

ИЗМЕНЕНИЕ КООРДИНАТ ОБЩЕГО ЦЕНТРА ДАВЛЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОЗЫ В ПОЛОЖЕНИИ СИДЯ

В.В. Епишев, И.В. Черепова, О.С. Меркасымова, Т.В. Яхина, А.В. Лопина

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Цель исследования – определение координат общего центра давления человека в положении сидя в различных позах. **Материалы и методы.** Исследование проводилось с участием 22 человек (11 мужчин и 11 женщин) в возрасте от 20 до 50 лет. На стул с жестким металлическим каркасом была установлена стабилометрическая платформа МБН «Стабило» и проведены 8 проб (по 30 с в каждой позе) с различными позами. Анализировались средние значения трех показателей: X – положение общего центра давления во фронтальной плоскости, Y – положение общего центра давления в сагиттальной плоскости, Z – вес тела. **Результаты.** Анализ средних значений координат ОЦД во фронтальной плоскости (координата X) в позе «ровно» свидетельствует о его смещении вправо, усиливаемом в других позах. Положение ОЦД в сагиттальной плоскости (координата Y) определяется позами, в пяти зафиксировано его смещение вперед, в трех – назад (относительно позы «ровно»). В позе «ноги под себя», установлены максимальные значения веса тела (увеличение на 16,2 % от позы «ровно»), в позах с наклоном корпуса вперед его снижение от 57,8 до 74,8 % (относительно позы «ровно»). **Заключение.** Исследование показало наличие существенных различий в положении ОЦД при различных позах в положении сидя. Параметр «положение ОЦД во фронтальной плоскости» (координата X) в позе «ровно» можно рассматривать как критерий, позволяющий провести раннюю диагностику отклонений в пространственном положении таза и позвоночника. Анализ параметра «положения ОЦД в сагиттальной плоскости» (координата Y) в сочетании с параметром «вес тела» (координата Z) можно использовать как индикаторы позы человека в положении сидя.

Ключевые слова: положение сидя, поза, стабилометрия, общий центр давления, вес тела.

Введение. Проблема сидячего образа жизни и борьбы с его последствиями остаётся актуальной повсеместно. Начиная со школы современный человек привыкает к работе в положении сидя, что приводит к гиподинамии и нарушению в функционировании различных систем организма [2, 17]. Длительное сидение негативно сказывается на состоянии позвоночника, так как возникающее в теле напряжение мышц и связок компенсируется посредством изменения положения сидя. Это приводит к фиксации напряжений, закреплению анатомических сдвигов и ещё большему нарушению осанки [9, 10].

Оценка оказываемого давления и контроля при различных позах в положении сидя рассматривались в ряде исследований. R.H. Goossens с соавт. [6–8] рассмотрели параметры давления вокруг левой ягодицы и на седалищной бугристости, M.P. DeLoozес соавт. [3] – равномерность распределения давления в поддоне сиденья и спинке, S.M. Carcone [1] – площадь контакта с сиденьем и среднее давление в сидении, а также в некоторых работах

исследовалось максимальное давление в сидении [5, 12]. Сделаны выводы о том, что данный вопрос подлежит дальнейшей разработке и детальному изучению, так как недостаточно изучена связь длительного пребывания в положении сидя с повышенным риском развития заболеваний опорно-двигательного аппарата [11, 13, 15, 18].

Вместе с тем установлено, что для оценки различных поз в положении сидя наиболее эффективно будет применение приборов и систем, измеряющих вес и его распределение [13]. Эргономическая информация, которая может быть предоставлена сидящему человеку, важна для коррекции положения и может изменить его привычки и отношение к обычной позе [2, 4, 14, 16]. Для создания подобных устройств необходимо проведение ряда исследований, которые позволят создать фундаментальные основы и алгоритмы распознавания различных поз в положении сидя.

Цель исследования – определение координат общего центра давления человека в положении сидя в различных позах.

