

Original Article

## Aspects Regarding the Impact of Respiratory Efficiency on Swimmer Performance

Trandafir Norbert <sup>1\*</sup>

Teodorescu Silvia <sup>2</sup>

Brat Valentina Georgina <sup>3</sup>

Galeru Ovidiu <sup>4\*</sup>

<sup>1,2,3</sup> National University of Physical Education and Sports Bucharest, Romania

<sup>4</sup> "Vasile Alecsandri" University of Bacău, Bacău, Romania

DOI: 10.29081/gsjesh.2023.24.1.07

**Keywords:** *lung capacity; inspiratory power; lung power; swimming.*

### Abstract

This paper aims to highlight the effect of endurance training on the development of the swimmers' performance, vital capacity, inspiratory muscle power, and inspiratory flow. The research was conducted on two directions: establishing the differences in lung capacity, inspiratory power, and inspiratory flow in CmH<sub>2</sub>O between open water swimmers and indoor pool swimmers, and establishing the differences in lung capacity, inspiratory power, and inspiratory flow between swimmers in the 2nd - 4th places and swimmers in the 8th - 32nd places at the last national championships. The research methods used in this study were: the study of professional literature, the observation method, the experiment method, the statistical-mathematical method, and the graphical representation method. The Powerbreathe K series device was used to measure the efficiency of inspiratory muscles, recording the values of lung capacity, inspiratory flow and power, and output in CmH<sub>2</sub>O.

### 1. Introduction

A swimmer's primary goal is to record the shortest time possible in a race, but this depends on many factors, studied in detail on elite swimmers (Alberty et al. 2006; Costill et al. 1985). Professional literature states that top swimming performance is linked to various anthropometric, physiological, and biomechanical parameters (Smith, Montpetit, & Perrault, 1988; Hue, Galy, Blonc, & Hertogh, 2006; Uschel, Araujo, Pereira, & Roesler, 2007; Vantorre, Seifert, Fernandes,

<sup>1\*</sup> E-mail: trandafirnorbi@yahoo.com, tel.0742036608

<sup>4\*</sup> E-mail: galeru@ub.ro, tel.0745312668

Boas, & Chollet, 2010; Dadashi, Millet, & Aminian, 2015; Mooney, Corley, Godfrey, Quinlan, & Ólaighin, 2016).

As a result, coaches manipulate the training task, regardless it is physical conditioning or technical-tactical perfecting (usually described as a combination of volume, intensity, frequency, and land training) in various training periods, trying to maximize the performance capacity of the swimmers.

In this context, the efficiency of the respiratory system is extremely important in top swimmers, because swimming requires an ability to regulate the breathing patterns to volumes and flows that are higher than in other sports, because diving forces the swimmers to extend their thorax against a higher pressure and to increase the contraction speed of their inspiratory muscles and current volume, which could lead to muscle fatigue (Kilding, Brown, & McConnell, 2010)

Studies show that inspiratory muscle training can be used to improve performance and increase respiratory efficiency in swimmers (Illi, Held, Frank, & Spengler, 2012; Wells, Plyley, Thomas & Duffin, 2005).

In order to create individualized training programs, one needs to monitor the vital capacity and inspiratory muscle strength using various techniques and instruments.

## 2. Material and Methods

*Purpose* To highlight the differences in the inspiratory muscle efficiency between swimmers of various training/performance categories and making a comparison between the differences in vital capacity, inspiratory muscle strength and power in athletes of various training categories performing in swimming and triathlon.

### *Research Hypotheses*

- Open water swimmers have a higher inspiratory muscle efficiency than the indoor pool swimmers ?
- Swimmers with a higher inspiratory muscle efficiency tend to record better results during their favorite events ?

*The research methods* used in this study were: the study of professional literature, the observation method, the experiment method, represented by the tests conducted on the subjects using the Powerbreathe K series device, the statistical-mathematical method, which consisted in the Levante statistical tests and the t-test, and the graphical representation method.

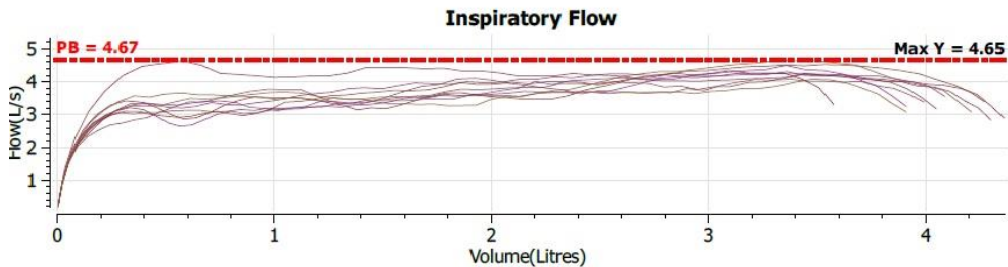
*Procedure* This research used the Powerbreathe K series - an electronic device that is connected to a computer and can measure the subjects' vital capacity in liters, inspiratory power in Watts, inspiration volume in liters/second and inspired air flow in CmH<sub>2</sub>O. The device takes 3000 measurements per second, so its results are very accurate and reliable.

The tests used in this research consisted of 2 challenges of 10 inspirations each. The subjects performed 2 times 10 inspirations in the device, after which the machine calculated the average result for each athlete.

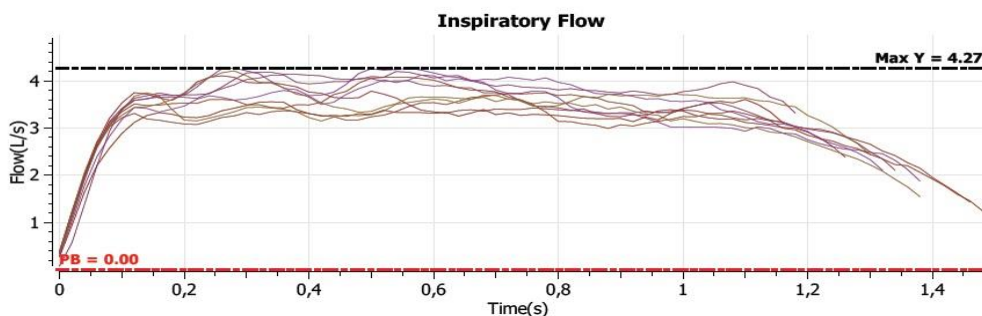
The authors chose to perform the tests using this device because it can do measurements during inspirations not just during expirations, and it calculates the arithmetical mean automatically, without any other calculations after the testing. Also, the authors believe that the use of data recorded during continuous inspiration 10x is more relevant than the expiration data recorded with the spirometer, this way being able to get the athletes' real results, not the hypothetical ones. The subjects, being forced to performed 10 breathings, could not deceive the device using residual breathing, thus the results are the real vital capacity and power results that are available to the athletes during the competition or during training.

*Participants* The research was conducted in 3 Romanian swimming centers, in Târgu Mureș, Bacău, and Miercurea Ciuc. The subjects were athletes who practiced swimming daily from the ages of 4-5 years old, and belong to the clubs CSM Bacău, AS. Nautica Bacău, CSS Târgu Mureș, CSM Târgu Mureș, H2O Târgu Mureș and CSM VSK Miercurea Ciuc, with ages between 10 and 18 years old. Swimming = 55 athletes participating in all events.

