evaluation, the "Power Platform" was connected via USB to an Asus X450CA notebook, which contains the Horus® software that displays and records all data provided. The images, necessary for carrying out the evaluation, were presented on a 40-inch Sony television set at a distance of 1 meter from the platform and the child's positioning point, located so that the screen was at eye level. As for physical height measurements, the platform is 5cm high and the foam cushion is 5cm high with density D33, which was added to carry out test conditions 3 to 7.

Regarding the guidelines and initial positioning: the child was barefoot, climbed onto the platform, remained standing, with feet apart and remained motionless, as still as possible. It is worth noting that the feet should be aligned on the horizontal line under the platform, symmetrically distanced from the anteroposterior line, with the hallux toe pointing between 0 and 15 degrees. Furthermore, he/she was instructed to remain still, with his/her eyes open, looking at the television where images would appear, and, finally, when warned, he/she should close her eyes. The complete posturography assessment consisted of eight examination conditions, lasting 30 seconds each, with the child being specifically guided in each condition. The description of the evaluation conditions can be seen in Chart 1.

To facilitate the assessment with this audience, it was necessary to use some playful strategies, depending on the child's individual needs at the time. These strategies included: inviting the child's companion to imitate the activity, positioning themselves next to the child; use a "Mr. Potato" doll standing like a statue on the ground next to the platform; count the time out loud, in ascending or descending order; suggest that, in test conditions containing image presentation, an animal could appear at the end of the time, making it necessary to remain still so as not to scare the animal and make it go away (for example: a fixed yellow dot on the television screen in exam condition 1 could transform into a chick at the end of 30 seconds and/or a zebra could appear at the end of the time in the evaluation with the presentation of an optokinetic stimulus). These strategies

Chart 1. Evaluation conditions of the Horus® Computerized Posturography exam

CONDITION	SYSTEM EVALUATED	GUIDANCE FOR EXECUTION
Stability Limit (SL) - Fixed platform, without pad	Forms the stability area of the body	Climb onto the platform and lean body forward, returning to the center, lean back, returning to the center, lean body to the right, returning to the center, lean body to the left, returning to the center and then repeat. It should be performed without rushing, without moving hips or shoulders and without removing feet from the platform, moving only the ankles. Longest stage, due to the need to learn the movement and repetitions.
Sensory condition 1 (C1) - Fixed platform, without pad	Somatosensory, visual and vestibular	Stand with eyes open, looking at a fixed yellow dot of a 10% size against a black background, avoiding moving.
Sensory condition 2 (C2) - Fixed platform, without pad	Somatosensory and vestibular	Stand with eyes closed without moving.
Sensory condition 3 (C3) - Platform with pad	Somatosensory and visual	Same orientation of sensory condition 1
Sensory condition 4 (C4) - Platform with pad	Vestibular	Same orientation of sensory condition 2
Sensory condition 5 (C5) - Platform with pad and visual conflict	Visual preference, conflict between visual and vestibular systems. Somatosensory imprecision.	Remain standing, without moving, watching television watching a video containing an image of black and white bars in horizontal optokinetic effect to the right, at a speed of 10%.
Sensory condition 6 (C6) - Platform with pad and visual conflict	Visual preference, conflict between visual and vestibular systems. Somatosensory imprecision.	Remain standing, without moving, looking at the television showing a video containing an image of bars in black and white in horizontal optokinetic effect to the left, at a speed of 10%.
Sensory condition 7 (C7) - Platform with pad and visual conflict	Visual preference, conflict between visual and vestibular systems. Somatosensory imprecision.	Remain standing, without moving, watching a video on television of a tunnel made up of thin bars moving forward at a speed of 4%, without rotation.

helped maintain children's attention and cooperation during the assessment, especially younger children.

For each child, a second person was always present, positioned close to them during the examination, aiming to provide security and confidence. Furthermore, the study had two evaluators to improve the reliability of the findings, checking the responses and positioning/behavior of the child during the posturography evaluation.

At the end, with all posturography examination conditions evaluated, the values of postural oscillations were recorded by the stabilogram in the direction of movement to the left and right (medio-lateral) and forward and backward (anteroposterior). Data were also recorded by the statokinesigram, which documents the displacement of the body in the CP to the mediolateral axis and in relation to the displacement of the CP in the anteroposterior axis, with a 95% confidence ellipse.

In this work, the following data obtained from Horus® posturography were listed for study: a) Stability Limit (SL), which refers to the distance at which the child was able to move in relation to the center of gravity, without having to change the support base; b) SL area, is the region in which the body moved without falling/imbalance, in mm²; c) Confidence ellipse (CE), is quantitatively the amount of displacement/difficulty the child had in remaining without oscillation in relation to

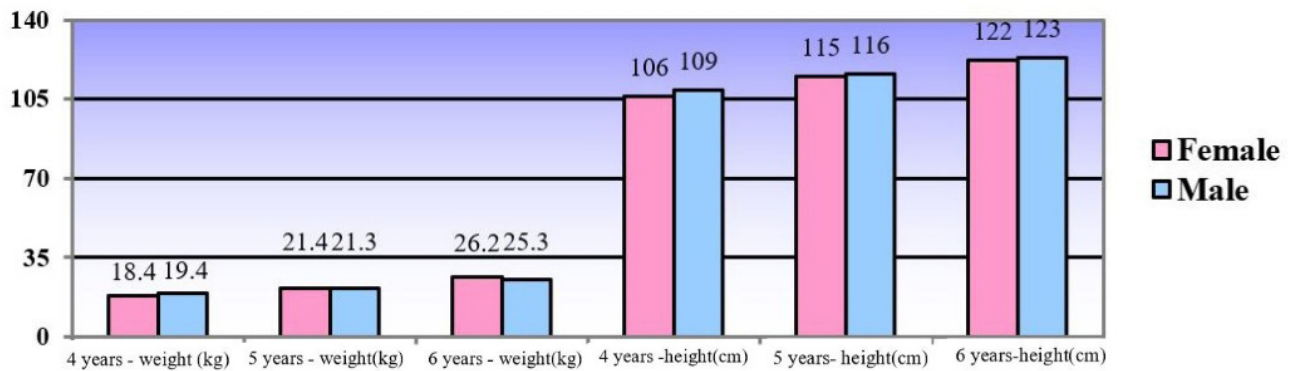
the CP, in mm²; d) Speed that represents the average speed in relation to CP. A lower average speed (in mm/s) is interpreted as indicating better body balance; e) Residual Functional Balance (RFB), is the region still available for oscillation, safely, due to the relationship between the SL area and the area of the EC, expressed as a percentage. The higher the RFB value, the better the body balance.

If any change was identified in any of the assessment stages, regardless of the examination carried out, the parents/guardians were advised and the child was referred for additional specialized care.

Data were analyzed using the Statistical Package for Social Sciences (SPSS) software for Windows version 22.0. Categorical data were presented in relative frequency, while quantitative data were described by mean and standard deviation. To compare the different age groups, the Kruskal-Wallis nonparametric statistical tests and the Dunn-Bonferroni post hoc test were used for pairwise comparisons. Differences were considered statistically significant when $p < 0.05$.

RESULTS

Initially, 231 children participated in the research, however, considering the eligibility criteria, the final sample was 216 children.



Caption: Kg = kilogram; cm = centimeters

Figure 1. Average weight, in kilograms, and height, in centimeters, of the children participating in the research (n=216)

Of these, 77 were between 4 years and 4 years and 11 months, 69 were between 5 years and 5 years and 11 months, and 70 were in the age group of 6 years and 6 years and 11 months.

Regarding the anthropometric values of height, in centimeters, and weight, in kilograms, for each age group, are shown in Figure 1.

There was a statistically significant finding in the relationship between height measurement at 4 years of age ($p=0.029$). In the analysis of the weight by length measurement with the posturography responses, there was no statistical difference for the stability limit. However, statistical significance was observed in the first three conditions of the examination in 4-year-old children, as described in Table 1.

In the analysis of the height variable, there was a statistical difference for C1 in the medio-lateral CP ($p=0.039$, with SD +1 vs. normal $p=0.035$), for C3 in the anteroposterior CP ($p=0.047$, being SD +1 vs. SD +2 $p=0.036$ and +2 vs. normal $p=0.032$), for C4 in the medio-lateral mean velocity ($p=0.014$, being SD +1 vs. normal $p=0.029$), C5 in compound equilibrium ($p=0.008$, with SD +1 vs. SD -1 $p=0.041$, SD +2 vs. SD -1 $p=0.012$, SD -1 vs. BI $p=0.03$) and for average medio-lateral speed ($p=0.011$, no pair-to-pair relationship) and total ($p=0.022$, no pair-to-pair relationship), C6 for average medio-lateral speed ($p=0.01$, without pairwise relationship), anteroposterior ($p=0.014$, SD +1 vs. normal $p=0.013$) and total ($p=0.006$, SD +1 vs. normal $p=0.017$), and C7 for composite balance measurements ($p=0.007$, with SD -1 vs. normal $p=0.037$, SD -1 vs. SD +1 $p=0.009$, SD -1 vs. BI $p=0.014$), anteroposterior center of pressure ($p=0.028$, with SD +2 vs. normal $p=0.035$, SD +1 vs. SD +2 $p=0.013$), mediolateral velocity ($p=0.49$, no pairwise relation).

Below are the responses with significant results, by age, according to the variables of weight, height and BMI:

Regarding weight: At 4 years of age, a statistical difference was observed for C4 in average anteroposterior velocity ($p=0.014$, without pairwise relationship) and for C7 in maximum mediolateral displacement to the left ($p=0.05$, without pairwise relationship) and to the right ($p=0.023$, with SD +2 vs. BI $p=0.033$); at 5 years old, there was a difference in SL ($p=0.023$, with SD -1 vs. normal $p=0.043$ and SD -1 vs.

BI $p=0.019$) and for C5 in the average medio-lateral velocity ($p=0.023$, no relation pairwise).

Regarding height: At 4 years of age, there was a statistically significant result for the vestibular sensory analysis ($p=0.043$ without pairwise relationship), SL in the maximum medio-lateral displacement to the right ($p=0.006$, being SD -1 vs. normal $p=0.018$); at 5 years of age, the results were significant for the SL measurement ($p=0.004$, no pairwise relationship), for C3 in the average mediolateral velocity ($p=0.024$, with SD +1 and SD -1 $p=0.040$) and in the maximum lateral displacement to the left ($p=0.048$, without pairwise relationship), for C4 in the average mediolateral velocity ($p=0.025$, without pairwise relationship), for C5 in compound balance ($p=0.028$, without pair-to-pair relationship), and for C6 in the measurements of average medio-lateral ($p=0.035$, no pair-to-pair relationship), anteroposterior ($p=0.025$, no pair-to-pair relationship) and total ($p=0.015$, being SD +1 vs. SD -1 $p=0.045$); at 6 years old, for the SL measurement ($p=0.024$, without pairwise relationship), for C4 in the composite balance measurements ($p=0.026$ without pairwise relationship) and average mediolateral speed ($p=0.017$, being SD +2 vs. normal $p=0.018$) and total ($p=0.013$, with SD +2 vs. normal $p=0.007$), for C5 in the medial-lateral velocity ($p=0.04$ without pairwise relationship), and for C6 in average medio-lateral velocity ($p=0.019$, being SD +1 vs. normal $p=0.024$) and total ($p=0.031$, being SD +1 vs. normal $p=0.022$), and maximum medio-lateral displacement to the right ($p=0.011$ without pairwise relationship).

Regarding BMI: There was no significant difference in any of the analyzes for 6-year-old children. However, for 5-year-old children, BMI showed a relationship with the average total speed for the SL ($p=0.05$, with SD -1 vs. BI $p=0.048$). For the 4-year age group, more significant results were observed, as can be seen in Table 2.

As for nutritional status, using the Anthro⁽¹¹⁾ software at 4 years of age, in girls, the weight for length indicator showed normality in 60,5% ($n=23$), underweight twin sisters 5,3% ($n=2$), overweight in 7,9% ($n=3$), obesity in 10,5% ($n=4$) and biological incompatibility in 15,8% ($n=6$). In boys, normality was observed in 64,2% ($n=25$), underweight in 5,1% ($n=2$), overweight in 12,8% ($n=5$), obesity in 5,1% ($n=2$) and biological incompatibility in 12,8% ($n=5$).

Table 1. Data from the measurement of weight by length and the responses in the different conditions of the posturography exam in 4-year-old children (n=77)

