

**Journal of Human Sport and Exercise online***J. Hum. Sport Exerc.**Official Journal of the Area of Physical Education and Sport.**Faculty of Education. University of Alicante. Spain***ISSN 1988-5202**

An International Electronic Journal

**Volume 3 Number 2 July 2008****FROM STUDIES ON THE THRUST IN SWIMMING**

Przemysław Lutomski<sup>1\*</sup>, Tomasz Stankowski<sup>1</sup>, Jan Konarski<sup>1</sup>, Krzysztof Pietrusik<sup>2</sup>,  
Adam Ciereszko<sup>3</sup>, Ryszard Strzelczyk<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of the Theory of Sport. The Eugeniusz Piasecki University School of Physical Education in Poznań, Poland. <sup>2</sup>Department of Swimming and Water Rescue. The Eugeniusz Piasecki University School of Physical Education in Poznań, Poland. <sup>3</sup>Department of Informatics. The Eugeniusz Piasecki University School of Physical Education in Poznań, Poland.

Received 27 May 2008; received in revised form 15 June 2008; accepted 25 June 2008

**ABSTRACT**

Swimming speed is determined by many factors, including weight preparation of the swimmer which is one of the most important ones. This power is directly related to the speed a swimmer can reach in water, that is the value of thrust. The aim of the study was to establish the level of thrust and swimming speed of the 2<sup>nd</sup> year students (n=20) of the University School of Physical Education (USPE) in Poznań and to compare them with the results of study from 1983 in which the 4<sup>th</sup> year students (n=20) of the USPE in Poznań were studied. The current study was carried out in the context of the long-term changes in swimming technique. Research methods: measurement of thrust in real conditions was performed using a prototype device for the measurement of thrust of a swimmer which makes it possible to register the force in the water environment; swimming speed was established on the basis of the time needed to cover the distance of 25 metres, according to the regulations of the Polish Swimming Association. Conclusions: the students taking part in the 1983 study had higher values of thrust, but a lower speed than the students taking part in the 2006 study, which suggests that apart from the thrust the technique of swimming has a important influence of the swimming speed.

**Key words:** Swimming, thrust, swimming speed, training

**Reference Data:** Lutomski, P., Stankowski, T., Konarski, J., Pietrusik, K., Ciereszko, A. and Strzelczyk, R. From studies on the thrust in swimming. *J. Hum. Sport Exerc.* 3(2):25-32. 2008. [http://www.jhse.ua.es/vol3/num2/JHSE\\_3\\_2\\_3.pdf](http://www.jhse.ua.es/vol3/num2/JHSE_3_2_3.pdf).

\* Corresponding author. University School of Physical Education. Department of the Theory of Sport.

Królowej Jadwigi 29/37, 60-351 Poznań, Poland

tel./fax. +48 61 835 52 60

E-mail address: lutomski@gmail.com

© 2008 University of Alicante. Faculty of Education.

## INTRODUCTION

Physical condition is treated as a component of health where care about body and its fitness is the care about health indeed. From a perspective of physical culture the physical condition is a center of the physical development, physical fitness and the working efficiency of the constitution (Przewęda et al., 2003 and 2005). The muscular power is essential for general health state, efficient motility, maintenance of the stability of the joints and reduction of the risk of musculoskeletal contusions. The muscular power allows the individual to take up the everyday activity without excessive tiredness.

According to Zaciorski (1979) the strength as a motor capacity is: “ability to defeating external resistance or counteraction against it at the expense of muscular effort.” It is worth noting that in the previous years some laboratorial methods of the muscular power measurement in the conditions of dynamics, i.e. isokinetic action of the muscle, have been developed. The work of the muscles can be estimated during the concentric cramp and eccentric cramp. We can also estimate the general – global strength and special strength.

The issue of the thrust which for a long time has been considered as a extremely crucial for the theory of swimming, where the researchers explicitly define the need of appropriate general weight preparation of the swimmer (Maglischo, 2001). Building the special strength on well built foundations of the general preparation is the optimal way to the development of a young constitution, which is emphasized by the researchers of the theory of swimming (Kraemer and Fleck, 2004).

The problem of relationship of thrust and swimming speed has been undertaken by many authors (Wachowski et al. 1975, Strzelczyk and Daszkiewicz 1982, Strzelczyk 1982, Costill et al. 1983, Craig et al. 1985, Costill et al. 1985, Sharp 1986, Strzelczyk et al. 1991, Maglischo 1993, Wilmore and Costill 1994, Hannula and Thornton 2001, Thomas 2005, Kjendlie et al. 2006). Relations were noted between time of swimming individual distances and the thrust reached in the same time as the covered distance. These relations turned out to be statistically significant and the highest values of measured parameters were noted for swimming time and thrust reached swimming full style (Adach and Adach 1994, Strzelczyk and Wachowski 1994, Jasiak et al. 1998, Sweetenham 2003).