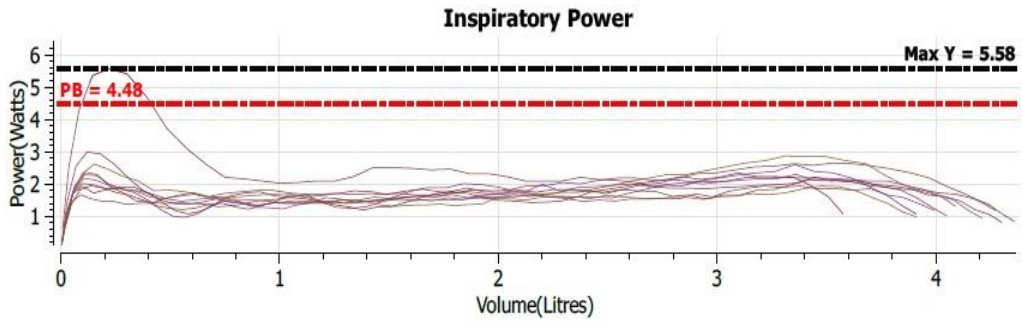
The research contains the data recorded with the Powerbreathe K Series device and its interpretation in accordance with the research hypothesis, the table with the names, ages, gender, height, weight, average volume per 10 inspirations, inhaled volume in l/sec., inspiratory power in watts, and inspiratory pressure in cmH<sub>2</sub>O. The results from the device for each subject are presented as diagrams and numbers:



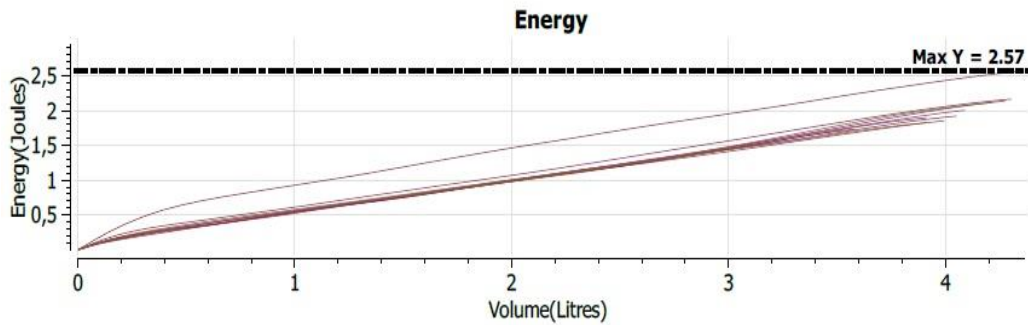
**Figure 1.** *Inspiratory flow in liters in relation to the inhaled volume in l/sec.*



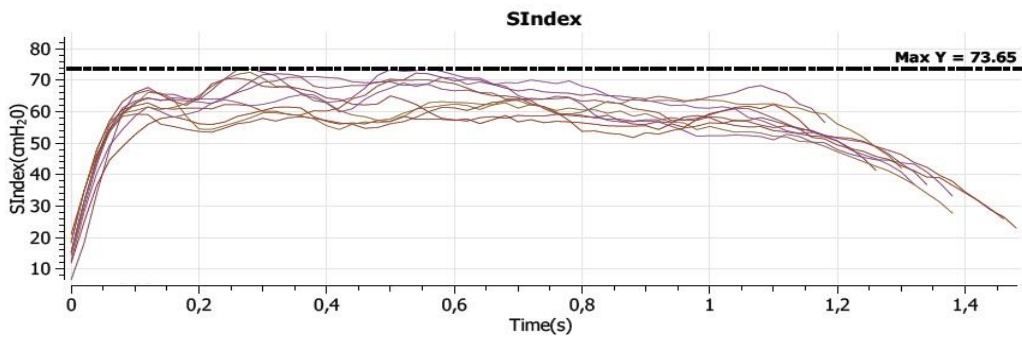
**Figure 2.** *Inspiratory flow in l/sec in relation to the inspiration time in sec.*



**Figure 3.** Inspiratory power in watts in relation to the inhaled volume in liters.



**Figure 4.** Inspiratory energy in joules in relation to the inhaled volume in liters.



**Figure 5.** Inspiratory pressure in cmH<sub>2</sub>O in relation to the inspiration time in sec.  
Where 1cmH<sub>2</sub>O = 98.0638 Pa



**BreatheLink History Report**

**Personal Details:**

ID:	L-Norber-171221-235702	Age:	33
Last Name:	Norbert	Weight:	90.00
First Name:	Trandafir	Height:	190.00
Date of Birth:	08/02/88	BMI:	24.93
Gender:	Male	PNV (cmH20):	133.00

**History Summary:**

Type:	Training History		
First Session Date:	17.12.2021	First Session Time:	23:37:31
Last Session Date:	17.12.2021	Last Session Time:	23:38:47
No.Of Sessions:	2		
Max. Training Load:	18		

**History Detail:**

Parameter	Units	Peak PB	Avg.SB	Avg.PB	Percentage
Pressure	CmH20	20.33	5.28	7.93	-33.45
Power	Watts	4.48	1.76	1.66	6.04
Flow	Litres/Sec	4.67	3.53	3.26	8.33
Volume	Litres	3.32	4.07	3.17	28.49

Parameter	Units	Total	S. Best	P. Best	Percentage
Energy	Joules	3.91	20.22	15.84	27.67

**Figure 6.** Chart with the athlete's name, gender, age, weight, height, the date and time of testing, and the measurement data.

**3. Results and Discussions**

Results for the hypothesis: The open water swimmers have a higher vital capacity than the indoor pool swimmers.

This research contained 28 professional swimmers who practice swimming since they were 5 years old, at least 7 times a week, with ages between 12 and 18.

The study compared the swimmers' vital capacity, separately for indoor pool events and open water events, in order to see if there are differences between the two types of swimmers.

The indoor pool events are: 50m fly, 50m back, 50m breast, 50m free, 100m back, 100m breast, 100m free.

The open water events are: 100m fly, 200m fly, 200m breast, 200m back, 200m free, 400m free, 800m free, 1500m free.

Two groups were created, the first containing 14 open water swimmers, and the second containing 14 indoor pool swimmers.

The average age of the subjects in the first group was of 13.79 years old, and the average age of the swimmers in the second group was of 14 years old.

**Table 1.** *Open water swimmers' results*

Statistical marker	Age	Height	Weight	Average volume per 10 inspirations	Inhaled volume	Power	CmH <sub>2</sub> O
Arithmetical mean	13.79	166.93	54.43	1.98	2.87	5.81	85.55
Minimum	12.00	155.00	39.00	1.37	1.89	1.56	46.29
Maximum	16.00	184.00	73.00	3.00	4.39	11.68	135.75
Module	14.00	156.00	49.00	-	-	-	-
Median	14.00	165.50	52.00	1.76	2.61	4.59	79.70
Stroke length	4.00	29.00	34.00	1.63	2.50	10.12	89.46
Variability coefficient	10.33	6.25	19.64	25.56	28.82	62.92	35.72
Standard dev.	1.42	10.43	10.69	0.51	0.83	3.66	30.56

**Table 2.** *Indoor pool swimmers' results*

Statistical marker	Age	Height	Weight	Average volume per 10 inspirations	Air volume	Power	CmH <sub>2</sub> O
Arithmetical mean	14	169	57	2	2	4	71
Minimum	12	154	39	1	1	1	39
Maximum	18.00	185.00	78.00	2.93	3.88	8.89	109.64
Module	12	165	55	-	-	-	-
Median	14	168	57	2	2	3	63
Stroke length	6.00	31.00	39.00	2.11	3.04	8.27	70.55
Variability coefficient	12.21	5.2244	16.51	28.8698	42.657	73.12029	34.37531
Standard dev.	1.71	8.8442	9.353	0.547908	1.01737	2.950926	24.27535