	N	Average± S.D.	Minimum	Percentile 05	Percentile 25	Median	Percentile 75	Percentile 95	Maximum	p-value*	Pairwise **
CONDITION 1 - FIXED PLATFORM AND OPEN EYES											
AVERAGE LATERAL VELOCITY mm/s											
SD (A)	48	10.4± 4.7	4.0	4.5	6.5	8.6	14.5	19.3	21.7	0.028	D≠E 0.028
SD+1(B)	8	-4.1± 5.9	-11.0	-11.0	-10.1	-3.9	1.2	3.4	3.4		
SD+2(C)	6	8.4± 2.5	5.6	5.6	7.1	7.5	10.2	12.5	12.5		
BI (D)	11	7.1± 2.4	3.5	3.5	5.2	7.2	9.2	11.3	11.3		
SD-1 (E)	4	15.1± 4.1	10.5	10.5	12.0	14.9	18.3	20.2	20.2		
MAXIMUM LATERAL AVERAGE DISPLACEMENT TO THE LEFT mm											
SD (A)	48	-21.3± 13.3	-59.9	-48.5	-29.1	-21.6	-12.0	-2.7	2.2	0.024	C≠E 0.047
SD+1(B)	8	-19.5± 12.4	-37.7	-37.7	-30.1	-18.5	-9.4	-2.6	-2.6		
SD+2(C)	6	147.8± 392.3	-26.1	-26.1	-18.2	-8.8	0.2	948.3	948.3		
BI (D)	11	-12.9± 10.4	-26.8	-26.8	-24.0	-12.6	-3.0	0.6	0.6		
SD-1 (E)	4	-33.7± 9.9	-47.9	-47.9	-39.7	-30.9	-27.7	-25.1	-25.1		
CONDITION 2 - FIXED PLATFORM AND EYES CLOSED											
CONFIDENCE ELLIPSE mm ²											
SD (A)	48	1016.9± 634.1	100.5	244.7	574.3	894.9	1244.0	1957.5	3301.8	0.025	D≠E 0.041
SD+1(B)	8	995.9± 845.4	223.0	223.0	493.7	725.2	1260.9	2784.4	2784.4		
SD+2(C)	6	693.9± 624.0	168.0	168.0	412.2	513.8	628.7	1926.7	1926.7		
BI (D)	11	598.0± 385.3	224.1	224.1	299.7	449.3	854.7	1325.7	1325.7		
SD-1 (E)	4	1521.4± 287.1	1181.7	1181.7	1283.7	1565.3	1759.1	1773.3	1773.3		
CONFIDENCE ELLIPSE BY STABILITY LIMIT %											
SD (A)	48	12.5± 6.4	1.3	4.0	7.0	11.2	17.9	24.3	25.2	0.027	-
SD+1(B)	8	9.3± 3.9	5.2	5.2	6.5	8.5	12.0	15.7	15.7		
SD+2(C)	6	8.4± 5.7	2.3	2.3	2.8	8.3	11.3	17.6	17.6		
BI (D)	11	8.5± 5.4	2.9	2.9	3.5	7.7	9.6	21.6	21.6		
SD-1 (E)	4	19.2± 6.1	11.5	11.5	14.7	19.7	23.7	25.9	25.9		
AVERAGE LATERAL VELOCITY mm/s											
SD (A)	48	12.9± 4.9	3.5	5.8	8.8	12.4	16.8	19.9	28.3	0.002	C≠E 0.017 D≠E 0.003
SD+1(B)	8	12.7± 5.5	6.8	6.8	10.0	11.5	13.2	25.2	25.2		
SD+2(C)	6	9.2± 2.8	5.7	5.7	6.7	9.0	11.4	13.3	13.3		
BI (D)	11	8.9± 3.0	5.6	5.6	6.6	8.1	9.9	15.8	15.8		
SD-1 (E)	4	22.5± 6.2	15.9	15.9	17.4	22.1	27.5	29.7	29.7		
AVERAGE ANTEROPOSTERIOR VELOCITY mm/s											
SD (A)	48	21.6± 6.4	9.8	11.5	16.4	22.1	25.3	32.5	35.5	0.028	D≠E 0.026
SD+1(B)	8	19.1± 4.1	14.4	14.4	16.0	18.4	22.0	25.7	25.7		
SD+2(C)	6	19.1± 6.1	12.5	12.5	14.2	18.1	22.6	29.4	29.4		
BI (D)	11	18.0± 5.1	11.2	11.2	15.2	17.1	21.0	29.7	29.7		
SD-1 (E)	4	29.7± 4.4	24.3	24.3	26.3	30.2	33.2	34.2	34.2		
RESIDUAL FUNCTIONAL BALANCE %											
SD (A)	48	87.5± 6.4	74.8	75.7	82.1	88.9	93.0	96.0	98.7	0.027	-
SD+1(B)	8	90.7± 3.9	84.3	84.3	88.1	91.6	93.5	94.8	94.8		
SD+2(C)	6	91.6± 5.7	82.4	82.4	88.7	91.8	97.2	97.7	97.7		
BI (D)	11	91.5± 5.4	78.4	78.4	90.4	92.3	96.5	97.1	97.1		
SD-1 (E)	4	80.8± 6.1	74.1	74.1	76.3	80.3	85.3	88.5	88.5		
TOTAL AVERAGE VELOCITY mm/s											
SD (A)	48	26.4± 8.5	10.2	12.9	20.7	25.3	31.8	41.8	45.3	0.011	D≠E 0.009
SD+1(B)	8	24.4± 7.2	15.9	15.9	20.2	23.0	26.9	39.3	39.3		
SD+2(C)	6	21.7± 7.0	14.4	14.4	15.2	20.8	25.9	33.1	33.1		
BI (D)	11	21.1± 6.3	13.1	13.1	17.6	19.2	23.1	35.9	35.9		
SD-1 (E)	4	39.8± 6.8	31.0	31.0	35.5	40.3	44.1	47.6	47.6		

P*: P-value referring to the Kruskal-Wallis nonparametric statistical test and the Dunn-Bonferroni post hoc test were used for pairwise age comparisons; *, ** refer to statistically significant values

Caption: N: volunteers; S.D.: standard deviation; SD for value within normal range; SD +1 refers to overweight; SD +2 refers to obesity; BI biological implausibility. refers to when much higher than expected for age; SD -1 refers to underweight (as categorized by WHO Anthro⁽¹¹⁾ software)

Table 1. Continued...

	N	Average± S.D.	Minimum	Percentile 05	Percentile 25	Median	Percentile 75	Percentile 95	Maximum	p-value*	Pairwise **
CONDITION 3 - PLATFORM WITH CUSHION AND OPEN EYES											
LATERAL AVERAGE VELOCITY mm/s											
SD (A)	48	14.3± 4.8	5.6	7.0	11.1	13.5	18.3	22.7	25.4	0.017	C≠E 0.005
SD+1(B)	8	14.8± 5.6	8.5	8.5	10.2	13.2	20.1	23.0	23.0		
SD+2(C)	6	9.9± 3.3	5.3	5.3	6.5	11.0	11.2	14.1	14.1		
BI (D)	11	14.0± 3.9	7.8	7.8	10.5	13.0	17.7	20.4	20.4		
SD-1 (E)	4	21.4± 1.7	19.0	19.0	20.4	21.8	22.5	23.1	23.1		
TOTAL AVERAGE VELOCITY mm/s											
SD (A)	48	25.3± 7.6	9.5	12.5	20.6	23.3	30.0	39.7	42.4	0.032	C≠E 0.012
SD+1(B)	8	25.9± 9.0	14.6	14.6	19.1	23.9	33.4	39.6	39.6		
SD+2(C)	6	18.9± 5.5	12.3	12.3	13.3	19.1	23.6	26.0	26.0		
BI (D)	11	25.6± 4.9	19.9	19.9	22.2	23.8	30.3	34.4	34.4		
SD-1 (E)	4	36.5± 4.6	30.7	30.7	33.0	37.0	40.0	41.2	41.2		
SENSORY ANALYSIS VISUAL PERCEPTION											
SD (A)	48	96.5± 6.1	68.6	88.5	93.3	96.4	100.9	104.2	105.8	0.04	C≠D 0.033
SD+1(B)	8	97.6± 3.5	94.2	94.2	94.8	96.0	101.0	102.7	102.7		
SD+2(C)	6	100.7± 4.9	94.4	94.4	97.5	99.9	105.3	107.2	107.2		
BI (D)	11	93.2± 3.8	85.5	85.5	90.8	94.6	96.1	98.0	98.0		
SD-1 (E)	4	97.4± 2.5	93.7	93.7	96.0	98.4	98.8	98.9	98.9		
SENSORY ANALYSIS VESTIBULAR PERCEPTION											
SD (A)	48	89.7± 7.8	71.6	73.7	85.7	89.0	95.4	102.2	106.2	0.027	C≠D 0.029
SD+1(B)	8	90.8± 6.5	82.2	82.2	84.9	92.0	94.9	101.1	101.1		
SD+2(C)	6	93.9± 5.3	85.9	85.9	91.1	93.7	99.1	100.2	100.2		
BI (D)	11	83.5± 4.5	76.7	76.7	79.8	83.2	88.3	91.0	91.0		
SD-1 (E)	4	90.4± 11.0	78.5	78.5	81.2	90.8	99.7	101.5	101.5		

P*: P-value referring to the Kruskal-Wallis nonparametric statistical test and the Dunn-Bonferroni post hoc test were used for pairwise age comparisons; *, ** refer to statistically significant values

Caption: N: volunteers; S.D.: standard deviation; SD for value within normal range; SD +1 refers to overweight; SD +2 refers to obesity; BI biological implausibility. refers to when much higher than expected for age; SD -1 refers to underweight (as categorized by WHO Anthro⁽¹⁾ software)

Table 2. Body mass index values and responses in different assessment conditions in posturography in 4-year-old children (n=77)

	N	Average ± S.D.	Minimum	Percentile 05	Percentile 25	Median	Percentile 75	Percentile 95	Maximum	p-value*	Pairwise**
CONDITION 1 - FIXED PLATFORM AND OPEN EYES											
AVERAGE LATERAL VELOCITY mm/s											
SD (A)	51	10.4± 4.6	4.0	4.2	6.3	9.2	14.4	19.3	21.7	0.033	D≠E 0.032
SD+1(B)	9	10.1± 4.1	4.7	4.7	7.6	8.4	12.4	16.5	16.5		
SD+2(C)	5	8.0± 2.6	5.6	5.6	7.1	7.2	7.4	12.5	12.5		
BI (D)	9	7.2± 2.3	3.5	3.5	6.2	7.2	7.5	11.3	11.3		
SD-1 (E)	3	16.7± 3.4	13.5	13.5	13.5	16.3	20.2	20.2	20.2		
MAXIMUM AVERAGE DISPLACEMENT TO THE LEFT											
SD (A)	51	-21.7± 13.0	-59.9	-48.5	-29.4	-22.0	-12.6	-2.7	2.2	0.004	A≠C 0.023 C≠E 0.011
SD+1(B)	9	-18.5± 11.8	-37.7	-37.7	-25.9	-17.6	-10.9	-2.6	-2.6		
SD+2(C)	5	185.6± 426.4	-16.7	-16.7	-3.0	-0.8	0.2	948.3	948.3		
BI (D)	9	-13.1± 10.1	-24.0	-24.0	-21.7	-18.2	-3.5	0.6	0.6		
SD-1 (E)	3	-34.8± 11.8	-47.9	-47.9	-47.9	-31.5	-25.1	-25.1	-25.1		
CONDITION 2 - FIXED PLATFORM AND EYES CLOSED											
CONFIDENCE ELLIPSE mm ²											
SD (A)	51	1010.4± 622.9	100.5	244.7	567.0	885.8	1248.0	1957.5	3301.8	0.016	A≠D 0.046 D≠E 0.027
SD+1(B)	9	1013.8± 796.0	223.0	223.0	603.1	731.5	1212.5	2784.4	2784.4		
SD+2(C)	5	796.9± 637.1	401.7	401.7	480.2	547.4	628.7	1926.7	1926.7		
BI (D)	9	474.0± 359.7	168.0	168.0	275.9	312.5	498.5	1325.7	1325.7		
SD-1 (E)	3	1566.6± 333.7	1181.7	1181.7	1181.7	1744.9	1773.3	1773.3	1773.3		

P*: P-value referring to the Kruskal-Wallis nonparametric statistical test and the Dunn-Bonferroni post hoc test were used for pairwise age comparisons. *, ** refer to statistically significant values

Caption: N: volunteers; S.D: standard deviation; SD for value within normal range, SD +1 refers to overweight, SD +2 refers to obesity, BI refers to biological implausibility, refers to when much higher than expected for age, SD -1 refers to underweight (as categorized by WHO Anthro⁽¹⁾ software)

Table 2. Continued...

	N	Average ± S.D.	Minimum	Percentile 05	Percentile 25	Median	Percentile 75	Percentile 95	Maximum	p-value*	Pairwise**
CONDITION 2 - FIXED PLATFORM AND EYES CLOSED											
CONFIDENCE ELLIPSE BY STABILITY LIMIT %											
SD (A)	51	12.3± 6.1	1.3	4.0	7.0	10.6	17.6	24.0	25.2	0.026	D≠E 0.046
SD+1(B)	9	10.9± 6.2	5.2	5.2	6.6	8.2	14.8	24.3	24.3		
SD+2(C)	5	9.3± 5.6	2.8	2.8	6.9	7.7	11.3	17.6	17.6		
BI (D)	9	7.2± 5.9	2.3	2.3	3.4	6.8	8.5	21.6	21.6		
SD-1 (E)	3	19.6± 7.4	11.5	11.5	11.5	21.5	25.9	25.9	25.9		
ANTEROPOSTERIOR PRESSURE CENTER mm/s											
SD (A)	51	42.8± 12.8	8.8	23.2	36.2	41.0	48.5	64.3	82.2	0.048	A≠D 0.049
SD+1(B)	9	37.8± 5.6	30.1	30.1	34.7	37.4	39.2	50.0	50.0		
SD+2(C)	5	37.8± 4.7	32.3	32.3	35.4	36.7	40.1	44.7	44.7		
BI (D)	9	31.7± 12.2	17.4	17.4	21.4	32.5	34.9	57.2	57.2		
SD-1 (E)	3	46.6± 14.6	35.9	35.9	35.9	40.7	63.2	63.2	63.2		
AVERAGE LATERAL VELOCITY mm/s											
SD (A)	51	12.8± 4.9	3.5	5.8	8.7	12.1	17.0	19.9	28.3	0.003	A≠D 0.029 D≠E 0.004
SD+1(B)	9	13.2± 5.2	6.8	6.8	10.6	12.4	13.8	25.2	25.2		
SD+2(C)	5	9.9± 2.5	6.7	6.7	8.8	9.4	11.4	13.3	13.3		
BI (D)	9	8.2± 3.2	5.6	5.6	6.2	7.4	8.6	15.8	15.8		
SD-1 (E)	3	23.6± 7.0	15.9	15.9	15.9	25.3	29.7	29.7	29.7		
RESIDUAL FUNCTIONAL BALANCE %											
SD (A)	51	87.7± 6.1	74.8	76.0	82.4	89.4	93.0	96.0	98.7	0.026	D≠E 0.046
SD+1(B)	9	89.1± 6.2	75.7	75.7	85.2	91.8	93.4	94.8	94.8		
SD+2(C)	5	90.7± 5.6	82.4	82.4	88.7	92.3	93.1	97.2	97.2		
BI (D)	9	92.8± 5.9	78.4	78.4	91.5	93.2	96.6	97.7	97.7		
SD-1 (E)	3	80.4± 7.4	74.1	74.1	74.1	78.5	88.5	88.5	88.5		
TOTAL AVERAGE VELOCITY mm/s											
SD (A)	51	26.5± 8.5	10.2	12.9	21.1	25.2	31.7	41.8	45.3	0.02	D≠E 0.021
SD+1(B)	9	25.3± 7.2	15.9	15.9	22.3	23.7	29.3	39.3	39.3		
SD+2(C)	5	22.2± 7.5	14.4	14.4	17.0	20.5	25.9	33.1	33.1		
BI (D)	9	19.8± 6.5	13.1	13.1	17.6	18.5	20.1	35.9	35.9		
SD-1 (E)	3	39.5± 8.3	31.0	31.0	31.0	39.9	47.6	47.6	47.6		

P*: P-value referring to the Kruskal-Wallis nonparametric statistical test and the Dunn-Bonferroni post hoc test were used for pairwise age comparisons. *, ** refer to statistically significant values

Caption: N: volunteers; S.D: standard deviation; SD for value within normal range, SD +1 refers to overweight, SD +2 refers to obesity, BI refers to biological implausibility, refers to when much higher than expected for age, SD -1 refers to underweight (as categorized by WHO Anthro⁽¹¹⁾ software)

In the BMI indicator, normality was observed in 68,4% (n= 26), underweight in 2,6% (n= 1), overweight in 5,3% (n= 2), obesity in 7,9% (n= 3) and biological incompatibility in 15,8% (n=6) in females. In males, it was observed normality in 64,2% (n= 25), underweight in 5,1% (n= 2), overweight in 17,9% (n= 7), obesity in 5,1% (n= 2) and biological incompatibility in 7,7% (n= 3). It demonstrates that at 4 years of age, more than 1/3 of the children (n= 26) have a BMI outside the expected range for their age group.