The athletes training special force should pay a special attention not only to its highest values, but also should control during training the basic elements of technique such as the length of swimming step and the number of movements necessary to swim a certain distance. Neglecting the control of swimming technique during training of special force may result in the appearance of undesirable errors which translate into lowering of the swimming effectiveness, among other things, which in turn will turn into the lack of accomplishment of sport and training objectives of the athletes (Craig et al. 1985, Sharp 1986, Haljand 1997, Guzman 1998, Hannula and Thornton 2001, Maglischo 2001, Thomas 2005, Kjendlie 2006).

Therefore a question emerges if the relations mentioned above are constant or maybe they change in time? The relation of the general strength to the special strength changes during the training cycles but also in the longer intervals, for instance in decades.

The state of the physical condition of Polish population of children and youth can be described on the basis of the series of successive research conducted in the following years. The Department of Theory of Sport of the University School of Physical Education in Warsaw (Przewęda and Dobosz, 2003 and 2005) have conducted every 10 years research on youth applying the International Test Of The Physical Efficiency. Those mass research (it surveyed nearly 500 thousand of people) confirmed known for a long time fact, that successive generations of Polish youth are repeatedly higher and heavier, which indirectly proves improving of the conditions of growth in Poland.

Besides, speed and strength have their reflection in circumstantial, special features e.g. speed of the motion moves in the water and the power that propel this speed among people who don't practice swimming professionally, but who are able to swim properly (University School of Physical Education students).

The objective of the study was to establish the effect of thrust on swimming speed using the example of students of the University School of Physical Education. The study refers to the study from 20 years ago. The current study was carried out in the context of long-term changes in swimming technique and investigating the tendency of changes in the weight efficiency that occurs during 20 years among the academic youth. It was established, that during 20 years thrust and swimming speed will increase of PE students.

## **MATERIALS AND METHODS**

The study was conducted at the Department of Theory of Sport at the University School of Physical Education in Poznań, Poland and is part of a wider research project. The study was approved by the Human Ethics Research Committee at Poznań (Poland). The subjects of this investigation were two groups of students.

The first group (experimental group) were 2<sup>nd</sup> year students (n=20) of the University School of Physical Education in Poznań, Physical Education Faculty in 2006. The average age of the students was 22 years. Among participants of this investigation were representatives of sport such as: basketball, football (soccer), kick-boxing, athletics, mountain bike and hand ball. Sports experience varied from 6 to 12 years. None of the subjects were swimming competitor.

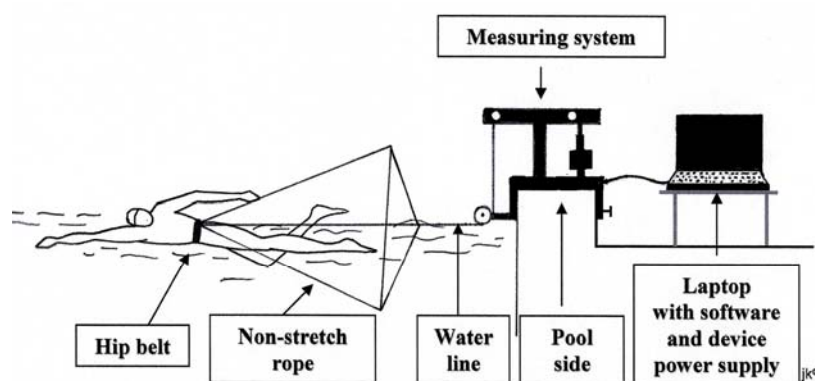
The second group (a reference group) consisted of 4<sup>th</sup> year students (n=20) of the University School of Physical Education in Poznań in 1983. The average age of this group was 24 years (Strzelczyk 1983).

The assessment of the participating students in terms of morphology results was based on the measurement of body height, weight and BMI. The study was carried out according to commonly used methods (Drozdowski 1998). The comparison of data showed that the observed groups were homogeneous and statistically insignificant, taking into consideration height and body mass, BMI and age. The detailed information was presented in [table 1](#).

The study was carried out in two stages. On the first day the thrust test carried out in the water conditions and anthropometric measurements were also taken. On the second day swimming speed at the specified distance was measured. The study took place in the morning. Individual tests were always performed in the same order and strictly according to the instructions.