**Table 3.** *Compared analysis of the open water and indoor pool swimmers - t-test*

Variable	Levene test for dispersion equality		Equal dispersions	T test - for the means equality				Effect increase
	F	Sig.		Differences in averages	t	df	P	
	Age	3.755	0.061	0.17	0.11	0.632	34	0.265
Height	0.416	0.524	1.666	1.83	-0.699	13	0.248	0.244
Weight	0.340	0.564	21.565	2.21	-1.025	13	0.161	0.220
Average volume per 10 inspirations	0.169	0.683	0.058	0.08	0.399	13	0.347	0.150
Inhaled volume	1.936	0.175	0.345	0.48	1.635	13	0.062	0.196
Power	1.999	0.169	1.256	1.77	1.814	13	0.045	0.771
CmH <sub>2</sub> O	2.050	0.164	10.561	14.90	1.957	13	0.036	0.209

The comparison of the results recorded during the tests highlights that both groups had close values in regards to age, average height and weight, even lung volume, with a difference of only 0.08 liters, but there was a significant difference in the inspiratory power of 30.46% in the favor of open water swimmers, meaning an average of 4.04 watts in the indoor pool swimmers and an average of 5.81 watts in the open water swimmers, and in regards to the inspiratory flow, there was a difference of 17.41% in the favor of the open water swimmers, meaning 70.65 cmH<sub>2</sub>O in the indoor pool swimmers, and 85.55 cmH<sub>2</sub>O in the open water swimmers.

Supporting these results are the t-test values (table 3) regarding the average age, weight, height, lung volume and inhaled volume in l/sec, with a P value of 0.134; 0.244; 0.220; 0.347, and 0.062, which reveals that the difference between the two groups is statistically insignificant. In contradiction with these results are the values recorded for the inspiratory power and inspiratory flow in cmH<sub>2</sub>O, with a P value of 0.045 and 0.036, which highlights that the difference between the two groups is statistically significant.

The results show that vital capacity, height, weight, age do not influence the swimmer's specialization on indoor pool events or open water events, but the inspiratory power and inspiratory flow influence this aspect.

As a result, the hypothesis stating that *the open water swimmers have a higher vital capacity than the indoor pool swimmers*, was confirmed.

Results for the hypothesis: Swimmers with a higher vital capacity tend to record better results during their favorite events.

In this sense, the authors compared the vital capacity of 14 athletes aged 14-16 years old with different results at a national level, in order to see whether the vital capacity influences positively or negatively their performances. The first group contained 7 athletes, 4 females and 3 males, ranked between 2nd and 4th place nationally in their events, while the second group contained also 4 females and 3 males, ranked 8th-34th in the national championships of 2021.

**Table 4.** Results of the athletes ranked 2nd-4th place at the 2021 National Championships

Statistical marker	Age	Height	Weight	Average volume per 10 inspirations	Inhaled volume	Power	CmH <sub>2</sub> O
Arithmetical mean	14.43	171.86	61.00	2.05	2.85	6.65	83.52
Minimum	14.00	155.00	53.00	0.82	1.44	0.84	39.09
Maximum	15.00	186.00	73.00	2.68	4.77	16.28	124.34
Median	172.00	60.00	2.24	2.68	6.38	98.07	98.07
Stroke length	1.00	31.00	20.00	1.86	3.33	15.44	85.25
Variability coefficient	3.70	5.99	11.20	31.45	44.92	84.14	39.49
Standard dev.	0.53	10.29	6.83	0.64	1.28	5.60	32.98

**Table 5.** Results of the athletes ranked 8th-34th place at the 2021 National Championships

Statistical marker	Age	Height	Weight	Average volume per 10 inspirations	Inhaled volume	Power	CmH <sub>2</sub> O
Arithmetical mean	14.43	169.00	57.86	1.86	2.76	5.35	87.45
Minimum	14.00	157.00	49.00	1.62	1.89	1.56	46.29
Maximum	16.00	180.00	67.00	2.63	3.74	8.37	121.55
Module	14.00	169.00	67.00	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
Median	169.00	57.00	1.74	2.63	6.24	95.45	95.45
Stroke length	2.00	23.00	18.00	1.01	1.85	6.81	75.26
Variability coefficient	5.45	5.17	12.87	18.84	24.78	49.43	32.86
Standard dev.	0.79	8.74	7.45	0.35	0.68	2.65	28.74

**Table 6.** Comparative analysis of the results recorded by the group of swimmers ranked 2-4 vs the group of swimmers ranked 8-34 in the National Championship – t-test

Variable	Levene test for dispersion equality		Equal dispersions	T test - for the means equality			Effect increase	
	F	Sig.		Differences in averages	t	df		P
Age	0	1	0	0	0	6	0.5	0
Height	0.313	0.585	2.02	2.86	0.626	6	0.276	0.300
Weight	0.676	0.426	2.22	3.14	1.317	6	0.117	0.439
Average volume per 10 inspirations	0.428	0.524	0.128	0.19	0.633	6	0.274	0.383
Inhaled volume	0.026	0.87	0.064	0.09	0.234	6	0.411	0.091
Power	0.307	0.589	0.918	1.3	0.474	6	0.326	0.315
CmH <sub>2</sub> O	0.056	0.815	2.783	3.93	-1.023	6	0.172	

Table 6 shows that there is not a statistically significant difference regarding age, height, average lung volume, inhaled volume, inspiratory power, and inspiratory flow in cmH<sub>2</sub>O, between the swimmers ranked 2-4 vs the swimmers ranked 8-34 in the national championships.

As a result, the hypothesis stating that *swimmers with a higher vital capacity tend to record better results during their favorite events*, was not confirmed.

### Discussions

The results recorded in this research are confirmed also by other studies:

Volianitis et al. (2000) conducted a study on 14 elite female rowers where they observed whether the inspiratory muscle training (IMT) influences the rowing performance, reaching the conclusion that after 11 weeks of training using a device for these muscles, the intervention group recorded an increase of 44±25 CmH<sub>2</sub>O,



compared to the control group, with an improvement of the results per 5000m of  $36 \pm 9$  seconds.

The research conducted by McFadden (2011) on 23 cyclists highlighted that the use of a device to develop the inspiratory muscle strength increases the anaerobe effect on the final sprint.

The study by Wilson et al. (2013) regarding the effect of specific warm-up of respiratory muscles in elite swimmers before the 100m free event was conducted on 15 athletes. The athletes performed the 100m challenge in 3 ways, the regular warm-up, just in water, the warm-up of only the respiratory muscles, and the third time, warm-up in water plus warm-up of the respiratory muscles. The results have shown that the third way brought an average improvement of swimming time of 1.18 seconds, compared to the warm-up of just the respiratory muscles, and of 0.62 seconds compared to the warm-up just in water.

Rozek-Piechura et al. (2020) analyzed the effects of inspiratory muscle training (IMT) on 25 long-distance runners over the course of 8 weeks of training. The athletes were divided into 3 groups, one that used the Powerbreathe device (the one used also in this research), another that used an IMT threshold device, and a control group. They measured the vital capacity, the forced vital capacity, the forced expiratory volume in one second, and the peak expiratory power. The results have shown that group 1, who used the Powerbreathe device, recorded a significant increase in all the measured variables; group 2, who used the IMT threshold device, recorded a significant increase only in regards to the vital capacity; whereas the control group did not record any significant change.

Turner et al. (2012) in their study on 16 male cyclists have shown that the inspiratory muscle training reduces the cost of body oxygen during the voluntary hyperpnea exercises. That research suggested that the reduced cost of oxygen in the respiratory muscles can facilitate the availability of oxygen for the active muscles during the exercise, this improving the athletes' results.