The BMI, at the age of 5 years, analyzed by the AnthroPlus software⁽¹²⁾, demonstrated that in females, 42.9% (n= 15) of children classified as eutrophic (adequate, within normal range), 8.6% (n= 3) were underweight, 31.4% (n= 11) were overweight, 11.4% (n= 4) were classified as obese and 5.7% (n= 2) as biological incompatibility. In males, 58.8% (n= 20) were eutrophic, 3% (n= 1) were thin, 14.7% (n= 5) were overweight, 20.5% (n= 7) were obese and 3% (n= 1) biological incompatibility. In summary, 50.2% (n= 34) of children aged 5 years had a BMI outside the expected range for their age.

For the 6 year old age group, the BMI index (analyzed by the AnthroPlus software⁽¹²⁾) the results presented in females were:

35.3% (n= 12) eutrophic, 11.8% (n= 4) were overweight below expected, 29.4% (n= 10) overweight, 20.6% (n= 7) obesity and 2.9% (n= 1) biological incompatibility. In males, 47.2% (n= 17) classified as eutrophic, 2.8% (n= 1) underweight, 25% (n= 9) overweight, 13.9% (n= 5) obese and 11.1% (n= 4) as biological incompatibility. Demonstrating that at 6 years of age, more than half of the children, 58.6% (n= 41), had a BMI outside the expected range for their age.

DISCUSSION

Changes in postural control can generate delays in motor development and learning, resulting in interference with potential related to language, speech, writing and reading⁽¹⁷⁾. This reinforces the need for well-defined normality standards in assessment equipment, which consider the particularities of age and individual variables such as anthropometric measurements and gender. It also aims to add to clinical practice by using a safe tool for monitoring child development.

It is worth noting that maturation during development occurs respecting an order, being no different for the maturation of the

sensory systems involved in body balance, which occurs first in the visual system, then in the proprioceptive system and followed by the vestibular system, reaching functional maturation at 9 years old⁽¹⁸⁾. Additionally, the postural adjustments made by the body are essential in compensating for disturbances received during movements that need to be coordinated in space. In this sense, the vestibulospinal reflex (VSR) plays an important role, as it allows coordinating the movement of the head and neck with the movement of the trunk and body, aiming to keep the head in an upright position and participating in the postural stabilization of the body globally even in the absence of active locomotion⁽¹⁹⁾. This highlights the relevance of research in the area of pediatric Otoneurology, which seeks greater elucidation of the maturational development of body balance and possible associations with anthropometric measurements, as well as, through the use and study of updated equipment aimed at assessment, diagnosis and intervention in this public.

The measurement of weight by length is used to monitor and follow the growth and development of children up to 5 years old⁽¹⁴⁾. In the present study, this measure showed a significant association in 4-year-old children for data on average speed, as well as responses related to the visual and vestibular systems, possibly due to the statistical differences observed in the height of children in this age group. The oscillation values observed in the average speed were higher in children classified as SD-1, underweight, compared to those classified as SD+2 and/or BI, overweight. It is assumed that this is due to the slower body movement, which may be related to the increase in body mass and, consequently, to the reduction in adjustment oscillation in children considered heavier. This contributes to greater stability of the body in relation to the center of pressure.

A study⁽²⁰⁾ verified the possible correlation between the responses of the center of pressure on a force platform and the variable overweight versus normal weight, in children and adolescents, aged between 7 and 12 years. The results revealed that there was no significant difference between pairs of the same age in the four sensory conditions evaluated. However, there was greater variability in responses in those who were overweight, for the speed data, more specifically for the mediolateral speed⁽²⁰⁾. In the present study, in the first examination condition, a statistically significant difference was observed in the mediolateral speed between the extremes SD-1 (low weight for height) and BI (child with anthropometric values much higher than expected for the age group), suggesting that weight and height influence the balance of children at 4 years of age.

Another study⁽²¹⁾ conducted with children aged 4 to 5 years showed that body weight did not have a statistically significant effect on responses to the Tandem gait and single-leg stance tests, which assess the child's ability to maintain balance on a narrow support base. However, the same variable showed a strong association with responses in dynamic and static posturography in 93 young males aged 10 to 21 years⁽²²⁾. The researchers suggested that the changes in balance observed were too subtle to be detected by the test; furthermore, they reported as another hypothesis the reduction in muscle composition in relation to weight, and not necessarily due to changes in proprioception⁽²²⁾. Unlike the present study, in which significant results were found

in some of the examination conditions for all age groups, in the analysis of weight and body balance responses, demonstrating the influence of this variable on the control of body stability. These discrepant results can possibly be attributed to the differences in the evaluation methods compared to the first study and to the differences in the age range of the participants in the second study.

The results of this research partially corroborate another study⁽²³⁾, which describes an association between the responses obtained on different force platforms with the weight measurement, with excess weight being significant for the anteroposterior frequency and mediolateral velocity data at 8 years of age. Researchers⁽²⁴⁾ suggest that weight is a predictive factor of the responses obtained in the assessment of balance in children aged 3 to 4 years, as observed in the Functional Reach Test, which aims to identify dynamic changes in postural control, ceasing to be a predictor at age 5. The existence of a relationship between body weight and the findings in posturography is reiterated. However, the findings of the present study differ from other studies with young population, since children with underweight were those who performed worse, demonstrating less body stability compared to those who were overweight. One of the hypotheses raised is the age group studied.

Body measurements of weight and height are negatively related to postural control⁽²⁵⁾. Although it is challenging to find scientific literature that explicitly exposes the impact of height and weight measurements on postural stability, researchers have observed a correlation with statistically significant dependence between the measurements and the parameters analyzed, both with eyes open and closed, in schoolchildren aged 6 to 9 years⁽²⁶⁾. Height can negatively interfere with children's postural control⁽⁶⁾. After analyzing the responses from the Modified Clinical Sensory Integration Test and the results from the Balance Master posturography for the SL, an association was identified between the findings and the variables of age, sex, height and BMI in children aged 4 to 12 years⁽²⁷⁾. The current findings corroborate these findings, as statistically significant differences were found across different examination conditions for the variables analyzed across all age groups.

At 6 years of age, when more than half of the children had altered BMI, no relationship was found between BMI and the conditions of the posturography exam. However, at 5 years of age, a relationship was observed in only one condition (speed) and for several variables at 4 years of age, especially for the average speed data. The relation between the average velocity measurement, which allows determining the speed of displacements of the center of pressure in posturography, was observed to be different at both 5 and 4 years of age, corroborating the results of a previous study⁽⁶⁾. These findings are consistent with a recent literature review, which concluded that the increase in oscillation of body stability is associated with a high BMI value, highlighting weight as a strong predictor of changes in body stability, according to publications in several scientific journals⁽²⁸⁾.

In the present study, it could be seen that with increasing age, there was also an increase in the percentage of children with inadequate BMI. Regarding the findings on the nutritional

issue, related to BMI, authors in the field of nutrition identified a tendency towards overweight in children aged 5 to 9 years, living in a small town of Rio Grande do Sul, reinforcing the observation of a nutrition disorder in the study population⁽²⁹⁾. In another more populous city in the same state, a different study found that as age increased, the number of children classified as obese also increased⁽³⁰⁾. There was a higher prevalence of overweight children among those aged 5 years or older compared to younger children⁽³⁰⁾.

It is believed that the lack of activity, the increase in time at home, the limitations of spaces for circulation, added to the restrictions on coexistence, caused by the Coronavirus pandemic that began in 2019, may have contributed to the findings, as the collection was held from November 2020 to April 2021. This fact may have been one of the limitations of this study. It is suggested that further research be carried out on children in the same age group, especially those with vestibular pathologies and/or complaints, incorporating new findings and technological advances for an increasingly precise and comprehensive assessment.

Finally, it is reiterated that body balance is one of the essential requirements for motor learning, performance of daily activities, adequate social interaction and full development. The integration of the vestibular system with other sensory systems is important for the adequate development of complex spatial behaviors and cognitive skills by the child^(31,32). Changes in body balance and posture can restrict the child's adequate interaction with the environment, being able to interfere with the acquisition and development of language and learning, causing a deleterious impact on cognition, psychosocial and educational skills.

CONCLUSION

In view of the above, it is concluded that it was possible to verify the association of individual body measurements of weight, height and BMI with the maintenance of body balance in healthy children aged 4 to 6 years and 11 months. It is recommended that such measurements be analyzed and considered in computerized posturography exams in the child population, due to their significant influence on the results obtained.

REFERENCES

1. Taguchi C, Rocha GD, Greco MC, Sousa MGC, Jacques R. Guia de orientação: Atuação do Fonoaudiólogo em avaliação e reabilitação do equilíbrio corporal [Internet]. Brasília: Conselho Federal de Fonoaudiologia; 2017 [citado em 2021 Jul 28]. Disponível em: <https://www.fonoaudiologia.org.br/wp-content/uploads/2019/09/site-guia-otoneuro-1.pdf>
2. Patti A, Bianco A, Şahin N, Sekulic D, Paoli A, Iovane A, et al. Postural control and balance in a cohort of healthy people living in Europe: an observational study. *Medicine (Baltimore)*. 2018;97(52):e13835. <http://doi.org/10.1097/MD.00000000000013835>. PMID:30593180.
3. Chiari L, Rocchi L, Cappello A. Stabilometric parameters are affected by anthropometry and foot placement. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2002;17(9-10):666-77. [http://doi.org/10.1016/S0268-0033\(02\)00107-9](http://doi.org/10.1016/S0268-0033(02)00107-9). PMID:12446163.
4. Eriksen ND, Hougaard DD. Age- and gender-specific normative data on computerized dynamic posturography in a cohort of Danish adults. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2023;280(5):2191-200. <http://doi.org/10.1007/s00405-022-07706-y>. PMID:36326952.

5. Hsu YS, Kuan CC, Young YH. Assessing the development of balance function in children using stabilometry. *Int J Pediatr Otorhi*. 2009;73(5):737-40. <http://doi.org/10.1016/j.ijporl.2009.01.016>. PMID:19232750.
6. Guzmán-Muñoz E, Valdés-Badilla P, Méndez-Rebolledo G, Concha-Cisternas YF, Castillo-Retamal ME. Relación entre el perfil antropométrico y el balance postural estático y dinámico en niños de 6 a 9 años. *Nutr Hosp*. 2019;36(1):32-8. PMID:30821164.
7. Lara S, Graup S, Balk RS, Teixeira LP, Farias AD, Alves GB, et al. Associação entre o equilíbrio postural e indicadores antropométricos em escolares. *Rev Paul Pediatr*. 2018;36(1):59-65. <http://doi.org/10.1590/1984-0462/2018;36;1;00011>. PMID:29160409.
8. Guzmán-Muñoz E, Méndez-Rebolledo G, Núñez-Espinosa C, Valdés-Badilla P, Monsalves-Álvarez M, Delgado-Floody P, et al. Anthropometric profile and physical activity level as predictors of postural balance in overweight and obese children. *Behav Sci (Basel)*. 2023;13(1):73. <http://doi.org/10.3390/bs13010073>. PMID:36661645.
9. Duarte M, Freitas SMSF. Revisão sobre posturografia baseada em plataforma de força para avaliação do equilíbrio. *Rev Bras Fisioter*. 2010;14(3):183-92. <http://doi.org/10.1590/S1413-35552010000300003>. PMID:20730361.
10. Casselbrant ML, Mandel EM, Sparto PJ, Redfern MS, Furman JM. Contribution of vision to balance in children four to eight years of age. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 2007;116(9):653-7. <http://doi.org/10.1177/000348940711600905>. PMID:17926586.
11. WHO: World Health Organization. Child growth standards for 0-60 months. Geneva: WHO; 2006 [citado em 2021 Out 16]. Disponível em: <https://www.who.int/tools/child-growth-standards/software>
12. WHO: World Health Organization. Growth reference data for 5-19 years - Application tools (who.int). Geneva: WHO; 2007 [citado em 2021 Out 10]. Disponível em: <https://www.who.int/tools/growth-reference-data-for-5to19-years>
13. WHO: World Health Organization. AnthroPlus for personal computers Manual: Software for assessing growth of the world's children and adolescents. Geneva: WHO; 2009 [citado em 2021 Out 16]. Disponível em: <http://www.who.int/growthref/tools/en/>
14. de Onis M. Curvas de Referência da Organização Mundial da Saúde. In: Frelut ML, editor. The ECOG's eBook on Child and Adolescent Obesity. Geneva: WHO; 2015 [citado em 2021 Jun 22]. Disponível em <https://ebook.ecog-obesity.eu/wp-content/uploads/2017/05/ECOG-Obesity-eBook-Curvas-de-referencia-da-organizacao-mundial-da-saude.pdf>
15. ASHA: American Speech-Language-Hearing Association. Guidelines for Screening for Hearing Impairment—School-age children, 5 through 18 years. Rockville: ASHA; 2007.
16. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Cadernos temáticos do PSE – Saúde Ocular. Brasília: Ministério da Saúde; 2016. 28 p.
17. Romero MV, Mota HB, Nóro LA, Valentins Dos Santos Filha VA. Correlation between body balance exams and school children reading assessments. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2020;137:110230. <http://doi.org/10.1016/j.ijporl.2020.110230>. PMID:32896346.
18. Sá CDSC, Boffino CC, Ramos RT, Tanaka C. Development of postural control and maturation of sensory systems in children of different ages a cross-sectional study. *Braz J Phys Ther*. 2018;22(1):70-6. <http://doi.org/10.1016/j.bjpt.2017.10.006>. PMID:29239806.
19. Olechowski-Bessaguet A, Grandemange R, Cardoit L, Courty E, Lambert FM, Le Ray D. Functional organization of vestibulospinal inputs on thoracic motoneurons responsible for trunk postural control in Xenopus. *J Physiol*. 2020;598(4):817-38. <http://doi.org/10.1113/JP278599>. PMID:31834949.
20. D'Hondt E, Deforche B, Bourdeaudhuij I, Gentier I, Tanghe A, Shultz S, et al. Postural balance under normal and altered sensory conditions in normal-weight and overweight children. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2011;26(1):84-9. <http://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2010.08.007>. PMID:20850213.
21. Condon C, Cremin K. Static balance norms in children. *Physiother Res Int*. 2014;19(1):1-7. <http://doi.org/10.1002/pri.1549>. PMID:23703740.
22. Goulding A, Jones IE, Taylor RW, Piggot JM, Taylor D. Dynamic and static tests of balance and postural sway in boys: effects of previous wrist