To assess the maximal swimming speed the time taken to cover a distance of 25 metres, was measured, according to the regulations of the Polish and International Swimming Association. The time was measured using the measuring device (Colorado Time System 4000). The test was carried out in the fundamental style of swimming, that is front crawl at the distance of 25m. The test followed a warm-up, out of water (5 min – standard dry swimming exercises, mainly upper limb work) and in the water (300 meters of swimming with a speed component). After warm-up the competitors had a break to rest (5 min) and then testing started.

The measurement of thrust was conducted using a prototype device. A diagram of this device is presented above (Figure 1).



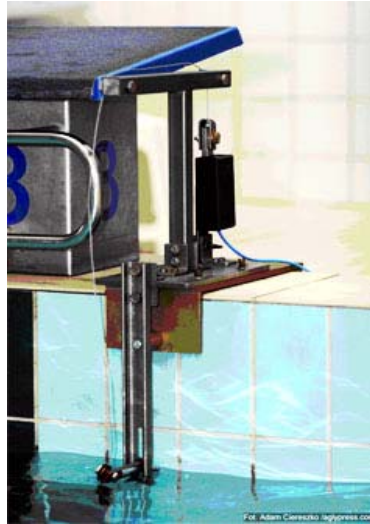
*Figure 1. The measurement system used during investigation of the thrust*

The measuring device works on the principle of the AduC812 QuickStart Board module. This is a driver which allows not only for a quick and practical mastering of programme tools for the preparation of software for microcontrollers of AduC812 made by Analogy Devices, but also can be used wherever there is a need to use a microcontroller AduC812 as an ACD converter with eight analogue inputs with a 12-bit resolution. As the module is equipped with a serial port RS232, the data on the impulse of the subjects can be transferred to a PC through this port and record data to the software in the text file enabled analysis in different software. (Giera et al. 2003).

The methodology of the thrust test included: warm-up on land (5 minutes – of global exercises with emphasis on the shoulders and arms), warm-up in the water (300 meters of swimming with a speed component), rest break (5 minutes), then measurement of thrust. The thrust was measured for 15 seconds of free style (crawl) restrained swimming, according to the developed methodology of measurement (Wachowski et al.

1975, Strzelczyk 1982, Strzelczyk et al. 1991, Wilmore and Costill 1994, Hannula and Thornton 2001, Thomas 2005).

Test time was dictated to enable the achievement of maximal effort and represent competitive loads of the second test – 25 m of swimming. Both tests were carried out in anaerobic conditions. The results were noted in kilogram-force [kG] and converted into Newton units [N]. Views of the thrust test are presented in figures 2 and 3.



*Figure 2. Picture of equipment using during the thrust test.*



*Figure 3. Thrust test.*

#### Data Analysis

The results were worked out using standard statistical methods. All data were analysed using Statistica version 8 (data analysis software system by StatSoft, Inc., 2007) package for Windows. Results are expressed as means (M)  $\pm$  standard deviations (SD). To check normality distribution Shapiro-Wilk Test was used. To establish significant

differences between means the unpaired t-test was used for independent variables. The level of significance was set at  $P < 0.05$ .

## RESULTS

The average men height of the studied group was  $183 \pm 2.1$  cm, and weight was on average  $80.75 \pm 3.7$  kg. The BMI of the studied group was  $24.11 \pm 1.2$  kg/m<sup>2</sup>. The BMI of the previously studied group was  $24.11 \pm 1.8$  kg/m<sup>2</sup>, which indicates a correct weight to height relation (table 1).

**Table 1.** The characteristics of observed groups ( $M \pm SD$ ).

	Age [years]	Height [cm]	Weight [kg]	BMI [kg/m <sup>2</sup> ]
<b>Studied group</b> (students 2006) n=20	22.0	$183 \pm 2.1$	$80.75 \pm 3.7$	$24.11 \pm 1.8$
<b>Reference group</b> (students 1983) n=20	24.0	$181 \pm 1.6$	$79.8 \pm 2.7$	$24.11 \pm 1.2$

In the test of thrust the participating students in 15 seconds of front crawl reached a mean value of  $90.25 \pm 21.6$  N and the students in the reference group  $106.93 \pm 26.5$  N. The differences in the groups were statistically significant (for  $P < 0.05$ ).

Another studied parameter was the speed reached at the distance of 25 m of doing front crawl. The students participating in the study had a means peed of  $1.67 \pm 0.2$  m/s. The reference group had  $1.60 \pm 0.3$  m/s (table 2). The differences in the groups were not statistically significant (for  $P < 0.05$ ).