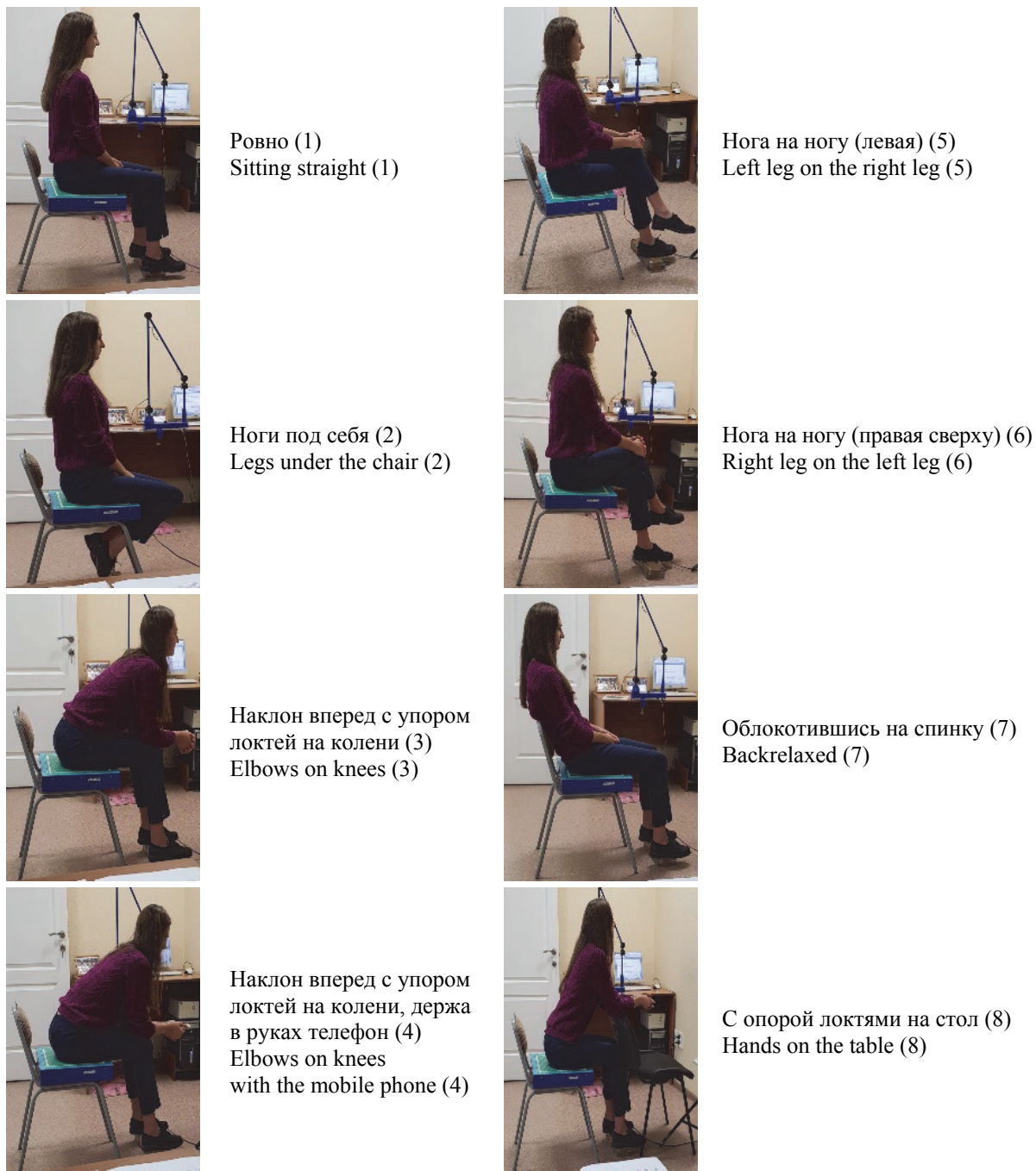


Рис. 1. Анализируемые позы в положении сидя
Fig. 1. Sitting postures

Материалы и методы. Исследование проводилось с участием 22 человек (11 мужчин и 11 женщин) в возрасте от 20 до 50 лет. На стул с жестким металлическим каркасом была установлена стабилметрическая платформа МБН «Стабило», и в соответствии с методикой исследования последовательно проведены 8 проб (по 30 с в каждой позе) с различными позами (рис. 1). Анализировались средние значения трех показателей: X –

положение общего центра давления (ОЦД) во фронтальной плоскости, Y – положение общего центра давления в сагиттальной плоскости, Z – вес тела.