- bone fractures and high adiposity. *Gait Posture*. 2003;17(2):136-41. [http://doi.org/10.1016/S0966-6362\(02\)00161-3](http://doi.org/10.1016/S0966-6362(02)00161-3). PMID:12633774.
23. Neves JCJ, Souza AKV, Fujisawa DS, Souza AKV, Fujisawa DS. Controle postural e atividade física em crianças eutróficas, com sobrepeso e obesas. *Rev Bras Med Esporte*. 2017;23(3):241-5. <http://doi.org/10.1590/1517-869220172303157674>.
 24. Norris RA, Wilder E, Norton J. The Functional Reach Test in 3- to 5-year-old children without disabilities. *Pediatr Phys Ther*. 2008;20(1):47-52. <http://doi.org/10.1097/PEP.0b013e31815ce63f>. PMID:18300933.
 25. Villarrasa-Sapiña I, Álvarez-Pitti J, Cabeza-Ruiz R, Redón P, Lurbe E, García-Massó X. Relationship between body composition and postural control in prepubertal overweight/obese children: a cross-sectional study. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2018;52:1-6. <http://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2017.12.010>. PMID:29291461.
 26. Stanek E, Truszczyńska A, Drzał-Grabiec J, Tarnowski A. Postural balance assessment in children aged 7 to 9 years, as related to body weight, height, and physical activity. *Biomed Hum Kinetics*. 2015;7(1):142-6. <http://doi.org/10.1515/bhk-2015-0020>.
 27. Kolic J, O'Brien K, Bowles KA, Iles R, Williams CM. Understanding the impact of age, gender, height and body mass index on children's balance. *Acta Paediatr*. 2020;109(1):175-82. <http://doi.org/10.1111/apa.14933>. PMID:31301080.
 28. Alice A, Yadav M, Verma R, Kumari M, Arora S. Effect of obesity on balance: a literature review. *IJHS*. 2022;6(S4):3261-79. <http://doi.org/10.53730/ijhs.v6nS4.9126>.
 29. Balestrin M. Estado nutricional de crianças e adolescentes do município de Caiçara, RS [Trabalho de conclusão de curso]. Palmeira das Missões: Especialização em Gestão e Organização Pública em Saúde, Universidade de Santa Maria; 2015.
 30. da Silva LS, Franco DS, Linhares AO, Gigante DP. Classificação do estado nutricional de pré-escolares matriculados em escola pública e privada da cidade de Pelotas-RS. *RBONE*. 2022;15(95):608-17.
 31. Van Hecke R, Deconinck FJA, Wiersema JR, Clauws C, Danneels M, Dhooze I, et al. Balanced Growth project: a protocol of a single center observational study on the involvement of the vestibular system in a child's motor and cognitive development. *BMJ Open*. 2021;11(6):e049165. <http://doi.org/10.1136/bmjopen-2021-049165>. PMID:34117049.
 32. Sleifer P, Borges VMS. Vestibulopatias Centrais na Infância. In: Cabral A, organizador. *Tratado de Otoneurologia Infantil*. Ribeirão Preto: BookToy; 2023. p. 159-74.

Author contributions

ÂMB was responsible for the study design, data collection and analysis, and writing of the manuscript; *RSR* was responsible for the proofreading, critical review of relevant intellectual content, and final approval of the manuscript; *PS* was responsible for the study design, data interpretation, and proofreading and critical review of intellectual content.

Ândrea de Melo Boaz¹ 
Rudimar dos Santos Riesgo^{1,2} 
Prícila Sleifer³ 

Descritores
Equilíbrio Postural
Criança
Sistema Vestibular
Equipamentos para Diagnóstico
Índice de Massa Corporal

Keywords
Postural Balance
Child
Vestibular System
Diagnostic Equipment
Body Mass Index

Endereço para correspondência:
Ândrea de Melo Boaz
Programa de Pós-graduação em Saúde da Criança e do Adolescente, Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS
Rua Ramiro Barcelos, 2400, Sala 220, Porto Alegre (RS), Brasil, CEP: 900 35003
E-mail: andrea.de.melo@hotmail.com

Recebido em: Fevereiro 05, 2024
Aceito em: Agosto 05, 2024

Equilíbrio corporal na posturografia computadorizada Horus® e medidas corporais em crianças híginas

Body balance on Horus® computerized posturography and body measurements in healthy children

RESUMO

Objetivo: Verificar possíveis associações entre o equilíbrio corporal e curvas de crescimento, peso, altura e índice de massa corporal em crianças híginas. **Método:** Estudo transversal quantitativo. Participaram 216 crianças, entre 4 a 6 anos e 11 meses. Realizou-se entrevista com os pais/responsáveis e as crianças passaram por triagem visual, avaliação auditiva (audiometria tonal método triagem, emissões otoacústicas e imitancimetria), aferição de peso e altura, e posturografia computadorizada Horus®. Utilizaram-se os softwares Anthro e Anthro Plus para classificação das curvas de crescimento por idade, sexo, altura, peso e índice de massa corporal. Analisaram-se as respostas pelos testes estatísticos não paramétrico Kruskal-Wallis, post hoc Dunn-Bonferroni para comparações par-a-par entre idades, sendo $p < 0,05$. **Resultados:** A medida de peso pelo comprimento demonstrou relação com diferentes condições de exame aos 4 anos, principalmente para o dado de velocidade média. O mesmo dado, em diferentes condições de exame, mostrou relação com o índice de massa corporal aos 4 e 5 anos de idade entre as crianças classificadas com excesso de peso e àquelas abaixo do peso. As crianças consideradas abaixo do peso apresentaram maior instabilidade no equilíbrio corporal. Altura e peso mostraram relação para diferentes condições de exame nas três faixas etárias. **Conclusão:** Verificou-se associação entre as respostas na posturografia e as medidas corporais individuais (peso, altura e índice de massa corporal), as quais exerceram influência sobre a manutenção do equilíbrio corporal. Desta forma, sugere-se que essas medidas sejam analisadas e consideradas na avaliação com posturografia computadorizada em crianças de 4 a 6 anos.

ABSTRACT

Purpose: To verify possible associations between body balance and growth curves, weight, height and body mass index in healthy children. **Methods:** Quantitative cross-sectional study. Two hundred and sixteen children aged between 4 and 6 years and 11 months participated. An interview was carried out with the parents/guardians and the children underwent visual screening, auditory assessment (pure tone audiometry screening method, otoacoustic emissions and immittance testing), verification of weight and height measurements and Horus® computerized posturography. Anthro and AnthroPlus software were used to classify the growth curves by age, sex, height, weight and body mass index. Responses were analyzed using the non-parametric Kruskal-Wallis and post hoc Dunn-Bonferroni statistical tests for pairwise comparisons between ages, with $p < 0.05$. **Results:** The measurement of weight by length showed a correlation with different examination conditions at 4 years-old, mainly for the average speed data. The same data, under different examination conditions, showed a correlation with the body mass index at 4 and 5 years of age, between children classified with weight outside the expected standard and those underweight. Children considered underweight had greater instability in body balance. Height and weight showed correlation for different examination conditions in the three age groups. **Conclusion:** There was an association between responses in posturography and individual body measurements (weight, height and body mass index). Therefore, it is suggested that these measurements be analyzed and considered in the evaluation with computerized posturography in children aged 4 to 6 years.

Trabalho realizado na Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS - Porto Alegre (RS), Brasil.

¹Programa de Pós-Graduação em Saúde da Criança e do Adolescente, Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS - Porto Alegre (RS), Brasil.

²Hospital de Clínicas – HCPA, Porto Alegre (RS), Brasil.

³Departamento de Saúde e Comunicação Humana, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS - Porto Alegre (RS), Brasil.

Fonte de financiamento: nada a declarar.

Conflito de interesses: nada a declarar.



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

INTRODUÇÃO

A posturografia é uma ferramenta de avaliação que permite a realização de uma análise global do equilíbrio, pois integra condições de acesso a informações visuais, somatossensoriais e vestibulares, visando mensurar as oscilações do corpo⁽¹⁾, quantificando de forma objetiva e precisa os parâmetros relevantes nos domínios de tempo e frequência na comparação inter pacientes⁽¹⁾. É composta por uma plataforma de força que verifica as oscilações realizadas pelo sujeito posicionado sobre ela em relação ao centro de gravidade e do centro de pressão (CP)⁽²⁾.

Em adultos, as respostas obtidas na posturografia possuem relação com as características antropométricas do sujeito, como medidas de altura e peso, possibilitando interferência nas respostas⁽³⁾. Isso demonstra que as diferenças na composição corporal do sujeito e outras variáveis podem influenciar nos resultados do exame⁽⁴⁾. Para investigações clínicas, é necessária a normatização e padronização dos procedimentos de avaliação, bem como deve-se ter cuidado na quantificação do equilíbrio corporal ao utilizar as medidas antropométricas⁽³⁾.

Na população infantil, existe uma correlação entre a idade e as medidas de altura e peso, do mesmo modo que, tem-se uma correlação positiva entre a idade e a magnitude de oscilação corporal⁽⁵⁾. Na infância, as medidas antropométricas podem interferir negativamente no controle do equilíbrio corporal, apesar de sua correlação não estar definida de forma explícita⁽⁶⁾.

Na avaliação com a posturografia computadorizada do tipo dinâmica, ocorrem associações entre o excesso de peso corporal e valores abaixo do esperado em diferentes condições do exame, indicando interferência das medidas antropométricas na resposta do equilíbrio postural em crianças de 6 a 7 anos⁽⁷⁾. A avaliação de crianças com sobrepeso e obesidade, entre 6 e 9 anos, por meio de posturografia dinâmica e plataforma de força, demonstrou déficit no equilíbrio postural, no qual os pesquisadores acreditam ter sido potencializado pelas variáveis de sexo, idade, nível de atividade física e características antropométricas⁽⁸⁾.

Sugere-se que em estudos de normatização da posturografia computadorizada sejam realizadas análises dos achados pelas medidas antropométricas⁽⁹⁾. As medidas corporais, como a altura e o peso, podem influenciar, além do fator idade, no desenvolvimento do equilíbrio na população infantil, pois ocorrem mudanças estruturais no corpo continuamente pelo crescimento, fazendo com que as entradas sensoriais para o sistema vestibular sejam atualizadas/modificadas ao longo da infância⁽¹⁰⁾.

Verificou-se na literatura científica que existe influência das medidas de peso corporal e altura sobre o equilíbrio corporal em crianças, entretanto, não foram encontrados estudos analisando a possibilidade de associação entre as medidas corporais em crianças e os achados na posturografia computadorizada Horus®, o que fundamenta a relevância do presente estudo. Assim, tem-se como objetivo verificar a existência de associação entre o equilíbrio corporal (por meio dos achados da posturografia computadorizada Horus®) e medidas corporais pelas curvas de crescimento por idade, sexo, altura, peso e índice de massa corporal (IMC) em crianças híginas, de 4 a 6 anos e 11 meses de idade.

MÉTODO

O estudo descrito é de natureza transversal, utilizando uma abordagem quantitativa. Foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, com o número de parecer 39835. Além disso, o estudo seguiu as normas e diretrizes éticas estabelecidas pela Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde, que regulamenta a pesquisa envolvendo seres humanos.

Durante o processo de recrutamento e participação no estudo, foram adotadas medidas rigorosas para garantir o consentimento informado dos participantes. Foi fornecido aos responsáveis pelas crianças o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, explicando detalhadamente os objetivos, procedimentos, riscos e benefícios da pesquisa. Esse termo foi assinado pelos responsáveis visando autorizar a participação da criança no estudo.

Adicionalmente, foi solicitado o aceite pelo Termo de Assentimento da Criança, permitindo àquelas crianças que já eram capazes de compreender o processo pudessem consentir individualmente, pela assinatura, quando aplicável. Além disso, foi obtido o consentimento para uso de imagem, assegurando que qualquer registro visual das crianças durante o estudo fosse utilizado conforme as diretrizes estabelecidas.

Em relação aos critérios de inclusão, as crianças deveriam ter entre 4 e 6 anos e 11 meses de idade, apresentar desenvolvimento típico conforme as etapas do desenvolvimento infantil e não apresentarem queixas otoneurológicas e/ou auditivas. As crianças que não puderam participar, ou seja, aquelas que se enquadravam nos critérios de exclusão, foram as que tinham peso corporal inferior a 15 kg; diagnóstico de síndromes, perda auditiva ou alterações otológicas; presença de anormalidades craniofaciais; queixas de cefaleias, vertigem ou cinetose; histórico de quedas frequentes ou presença de tontura; dificuldade visual e/ou comprometimento motor que pudesse interferir na realização da avaliação; alterações neurológicas, cognitivas e/ou transtornos psíquicos evidentes; uso de medicamentos com ação sobre o sistema vestibular ou sistema nervoso central; dificuldades em compreender ou, por qualquer razão, executar os procedimentos e concluir todas as etapas de avaliação.

O contato inicial seguiu pela realização da anamnese com os pais/responsáveis pela criança, em formato de autorrelato, visando o conhecimento do desenvolvimento infantil até o momento, bem como, a presença de diagnósticos e/ou transtornos prévios, verificação de possíveis queixas auditivas e/ou relacionadas ao equilíbrio corporal que pudessem ser motivo de exclusão para a participação na pesquisa. E referente ao desenvolvimento infantil, foram explorados detalhadamente os domínios de linguagem e fala, cognitivo, social, emocional, motor grosseiro e fino.

As medidas antropométricas de altura e peso foram aferidas por meio de fita métrica fixa na parede da sala de exames e por balança digital disponível no local, respectivamente, sendo o peso corporal confirmado posteriormente pela balança de medição presente na plataforma Horus®. Visando a análise dessas medidas, os dados foram adicionados individualmente, para cada participante, no *software* Anthro⁽¹¹⁾ para crianças com idade inferior a 5 anos e no *software* AnthroPlus⁽¹²⁾ naquelas com

idade superior a 5 anos, ambos os programas disponibilizados gratuitamente, de forma *online*, pela Organização Mundial de Saúde (OMS). Para o cadastro e a análise dos dados, foi necessária também a adição manual dos dados de data de nascimento e data da medição.

Após a inclusão desses dados, os programas geram gráficos contendo as curvas de respostas correspondentes a cada uma das variáveis, como peso pela altura, peso pela idade, altura pela idade e IMC pela idade, no *software* Anthro⁽¹¹⁾ e, para as variáveis peso pela idade, altura pela idade e IMC pela idade, no *software* AnthroPlus⁽¹²⁾. Desta forma, as respostas apresentadas em Desvio Padrão (DP) podem ser interpretadas por meio das diferentes cores presentes nas linhas dos gráficos: verde para normalidade (valor dentro da média da população), valor adequado; amarelo para DP -1 e DP +1 sendo considerado um sinal de alerta; vermelho para DP -2 e DP +2 quando refere-se a possível problema nutricional; preto para DP -3 e DP +3 pedindo a confirmação dos dados⁽¹³⁾ e roxo para implausibilidade biológica (IB). A IB ocorre quando a criança se encontra muito acima na altura e/ou peso para a idade, sugerindo-se como dado implausível para o sujeito cadastrado, entretanto, quando presente, as medidas da criança foram reavaliadas para confirmação do dado e, caso estivesse correto, manteve-se a classificação.