**Table 2.** The results of study in the test of thrust and swimming speed

	Thrust test 15 seconds [N] [M±SD]	Swimming speed 25 metres [m/s] [M±SD]
<b>Studied group</b> (students 2006) n=20	$90.25 \pm 21.58$	$1.676 \pm 0.2$
<b>Reference group</b> (students 1983) n=20	$106.93 \pm 26.49$	$1.608 \pm 0.3$

## DISCUSSION

Quite positive picture of somatic changes among polish population contrasts with the meaningly different picture of changes in physical efficiency. Scientific research surveyed over the structure of physical efficiency revealed versatile course of changes

of efficiency in different motor abilities, in five out of eight trials of a.m. test deterioration of the results were noticed. In two of them there was a ambiguous picture, dependent on the sex and age of the studied. Surveyed research indicates deterioration of physical efficiency and weight efficiency. However the speed abilities among the studied youth group improved (Dobosz 2007).

The research pointed at the special strength of the swimmers tend to be different because tested people acquired lower values of the thrust measured in water in contrast to their colleague two decades before. The values of the speed of swimming confirm the research pointing at improving of the speed abilities of the youth. These are of course estimated comparisons but also measurable so they relate to the comparable, similarly selected group.

In the light of the above the differences noted during the study may indicate an influence of many factors, for example change in the technique of swimming, starting the swimming classes at an earlier age by children and youths, and a scientific and technical progress which translates into changes in training means and a use of a wide range of cross trainers. These observations are confirmed by the results of studies of many authors (Wilmore and Costill 1994, Hannula and Thornton 2001, Maglisco 2001) who state that appropriate combination of force and swimming technique gets the best results in the form of sports performance.

## CONCLUSIONS

In conclusion, the value of thrust in swimming was lower for 2006 students than for 1983 students whereas the value of swimming speed was higher for 2006 students than 1983 students. This suggests that changes in swimming style have a bigger effect on competitive results - swimming speed, than force of thrust.

## REFERENCES

1. ADACH, Z., ADACH, J. (1994) Wpływ siły ciągu i wybranych parametrów czynnościowych na szybkość pływania na krótkich dystansach. (Effect of thrust and selected functional parameters on speed of swimming at short distances), "Roczniki Naukowe" (Year Book), University School of PE in Poznań., no. 41.
2. BARTKOWIAK, E. (1999) *Pływanie sportowe* (Sport swimming), Biblioteka Trenera, Warszawa.
3. COSTILL, D.L., KING, D.S., HOLDREN, A., HARGREAVES, M. (1983) *Swimming speed vs. swimming power*, "Swimming Technique", 20(1), 20-22.
4. CRAIG, A.B., SKEHAN, P.L., PAWELCZYK, J.A., BOOMER, W.L. (1985) *Velocity stroke rate, and distance per stroke during elite swimming competition*, "Medicine and Science in Sport and Exercise", 17(6), 625-634. [Abstract]
5. COSTILL, D.L., KING, D.S., THOMAS, R., HARGREAVES, M. (1985) *Effects of reduced training on muscular power in swimming*, "Physician and Sports medicine", 13, 94-101.
6. DOBOSZ, J. (2007) *Indywidualna ocena kondycji fizycznej w perspektywie zmian populacyjnych. Punktacyjne tablice sprawności fizycznej*. Biospoleczne