Результаты исследования. В таблице представлены результаты исследования, свидетельствующие о наличии существенных различий положения ОЦД в зависимости от позы сидящего человека.

Как видно из таблицы, в положении сидя,

Координаты центра давления (X, Y, Z) человека в различных позах в положении сидя
Coordinates of the center of pressure (X, Y, Z) in various sitting postures

Поза в положении сидя Sitting postures	Координата Coordinate	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Ровно Sitting straight	X (мм)	35,22	7,30	76,45	18,98
	Y (мм)	-0,95	-80,10	76,50	41,91
	Z (кг)	33,47	10,10	61,80	13,94
Ноги под себя Legs under the chair	X (мм)	33,71	0,01	124,62	25,30
	Y (мм)	78,84	-9,83	141,08	43,70
	Z (кг)	39,95	12,80	70,40	15,80
Наклон вперед с упором локтей на колени Elbows on knees	X (мм)	88,11	4,06	221,93	61,92
	Y (мм)	72,58	-48,90	163,76	59,05
	Z (кг)	19,14	5,25	51,30	11,63
Наклон вперед с упором локтей на колени, держа в руках телефон Elbows on knees with the mobile phone	X (мм)	87,73	3,00	221,88	64,48
	Y (мм)	61,90	-64,64	162,97	72,20
	Z (кг)	19,92	6,10	53,25	12,54
Нога на ногу (левая) Left leg on the right leg	X (мм)	45,32	-13,89	87,97	25,58
	Y (мм)	-34,52	-95,09	47,69	38,12
	Z (кг)	32,33	12,10	59,50	13,62
Нога на ногу (правая сверху) Right leg on the left leg	X (мм)	12,76	-34,73	52,04	22,67
	Y (мм)	-32,74	-103,55	52,84	40,87
	Z (кг)	31,79	12,60	62,10	14,30
Облокотившись на спинку Back relaxed	X (мм)	22,79	-48,32	99,53	33,31
	Y (мм)	-50,45	-106,66	41,03	39,68
	Z (кг)	26,87	7,50	59,20	12,84
С опорой локтями на стол Hands on the table	X (мм)	52,12	-44,48	201,39	54,31
	Y (мм)	47,80	-31,21	150,19	57,88
	Z (кг)	21,20	7,25	44,65	10,65

Примечание: X – положение общего центра давления (ОЦД) во фронтальной плоскости, Y – положение общего центра давления в сагиттальной плоскости, Z – вес тела.

Note: X – center of pressure in the frontal plane; Y – center of pressure in the sagittal plane; Z – body weight.

независимо от позы, наблюдается высокая вариабельность параметров, связанная с индивидуальными особенностями человека (антропометрические данные, состояние позвоночника, положение таза, наклон головы и т. п.). В частности, анализ минимальных и максимальных значений свидетельствует о большом вариационном размахе, в некоторых случаях достигающем 200 % (поза «ровно», положение ОЦД (общий центр давления) в сагиттальной плоскости: min -80,10 мм; max 76,50 мм). В таком случае при данной выборке сравнение полученных значений методами вариационной статистики (например, критерий Стьюдента) не представляется возможным. Однако результаты позволяют оценить динамику изменения положения ОЦД и в перспективе разработать методику исследования, которая позволит статистически достоверно установить различия в координатах ОЦД при различных позах сидя. Например,

при дальнейших исследованиях необходимо учитывать различия в антропометрических данных испытуемых [5], деформации позвоночника, массу тела, эргономические требования к стулу и другие факторы, влияющие на измеряемые показатели.