Para o índice de massa corporal (IMC) em crianças com até 5 anos, os dados são interpretados da seguinte forma: +1DP são descritas como risco de sobrepeso, acima de +2DP como sobrepeso, e acima de +3DP como obesas⁽¹⁴⁾; Para as crianças com idade acima de 5 anos, a interpretação é a seguinte: DP +1 refere-se a sobrepeso, DP +2 refere-se à obesidade, DP +3 à obesidade grave, DP -1 para crianças abaixo do peso, DP -2 refere-se à magreza, DP -3 à magreza extrema e DP para valor dentro da normalidade⁽¹³⁾.

Segundo as orientações do manual de utilização do *Software* AnthroPlus⁽¹³⁾, foi necessário criar dois programas devido o valor do ponto de corte para a classificação de sobrepeso e obesidade, após análises das populações, serem diferentes nas faixas etárias nos dois grupos etários, idade inferior a 5 anos e faixa de 5 a 19 anos. A classificação do estado nutricional é realizada pela análise dos pontos de corte estabelecidos pela OMS para os índices de peso para idade, estatura para idade e IMC para idade⁽¹⁴⁾.

Na sequência, a bateria de testes que integraram as avaliações teve início pela avaliação do sistema auditivo periférico com a inspeção visual do meato acústico externo por meio do otoscópio da marca *Welch Allyn*; seguida de audiometria tonal método triagem, a qual consiste em varredura⁽¹⁵⁾ na intensidade de 20 dB nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz em ambas as orelhas, avaliadas individualmente. A audiometria foi realizada com a utilização do equipamento *Callisto* e do fone modelo TDH-39, estando a criança sentada confortavelmente em cadeira posicionada dentro de cabine acústica; Emissões otoacústicas transientes (EOAT) do tipo triagem, por meio do equipamento *AccuScreen* e utilização de fones do tipo inserção; Timpanometria com sonda de 226Hz e pesquisa dos reflexos acústicos contralaterais nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz. Estes foram realizados com o equipamento *Zodiac* e utilização de fones do tipo inserção e sonda. Consideraram-se

aptas aquelas crianças que apresentaram respostas presentes nas EOAT e em todas as frequências testadas na audiometria tonal, curva timpanométrica do tipo A e reflexos acústicos presentes em ambas as orelhas. Todos os equipamentos utilizados neste estudo estavam calibrados conforme as normas ISO 8253-1.

A avaliação do sistema visual foi realizada por meio de triagem da acuidade visual pelo optotipo direcional “E” de Snellen, seguindo as orientações fornecidas pelo Ministério da Saúde⁽¹⁶⁾. Este teste é realizado avaliando individualmente cada olho. Para isto, a criança fez uso de um tapa olho com ilustração infantil e de forma lúdica utilizou-se o termo: “como um pirata”. Solicitou-se que cobrisse primeiramente o olho esquerdo que não estava sendo avaliado no momento, e após cobrisse o olho direito, sendo observado e verificado pela examinadora se estava realmente coberto e sem pressão sobre os olhos. Para a avaliação, requisitou-se que a criança falasse ou apontasse em qual direção estava enxergando as “pernas da letra E”, previamente explicado e demonstrado. A avaliação teve início mostrando-se as figuras de cima para baixo na folha, posicionada na parede da sala em distância conforme as orientações do Ministério da Saúde⁽¹⁶⁾, ou seja, foram apresentadas primeiramente as letras maiores para as menores. Considerou-se resposta dentro da faixa de visão, ou seja, as respostas corretas correspondentes à linha 10.

Posteriormente foi analisado o equilíbrio corporal, por meio da posturografia computadorizada *Horus*[®], da empresa Contronic. Houve necessidade de adaptação da plataforma e do *software* pelo fabricante, especialmente para o presente estudo, devido à necessidade de adequação do peso mínimo aceitável para realização dos testes na faixa etária. Para execução da avaliação, a Plataforma de Força ficou conectada por USB a um *notebook* da marca *Asus*, modelo X450CA, o qual continha o *software* *Horus*[®], exibindo e registrando todos os dados fornecidos. As imagens necessárias para a realização da avaliação foram apresentadas em uma televisão de 40 polegadas da marca *Sony*, em uma distância de 1 metro da plataforma e do ponto de posicionamento da criança, localizada de forma que a tela estivesse no nível da altura dos olhos. Quanto as medidas físicas de altura, a plataforma possui 5cm de altura e a almofada de espuma que possui 5cm de altura com D33 de densidade, a qual foi adicionada para a realização das condições de teste 3 à 7.

Em relação as orientações e posicionamento inicial: a criança ficou descalça, subiu na plataforma, permaneceu em pé, com os pés afastados e permaneceu imóvel, de forma o mais parada possível. Cabe destacar que os pés deveriam ficar alinhados na linha horizontal sob a plataforma, afastados simetricamente da linha anteroposterior, com o dedo hálux apontando entre 0 e 15 graus. Outrossim, foi orientada a permanecer parada, olhando para a televisão onde apareceriam imagens, e, por fim, quando avisada, deveria fechar os olhos. A avaliação completa na posturografia consistiu em oito condições de exame, com duração de 30 segundos cada, sendo a criança orientada de forma específica, em cada condição. A descrição das condições de avaliação pode ser observada no Quadro 1.

Para facilitar a avaliação com este público, foi necessário utilizar algumas estratégias lúdicas, conforme a necessidade individual da criança no momento. Essas estratégias incluíram: convidar o acompanhante da criança a realizar uma imitação

Quadro 1. Condições de avaliação do exame de Posturografia computadorizada Horus®

CONDIÇÃO	SISTEMA AVALIADO	ORIENTAÇÃO PARA EXECUÇÃO
Limite de Estabilidade (LE) - Plataforma fixa, sem almofada	Gera a área de estabilidade	Subir na plataforma e inclinar o corpo para frente, voltando ao centro, inclinar para trás, voltando para centro, inclinar o corpo para a direita, voltando ao centro, inclinar o corpo para a esquerda, voltando ao centro e após repetir. Devendo ser realizado sem pressa, sem fazer movimento com os quadris ou ombros e sem retirar os pés da plataforma, movimentando apenas os tornozelos. Etapa mais demorada, devido a necessidade de aprendizado do movimento e repetições.
Condição sensorial 1 (C1) - Plataforma fixa, sem almofada	Somatossensorial, visual e vestibular	Permanecer em pé com os olhos abertos, olhando para um ponto amarelo fixo com tamanho de 10% contra um fundo preto, evitando se movimentar.
Condição sensorial 2 (C2) - Plataforma fixa, sem almofada	Somatossensorial e vestibular	Permanecer em pé com os olhos fechados sem se movimentar.
Condição sensorial 3 (C3) - Plataforma com almofada	Somatossensorial e visual	Idem orientação da condição sensorial 1
Condição sensorial 4 (C4) - Plataforma com almofada	Vestibular	Idem orientação da condição sensorial 2
Condição sensorial 5 (C5) - Plataforma com almofada e conflito visual	Preferência visual, conflito entre sistemas visual e vestibular. Somatossensorial impreciso.	Permanecer em pé, sem se movimentar, olhando televisão e assistindo a um vídeo contendo imagem de barras nas cores preto e branco em efeito optocinético horizontal para a direita, na velocidade de 10%.
Condição sensorial 6 (C6) - Plataforma com almofada e conflito visual	Preferência visual, conflito entre sistemas visual e vestibular. Somatossensorial impreciso.	Permanecer em pé, sem se movimentar, olhando para a televisão passando um vídeo contendo imagem de barras nas cores preto e branco em efeito optocinético horizontal para a esquerda, na velocidade de 10%.
Condição sensorial 7 (C7) - Plataforma com almofada e conflito visual	Preferência visual, conflito entre sistemas visual e vestibular. Somatossensorial impreciso.	Permanecer em pé, sem se movimentar, olhando na televisão vídeo de um túnel composto por barras finas movimentando-se para frente na velocidade de 4%, sem rotação.

da atividade, posicionando-se ao lado da criança; utilizar um boneco “Sr. Batata” parado como estátua no chão ao lado da plataforma; contar o tempo em voz alta, em ordem crescente ou decrescente; sugerir que, nas condições de teste contendo apresentação de imagens que poderia aparecer algum animal ao final do tempo, sendo necessário manter-se imóvel para não assustar o animal e fazê-lo ir embora (por exemplo: um ponto amarelo fixo na tela da televisão na condição de exame 1 poderia se transformar em um pintinho ao final dos 30 segundos e/ou uma zebra poderia aparecer ao final do tempo na avaliação com apresentação de estímulo optocinético). Essas estratégias ajudaram a manter a atenção e a cooperação das crianças durante a avaliação, principalmente das crianças menores.

Para cada criança, esteve sempre presente uma segunda pessoa posicionada próxima a ela no exame, visando proporcionar segurança e confiança. Além disso, o estudo contou com duas avaliadoras para melhorar a confiabilidade dos achados, verificando as respostas e o posicionamento/comportamento da criança durante a avaliação na posturografia.

Ao término, com todas as condições de exame da posturografia avaliadas, os valores das oscilações posturais foram registrados pelo estabilograma no sentido de movimentação para a esquerda e para direita (médio-lateral) e para frente e para trás (anteroposterior). Os dados também foram registrados pelo estatocinesigrama, que documenta o deslocamento do corpo no CP para o eixo médio-lateral e em relação ao deslocamento do CP no eixo anteroposterior, com uma elipse de confiança de 95%.

Neste trabalho, foram elencados os seguintes dados obtidos na posturografia Horus® para estudo: a) Limite de Estabilidade (LE) refere-se à distância em que a criança conseguiu se movimentar em relação ao centro de gravidade sem ter que alterar a base de suporte; b) Área do LE que indica a região em que o corpo movimentou-se sem queda/desequilíbrio em mm²; c) Elipse de confiança (EC) que quantifica o deslocamento ou a dificuldade da criança em manter-se sem oscilação em relação ao CP, em mm²; d) Velocidade que representa a velocidade média em relação ao CP. Uma velocidade média menor (em mm/s) é interpretada como indicativo de melhor equilíbrio corporal; e) Equilíbrio Funcional Residual (EFR) é a região ainda disponível para a oscilação corporal com segurança, calculada pela relação entre a área do LE e a área da EC, expressa em porcentagem. Quanto maior o valor do EFR, melhor o equilíbrio corporal.

Caso fosse identificada alguma alteração em qualquer uma das etapas de avaliação, independentemente do exame realizado, os pais/responsáveis eram orientados e a criança foi encaminhada para atendimento especializado complementar.

Os dados registrados foram analisados pelo *software Statistical Package for Social Sciences (SPSS)*, versão 22.0 para Windows. Os dados categóricos foram apresentados em frequência relativa, enquanto os dados quantitativos foram descritos pela média e desvio padrão. Para comparar as diferentes faixas etárias, foram utilizados os testes estatísticos não paramétricos Kruskal-Wallis e o teste post hoc de Dunn-Bonferroni para comparações par-a-par. As diferenças foram consideradas estatisticamente significativas quando $p < 0,05$.

RESULTADOS

Inicialmente, participaram da pesquisa 231 crianças, entretanto, considerando os critérios de elegibilidade, a casuística final foi de 216 crianças. Destas, 77 tinham entre 4 anos e 4 anos e 11 meses, 69 entre 5 anos e 5 anos e 11 meses, e 70 estavam na faixa etária de 6 anos a 6 anos e 11 meses.

Referente aos valores antropométricos de altura, registrados em centímetros, e peso, em quilogramas, para cada faixa etária estão dispostos na Figura 1.

Verificou-se achado estatisticamente significativo na relação entre a medida de altura aos 4 anos de idade ($p=0,029$). Na análise da medida peso pelo comprimento com as respostas na posturografia, não houve diferença estatística para o limite da estabilidade. Entretanto, observou-se significância estatística nas três primeiras condições do exame em crianças de 4 anos, conforme descrito na Tabela 1.

Na análise da variável altura, houve diferença estatística para a C1 no CP médio-lateral ($p=0,039$, sendo DP +1 vs. normal $p=0,035$), para C3 no CP anteroposterior ($p=0,047$, sendo DP +1 vs. DP +2 $p=0,036$ e DP +2 vs. normal $p=0,032$), para C4 na velocidade média médio-lateral ($p=0,014$, sendo DP +1 vs. normal $p=0,029$), C5 no equilíbrio composto ($p=0,008$, sendo DP +1 vs. DP -1 $p=0,041$, DP +2 vs. DP -1 $p=0,012$, DP -1 vs. IB $p=0,03$) e para velocidade média médio-lateral ($p=0,011$, sem relação par a par) e total ($p=0,022$, sem relação par a par), C6 para velocidade média médio-lateral ($p=0,01$, sem relação par a par), anteroposterior ($p=0,014$, DP +1 vs. normal $p=0,013$) e total ($p=0,006$, DP +1 vs. normal $p=0,017$), e C7 para as medidas de equilíbrio composto ($p=0,007$, sendo DP -1 vs. normal $p=0,037$, DP -1 vs. DP +1 $p=0,009$, DP -1 vs. IB $p=0,014$), centro de pressão anteroposterior ($p=0,028$, sendo DP +2 vs. normal $p=0,035$, DP +1 vs. DP +2 $p=0,013$), velocidade média médio-lateral ($p=0,49$, sem relação par a par).