- aspekty rozwoju współczesnej młodzieży polskiej w okresie dojrzewania, Dziesiąte warsztaty antropologiczne im. prof. J. Charzewskiego. Warszawa.
7. DROZDOWSKI, Z. (1998) *Antropometria w wychowaniu fizycznym* (Anthropometry in physical education), AWF Poznań.
  8. GUZMAN, J.R. (1998) *Swimming drills for every stroke*, Human Kinetics, Champaign, IL.
  9. HALJAND, R. (1997) *Methods of kinematic evaluations for competition techniques in swimming and conclusions for training*, Symposiums-Bericht, Kölner Schwimmsporttage, Cologne Swimming Symposium 1996. Orig.-Ausg.-Bockenem: Sport-Fahnenmann-Verlag.
  10. HANNULA, D., THORNTON, N. (ed.) (2001) *The swim coaching bible*, Human Kinetics, Champaign, IL.
  11. KJENDLIE, P.L., HALJAND, R., FJØRTOFT, O. and STALLMAN, R.K. (2006) *The temporal distribution of race elements in elite swimmers*. In: Vilas-Boas, J.P., Alves, F. and Marques, A. (Eds.), "Biomechanics and Medicine in Swimming X. Portuguese Journal of Sport Sciences: Porto, pp. 54-56.
  12. KRAEMER, W., FLECK, S.J. (2004) *Strength training for young athletes*, Second edition. Champaign, Human Kinetics.
  13. MAGLISCHO, E.W. (1993) *Swimming even faster*, Mountain View, Mayfield Publ. Company.
  14. MAGLISCHO, E.W. (2001) *Swimming fastest*, Champaign. Human Kinetics.
  15. SHARP, R.L. (1986) *Muscle strength and power related to competitive swimming*, "Journal of Swimming Research", 2(2), 5-10.
  16. PRZYWĘDA, R., DOBOSZ, J. (2003) *Kondycja fizyczna polskiej młodzieży* (Physical condition of Polish youth), Monography of University School of PE nr 98, Warszawa.
  17. PRZYWĘDA, R., DOBOSZ, J. (2005) *Growth and physical fitness of polish youths*, Monography of University School of PE nr 103, Warszawa.
  18. STRZELCZYK, R. (1982) *Wpływ programowanych obciążeń siłowych na zmiany prędkości w pływaniu kraulem na piersiach* (The effect of programmed weight loads in changes in speed doing the front crawl). Roczniki Naukowe AWF Poznań, pp. 121-144.
  19. STRZELCZYK, R., DASZKIEWICZ, A. (1982) *Próba kompleksowego oddziaływania treningowego na prędkość w pływaniu* (An attempt at comprehensive training influence on swimming speed). Year Book of University School of PE in Wrocław, book 32, pp.121-127.
  20. STRZELCZYK, R. (1983) *Charakterystyka zależności między siłą ciągu a prędkością pływania i podstawowymi parametrami somatycznymi w aspekcie stopnia zaawansowania sportowego* (A description of the relation between thrust and swimming speed and basic somatic parameters in the light of degree of sports advancement), Monography of University School of PE in Poznań no. 205.
  21. STRZELCZYK, R., BANASZAK, F., WACHOWSKI, E., RYCHLEWSKI, T. (1991) *Uprawienie i kontrol za rozwojem siły i szybkości w procesie treniowki pławców. Woprosy fizycznej wosпитания студентів* (Managing and controlling the development of power and speed in the process of swimmers' training. Questions of physical education of students). Leningradskij Gosudarstwiennyj Uniwersytet, XXII, pp. 43-48.



22. STRZELCZYK, R., WACHOWSKI, E. (1994) *Sila ciagu w plywaniu* (Thrust in swimming), Trening, no.3.
23. SWEETENHAM, B. (2003) *Championship Swim Training*, Champaign Human Kinetics.
24. THOMAS, D.G. (2005), *Swimming-3rd Ed - Steps to Success*, Champaign Human Kinetics, IL.
25. WACHOWSKI, E., STRZELCZYK, R., OSIŃSKI W. (1975) *O przydatności pomiaru siły ciagu w kształtowaniu szybkości pływaków* (On the usefulness of measurement of thrust in development of swimmers' speed), "Sport Wyczynowy", No. 1, pp.1-5.
26. WILMORE, J.H., COSTILL, D.L. (1994) *Physiology of sport and exercise*, Champaign Human Kinetics.
27. ZATSIORSKI, W. M. (1979) *Kształcenie cech motorycznych sportowca* (Shape of player motor abilities), Sport and Tourism, Warszawa.

**Journal of Human Sport and Exercise online***J. Hum. Sport Exerc.**Official Journal of the Area of Physical Education and Sport.**Faculty of Education. University of Alicante. Spain***ISSN 1988-5202**

An International Electronic Journal

**Volume 3 Number 2 July 2008****SOBRE LOS ESTUDIOS DEL EMPUJE EN NATACIÓN**Przemysław Lutomski<sup>1\*</sup>, Tomasz Stankowski<sup>1</sup>, Jan Konarski<sup>1</sup>, Krzysztof Pietrusik<sup>2</sup>,  
Adam Ciereszko<sup>3</sup>, Ryszard Strzelczyk<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of the Theory of Sport. The Eugeniusz Piasecki University School of Physical Education in Poznań, Poland. <sup>2</sup>Department of Swimming and Water Rescue. The Eugeniusz Piasecki University School of Physical Education in Poznań, Poland. <sup>3</sup>Department of Informatics. The Eugeniusz Piasecki University School of Physical Education in Poznań, Poland.