Romer, McConnell, and Jones (2002) have evaluated the influence of inspiratory muscle training on 16 professional cyclists, specialized in 20km and 40km races. They reached the conclusion that at the end of the races, the maximum inspiratory pressure was reduced by 18% and 13% after two minutes from the end of the race, and remained under the pre-effort values after 30 minutes. At the same time, there was a significant IMPROVEMENT of the results during the timed challenge, of 1.7%-1.9%.

Menzes, Nascimento, Avelino, Polese, and Salmela (2018) in their paper, "A Review on Respiratory Muscle Training Devices", have compared 14 devices for inspiratory muscle training, their searches being done in databases, books, websites that sale products about REHABILITATION, and reference lists of the used studies. Their analysis have led them to the conclusion that out of the 14 devices that are currently available on the market, there isn't a best one, based on their technical information and clinical usefulness, although some devices seem to be better than others. In order to choose the best one, one needs to consider the

subject's health, the purpose of use, and whether it is available for use in a research or clinical context.

Chang et al. (2021) have assessed the influence of inspiratory muscle training on 22 amateur athletes who trained at least 3 times per week on 800m. Both groups have performed the same strength and running training for 4 weeks, the control group performing extra training with an inspiratory muscle training device. The results indicated that the 4-week IMT training (twice a day, 5 days per week) significantly improves the subjects' inspiratory muscle strength and their 800m running performance.

#### **4. Conclusions**

The analysis of the data recorded during the tests highlights that a very good differentiation of the athletes can be made based on vital capacity, their examination representing a good clue in directing the coaches' effort to choose the path toward they guide their athletes. The tests also showed that a higher strength in the inspiratory muscles makes possible the inspiration of a higher volume of air at the same time. Knowing that in all sports, the more the inhalation is shorter and ampler, the more air and oxygen gets into the lungs, and passed to muscles and the brain, the inspiratory power is a clue to the fact that the athlete is capable of better results, indicating that the coaches must dedicate time for the development of the respiratory capacity.

#### **References**

1. ALBERTY, M., SIDNEY, M., HUOT-MARCHAND, F., DEKERLE, J., BOSQUET, L., GORCE, P., & LENSEL G., (2006). Reproducibility of performance in three types of training test in swimming. *Int. J. Sports Med.* 27:623-628.
2. CHANG, Y.C., CHANG, H.Y., HO, C.C., LEE, P.F., CHOU, Y.C., TSAI, M.W., & CHOU, L.M., (2021). Effects of 4-Week Inspiratory Muscle Training on Sport Performance in College 800-Meter Track Runners. *Medicina* 2021, 57, 72. <https://doi.org/10.3390/medicina57010072>
3. COSTILL, D.L., KOVALESKI, J., PORTER, D., KIRWAN, J., FIELDING, R., & KING, D. (1985). Energy expenditure during front crawl swimming: predicting success in middle-distance events. *Int. J. Sports Med.* 6:266-270.
4. DADASHI, F., MILLET, G.P., & AMINIAN, K. (2015). A Bayesian Approach for Pervasive Estimation of Breaststroke Velocity Using a Wearable IMU. *Pervasive Mobile Comput.* 19, 37–46. doi: 10.1016/j.pmcj.2014.03.001
5. HUE, O., GALY, O., BLONC, S., & HERTOUGH, C. (2006). Anthropometrical and physiological determinants of performance in French West Indian swimmers: a first approach. *Int. J. Sports Med.* 27:605-609.

6. ILLI, S.K., HELD, U., FRANK, I., & SPENGLER, C.M., (2012). Effect of respiratory muscle training on exercise performance in healthy individuals: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 42:707–724.
7. KILDING, A.E., BROWN, S., & MCCONNELL, A.K., (2010). Inspiratory muscle training improves 100 and 200 m swimming performance. *Eur J Appl Physiol.* 108:505–511.
8. MCFADDEN, C. (2011). *The effects of inspiratory muscle training on anaerobic power in trained cyclists*, WWU Graduate School Collection. 148.
9. MENZES, K.K.P., NASCIMENTO, L.R., AVELINO, P.R., POLESE, J.C. & SALMELA, L.F.T. (2018). A Review on Respiratory Muscle Training Devices. *J Pulm Respir Med* 2018, 8:2 DOI: 10.4172/2161-105X.1000451
10. MOONEY, R., CORLEY, G., GODFREY, A., QUINLAN, L., & ÓLAIGHIN, G. (2016). Inertial Sensor Technology for Elite Swimming Performance Analysis: A Systematic Review. *Sensors* 16, 18. doi:10.3390/s16010018
11. ROMER, L.M., MCCONNELL, A.K., & JONES, D.A. (2002). Inspiratory muscle fatigue in trained cyclists: effects of inspiratory muscle training, *Med Sci Sports Exerc*, 34(5):785-92.
12. ROZEK-PIECHURA, K., KURZAJ, M., KRZYMOWSKA, P., KUCHARSKI, W., TODÓŁKA, J. & MAĆKAŁA, K. (2020). Influence of Inspiratory Muscle Training of Various Intensities on the Physical Performance of Long-Distance Runners, *Journal of Human Kinetics* 75(1), 3920, 65-75. doi: 10.2478/hukin-2020-0031
13. USCHEL, C., ARAUJO, L., PEREIRA, S.M., & ROESLER, H. (2007). Kinematical Analysis of the Swimming Start: Block, Flight and Underwater Phases, *XXV ISBS Symp*, Ouro Preto, Brazil, 385–388.
14. SMITH, H.K., MONTPETIT, R.R., & PERRAULT, H. (1988). The aerobic demand of backstroke swimming and its relation to body size, stroke technique, and performance. *Eur. J. Appl. Physiol.* 58:182-188
15. TURNER, L.A., TECKLENBURG-LUND, S.L., CHAPMAN, R.F., STAGER, J.M., WILHITE, D.P., & MICKLEBOROUGH, T.D. (2012). Inspiratory muscle training lowers the oxygen cost of voluntary hyperpnea, *Journal of Applied Physiology* 112(1), 127-134
16. VOLIANITIS, S., MCCONNELL, A, KOUTEDAKIS, Y., MCNAUGHTON, L., BACKX, K., & JOMS, D.A., (2000). Inspiratory muscle training improves rowing Performance, *School of Sport and Exercise Sciences* 0195-9131/01/3305-0803
17. WELLS, G.D, PLYLEY, M, THOMAS, S, GOODMAN, L., & DUFFIN, J. (2005). Effects of concurrent inspiratory and expiratory muscle training on respiratory and exercise performance in competitive swimmers. *Eur J Appl Physiol.* 94:527-540.
18. WILSON, E.E., MCKEEVER, M.T., LOBB, C., SHERRIFF, T., GUPTA, L., HEARSON, G., MARTIN, N., LINDLEY, R.M., & SHAW, E.D.

(2013). Respiratory muscle specific warm-up and elite swimming performance, *British Journal of Sports Medicine*, 48(9).

VANTORRE, J., SEIFERT, L., FERNANDES, R.J., BOAS, J.P.V., & CHOLLET, D. (2010). Kinematical Profiling of the Front Crawl Start. *Int. J. Sports Med.* 31, 16–21.