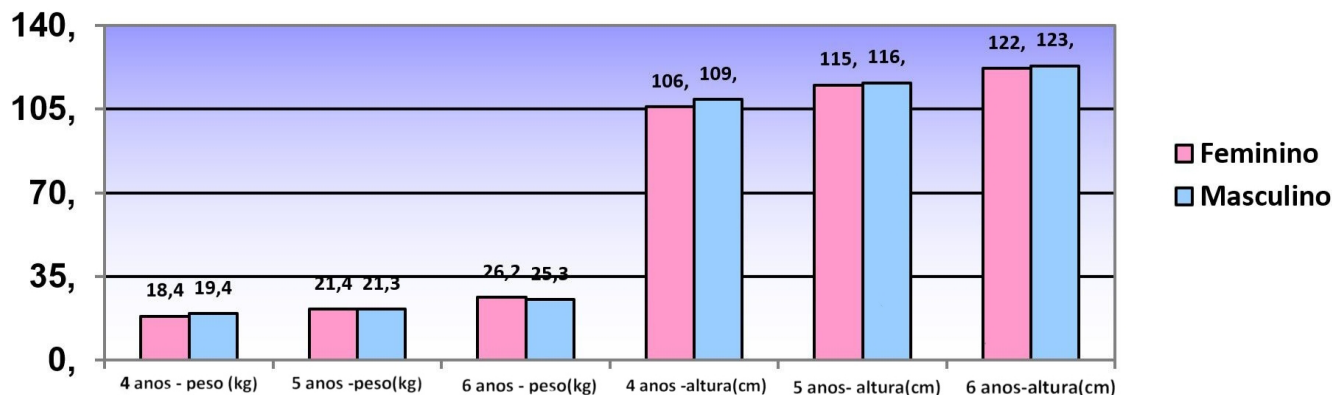
A seguir, elencaram-se as respostas com resultados significativos por idade, conforme as variáveis de peso, altura e IMC:

Em relação ao peso: Aos 4 anos, foi observada diferença estatística para C4 na velocidade média anteroposterior ($p=0,014$, sem

relação par a par) e para C7 no deslocamento médio-lateral máximo para a esquerda ($p=0,05$, sem relação par a par) e para a direita ($p=0,023$, sendo DP +2 vs. IB $p=0,033$); aos 5 anos, houve diferença no LE ($p=0,023$, sendo DP -1 vs. normal $p=0,043$ e DP -1 vs. IB $p=0,019$) e para C5 na velocidade média médio-lateral ($p=0,023$, sem relação par a par).

Referente à altura: Aos 4 anos, houve resultado estatisticamente significativo para a análise sensorial vestibular ($p=0,043$ sem relação par a par), LE no deslocamento médio-lateral máximo para a direita ($p=0,006$, sendo DP -1 vs. normal $p=0,018$); aos 5 anos, os resultados foram significativos para a medida de LE ($p=0,004$, sem relação par a par), para C3 na velocidade média médio-lateral ($p=0,024$, sendo DP +1 e DP -1 $p=0,040$) e no deslocamento máximo lateral para esquerda ($p=0,048$, sem relação par a par), para C4 na velocidade média médio-lateral ($p=0,025$, sem relação par a par), para C5 no equilíbrio composto ($p=0,028$, sem relação par a par), e para C6 nas medidas de velocidade média médio-lateral ($p=0,035$, sem relação par a par), anteroposterior ($p=0,025$, sem relação par a par) e total ($p=0,015$, sendo DP +1 vs. DP -1 $p=0,045$); aos 6 anos, para a medida de LE ($p=0,024$, sem relação par a par), para C4 nas medidas de equilíbrio composto ($p=0,026$ sem relação par a par) e velocidade média médio-lateral ($p=0,017$, sendo DP +2 vs. normal $p=0,018$) e total ($p=0,013$, sendo DP +2 vs. normal $p=0,007$), para C5 na velocidade média médio-lateral ($p=0,04$ sem relação par a par), e para C6 na velocidade média médio-lateral ($p=0,019$, sendo DP +1 vs. normal $p=0,024$) e total ($p=0,031$, sendo DP +1 vs. normal $p=0,022$), e deslocamento médio-lateral máximo para direita ($p=0,011$ sem relação par a par).

Em relação ao IMC: Não houve diferença significativa em nenhuma das análises para crianças de 6 anos. No entanto, para as crianças de 5 anos, o IMC mostrou relação com a velocidade média total para o LE ($p=0,05$, sendo DP -1 vs. IB $p=0,048$). Para a faixa etária de 4 anos, foram observados mais resultados significativos, conforme pode-se observar na Tabela 2.



Legenda: Kg = quilograma; cm = centímetros

Figura 1. Média de peso, em quilogramas, e altura, em centímetros, das crianças participantes da pesquisa (n=216)

Tabela 1. Dados da medida de peso pelo comprimento e as respostas nas diferentes condições do exame de posturografia em crianças de 4 anos (n=77)

	N	Média± D.P.	Mínimo	Percentil 05	Percentil 25	Mediana	Percentil 75	Percentil 95	Máximo	p-valor*	Pairwise**
CONDIÇÃO 1 - PLATAFORMA FIXA E OLHOS ABERTOS											
VELOCIDADE MÉDIA LATERAL mm/s											
DP (A)	48	10,4± 4,7	4,0	4,5	6,5	8,6	14,5	19,3	21,7	0,028	D≠E 0,028
DP+1(B)	8	-4,1± 5,9	-11,0	-11,0	-10,1	-3,9	1,2	3,4	3,4		
DP+2(C)	6	8,4± 2,5	5,6	5,6	7,1	7,5	10,2	12,5	12,5		
IB (D)	11	7,1± 2,4	3,5	3,5	5,2	7,2	9,2	11,3	11,3		
DP-1 (E)	4	15,1± 4,1	10,5	10,5	12,0	14,9	18,3	20,2	20,2		
DESLOCAMENTO MÉDIO-LATERAL MÁXIMO PARA ESQUERDA mm											
DP (A)	48	-21,3± 13,3	-59,9	-48,5	-29,1	-21,6	-12,0	-2,7	2,2	0,024	C≠E 0,047
DP+1(B)	8	-19,5± 12,4	-37,7	-37,7	-30,1	-18,5	-9,4	-2,6	-2,6		
DP+2(C)	6	147,8±392,3	-26,1	-26,1	-18,2	-8,8	0,2	948,3	948,3		
IB (D)	11	-12,9± 10,4	-26,8	-26,8	-24,0	-12,6	-3,0	0,6	0,6		
DP-1 (E)	4	-33,7± 9,9	-47,9	-47,9	-39,7	-30,9	-27,7	-25,1	-25,1		
CONDIÇÃO 2 - PLATAFORMA FIXA E OLHOS FECHADOS											
ELIPSE DE CONFIANÇA mm²											
DP(A)	48	1016,9±634,1	100,5	244,7	574,3	894,9	1244,0	1957,5	3301,8	0,025	D≠E 0,041
DP+1(B)	8	995,9±845,4	223,0	223,0	493,7	725,2	1260,9	2784,4	2784,4		
DP+2(C)	6	693,9± 624,0	168,0	168,0	412,2	513,8	628,7	1926,7	1926,7		
IB (D)	11	598,0±385,3	224,1	224,1	299,7	449,3	854,7	1325,7	1325,7		
DP-1 (E)	4	1521,4±287,1	1181,7	1181,7	1283,7	1565,3	1759,1	1773,3	1773,3		
ELIPSE DE CONFIANÇA POR LIMITE DE ESTABILIDADE %											
DP(A)	48	12,5± 6,4	1,3	4,0	7,0	11,2	17,9	24,3	25,2	0,027	-
DP+1(B)	8	9,3± 3,9	5,2	5,2	6,5	8,5	12,0	15,7	15,7		
DP+2(C)	6	8,4± 5,7	2,3	2,3	2,8	8,3	11,3	17,6	17,6		
IB (D)	11	8,5± 5,4	2,9	2,9	3,5	7,7	9,6	21,6	21,6		
DP-1 (E)	4	19,2± 6,1	11,5	11,5	14,7	19,7	23,7	25,9	25,9		
VELOCIDADE MÉDIA LATERAL mm/s											
DP(A)	48	12,9± 4,9	3,5	5,8	8,8	12,4	16,8	19,9	28,3	0,002	C≠E 0,017 D≠E 0,003
DP+1(B)	8	12,7± 5,5	6,8	6,8	10,0	11,5	13,2	25,2	25,2		
DP+2(C)	6	9,2± 2,8	5,7	5,7	6,7	9,0	11,4	13,3	13,3		
IB (D)	11	8,9± 3,0	5,6	5,6	6,6	8,1	9,9	15,8	15,8		
DP-1 (E)	4	22,5± 6,2	15,9	15,9	17,4	22,1	27,5	29,7	29,7		
VELOCIDADE MÉDIA ANTEROPOSTERIOR mm/s											
DP(A)	48	21,6± 6,4	9,8	11,5	16,4	22,1	25,3	32,5	35,5	0,028	D≠E 0,026
DP+1(B)	8	19,1± 4,1	14,4	14,4	16,0	18,4	22,0	25,7	25,7		
DP+2(C)	6	19,1± 6,1	12,5	12,5	14,2	18,1	22,6	29,4	29,4		
IB (D)	11	18,0± 5,1	11,2	11,2	15,2	17,1	21,0	29,7	29,7		
DP-1 (E)	4	29,7± 4,4	24,3	24,3	26,3	30,2	33,2	34,2	34,2		
EQUILÍBRIO FUNCIONAL RESIDUAL %											
DP(A)	48	87,5± 6,4	74,8	75,7	82,1	88,9	93,0	96,0	98,7	0,027	-
DP+1(B)	8	90,7± 3,9	84,3	84,3	88,1	91,6	93,5	94,8	94,8		
DP+2(C)	6	91,6± 5,7	82,4	82,4	88,7	91,8	97,2	97,7	97,7		
IB (D)	11	91,5± 5,4	78,4	78,4	90,4	92,3	96,5	97,1	97,1		
DP-1 (E)	4	80,8± 6,1	74,1	74,1	76,3	80,3	85,3	88,5	88,5		
VELOCIDADE MÉDIA TOTAL mm/s											
DP(A)	48	26,4± 8,5	10,2	12,9	20,7	25,3	31,8	41,8	45,3	0,011	D≠E 0,009
DP+1(B)	8	24,4± 7,2	15,9	15,9	20,2	23,0	26,9	39,3	39,3		
DP+2(C)	6	21,7± 7,0	14,4	14,4	15,2	20,8	25,9	33,1	33,1		
IB (D)	11	21,1± 6,3	13,1	13,1	17,6	19,2	23,1	35,9	35,9		
DP-1 (E)	4	39,8± 6,8	31,0	31,0	35,5	40,3	44,1	47,6	47,6		

D.P. ao desvio padrão; p referente aos testes não paramétrico Kruskal-Wallis e o post hoc Dunn-Bonferroni para comparações par a par nas idades. *, ** referem-se a valores estatisticamente significativos

Legenda: N refere-se ao número de sujeitos; DP refere-se ao valor dentro do esperado para a idade; DP +1 refere-se a excesso de peso/ sobrepeso; DP +2 refere-se à obesidade; IB implausibilidade biológica, refere-se quando muito acima do esperado para idade; DP -1 refere-se a abaixo do peso esperado (conforme categorização pelo software Anthro⁽¹¹⁾ da OMS)

Tabela 1. Continuação...

	N	Média± D.P.	Mínimo	Percentil 05	Percentil 25	Mediana	Percentil 75	Percentil 95	Máximo	p-valor*	Pairwise**
CONDIÇÃO 3 - PLATAFORMA COM ALMOFADA E OLHOS ABERTOS											
VELOCIDADE MÉDIA LATERAL mm/s											
DP(A)	48	14,3± 4,8	5,6	7,0	11,1	13,5	18,3	22,7	25,4	0,017	C≠E 0,005
DP+1(B)	8	14,8± 5,6	8,5	8,5	10,2	13,2	20,1	23,0	23,0		
DP+2(C)	6	9,9± 3,3	5,3	5,3	6,5	11,0	11,2	14,1	14,1		
IB (D)	11	14,0± 3,9	7,8	7,8	10,5	13,0	17,7	20,4	20,4		
DP-1 (E)	4	21,4± 1,7	19,0	19,0	20,4	21,8	22,5	23,1	23,1		
VELOCIDADE MÉDIA TOTAL mm/s											
DP(A)	48	25,3± 7,6	9,5	12,5	20,6	23,3	30,0	39,7	42,4	0,032	C≠E 0,012
DP+1(B)	8	25,9± 9,0	14,6	14,6	19,1	23,9	33,4	39,6	39,6		
DP+2(C)	6	18,9± 5,5	12,3	12,3	13,3	19,1	23,6	26,0	26,0		
IB (D)	11	25,6± 4,9	19,9	19,9	22,2	23,8	30,3	34,4	34,4		
DP-1 (E)	4	36,5± 4,6	30,7	30,7	33,0	37,0	40,0	41,2	41,2		
ANÁLISE SENSORIAL PERCEPÇÃO VISUAL											
DP(A)	48	96,5± 6,1	68,6	88,5	93,3	96,4	100,9	104,2	105,8	0,04	C≠D 0,033
DP+1(B)	8	97,6± 3,5	94,2	94,2	94,8	96,0	101,0	102,7	102,7		
DP+2(C)	6	100,7± 4,9	94,4	94,4	97,5	99,9	105,3	107,2	107,2		
IB (D)	11	93,2± 3,8	85,5	85,5	90,8	94,6	96,1	98,0	98,0		
DP-1 (E)	4	97,4± 2,5	93,7	93,7	96,0	98,4	98,8	98,9	98,9		
ANÁLISE SENSORIAL PERCEPÇÃO VESTIBULAR											
DP(A)	48	89,7± 7,8	71,6	73,7	85,7	89,0	95,4	102,2	106,2	0,027	C≠D 0,029
DP+1(B)	8	90,8± 6,5	82,2	82,2	84,9	92,0	94,9	101,1	101,1		
DP+2(C)	6	93,9± 5,3	85,9	85,9	91,1	93,7	99,1	100,2	100,2		
IB (D)	11	83,5± 4,5	76,7	76,7	79,8	83,2	88,3	91,0	91,0		
DP-1 (E)	4	90,4± 11,0	78,5	78,5	81,2	90,8	99,7	101,5	101,5		

D.P. ao desvio padrão; p referente aos testes não paramétrico Kruskal-Wallis e o post hoc Dunn-Bonferroni para comparações par a par nas idades. *, ** referem-se a valores estatisticamente significativos

Legenda: N refere-se ao número de sujeitos; DP refere-se ao valor dentro do esperado para a idade; DP +1 refere-se a excesso de peso/ sobrepeso; DP +2 refere-se à obesidade; IB implausibilidade biológica, refere-se quando muito acima do esperado para idade; DP -1 refere-se a abaixo do peso esperado (conforme categorização pelo software Anthro⁽¹⁾ da OMS)

Tabela 2. Valores do índice de massa corporal e respostas nas diferentes condições de avaliação na posturografia em crianças de 4 anos (n=77)