Recibido: 27 de mayo de 2008; recibido revisado: 15 de junio de 2008; aceptado: 25 de junio de 2008

**RESUMEN**

La velocidad de nado está determinada por numerosos factores, entre ellos la preparación del peso del nadador, siendo éste uno de los más importantes. Esta fuerza está relacionada directamente con la velocidad que el nadador puede alcanzar en el agua, es decir, con el valor del empuje. El objeto del presente estudio es establecer el nivel de empuje y la velocidad de nado de los alumnos de segundo curso (n=20) de la Escuela Universitaria de Educación Física (USPE) de Poznań en 2006 y compararlos con los resultados del estudio de 1983, que analizó a los alumnos de cuarto curso (n=20) de la misma facultad. La investigación actual se ha llevado a cabo en el contexto de modificaciones a largo plazo en las técnicas de nado. Método de investigación: se midió el empuje en condiciones reales mediante un dispositivo prototípico de medición del empuje del nadador que permite registrar dicha fuerza en el entorno acuático; la velocidad de nado se estableció en virtud del tiempo necesario para cubrir una distancia de 25 metros, según el reglamento de la Asociación Polaca de Natación. Conclusiones: los alumnos que participaron en el estudio de 1983 obtuvieron valores de empuje mayores y velocidades menores que los estudiantes del estudio de 2006. Este hecho sugiere que los cambios en el estilo de nado tienen mayores repercusiones en los resultados competitivos/velocidad de nado que la fuerza del empuje.

**Palabras clave:** natación, empuje, velocidad de nado.**Cita bibliográfica:** Lutomski, P., Stankowski, T., Konarski, J., Pietrusik, K., Ciereszko, A. and Strzelczyk, R. Sobre los estudios del empuje en natación. *J. Hum. Sport Exerc.* 3(2):25-33. 2008. [http://www.jhse.ua.es/vol3/num2/JHSE\\_3\\_2\\_3.pdf](http://www.jhse.ua.es/vol3/num2/JHSE_3_2_3.pdf).

\* Dirección de correspondencia. University School of Physical Education. Department of the Theory of Sport. Królowej Jadwigi 29/37, 60-351 Poznań, Poland  
tel./fax. +48 61 835 52 60  
E-mail: lutomski@gmail.com

## INTRODUCCIÓN

La condición física se considera un componente de la salud, pues el cuidado del cuerpo y de su buen estado constituye en sí mismo el cuidado de ésta. Desde la perspectiva de la cultura física, la condición física ocupa el centro del buen estado y del desarrollo físico y de la eficacia de la actividad (Przewęda et al. 2003 y 2005). La potencia muscular es esencial para el estado general de salud, la eficacia de la movilidad, el mantenimiento de la estabilidad de las articulaciones y la disminución del riesgo de contusiones músculo-esqueléticas. La fuerza muscular permite al individuo realizar las actividades cotidianas sin fatigarse excesivamente.

Según Zatsiorski (1979), la fuerza como capacidad motora consiste en “la capacidad de vencer la resistencia externa o de responder a ella a costa del esfuerzo muscular”. Es destacable que en los últimos años se hayan desarrollado algunos métodos de laboratorio para medir la fuerza muscular en condiciones dinámicas (es decir, la acción isocinética del músculo). El trabajo de los músculos puede valorarse durante la contracción concéntrica y excéntrica. Asimismo, podemos estimar la fuerza general global y la fuerza especial.

En la cuestión del empuje, que se ha considerado crucial durante largo tiempo en la teoría de la natación, los investigadores mencionan explícitamente la necesidad de preparar de forma adecuada el peso general del nadador (Maglischo, 2001). Trabajar la fuerza especial sobre un fundamento adecuado de la preparación general es el método más conveniente para desarrollar una constitución joven, hecho que destacan los investigadores de la teoría de la natación (Kraemer y Fleck, 2004).

El problema de la relación entre el empuje y la velocidad de nado ha sido estudiado por muchos autores (Wachowski et al., 1975; Strzelczyk y Daszkiewicz, 1982; Strzelczyk, 1982; Costill et al., 1983; Craig et al., 1985; Costill et al., 1985; Sharp, 1986; Strzelczyk et al., 1991; Maglischo, 1993; Wilmore y Costill, 1994; Hannula y Thornton, 2001; Thomas, 2005; Kjendlie et al., 2006). Se observó una relación entre el tiempo necesario para nadar distancias concretas y el empuje alcanzado durante el tiempo empleado en cubrir dicha distancia. Estas relaciones resultaron ser significativas desde el punto de vista estadístico y los valores más altos de los parámetros medidos se observaron en el tiempo de nado y el empuje alcanzados en el estilo completo (Adach y Adach, 1994; Strzelczyk y Wachowski, 1994; Jasiek et al., 1998; Sweetenham, 2003).