## Aspecte Privind Impactul Eficienței Respiratorii Asupra Performanței La Înotători

Trandafir Norbert <sup>1</sup>

Teodorescu Silvia <sup>2</sup>

Brat Valentina Georgina <sup>3</sup>

Galeru Ovidiu <sup>4\*</sup>

<sup>1,2,3</sup> National University of Physical Education and Sports Bucharest, Romania

<sup>4</sup> "Vasile Alecsandri" University of Bacău, Bacău, Romania

**Cuvinte cheie:** Capacitate pulmonară; Putere inspiratorie; Putere pulmonară; Înot.

### Rezumat

Lucrarea își propune evidențierea efectului antrenamentului de rezistență asupra dezvoltării performanței, a capacității vitale, a puterii musculaturii inspiratorii și a debitului de aer inspirat de înotători. Cercetarea s-a desfășurat pe două direcții: stabilirea diferenței capacității pulmonare, a puterii inspirației și a debitului în CmH<sub>2</sub>O între înotătorii de probe de fond și înotătorii de probe de sprint și stabilirea diferenței capacității pulmonare, a puterii inspirației și a debitului în CmH<sub>2</sub>O între sportivi cu clasări între locurile 2-4 și sportivii cu clasări între locurile 8-32 la ultimele campionate naționale la care au participat. Metodele de cercetare utilizate au fost: documentarea, metoda observației pedagogice, metoda experimentului, metoda statistico-matematică și metoda grafică. Pentru măsurarea eficienței musculaturii inspiratorii a fost utilizat aparatul Powerbreath K-Series și au fost înregistrate valori ale capacității pulmonare, ale forței și puterii inspirației și ale debitului în CmH<sub>2</sub>O.

### 1. Introducere

Obiectivul principal a unui înotător este de a obține un timp cât mai mic pe cursă, dar acest lucru este dependent de foarte mulți factori, care au fost studiați pe larg la sportivii consacrați (Alberty et al. 2006; Costill et al. 1985). În literatura de specialitate, performanța în înot a fost legată de diferiți parametri antropometrici, fiziologici și biomecanici (Smith, Montpetit, & Perrault, 1988; Hue, Galy, Blonc, & Hertogh, 2006; Uschel, Araujo, Pereira, & Roesler, 2007; Vantorre, Seifert, Fernandes, Boas, & Chollet, 2010; Dadashi, Millet, & Aminian, 2015; Mooney,

Corley, Godfrey, Quinlan, & Ólaighin, 2016).

Ca urmare, antrenorii manipulează sarcina de antrenament, indiferent că este vorba despre condiționare fizică sau perfecționare tehnico-tactică (de obicei descrisă ca o combinație de volum, intensitate, frecvență și antrenament pe uscat) în diferite perioade de pregătire, în încercarea de a maximiza capacitatea de performanță a propriilor sportivi.

În acest context, eficiența sistemului respirator este deosebit de importantă la înotătorii de performanță, deoarece înotul necesită capacitatea de a regla patern/urile de respirație la volume și debite care sunt mai mari decât în alte sporturi, în condițiile în care scufundarea în apă îi obligă pe sportivi să extindă peretele toracic împotriva unei presiuni mai mari și să crească viteza de contracție a mușchilor inspiratori și volumul curent, care ar putea duce la oboseală musculară (Kilding, Brown, & McConnell, 2010)

Cercetările arată că antrenamentul muscular inspirator poate fi utilizat pentru a îmbunătăți performanța și pentru a crește eficiența respiratorie a sportivilor (Illis, Held, Frank, & Spengler, 2012; Wells, Plyley, Thomas & Duffin, 2005).

Pentru a stabili programe de instruire individualizate este necesară monitorizarea capacității vitale și a forței musculaturii inspiratorii, prin utilizarea diferitelor tehnici sau instrumente.

## 2. Material și metode

*Scopul* Evidențierea eventualelor diferențe referitoare la eficiența musculaturii inspiratorii a înotătorilor de diferite categorii de instruire/performanță și realizarea unei comparații privind nivelul capacității vitale, a forței și puterii inspiratorii a sportivilor de categorii de instruire diferite care performează în natație și triatlon.

### *Ipotezele cercetării*

- Înotătorii din probele de fond au o eficiență a musculaturii inspiratorii mai mare comparativ cu a celor specializați în probe de sprint ?
- Înotătorii cu o eficiență a musculaturii inspiratorii mai mare tind să aibă și rezultate mai bune în probele lor favorite ?

*Metodele de cercetare* folosite în cercetare au fost: documentarea, metoda experimentului în cadrul căruia s-au efectuat testele pe sportivii participanți la studiu cu ajutorul aparatului Powerbreathe K series, metoda statistico-matematică apăsându-se efectuarea testelor statistice Levante și testul T și metoda grafică.

*Procedură* Pentru această cercetare s-a folosit aparatul Powerbreathe K series, un aparat electronic care se cuplează la un calculator și este în stare să măsoare capacitatea vitală în Litri, puterea inspirației în Watts, volumul inspirației în Litri/secundă și debitul de aer inspirat în "CMH<sub>2</sub>o" a subiecților. Aparatul face 3000 de măsurători pe secundă, așadar rezultatele date de aparat sunt foarte precise și de încredere.

Testele utilizate în această cercetare au constat în 2 probe a câte 10 inspirații. Subiecții care au participat la cercetare au făcut de 2 ori 10 inspirații prin aparat după care aparatul a făcut media rezultatelor fiecărui sportivi.

Am ales să facem testele cu acest aparat pentru că asigură posibilitatea de a face măsurători pe faza de inspir, nu doar pe expir, și asigură calcularea mediei

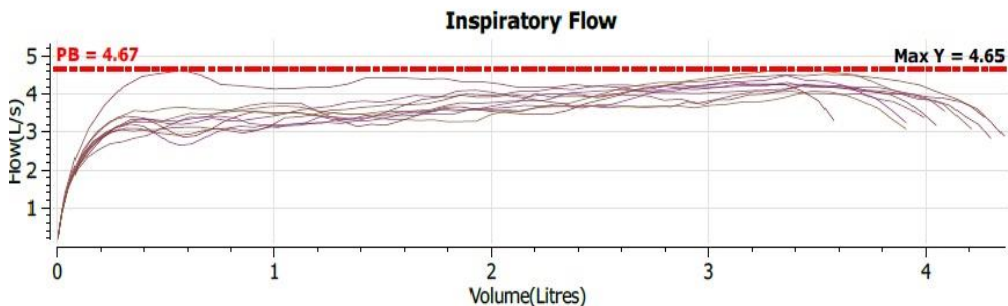
aritmetice a datelor automat, din soft, fără a mai fi nevoie de alte calcule după executarea testărilor. Totodată considerăm că este mai relevantă folosirea datelor pe inspirație continuă de 10x, decât pe expirație ca în cazul spirometrului, așa putând ajunge la rezultatele reale a sportivilor, nu doar cele ipotetice. Sportivii fiind obligați să execute 10 respirații nu au putut induce în eroare aparatul prin respirația reziduală, astfel rezultatele date de aparat sunt rezultatele reale de capacitate și putere vitală care stau la dispoziția sportivilor în timpul probei de concurs sau în timpul antrenamentelor.

*Participanții la cercetare* Cercetarea s-a desfășurat în 3 centre de natație din țară, Târgu Mureș, Bacău și Miercurea Ciuc.