Анализ средних значений координат ОЦД во фронтальной плоскости в позе «ровно» свидетельствует о смещении ОЦД в правую сторону (X – 35,22 мм), что, возможно, связано с деформациями опорно-двигательного аппарата. Так, например, установлено, что ротация таза и различные деформации позвоночника оказывают большое влияние на смещение положения ОЦД как в положении стоя [10], так и в положении сидя [14]. Значения ОЦД в сагиттальной плоскости в среднем близки к 0 мм, что свидетельствует о хорошем уровне развития системы «агонист – антагонист» – «брюшной пресс – паравертебральные мышцы спины» [6].

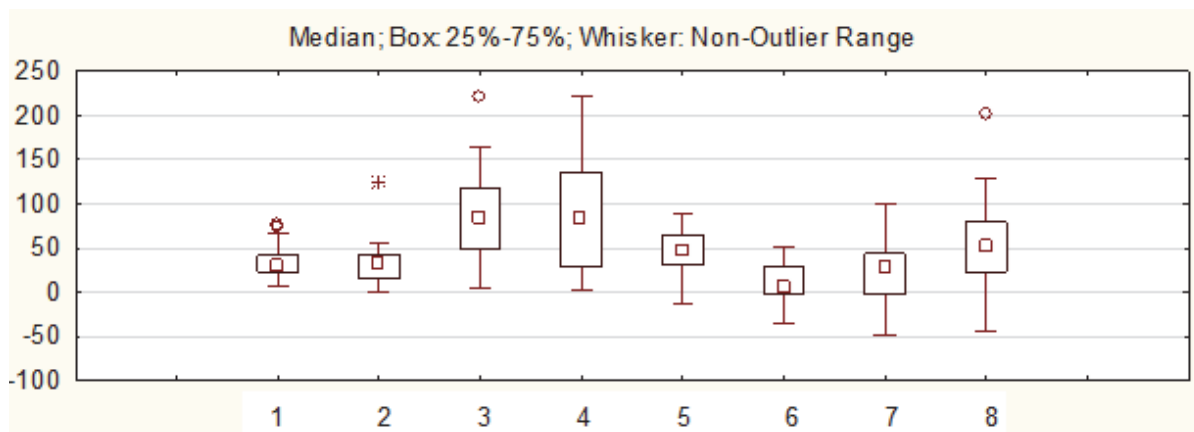


Рис. 2. Положение ОЦД во фронтальной плоскости (координата X) в различных пробах:
 1 – ровно; 2 – ноги под себя; 3 – наклон вперед с упором локтей на колени; 4 – наклон вперед с упором локтей на колени, держа в руках телефон; 5 – нога на ногу (левая); 6 – нога на ногу (правая сверху); 7 – облокотившись на спинку; 8 – с опорой локтями на стол

Fig. 2. Center of pressure in the frontal plane (X axis) in various sitting postures:
 1 – sitting straight; 2 – legs under the chair; 3 – elbows on knees; 4 – elbows on knees with the mobile phone; 5 – left leg on the right leg; 6 – right leg on the left leg; 7 – back relaxed; 8 – hands on the table