Los atletas que ejercitan la fuerza especial no deberían prestar particular atención únicamente a sus valores más altos, sino que también deberían controlar durante el entrenamiento los elementos técnicos básicos, como la longitud y la cantidad de movimientos necesarios para nadar cierta distancia. Si no se controla la técnica de nado durante el entrenamiento de la fuerza especial, podrían producirse errores indeseables que se traducirían en una disminución de la eficacia del mismo, entre otras cosas. Esto, a su vez, repercutiría negativamente en el cumplimiento de los objetivos deportivos y del entrenamiento de los atletas (Craig et al., 1985; Sharp, 1986; Haljand, 1997; Guzman, 1998; Hannula y Thornton, 2001; Maglischo, 2001; Thomas, 2005; Kjendlie, 2006).

Por tanto, se plantea la incógnita de si las relaciones mencionadas anteriormente son constantes o cambian a lo largo del tiempo. La relación de la fuerza general y la especial se modifica no sólo durante los ciclos de entrenamiento, sino también en intervalos de tiempo más prolongados, como por ejemplo, a lo largo de las décadas.

El estado de la condición física de la población de niños y jóvenes polacos puede describirse según una serie de investigaciones sucesivas llevadas a cabo mediante un seguimiento anual. El Departamento de Teoría del Deporte de la Escuela Universitaria de Educación Física en Varsovia (Przewęda y Dobosz, 2003, 2005) realiza cada 10 años una investigación de los jóvenes realizando la Prueba Internacional de Eficacia Física. Estos amplios estudios (se han analizado cerca de 500.000 casos) confirman un hecho observado desde hace tiempo: que las sucesivas generaciones de jóvenes polacos se presentan cada vez más altas y de mayor peso, circunstancia que es una prueba indirecta del desarrollo de Polonia.

Además, la velocidad y la fuerza tienen su reflejo en las características circunstanciales especiales, como por ejemplo, la velocidad de los movimientos de tracción en el agua y la fuerza que los propulsa entre aquellas personas que no practican la natación de forma profesional, aunque pueden nadar bien (alumnos de la Escuela Universitaria de Educación Física).

El objeto del estudio es establecer el efecto del empuje en la velocidad de nado gracias al ejemplo de los alumnos de la Escuela Universitaria de Educación Física. El estudio hace referencia al que se elaboró hace 20 años. El actual, inscrito en el contexto de las modificaciones a largo plazo que ha sufrido la técnica de nado, se ha realizado investigando la tendencia de los cambios en la eficacia del peso que se han producido en estos últimos 20 años entre los jóvenes académicos. Se ha establecido que en 20 años el empuje y la velocidad de nado aumentarían entre los alumnos de educación física.

## **MATERIAL Y MÉTODO**

El estudio, que se ha llevado a cabo en el Departamento de Teoría del Deporte de la Escuela Universitaria de Educación Física de Poznań (Polonia) y forma parte de un proyecto de investigación más amplio, ha recibido la aprobación del Comité de Investigación y Ética Humana de dicha ciudad. Los sujetos de esta investigación han sido dos grupos de alumnos.

El primero (grupo experimental) estaba formado por alumnos de segundo curso (n=20) de la Escuela Universitaria de Educación Física, Facultad de Educación Física (Poznań), en 2006. La edad media de los alumnos es de 22 años. Entre los participantes en esta investigación había representantes de deportes como baloncesto, fútbol, *kick-boxing*, atletismo, bicicleta de montaña y balonmano. Su experiencia deportiva oscila entre los 6 y los 12 años. Ninguno de los sujetos compite en natación.

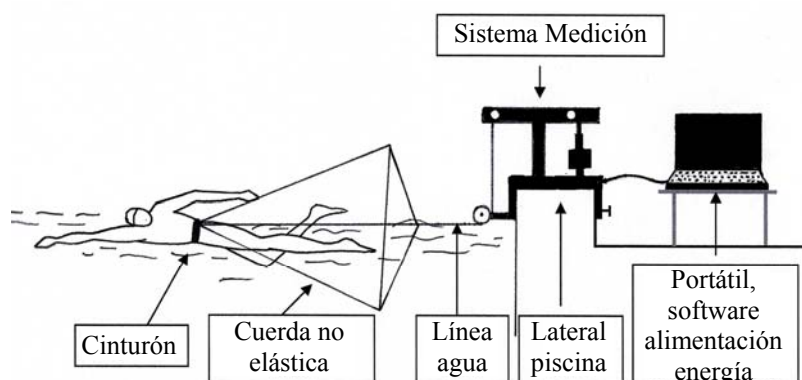
El segundo grupo (grupo de referencia) estaba formado por alumnos de cuarto curso (n=20) de la Escuela Universitaria de Educación Física de Poznań en 1983. La edad media era de 24 años (Strzelczyk, 1983).