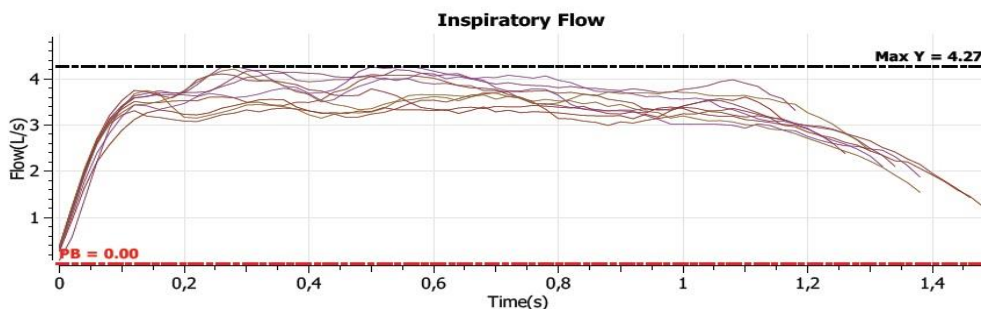
Subiecții cercetării sunt sportivi care practică înotul zilnic de la vârsta de 4-5 ani și sunt membrii ai cluburilor CSM Bacău, AS. Nautica Bacău, CSS Târgu Mureș, CSM Târgu Mureș, H2O Târgu Mureș și CSM VSK Miercurea Ciuc, cu vârsta cuprinsă între 10 și 18 ani,

Înot = 55 de sportivi participanți la toate probele

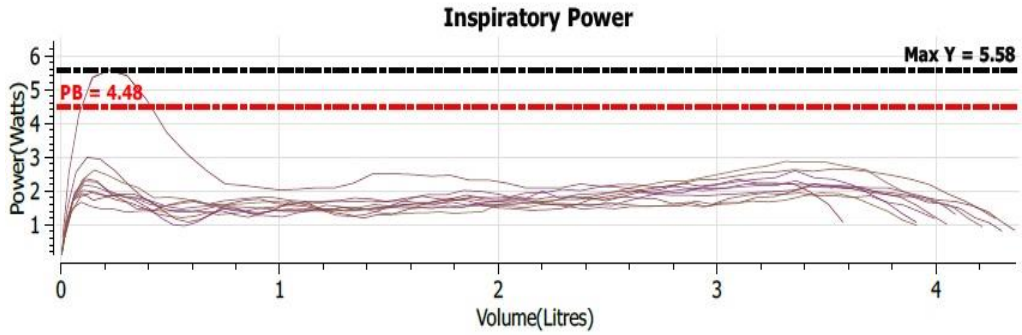
Cercetarea conține rezultatele și datele obținute din aparatul Powerbreathe K Series și interpretarea lor în conformitate cu ipotezele cercetării, tabelul cu numele, vârsta, sexul, înălțimea, greutatea, media volumului vital celor 10 inspirații, volumul inspirat în l/sec., puterea inspirației în Wați, și presiunea aerului inspirat în CmH<sub>2</sub>o. Rezultatele primite din aparat pentru fiecare sportiv sunt în formă de diagrame și numere:



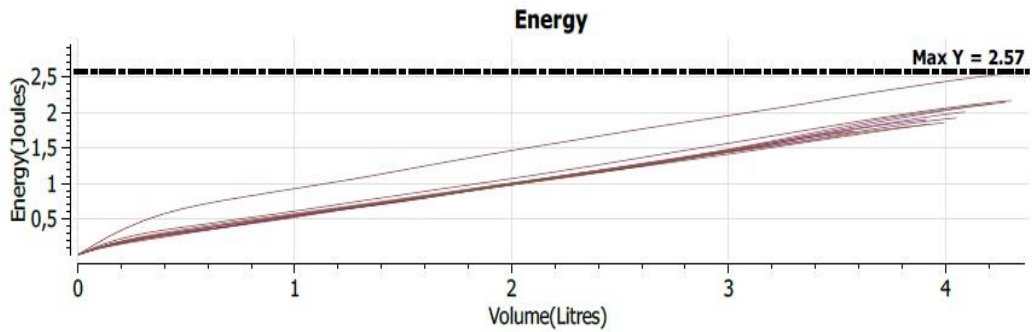
**Figura 1.** Debitul de aer în Litri raportat la volumul de aer în l/sec



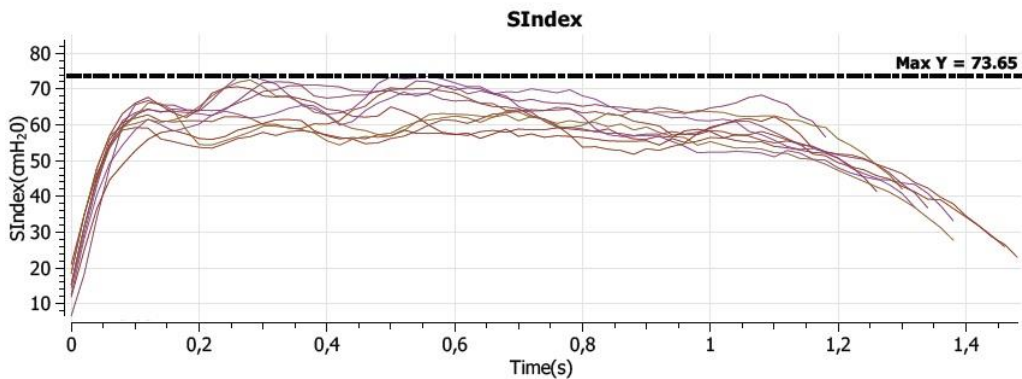
**Figura 2.** Debitul de aer în l/sec raportat la timpul inspirației în sec



**Figura 3.** Puterea inspirației în Wați raportat la volumul de aer inspirat în litri.



**Figura 4.** Energia inspirației in Joules raportat la volumul inspirației în litri



**Figura 5.** Presiunea de aer în cmH<sub>2</sub>O raportat la timpul inspirației în secunde.  
Unde 1cmH<sub>2</sub>O = 98.0638 Pa



### BreatheLink History Report

#### Personal Details:

ID:	L-Norber-171221-235702	Age:	33
Last Name:	Norbert	Weight:	90.00
First Name:	Trandafir	Height:	190.00
Date of Birth:	08/02/88	BMI:	24.93
Gender:	Male	PNV (cmH20):	133.00

#### History Summary:

Type:	Training History		
First Session Date:	17.12.2021	First Session Time:	23:37:31
Last Session Date:	17.12.2021	Last Session Time:	23:38:47
No.Of Sessions:	2		
Max. Training Load:	18		

#### History Detail:

ParameterUnits	Peak PB	Avg.SB	Avg.PB	Percentage
Pressure CmH20	20.33	5.28	7.93	-33.45
Power Watts	4.48	1.76	1.66	6.04
Flow Litres/Sec	4.67	3.53	3.26	8.33
Volume Litres	3.32	4.07	3.17	28.49

ParameterUnits	Total	S. Best	P. Best	Percentage
Energy Joules	3.91	20.22	15.84	27.67

**Figura 6.** Fișa cu numele sportivului, data nașterii, sexul, vârsta, greutatea, înălțimea, data și timpul testărilor și datele de măsurare făcute

### 3. Rezultate și Discuții

Rezultatele cercetării la ipoteza: Înotătorii din probele de fond au o capacitate vitală mai mare decât cei care concurează la probele de sprint ?

În această cercetare au participat 28 de înotători de performanță, care practică înotul de la vârsta de 5 ani, de cel puțin 7 ori pe săptămână, cu vârsta cuprinsă între 12-18 ani.

A fost comparată capacitatea și forța vitală a sportivilor separat pe probe de sprint și pe probe de fond, pentru a vedea dacă există diferență între înotătorii de fond și înotătorii de viteză.

Probe de sprint sunt considerate: 50m fluture, 50m spate, 50m bras, 50m craul, 100m spate, 100m bras, 100m craul.

Probe de fond sunt considerate: 100m fluture, 200m fluture, 200m bras, 200m spate, 200m craul, 400m craul, 800m craul, 1500m craul.