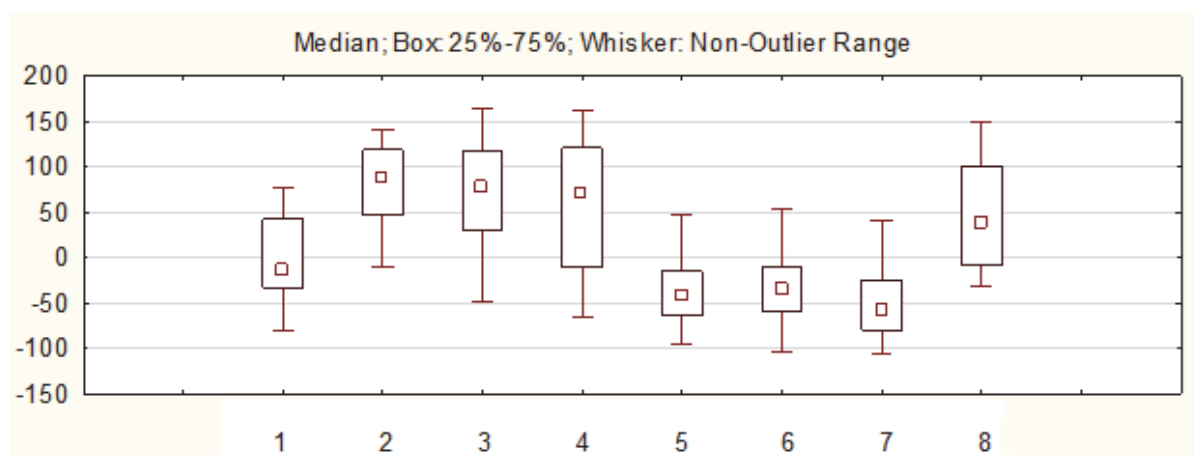


Рис. 3. Положение ОЦД в сагиттальной плоскости (координата Y) в различных пробах:
 1 – ровно; 2 – ноги под себя; 3 – наклон вперед с упором локтей на колени; 4 – наклон вперед с упором локтей на колени, держа в руках телефон; 5 – нога на ногу (левая); 6 – нога на ногу (правая сверху); 7 – облокотившись на спинку; 8 – с опорой локтями на стол

Fig. 3. Center of pressure in the sagittal plane (Y axis) in various sitting postures:
 1 – sitting straight; 2 – legs under the chair; 3 – elbows on knees; 4 – elbows on knees with the mobile phone; 5 – left leg on the right leg; 6 – right leg on the left leg; 7 – back relaxed; 8 – hands on the table

Анализ динамики координат ОЦД при различных позах представлен на рис. 2–4.

Из рис. 2 видно, что, как и в позе «ровно», так и в других позах положение ОЦД во фронтальной плоскости остается смещенной вправо (средние значения больше 0 мм). Следовательно, анализ положения ОЦД по координате X в условно правильном положении человека (поза «ровно») может являться диагностическим критерием наличия деформаций в опорно-двигательном аппарате. Позы «наклон вперед с упором локтей на колени» и «наклон вперед с упором локтей на колени, держа в руках телефон» приводят к увеличе-

нию смещения ОЦД, фактически являясь фактором, усугубляющим негативные изменения. На основании этих данных можно утверждать, что указанные позы оказывают наиболее губительное воздействие на позвоночник, особенно если речь идет об организме детей и подростков.

В позе «нога на ногу (правая сверху)», напротив, наблюдается максимальная централизация ОЦД во фронтальной плоскости. Возможно, данная поза является своеобразным вариантом компенсации разворота таза вправо (относительно вертикальной оси), а изменение положения ноги приводит к его выравнива-