Tabela 2: Valores de média, desvio padrão e percentis das diferentes condições de análise na plataforma em condições de olhos abertos											
	N	Média ± D.P.	Mínimo	Percentil 05	Percentil 25	Mediana	Percentil 75	Percentil 95	Máximo	p-valor*	Pairwise**
CONDIÇÃO 1 - PLATAFORMA FIXA E OLHOS ABERTOS											
VELOCIDADE MÉDIA LATERAL mm/s											
DP(A)	51	10,4± 4,6	4,0	4,2	6,3	9,2	14,4	19,3	21,7	0,033	D≠E 0,032
DP+1(B)	9	10,1± 4,1	4,7	4,7	7,6	8,4	12,4	16,5	16,5		
DP+2(C)	5	8,0± 2,6	5,6	5,6	7,1	7,2	7,4	12,5	12,5		
IB (D)	9	7,2± 2,3	3,5	3,5	6,2	7,2	7,5	11,3	11,3		
DP-1 (E)	3	16,7± 3,4	13,5	13,5	13,5	16,3	20,2	20,2	20,2		
DESLOCAMENTO MÉDIO MÁXIMO PARA ESQUERDA											
DP(A)	51	-21,7± 13,0	-59,9	-48,5	-29,4	-22,0	-12,6	-2,7	2,2	0,004	A≠C 0,023 C≠E 0,011
DP+1(B)	9	-18,5± 11,8	-37,7	-37,7	-25,9	-17,6	-10,9	-2,6	-2,6		
DP+2(C)	5	185,6± 426,4	-16,7	-16,7	-3,0	-0,8	0,2	948,3	948,3		
IB (D)	9	-13,1± 10,1	-24,0	-24,0	-21,7	-18,2	-3,5	0,6	0,6		
DP-1 (E)	3	-34,8± 11,8	-47,9	-47,9	-47,9	-31,5	-25,1	-25,1	-25,1		
CONDIÇÃO 2 - PLATAFORMA FIXA E OLHOS FECHADOS											
ELIPSE DE CONFIANÇA mm²											
DP(A)	51	1010,4± 622,9	100,5	244,7	567,0	885,8	1248,0	1957,5	3301,8	0,016	A≠D 0,046 D≠E 0,027
DP+1(B)	9	1013,8± 796,0	223,0	223,0	603,1	731,5	1212,5	2784,4	2784,4		
DP+2(C)	5	796,9± 637,1	401,7	401,7	480,2	547,4	628,7	1926,7	1926,7		
IB (D)	9	474,0± 359,7	168,0	168,0	275,9	312,5	498,5	1325,7	1325,7		
DP-1 (E)	3	1566,6± 333,7	1181,7	1181,7	1181,7	1744,9	1773,3	1773,3	1773,3		

DP ao desvio padrão; p referente aos testes não paramétrico Kruskal-Wallis e o post hoc Dunn-Bonferroni para comparações par a par nas idades. *, ** referem-se a valores estatisticamente significativos

Legenda: N refere-se ao número de sujeitos; DP refere-se ao valor dentro do esperado para a idade; DP +1 refere-se a excesso de peso/ sobrepeso; DP +2 refere-se à obesidade; IB implausibilidade biológica, refere-se quando muito acima do esperado para idade; DP -1 refere-se a abaixo do peso esperado (conforme categorização pelo software Anthro⁽¹⁾ da OMS)

Tabela 2. Continuação...

	N	Média ± D.P.	Mínimo	Percentil 05	Percentil 25	Mediana	Percentil 75	Percentil 95	Máximo	p-valor*	Pairwise**
CONDIÇÃO 2 - PLATAFORMA FIXA E OLHOS FECHADOS											
ELIPSE DE CONFIANÇA POR LIMITE DE ESTABILIDADE %											
DP(A)	51	12,3± 6,1	1,3	4,0	7,0	10,6	17,6	24,0	25,2	0,026	D≠E 0,046
DP+1(B)	9	10,9± 6,2	5,2	5,2	6,6	8,2	14,8	24,3	24,3		
DP+2(C)	5	9,3± 5,6	2,8	2,8	6,9	7,7	11,3	17,6	17,6		
IB (D)	9	7,2± 5,9	2,3	2,3	3,4	6,8	8,5	21,6	21,6		
DP-1 (E)	3	19,6± 7,4	11,5	11,5	11,5	21,5	25,9	25,9	25,9		
CENTRO DE PRESSÃO ANTEROPOSTERIOR mm/s											
DP(A)	51	42,8± 12,8	8,8	23,2	36,2	41,0	48,5	64,3	82,2	0,048	A≠D 0,049
DP+1(B)	9	37,8± 5,6	30,1	30,1	34,7	37,4	39,2	50,0	50,0		
DP+2(C)	5	37,8± 4,7	32,3	32,3	35,4	36,7	40,1	44,7	44,7		
IB (D)	9	31,7± 12,2	17,4	17,4	21,4	32,5	34,9	57,2	57,2		
DP-1 (E)	3	46,6± 14,6	35,9	35,9	35,9	40,7	63,2	63,2	63,2		
VELOCIDADE MÉDIA LATERAL mm/s											
DP(A)	51	12,8± 4,9	3,5	5,8	8,7	12,1	17,0	19,9	28,3	0,003	A≠D 0,029
DP+1(B)	9	13,2± 5,2	6,8	6,8	10,6	12,4	13,8	25,2	25,2		D≠E 0,004
DP+2(C)	5	9,9± 2,5	6,7	6,7	8,8	9,4	11,4	13,3	13,3		
IB (D)	9	8,2± 3,2	5,6	5,6	6,2	7,4	8,6	15,8	15,8		
DP-1 (E)	3	23,6± 7,0	15,9	15,9	15,9	25,3	29,7	29,7	29,7		
EQUILÍBRIO FUNCIONAL RESIDUAL %											
DP(A)	51	87,7± 6,1	74,8	76,0	82,4	89,4	93,0	96,0	98,7	0,026	D≠E 0,046
DP+1(B)	9	89,1± 6,2	75,7	75,7	85,2	91,8	93,4	94,8	94,8		
DP+2(C)	5	90,7± 5,6	82,4	82,4	88,7	92,3	93,1	97,2	97,2		
IB (D)	9	92,8± 5,9	78,4	78,4	91,5	93,2	96,6	97,7	97,7		
DP-1 (E)	3	80,4± 7,4	74,1	74,1	74,1	78,5	88,5	88,5	88,5		
VELOCIDADE MÉDIA TOTAL mm/s											
DP(A)	51	26,5± 8,5	10,2	12,9	21,1	25,2	31,7	41,8	45,3	0,02	D≠E 0,021
DP+1(B)	9	25,3± 7,2	15,9	15,9	22,3	23,7	29,3	39,3	39,3		
DP+2(C)	5	22,2± 7,5	14,4	14,4	17,0	20,5	25,9	33,1	33,1		
IB (D)	9	19,8± 6,5	13,1	13,1	17,6	18,5	20,1	35,9	35,9		
DP-1 (E)	3	39,5± 8,3	31,0	31,0	31,0	39,9	47,6	47,6	47,6		

DP ao desvio padrão; p referente aos testes não paramétrico Kruskal-Wallis e o post hoc Dunn-Bonferroni para comparações par a par nas idades. *, ** referem-se a valores estatisticamente significativos

Legenda: N refere-se ao número de sujeitos; DP refere-se ao valor dentro do esperado para a idade; DP +1 refere-se a excesso de peso/ sobrepeso; DP +2 refere-se à obesidade; IB implausibilidade biológica, refere-se quando muito acima do esperado para idade; DP -1 refere-se a abaixo do peso esperado (conforme categorização pelo *software* Anthro⁽¹¹⁾ da OMS)

Quanto ao estado nutricional, analisado pelo *software* Anthro⁽¹¹⁾ aos 4 anos, nas meninas, para a variável peso pelo comprimento, observou-se normalidade em 60,5% (n= 23), abaixo do peso em irmãs gêmeas 5,3% (n= 2), sobrepeso em 7,9% (n= 3), obesidade em 10,5% (n= 4) e incompatibilidade biológica em 15,8% (n= 6). Nos meninos, foi observada normalidade em 64,2% (n= 25), abaixo do peso em 5,1% (n= 2), sobrepeso em 12,8% (n= 5), obesidade em 5,1% (n= 2) e incompatibilidade biológica em 12,8% (n= 5).

No indicador IMC, foi observado normalidade em 68,4% (n= 26), abaixo do peso em 2,6% (n= 1), sobrepeso em 5,3% (n= 2), obesidade em 7,9% (n= 3) e incompatibilidade biológica em 15,8% (n=6) no sexo feminino. No sexo masculino, foi observada normalidade em 64,2% (n= 25), abaixo do peso em 5,1% (n= 2), sobrepeso em 17,9% (n= 7), obesidade em 5,1% (n= 2) e incompatibilidade biológica em 7,7% (n= 3). Isso demonstra que aos 4 anos, mais de um terço das crianças (n= 26) apresentaram IMC fora do esperado para a faixa etária.

O IMC, na idade de 5 anos, analisado pelo *software* AnthroPlus⁽¹²⁾, demonstrou que no sexo feminino, 42,9% (n= 15) das crianças classificadas como eutróficas (adequadas, faixa dentro da normalidade), 8,6% (n= 3) encontravam-se abaixo do peso, 31,4% (n= 11) sobrepeso, 11,4% (n= 4) foram classificadas como obesidade e 5,7% (n= 2) como incompatibilidade biológica. No sexo masculino, 58,8% (n= 20) eutróficos, 3% (n= 1) apresentaram magreza, 14,7% (n= 5) sobrepeso, 20,5% (n= 7) obesidade e 3% (n= 1) incompatibilidade biológica. Em síntese, 50,2% (n= 34) das crianças aos 5 anos apresentaram IMC fora do esperado para a idade.

Para a faixa etária de 6 anos, o índice IMC (analisado pelo *software* AnthroPlus⁽¹²⁾) os resultados apresentados no sexo feminino foram: 35,3% (n= 12) eutróficas, 11,8% (n= 4) apresentaram peso abaixo do esperado, 29,4% (n= 10) sobrepeso, 20,6% (n= 7) obesidade e 2,9% (n= 1) 2,9% (n= 1) incompatibilidade biológica. No sexo masculino, 47,2% (n= 17) classificados como eutróficos, 2,8% (n= 1) abaixo do peso, 25% (n= 9) sobrepeso,

13,9% (n= 5) obesos e 11,1% (n= 4) como incompatibilidade biológica. Demonstrando que aos 6 anos, mais da metade das crianças, 58,6% (n = 41), apresentaram IMC fora do esperado para a idade.

DISCUSSÃO

As alterações no controle postural podem gerar atrasos no desenvolvimento motor e na aprendizagem, resultando em interferência nas potencialidades relacionadas à linguagem, fala, escrita e leitura⁽¹⁷⁾. Isso reforça a necessidade dos padrões de normalidade bem definidos em equipamentos de avaliação, os quais considerem as particularidades da idade e variáveis individuais como medidas antropométricas e sexo. Tendo também como intuito agregar na prática clínica ao se utilizar uma ferramenta segura para o acompanhamento do desenvolvimento infantil.

Cabe salientar que a maturação durante o desenvolvimento ocorre respeitando uma ordem, não sendo diferente para a maturação dos sistemas sensoriais envolvidos no equilíbrio corporal, a qual ocorre primeiramente no sistema visual, após no sistema proprioceptivo e seguido do sistema vestibular, chegando na maturação funcional aos 9 anos de idade⁽¹⁸⁾. Adicionalmente, os ajustes posturais realizados pelo corpo mostram-se essenciais na função de compensar as perturbações recebidas durante os movimentos que necessitam serem coordenados no espaço. Nesse sentido, o reflexo vestibulo-espinal (RVE) desempenha relevante atuação, pois permite coordenar a movimentação da cabeça e do pescoço com o movimento do tronco e do corpo, visando manter a cabeça na posição ereta e em tendo participação na estabilização postural do corpo globalmente mesmo na ausência de locomoção ativa⁽¹⁹⁾. O que destaca a relevância de pesquisas na área de Otoneurologia infantil, as quais busquem maior elucidação do desenvolvimento maturacional do equilíbrio corporal e das possíveis associações com as medidas antropométricas, bem como, por meio da utilização e estudo de equipamentos atualizados voltados para avaliação, diagnóstico e intervenção neste público.

A medida peso pelo comprimento é empregada para monitorar e acompanhar o crescimento e desenvolvimento de crianças até 5 anos⁽¹⁴⁾. No presente estudo, essa medida revelou uma associação significativa nas crianças de 4 anos com a velocidade média, bem como, respostas relacionadas aos sistemas visual e vestibular, possivelmente devido às diferenças estatísticas observadas na altura das crianças nessa faixa etária. Os valores de oscilação observados na velocidade média foram superiores nas crianças classificadas como DP-1, abaixo do peso, em comparação com aquelas classificadas como DP+2 e/ou IB, acima do peso. Supõe-se que seja devido à menor rapidez na movimentação corporal, o que pode estar relacionado ao aumento da massa corpórea e, conseqüentemente, à redução da oscilação de ajuste nas crianças consideradas mais pesadas. O que contribui para maior estabilidade do corpo em relação ao centro de pressão.

Estudo⁽²⁰⁾ investigou a possível associação entre as respostas do centro de pressão em plataforma de força e a variável sobrepeso *versus* peso dentro do normal em crianças e adolescentes, na faixa etária de 7 a 12 anos. Os resultados revelaram que não houve diferença significativa entre os pares de mesma idade

nas quatro condições sensoriais avaliadas. No entanto, houve maior variabilidade de respostas naquelas que encontravam-se acima do peso, para o dado de velocidade, mais especificamente para a velocidade médio-lateral⁽²⁰⁾. No presente estudo, na primeira condição de exame, foi observada uma diferença estatisticamente significativa na velocidade médio-lateral entre os extremos DP-1 (baixo peso para a altura) e IB (criança com valores antropométricos muito acima do esperado para a faixa etária), sugerindo que peso e altura influenciam no equilíbrio das crianças aos 4 anos de idade.

Outro estudo⁽²¹⁾ realizado com crianças de 4 a 5 anos, demonstrou que o peso corporal não teve uma significância estatística nas respostas para os testes de marcha Tandem e de apoio unipodal, que avaliam a capacidade da criança de manter o equilíbrio em uma base de apoio estreita. No entanto, a mesma variável apresentou associação forte com as respostas na posturografia dinâmica e estática em 93 jovens do sexo masculino na faixa etária de 10 a 21 anos⁽²²⁾. Os pesquisadores sugeriram que as alterações no equilíbrio observadas foram muito sutis para serem detectadas pelo exame, ademais, relatam como outra hipótese a redução da musculatura na composição corporal em relação ao peso, e não necessariamente por alterações na propriocepção⁽²²⁾. Diferentemente do presente estudo, no qual foram encontrados resultados significativos em algumas das condições de exame para todas as faixas etárias, na análise do peso e respostas no equilíbrio corporal, demonstrando a influência desta variável para o controle da estabilidade corporal. Possivelmente, esses resultados discrepantes podem ser atribuídos às diferenças nos métodos de avaliação em comparação com o primeiro estudo e às diferenças na faixa etária dos participantes no segundo estudo.