S-au creat 2 grupe, prima grupă fiind grupa înotătorilor de fond, alcătuită din 14 sportivi, a doua grupă fiind grupa sportivilor sprinteri alcătuită tot din 14 sportivi.



Vârsta medie a sportivilor din prima grupă este de 13,79 ani, grupa doi fiind alcătuită de sportivi cu vârsta medie de 14 ani.

**Tabel 1.** Rezultate sportivi care înoată probe de fond

Indicator statistic	Vârsta	Înălțime	Greutate	Volum mediu 10 inspirații	Volum aer	Putere	CmH <sub>2</sub> O
Media aritmetică	13,79	166,93	54,43	1,98	2,87	5,81	85,55
Minim	12,00	155,00	39,00	1,37	1,89	1,56	46,29
Maxim	16,00	184,00	73,00	3,00	4,39	11,68	135,75
Modul	14,00	156,00	49,00	-	-	-	-
Mediană	14,00	165,50	52,00	1,76	2,61	4,59	79,70
Amplitudine	4,00	29,00	34,00	1,63	2,50	10,12	89,46
Coefficient de variabilitate	10,33	6,25	19,64	25,56	28,82	62,92	35,72
Dev Standard	1,42	10,43	10,69	0,51	0,83	3,66	30,56

**Tabel 2.** Rezultate sportivi care înoată probe de Sprint

Indicator statistic	Vârsta	Înălțime	Greutate	Volum mediu 10 inspirații	Volum aer	Putere	CmH <sub>2</sub> O
Media aritmetică	14	169	57	2	2	4	71
Minim	12	154	39	1	1	1	39
Maxim	18,00	185,00	78,00	2,93	3,88	8,89	109,64
Modul	12	165	55	-	-	-	-
Mediană	14	168	57	2	2	3	63
Amplitudine	6,00	31,00	39,00	2,11	3,04	8,27	70,55
Coefficient de variabilitate	12,21	5,2244	16,51	28,8698	42,657	73,12029	34,37531
Dev Standard	1,71	8,8442	9,353	0,547908	1,01737	2,950926	24,27535

**Tabel 3.** Analiză înotători probe fond vs probe sprint – testul t

Variabilă	Test Levene pentru egalitate dispersii		Dispersii egale ?	Testul t pentru egalitatea mediilor				Mărime efect
	F	Sig.		Diferență medii	t	df	P	
Vârsta	3,755	0,061	0,17	0,11	0,632	34	0,265	0,097
Înălțime	0,416	0,524	1,666	1,83	-0,699	13	0,248	0,244
Greutate	0,340	0,564	21,565	2,21	-1,025	13	0,161	0,220
Volum mediu 10 inspirații	0,169	0,683	0,058	0,08	0,399	13	0,347	0,150
Volum aer	1,936	0,175	0,345	0,48	1,635	13	0,062	0,196
Putere	1,999	0,169	1,256	1,77	1,814	13	0,045	0,771
CmH <sub>2</sub> O	2,050	0,164	10,561	14,90	1,957	13	0,036	0,209

Compararea rezultatelor obținute în urma testărilor evidențiază faptul că ambele grupe prezintă valori apropiate la vârstă, media înălțimii și a greutății, chiar și a volumului pulmonar, cu o diferență de doar 0,08 litri, dar la puterea inspirației am observat o diferență semnificativă de 30,46% în favoarea înotătorilor de fond, adică 4,04 Wați la înotătorii sprinteri și 5,81 Wați media la înotătorii de fond, iar la debitul de aer inspirat am observat o diferență de 17,41% în favoarea fondeștilor, adică 70,65 cmH<sub>2</sub>O la sprinteri și 85,55 cmH<sub>2</sub>O la fondești.

În sprijinul acestor rezultate vin și valorile testul T (tabel 3) privind media vârstei, a greutății, a înălțimii, a volumului pulmonar și a volumului de aer în l/sec cu o valoare a lui P de 0,134; 0,244; 0,220; 0,347 și 0,062 ceea ce relevă faptul că diferența între cele 2 grupe măsurate nu este semnificativă din punct de vedere statistic. În contradicție cu aceste rezultate sunt valorile obținute la puterea inspirației și debitul de aer inspirat în cmH<sub>2</sub>O cu o valoare P de 0,045 și 0,036 ceea ce evidențiază că diferența între grupele testate, înotători profe fond comparativ cu înotători probe sprint, este semnificativă din punct de vedere statistic.

Rezultatele obținute ne arată că, capacitatea vitală, înălțimea, greutatea, vârsta nu influențează specializarea sportivului pe probe scurte sau lungi, însă puterea inspirației și debitul de aer inspirat influențează acest aspect.

Ca urmare, ***ipoteza că înotătorii din probele de fond au o capacitate vitală mai mare comparativ cu cei de sprint se confirmă.***

Rezultatele cercetării la ipoteza: Înotătorii cu o capacitate și forță vitală mai mare tind să aibă și rezultate mai bune în probele lor favorite ?

În acest sens, am comparat capacitatea și forța vitală a 14 sportivi cu vârsta cuprinsă între 14-16 ani cu diferite rezultate la nivel național, pentru a vedea dacă capacitatea și forța vitală influențează pozitiv sau negativ performanțele sportivilor. Prima grupă conține 7 sportivi 4 fete și 3 băieți, clasați între locul 2 și locul 4 național în probele lor favorite, iar a doua grupă conține la fel 4 fete și 3 băieți, clasați pe locurile 8-34 la ultimele campionate naționale la care au participat în anul 2021.

**Tabel 4.** Rezultate sportivi ocupanți ai locurilor 2-4 la Campionatele Naționale din anul 2021

Indicator statistic	Vârsta	Înălțime	Greutate	Volum mediu 10 inspirații	Volum aer	Putere	CmH <sub>2</sub> O
Media Aritmetica	14,43	171,86	61,00	2,05	2,85	6,65	83,52
Minim	14,00	155,00	53,00	0,82	1,44	0,84	39,09
Maxim	15,00	186,00	73,00	2,68	4,77	16,28	124,34
Mediana	172,00	60,00	2,24	2,68	6,38	98,07	98,07
Amplitudine	1,00	31,00	20,00	1,86	3,33	15,44	85,25
Coeficient de variabilitate	3,70	5,99	11,20	31,45	44,92	84,14	39,49
Dev Standard	0,53	10,29	6,83	0,64	1,28	5,60	32,98

**Tabel 5.** Rezultate sportivi ocupanți ai locurilor 8-34 la Campionatele Naționale 2021

Indicator statistic	Vârsta	Înălțime	Greutate	Volum mediu 10 inspirații	Volum aer	Putere	CmH <sub>2</sub> O
Media Aritmetica	14,43	169,00	57,86	1,86	2,76	5,35	87,45
Minim	14,00	157,00	49,00	1,62	1,89	1,56	46,29
Maxim	16,00	180,00	67,00	2,63	3,74	8,37	121,55
Modul	14,00	169,00	67,00	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
Mediana	169,00	57,00	1,74	2,63	6,24	95,45	95,45
Amplitudine	2,00	23,00	18,00	1,01	1,85	6,81	75,26
coeficient de variabilitate	5,45	5,17	12,87	18,84	24,78	49,43	32,86
Dev Standard	0,79	8,74	7,45	0,35	0,68	2,65	28,74

**Tabel 6.** Analiza rezultatelor obținute de grupa de înotători clasați locurile 2-4 vs grupa de înotători clasați locurile 8-34 la Campionatul Național – testul t

Variabilă	Test Levene pentru egalitate dispersii		Dispersii egale ?	Testul t pentru egalitatea mediilor				Mărime efect
	F	Sig.		Diferență medii	t	df	P	
	Vârsta	0		1	0	0	0	
Înălțime	0,313	0,585	2,02	2,86	0,626	6	0,276	0,300
Greutate	0,676	0,426	2,22	3,14	1,317	6	0,117	0,439
Volum mediu 10 inspirații	0,428	0,524	0,128	0,19	0,633	6	0,274	0,383
Volum aer	0,026	0,87	0,064	0,09	0,234	6	0,411	0,091
Putere	0,307	0,589	0,918	1,3	0,474	6	0,326	0,315
CmH <sub>2</sub> O	0,056	0,815	2,783	3,93	-1,023	6	0,172	

Analizând datele din din tabelul nr. 6 putem afirma că nu există o diferență semnificativ statistică privind vârsta, înălțimea, greutatea, volumul pulmonar mediu, volumul pulmonar, puterea inspirației și debitul de aer în cmH<sub>2</sub>O între sportivii înotători ocupanți ai locurilor 2-4 și sportivii înotători ocupanți ai locurilor 8-34 la campionatele naționale.