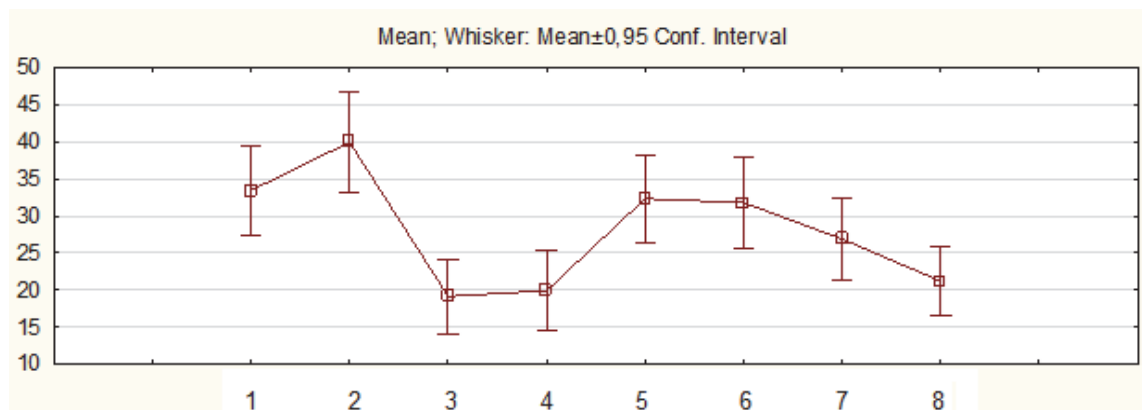


Рис. 4. Вес тела (координата Z) в различных пробах:

1 – ровно; 2 – ноги под себя; 3 – наклон вперед с упором локтей на колени; 4 – наклон вперед с упором локтей на колени, держа в руках телефон; 5 – нога на ногу (левая); 6 – нога на ногу (правая сверху); 7 – облокотившись на спинку; 8 – с опорой локтями на стол

Fig. 4. Body weight (Z axis) in various sitting postures:

1 – sitting straight; 2 – legs under the chair; 3 – elbows on knees; 4 – elbows on knees with the mobile phone; 5 – left leg on the right leg; 6 – right leg on the left leg; 7 – back relaxed; 8 – hands on the table

нию. Кроме того, можно предположить, что для большинства испытуемых данная поза является «удобной», позволяя более «правильно» распределить ОЦД в положении сидя.

Динамика положения ОЦД в сагиттальной плоскости (см. рис. 3) также свидетельствует о существенных различиях в позах положения сидя. Так, в позах «ноги под себя», «наклон вперед с упором локтей на колени», «наклон вперед с упором локтей на колени, держа в руках телефон» и «с опорой локтями на стол» зафиксировано смещение ОЦД вперед, а в пробах «нога на ногу (левая)», «нога на ногу (правая сверху)» и «облокотившись на спинку», напротив, назад.

Полученные данные свидетельствуют о наличии принципиальных различий между позами сидя и их отличающемся влиянии на позвоночник. Так, анализ веса тела (координата Z) показывает, что в позах, при которых ОЦД в сагиттальной плоскости расположен впереди, наблюдаются максимальные и минимальные его величины. В частности, в позе «ноги под себя» установлены максимальные значения веса (увеличение на 16,2 % от позы «ровно»), а в позах «наклон вперед с упором локтей на колени», «наклон вперед с упором локтей на колени, держа в руках телефон» и «с опорой локтями на стол» его снижение на 74,8; 68,0 и 57,8 % соответственно.

В позах, в которых ОЦД смещен назад (отрицательные значения координаты Y), зафиксирована различная динамика значения веса тела (координата Z) относительно пробы «ровно». Так, в положениях «нога на ногу (левая)» и «нога на ногу (правая сверху)» вес

тела остается практически неизменным, тогда как в позе «облокотившись на спинку» он снижается на 24,56 %.

Заключение. Исследование показало наличие существенных различий (в том числе и индивидуальных) в положении ОЦД при различных позах в положении сидя. Результаты свидетельствуют о том, что параметр «положение ОЦД во фронтальной плоскости» (координата X) в позе «ровно» можно рассматривать как прогностический критерий, позволяющий провести раннюю диагностику отклонений в пространственном положении таза и позвоночника. Анализ параметра «положения ОЦД в сагиттальной плоскости» (координата Y) в сочетании с параметром «вес тела» (координата Z) можно использовать как индикаторы позы человека в положении сидя.

Работа выполнена в рамках госзадания Министерства науки и высшего образования РФ FENU-2020-0022 (№ 2020072ГЗ).