Os resultados da presente pesquisa corroboram em parte com outro estudo⁽²³⁾, que descreve uma associação entre as respostas obtidas em diferente plataforma de força com a medida peso, sendo o excesso de peso significativo para dos dados de frequência anteroposterior e de velocidade médio-lateral aos 8 anos de idade. Pesquisadores⁽²⁴⁾ sugerem que o peso é um fator preditivo das respostas obtidas na avaliação do equilíbrio em crianças de 3 a 4 anos, conforme observado no Teste de Alcance Funcional, que visa identificar alterações dinâmicas no controle postural, deixando de ser um preditor aos 5 anos. Reitera-se a existência de uma relação entre o peso corporal e os achados na posturografia. No entanto, os achados da presente pesquisa diferem de outros estudos com população infantil, pois as crianças com peso abaixo do esperado foram as que apresentaram pior desempenho, demonstrando menor estabilidade corporal em comparação com aquelas que estavam acima do peso. Uma das hipóteses levantadas é a faixa etária pesquisada.

As medidas corporais de peso e a altura relacionam-se negativamente com o controle postural⁽²⁵⁾. Embora seja desafiador encontrar material na literatura científica que exponha de forma explícita o impacto das medidas de altura e peso na estabilidade postural, pesquisadores perceberam uma correlação com dependência estatisticamente significante entre as medidas e os parâmetros analisados, tanto na condição de olhos abertos quanto fechados, em escolares de 6 a 9 anos⁽²⁶⁾. A estatura pode interferir negativamente no controle postural de crianças⁽⁶⁾. Após analisar as respostas pelo

teste Clínico Modificado de Integração Sensorial e os resultados na posturografia *Balance Master* para o LE, foi identificada associação entre os achados e as variáveis de idade, sexo, altura e IMC em crianças de 4 a 12 anos⁽²⁷⁾. Os achados atuais corroboram essas descobertas, uma vez que foram encontradas diferenças estatisticamente significativas em diferentes condições de exame para as variáveis analisadas em todas as faixas etárias.

Aos 6 anos, idade em que mais da metade das crianças apresentaram IMC alterado, não foi encontrada relação entre o IMC e as condições do exame de posturografia. Entretanto, aos 5 anos de idade foi observada relação em apenas uma condição (velocidade) e para diversas variáveis aos 4 anos, especialmente para o dado de velocidade média. A relação entre a medida de velocidade média, que permite determinar a rapidez dos deslocamentos do centro de pressão na posturografia, foi observada diferença tanto aos 5 quanto aos 4 anos, corroborando com resultados de estudo anterior⁽⁶⁾. Esses achados são consistentes com uma revisão bibliográfica recente, que concluiu que o aumento na oscilação da estabilidade corporal está associado a um alto valor de IMC, destacando o peso como um forte preditor de alterações na estabilidade corporal, conforme publicações em diversos periódicos científicos⁽²⁸⁾.

No presente estudo, observou-se que à medida que a idade avança, houve aumento do percentual de crianças com IMC inadequado. Em relação aos achados nutricionais associados ao IMC, pesquisadores na área de nutrição identificaram uma tendência ao excesso de peso em crianças de 5 a 9 anos que residem em uma cidade do interior do Rio Grande do Sul, reforçando a observação de desordens nutricionais na população do estudo⁽²⁹⁾. Em outra cidade mais populosa do mesmo estado, um estudo diferente verificou que conforme houve o aumento da idade, também aumentava o número de crianças classificadas como obesas⁽³⁰⁾. Houve uma prevalência maior de crianças acima do peso entre aquelas com idade igual ou superior a 5 anos em comparação com as mais jovens⁽³⁰⁾.

Acredita-se que a falta de atividade, o aumento do tempo em casa, as limitações de espaços para circulação, somadas às restrições de convivência causadas pela pandemia do Coronavírus iniciada em 2019, possam ter contribuído para os achados, pois a coleta foi realizada no período de novembro de 2020 a abril de 2021. Fato que pode ser considerado uma das limitações desta pesquisa. Sugerem-se novas pesquisas envolvendo crianças na mesma faixa etária, especialmente aquelas com patologias e/ou queixas vestibulares, incorporando novos achados e avanços tecnológicos para uma avaliação cada vez mais precisa e abrangente.

Por fim, reitera-se que o equilíbrio corporal é um dos requisitos essenciais para a aprendizagem motora, realização de atividades diárias, adequação da interação social e do pleno desenvolvimento. A integração do sistema vestibular, com outros sistemas sensoriais, é importante para o adequado desenvolvimento de comportamentos espaciais complexos e habilidades cognitivas pela criança^(31,32). As alterações no equilíbrio corporal e postural podem restringir a adequada interação da criança com o meio, sendo capaz de interferir na aquisição e no desenvolvimento da linguagem e da aprendizagem, causando um impacto deletério na cognição, nas habilidades psicossociais e educacionais.

CONCLUSÃO

Conclui-se, diante do exposto, que foi possível verificar a associação das medidas corporais individuais de peso, altura e IMC com a manutenção do equilíbrio corporal em crianças hígidas de 4 a 6 anos e 11 meses. Recomenda-se que tais medidas sejam analisadas e consideradas nos exames de posturografia computadorizada na população infantil, devido à sua influência significativa nos resultados obtidos.

REFERÊNCIAS

1. Taguchi C, Rocha GD, Greco MC, Sousa MGC, Jacques R. Guia de orientação: Atuação do Fonoaudiólogo em avaliação e reabilitação do equilíbrio corporal [Internet]. Brasília: Conselho Federal de Fonoaudiologia; 2017 [citado em 2021 Jul 28]. Disponível em: <https://www.fonoaudiologia.org.br/wp-content/uploads/2019/09/site-guia-otoneuro-1.pdf>
2. Patti A, Bianco A, Şahin N, Sekulic D, Paoli A, Iovane A, et al. Postural control and balance in a cohort of healthy people living in Europe: an observational study. *Medicine (Baltimore)*. 2018;97(52):e13835. <http://doi.org/10.1097/MD.00000000000013835>. PMID:30593180.
3. Chiari L, Rocchi L, Cappello A. Stabilometric parameters are affected by anthropometry and foot placement. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2002;17(9-10):666-77. [http://doi.org/10.1016/S0268-0033\(02\)00107-9](http://doi.org/10.1016/S0268-0033(02)00107-9). PMID:12446163.
4. Eriksen ND, Hougaard DD. Age- and gender-specific normative data on computerized dynamic posturography in a cohort of Danish adults. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2023;280(5):2191-200. <http://doi.org/10.1007/s00405-022-07706-y>. PMID:36326952.
5. Hsu YS, Kuan CC, Young YH. Assessing the development of balance function in children using stabilometry. *Int J Pediatr Otorhi*. 2009;73(5):737-40. <http://doi.org/10.1016/j.ijporl.2009.01.016>. PMID:19232750.
6. Guzmán-Muñoz E, Valdés-Badilla P, Méndez-Rebolledo G, Concha-Cisternas YF, Castillo-Retamal ME. Relación entre el perfil antropométrico y el balance postural estático y dinámico en niños de 6 a 9 años. *Nutr Hosp*. 2019;36(1):32-8. PMID:30821164.
7. Lara S, Graup S, Balk RS, Teixeira LP, Farias AD, Alves GB, et al. Associação entre o equilíbrio postural e indicadores antropométricos em escolares. *Rev Paul Pediatr*. 2018;36(1):59-65. <http://doi.org/10.1590/1984-0462/2018;36;1;00011>. PMID:29160409.
8. Guzmán-Muñoz E, Méndez-Rebolledo G, Núñez-Espinosa C, Valdés-Badilla P, Monsalves-Álvarez M, Delgado-Floody P, et al. Anthropometric profile and physical activity level as predictors of postural balance in overweight and obese children. *Behav Sci (Basel)*. 2023;13(1):73. <http://doi.org/10.3390/bs13010073>. PMID:36661645.
9. Duarte M, Freitas SMSF. Revisão sobre posturografia baseada em plataforma de força para avaliação do equilíbrio. *Rev Bras Fisioter*. 2010;14(3):183-92. <http://doi.org/10.1590/S1413-35552010000300003>. PMID:20730361.
10. Casselbrant ML, Mandel EM, Sparto PJ, Redfern MS, Furman JM. Contribution of vision to balance in children four to eight years of age. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 2007;116(9):653-7. <http://doi.org/10.1177/000348940711600905>. PMID:17926586.
11. WHO: World Health Organization. Child growth standards for 0-60 months. Geneva: WHO; 2006 [citado em 2021 Out 16]. Disponível em: <https://www.who.int/tools/child-growth-standards/software>
12. WHO: World Health Organization. Growth reference data for 5-19 years - Application tools (who.int). Geneva: WHO; 2007 [citado em 2021 Out 10]. Disponível em: <https://www.who.int/tools/growth-reference-data-for-5to19-years>
13. WHO: World Health Organization. AnthroPlus for personal computers Manual: Software for assessing growth of the world's children and adolescents. Geneva: WHO; 2009 [citado em 2021 Out 16]. Disponível em: <http://www.who.int/growthref/tools/en/>
14. de Onis M. Curvas de Referência da Organização Mundial da Saúde. In: Frelut ML, editor. The ECOG's eBook on Child and Adolescent Obesity.

- Geneva: WHO; 2015 [citado em 2021 Jun 22]. Disponível em <https://ebook.ecog-obesity.eu/wp-content/uploads/2017/05/ECOG-Obesity-eBook-Curvas-de-referencia-da-organizacao-mundial-da-saude.pdf>
15. ASHA: American Speech-Language-Hearing Association. Guidelines for Screening for Hearing Impairment—School-age children, 5 through 18 years. Rockville: ASHA; 2007.
 16. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Cadernos temáticos do PSE – Saúde Ocular. Brasília: Ministério da Saúde; 2016. 28 p.
 17. Romero MV, Mota HB, Nóro LA, Valentins Dos Santos Filha VA. Correlation between body balance exams and school children reading assessments. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2020;137:110230. <http://doi.org/10.1016/j.ijporl.2020.110230>. PMID:32896346.
 18. Sá CDSC, Boffino CC, Ramos RT, Tanaka C. Development of postural control and maturation of sensory systems in children of different ages a cross-sectional study. *Braz J Phys Ther*. 2018;22(1):70-6. <http://doi.org/10.1016/j.bjpt.2017.10.006>. PMID:29239806.
 19. Olechowski-Bessagnet A, Grandemange R, Cardoit L, Courty E, Lambert FM, Le Ray D. Functional organization of vestibulospinal inputs on thoracic motoneurons responsible for trunk postural control in Xenopus. *J Physiol*. 2020;598(4):817-38. <http://doi.org/10.1113/JP278599>. PMID:31834949.
 20. D'Hondt E, Deforche B, Bourdeaudhuij I, Gentier I, Tanghe A, Shultz S, et al. Postural balance under normal and altered sensory conditions in normal-weight and overweight children. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2011;26(1):84-9. <http://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2010.08.007>. PMID:20850213.
 21. Condon C, Cremin K. Static balance norms in children. *Physiother Res Int*. 2014;19(1):1-7. <http://doi.org/10.1002/pri.1549>. PMID:23703740.
 22. Goulding A, Jones IE, Taylor RW, Piggot JM, Taylor D. Dynamic and static tests of balance and postural sway in boys: effects of previous wrist bone fractures and high adiposity. *Gait Posture*. 2003;17(2):136-41. [http://doi.org/10.1016/S0966-6362\(02\)00161-3](http://doi.org/10.1016/S0966-6362(02)00161-3). PMID:12633774.
 23. Neves JCJ, Souza AKV, Fujisawa DS, Souza AKV, Fujisawa DS. Controle postural e atividade física em crianças eutróficas, com sobrepeso e obesas. *Rev Bras Med Esporte*. 2017;23(3):241-5. <http://doi.org/10.1590/1517-869220172303157674>.
 24. Norris RA, Wilder E, Norton J. The Functional Reach Test in 3- to 5-year-old children without disabilities. *Pediatr Phys Ther*. 2008;20(1):47-52. <http://doi.org/10.1097/PEP.0b013e31815ce63f>. PMID:18300933.
 25. Villarrasa-Sapiña I, Álvarez-Pitti J, Cabeza-Ruiz R, Redón P, Lurbe E, García-Massó X. Relationship between body composition and postural control in prepubertal overweight/obese children: a cross-sectional study. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2018;52:1-6. <http://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2017.12.010>. PMID:29291461.
 26. Stanek E, Truszczyńska A, Drzał-Grabiec J, Tarnowski A. Postural balance assessment in children aged 7 to 9 years, as related to body weight, height, and physical activity. *Biomed Hum Kinetics*. 2015;7(1):142-6. <http://doi.org/10.1515/bhk-2015-0020>.
 27. Kolic J, O'Brien K, Bowles KA, Iles R, Williams CM. Understanding the impact of age, gender, height and body mass index on children's balance. *Acta Paediatr*. 2020;109(1):175-82. <http://doi.org/10.1111/apa.14933>. PMID:31301080.
 28. Alice A, Yadav M, Verma R, Kumari M, Arora S. Effect of obesity on balance: a literature review. *IJHS*. 2022;6(S4):3261-79. <http://doi.org/10.53730/ijhs.v6nS4.9126>.
 29. Balestrin M. Estado nutricional de crianças e adolescentes do município de Caiçara, RS [Trabalho de conclusão de curso]. Palmeira das Missões: Especialização em Gestão e Organização Pública em Saúde, Universidade de Santa Maria; 2015.
 30. da Silva LS, Franco DS, Linhares AO, Gigante DP. Classificação do estado nutricional de pré-escolares matriculados em escola pública e privada da cidade de Pelotas-RS. *RBONE*. 2022;15(95):608-17.
 31. Van Hecke R, Deconinck FJA, Wiersema JR, Clauws C, Danneels M, Dhooze I, et al. Balanced Growth project: a protocol of a single center observational study on the involvement of the vestibular system in a child's motor and cognitive development. *BMJ Open*. 2021;11(6):e049165. <http://doi.org/10.1136/bmjopen-2021-049165>. PMID:34117049.
 32. Sleifer P, Borges VMS. Vestibulopatias Centrais na Infância. In: Cabral A, organizador. *Tratado de Otoneurologia Infantil*. Ribeirão Preto: BookToy; 2023. p. 159-74.

Contribuição dos autores

ÂMB foi responsável pela concepção do estudo, coleta e análise de dados, e escrita do manuscrito; RSR foi responsável pela correção, revisão crítica do conteúdo intelectual relevante e aprovação final do manuscrito; PS foi responsável pelo delineamento/design do estudo, interpretação dos dados e correção e revisão crítica do conteúdo intelectual.