Ca urmare, ipoteza conform căreia *Înotătorii cu o capacitate și forță vitală mai mare tind să aibă și rezultate mai bune în probele lor favorite, nu se confirmă.*

### Discuții

Rezultatele obținute de noi sunt confirmate și de alte studii evidențiate în literatura de specialitate, la care facem referire, în continuare:

Volianitis et al. (2000), au efectuat un studiu pe 14 canotoare de performanță în care au urmărit dacă antrenamentul de forță a musculaturii inspiratorii (Inspiratory muscle training, IMT) influențează performanța de vâslire, și au ajuns la concluzia că după 11 săptămâni de pregătire cu un dispozitiv destinat pentru antrenarea acestei musculaturi, la grupul de intervenție s-a observat o creștere de

44±25 CmH<sub>2</sub>O, față de grupul de control și o îmbunătățire a rezultatelor pe 5000m de 36±9 secunde.

Cercetarea efectuată de McFadden (2011) pe 23 de cicliști a evidențiat faptul că folosirea unui aparat pentru dezvoltarea forței inspiratorii crește efectul anaerob pe sprintul final în proba de atac la timp.

Cercetarea realizată de Wilson et al. (2013) privind efectul încălzirii specifice a musculaturii respiratorii la înotători de performanță, înaintea probei specifice de 100m Liber s-a adresat unui număr de 15 sportivi. Sportivii au efectuat proba de 100m Liber în 3 feluri, încălzirea obișnuită, doar în apă, încălzirea doar a musculaturii respiratorii și a treia oară cu încălzire în apă plus încălzirea specifică a musculaturii respiratorii. Rezultatele obținute au arătat că încălzirea specifică a musculaturii respiratorii a adus o îmbunătățire a timpilor de înot în medie cu 1,18 sec față de încălzirea doar a musculaturii respiratorii și 0.62 sec față de încălzirea obișnuită doar în apă.

În cercetarea întreprinsă de Rozek-Piechura et al. (2020) au fost analizate efectele antrenamentului pe musculatura inspiratorie (inspiratory muscle training IMT) pe 25 de atleți alergători de fond, pe parcursul a 8 săptămâni de pregătire. Sportivii au fost împărțiți în 3 grupe, una care folosea aparatul Powerbreathe (cel folosit și de noi în cercetare), a doua care folosea un dispozitiv IMT de prag și grupul de control. A fost măsurată capacitatea vitală, capacitatea vitală forțată, capacitatea expirată într-o secundă, debitul maxim expirat, și puterea maximă a expirării. Rezultatul a arătat că grupul 1 care a folosit aparatul Powerbreathe a avut o creștere semnificativă pe toate variabilele măsurate, în grupul 2 în care s-a folosit aparatul IMT de prag, doar capacitatea vitală a crescut semnificativ, iar în grupul de control niciuna dintre variabile nu s-a schimbat semnificativ.

Turner et al. (2012) au demonstrat pe 16 cicliști masculini că antrenamentul musculaturii respiratorii reduce costul de oxigen corporal în exercițiile de hiperapnee voluntară. Această cercetare sugerează că reducerea costului de oxigen în musculatura respiratorie poate facilita disponibilitatea oxigenului pentru mușchii activi în timpul exercițiului, în acest fel fiind îmbunătățite rezultatele sportivilor .

Romer, McConnell, and Jones (2002) au evaluat influența antrenamentului pe musculatura inspiratorie a 16 cicliști profesioniști, specializați pe distanțele de 20km respectiv 40 km. Aceștia au ajuns la concluzia că la finalizarea curselor de încărcare presiunea maximă inspiratorie a fost redusă cu 18% respectiv 13% după 2 minute de la terminarea cursei, și a rămas sub valorile preefort la 30 de minute. Totodată s-a observat o îmbunătățire semnificativă a rezultatelor în timpul probei contra cronometru de 1,7%-1,9%.

Menzes, Nascimento, Avelino, Polese and Salmela (2018) în cercetarea "A Review on Respiratory Muscle Training Devices" au comparat 14 dispozitive pentru antrenamentul mușchilor respiratorii, căutările lor fiind efectuate în baze de date, cărți, site-uri de vânzare produse legate de reabilitare și liste de referințe ale lucrărilor preluate. Analiza întreprinsă de ei a condus la concluzia că din cele 14 dispozitive disponibile în prezent pe piață și raportate de diferite publicații, nu se poate alege un dispozitiv ca fiind cel mai bun, bazat doar pe informațiile tehnice și

utilitatea lor clinică, deși unele aparate par a fi mai avantajoase decât altele. Pentru a-l selecta pe cel mai potrivit, este necesar să se ia în considerare starea de sănătate a subiectului, scopul utilizării, și dacă este pentru utilizare în contexte de cercetare sau clinice.

Chang și alții (2021) au evaluat influența antrenamentului musculaturii respiratorii pe 22 de subiecți, atleți amatori care se antrenau de cel puțin 3 ori pe săptămână, pe distanța de 800m. Ambele grupe au efectuat aceleași antrenamente de sală de forță și de alergare timp de 4 săptămâni, grupa de control efectuând în plus antrenament cu un dispozitiv de antrenare a musculaturii respiratorii. Rezultatele indică că antrenamentul IMT de 4 săptămâni (de două ori pe zi, 5 zile pe săptămână) îmbunătățește semnificativ puterea muscularii inspiratorii a participanților și performanța de alergare la 800 m.

#### 4. Concluzii

Prelucrarea și analiza datelor obținute în urma testărilor efectuate evidențiază faptul că se poate face o foarte bună diferențiere a sportivilor pe baza capacității și a forței vitale, examinarea acestora reprezentând un bun indiciu în dirijarea muncii antrenorilor, în a alege direcția în care îndrumă și antrenează sportivii pe care îi au la antrenament. Totodată, testele făcute arată că o forță mai mare a musculaturii plămânului face posibilă inspirarea unui volum mai mare de aer în același timp. Știind că la toate sporturile, cu cât inspirația este mai scurtă și mai amplă, cu atât ajunge mai mult aer și implicit oxigen în plămâni, la musculatură și creier, puterea inspirației este un indiciu și pentru faptul că sportivul este capabil de rezultate mai bune, ceea ce indică faptul că antrenorii trebuie să dedice timp special pentru a dezvolta capacitatea respiratorie.



©2017 by the authors. Licensee „GYMNASIUM” - *Scientific Journal of Education, Sports, and Health*, „Vasile Alecsandri” University of Bacău, Romania. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution ShareAlike 4.0 International (CC BY SA) license (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).