Литература / References

1. Carcone S.M., Keir P.J. Effects of Backrest Design on Biomechanics and Comfort During Seated Work. *Ergonomics*, 2007, vol. 38, pp. 755–764. DOI: 10.1016/j.apergo.2006.11.001
2. Choobineh A. The Impact of Ergonomics Intervention on Psychosocial Factors and Musculoskeletal Symptoms Among Office Workers. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 2011, vol. 41 (6), pp. 671–676. DOI: 10.1016/j.ergon.2011.08.007
3. De Looze M.P., Kuijt-Evers L.F., Dieen J. Sitting Comfort and Discomfort and the Relationships with Objective Measures. *Ergonomics*,

2003, vol. 46, pp. 985–997. DOI: 10.1080/0014013031000121977

4. Dunk N.M., Callaghan J.P. Gender-Based Differences in Postural Responses to Seated Exposures. *Clin. Biomech.*, 2005, vol. 20, pp. 1101–1110. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2005.07.004

5. Groenesteijn L., Vink P., De Looze M., Krause F. Effects of Differences in Office Chair Controls, Seat and Backrest Angle Design in Relation to Tasks. *Ergonomics*, 2009, vol. 40, pp. 362–370. DOI: 10.1016/j.apergo.2008.11.011

6. Goossens R.H., Teeuw R., Snijders C.J. Sensitivity for Pressure Difference on the Ischial Tuberosity. *Ergonomics*, 2005, vol. 48, pp. 895–902. DOI: 10.1080/00140130500123647

7. Goossens R.H.M., Netten M.P., Van der Doelen B. An Office Chair to Influence the Sitting Behavior of Office Workers. *Work*, 2012, vol. 41, no. 1, pp. 2086–2088. DOI: 10.3233/WOR-2012-0435-2086

8. Goossens R.H., Scott P.A., Bridger R.S., Charteris J. Measuring Factors of Discomfort in Office Chairs. *Ergonomics, Elsevier*, 1998, vol. 5, pp. 371–374. DOI: 10.1016/B978-008043334-9/50076-7

9. Menéndez C.C. A Replicated Field Intervention Study Evaluating the Impact of a Highly Adjustable Chair and Office Ergonomics Training on Visual Symptoms. *Applied Ergonomics*, 2012, vol. 43 (4), pp. 639–644. DOI: 10.1016/j.apergo.2011.09.010

10. Mota S., Picard R.W. Automated Posture Analysis for Detecting Learner's Interest Level // Computer Vision and Pattern Recognition Workshop, 2003. 321 p. DOI: 10.1109/CVPRW.2003.10047

11. Naqvi S.A. Study of Forward Sloping Seats for VDT Workstations. *Ergol.*, 1994, vol. 23, pp. 41–49.

12. Noro K., Fujimaki G., Kishi S. A Theory on Pressure Distribution and Seat Discomfort. *Vink Comfort and Design. CRC Press*, 2004, pp. 51–58. DOI: 10.1201/9781420038132-9

13. Roland Z., Fliesserb M., Wippert P.M., William R.T. Occupational Sitting Behavior and Its Relationship with Back Pain – A Pilot Study. *Appl. Ergon.*, 2016, vol. 56, pp. 84–91. DOI: 10.1016/j.apergo.2016.03.007

14. Robertson M. The Effects of an Office Ergonomics Training and Chair Intervention on Worker Knowledge, Behavior and Musculoskeletal Risk. *Applied Ergonomics*, 2009, vol. 40 (1), pp. 124–135. DOI: 10.1016/j.apergo.2007.12.009

15. Roland Z., Taylor R., Lorenzetti S. Are Pressure Measurements Effective in the Assessment of Office Chair Comfort/Discomfort? A Review. *Ergonomics*, 2015, vol. 48, pp. 273–282. DOI: 10.1016/j.apergo.2014.12.010

16. Taieb-Maimon M. The Effectiveness of a Training Method Using Self-Modeling Webcam Photos for Reducing Musculoskeletal Risk Among Office Workers Using Computers. *Applied Ergonomics*, 2012, vol. 43 (2), pp. 376–385. DOI: 10.1016/j.apergo.2011.05.015

17. Arnrich B., Setz C., La Marca R. et al. What Does Your Chair Know About Your Stress Level? *Ieee T Inf. Technol. B.*, 2010, vol. 14, pp. 207–214. DOI: 10.1109/TITB.2009.2035498

18. Winkel J., Jorgensen K. Evaluation of Foot Swelling and Lower-Limb Temperatures in Relation to Leg Activity During Long-Term Seated Office Work. *Ergonomics*, 1986, vol. 29, pp. 313–328. DOI: 10.1080/00140138608968267

Епишев Виталий Викторович, доцент кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. E-mail: yahin1@ Rambler.ru, ORCID: 0000-0002-7284-7388.

Черепова Ирина Владимировна, аспирант кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. E-mail: cherepova.i.v@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7427-558X.

Меркасинова Ольга Сергеевна, аспирант кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. E-mail: merkasimova1@bk.ru, ORCID: 0000-0001-7219-9651.

Яхина Татьяна Вячеславовна, аспирант кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. E-mail: 778899yt@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6641-7517.

Лопина Алена Витальевна, магистр кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. E-mail: alenalopina13.97@mail.ru, ORCID: 0000-0003-1457-8957.

Поступила в редакцию 20 октября 2020 г.

CHANGE IN THE COORDINATES OF THE CENTER OF PRESSURE DEPENDING ON SITTING POSTURES

V.V. *Epishev*, yahin1@rambler.ru, ORCID: 0000-0002-7284-7388,
I.V. *Cherepova*, cherepova.i.v@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7427-558X,
O.S. *Merkasimova*, merkasimova1@bk.ru, ORCID: 0000-0001-7219-9651,
T.V. *Yakhina*, 778899yt@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6641-7517,
A.V. *Lopina*, alenalopina13.97@mail.ru, ORCID: 0000-0003-1457-8957
South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

Aim. The authors aim to determine the coordinates of the center of pressure in various sitting postures. **Materials and methods.** The study involved 22 persons (11 males and 11 females) ages from 20 to 50 years. The MBN Stabilo force platform was installed on a chair with a rigid metal frame. Eight tests were conducted in various sitting postures 30 seconds each. The averaged data on three indicators were analyzed: X – center of pressure in the frontal plane; Y – center of pressure in the sagittal plane; Z – body weight. **Results.** The analysis of the averaged coordinates of the center of pressure in the frontal plane (X axis) when sitting straight indicates its displacement to the right. The center of pressure in the sagittal plane (Y axis) depends on a sitting posture: in 5 sitting postures, the center of pressure was characterized by forward displacement, in 3 sitting postures, the center of pressure was characterized by backward displacement (compared to when sitting straight). When sitting legs under the chair the maximum values of body weight were recorded (increase by 16.2% compared to when sitting straight), when the body was tilted forward body weight decreased by from 57.8% to 74.8% (compared to when sitting straight). **Conclusion.** The study showed significant differences in the location of the center of pressure in various sitting postures. The center of pressure in the frontal plane (X axis) when sitting straight could be considered as a criterion for early diagnostics of pelvic and spinal displacement. The center of pressure in the sagittal plane (Y axis) combined with body weight (Z axis) could be used as an indicator of sitting posture.

Keywords: sitting posture, posture, stabilometry, center of pressure, body weight.

This work was accomplished as part of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation FENU-2020-0022, No 2020072Г3.

Received 20 October 2020

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Изменение координат общего центра давления в зависимости от позы в положении сидя / В.В. Епишев, И.В. Черепова, О.С. Меркасилова и др. // Человек. Спорт. Медицина. – 2020. – Т. 20, № S2. – С. 31–37. DOI: 10.14529/hsm20s205

FOR CITATION

Epishev V.V., Cherepova I.V., Merkasimova O.S., Yakhina T.V., Lopina A.V. Change in the Coordinates of the Center of Pressure Depending on Sitting Postures. *Human. Sport. Medicine*, 2020, vol. 20, no. S2, pp. 31–37. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm20s205