La valoración de los resultados morfológicos de los participantes se basa en la medición de la altura y el peso corporales y del IMC. El estudio se ha elaborado siguiendo métodos de uso común (Drozdowski, 1998). La comparación de datos demuestra que los grupos observados son homogéneos e irrelevantes desde el punto de vista estadístico, si se tienen en cuenta la altura, la masa corporal, el IMC y la edad. En el cuadro 1 se presenta la información detallada.

El estudio se ha llevado a cabo en dos etapas. El primer día se realizó la prueba de empuje en el medio acuático y se tomaron las medidas antropométricas. El segundo día se observó la velocidad de nado durante la distancia especificada. El estudio tuvo lugar por la mañana. Cada una de las pruebas se realizó siempre en el mismo orden y siguiendo estrictamente las instrucciones.

Para calcular la velocidad de nado máxima se ha medido el tiempo empleado en recorrer una distancia de 25 metros, según el reglamento de la Asociación Polaca de Natación y la Federación Internacional de Natación. El tiempo se ha observado con el aparato de medición Colorado Time System 4000. La prueba se realizó en el estilo de natación fundamental, es decir, a crol, en una distancia de 25 metros, tras calentar fuera del agua (5 minutos de ejercicios estándar de natación en seco, sobre todo para las extremidades superiores) y en el agua (300 metros a nado con un requisito de velocidad). Tras el calentamiento, los competidores tenían una pausa de descanso (5 minutos) y, a continuación, empezaba la prueba.

La medición del empuje se realizó con un dispositivo prototípico. Más arriba se incluye un diagrama de dicho dispositivo (Figura 1).



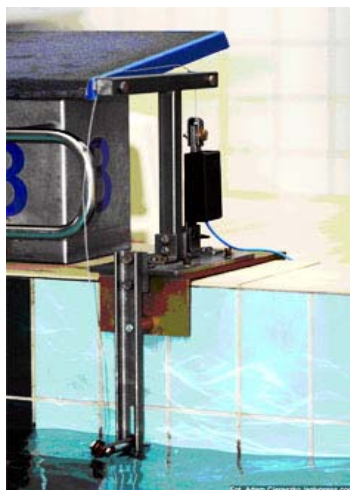
**Figura 1.** Sistema de medición empleado durante la observación del empuje.

El dispositivo de medición se basa en el principio del módulo AduC812 QuickStart Board. Éste no es tan sólo un controlador que permite manejar de forma rápida y práctica herramientas de programación para elaborar software de microcontroladores AduC812 (fabricados por Analogy Devices), sino que también es útil si se necesita emplear un microcontrolador de este tipo como convertor analógico digital con ocho entradas analógicas y una resolución de 12 bits. Como el módulo está equipado con un puerto de serie RS232, los datos sobre el impulso de los sujetos pueden transferirse a un

PC a través de él, almacenarse en un archivo de texto y analizarse mediante otro software (Giera et al., 2003).

La metodología de la prueba de empuje fue la siguiente: calentamiento fuera del agua (5 minutos de ejercicios generales con especial atención a hombros y brazos), calentamiento en el agua (300 metros a nado con un requisito de velocidad), pausa de descanso (5 minutos) y, a continuación, medición del empuje. Éste se observó durante 15 segundos de nado restringido a estilo libre (crol), según la metodología de medición desarrollada (Wachowski et al., 1975; Strzelczyk, 1982; Strzelczyk, Banaszak, 1991; Wilmore, Costill, 1994; Hannula, Thornton 2001; Thomas, 2005).

Se estableció el tiempo de la prueba para permitir que se consiguiera un esfuerzo máximo y alcanzar cargas competitivas en el segundo test (25 metros a nado). Ambas pruebas se realizaron en condiciones anaeróbicas. Los resultados se anotaron en kilosfuerza (kG) y se convirtieron a *newtons* (N). Se incluyen unas imágenes de la prueba de empuje (Figuras 2 y 3).



*Figura 2. Imagen del equipo empleado durante la prueba de empuje.*



*Figura 3. Prueba de empuje.*

*Análisis de los datos*

Se han aplicado a los datos métodos estadísticos estándar. Todos ellos han sido analizados mediante el paquete para Windows Statistica versión 8 (software de análisis de datos de StatSoft, Inc. 2007). Los resultados se expresan en medias (M)  $\pm$  desviaciones estándar (SD). Para comprobar la distribución normal se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk. A fin de establecer diferencias significativas entre las medias se utilizó el test t de datos no apareados para las variables independientes. El nivel de significación se estableció en  $p < 0,05$ .

**RESULTADOS**

La altura media de los hombres del grupo estudiado es de  $183 \pm 2,1$  cm y el peso medio es de  $80,75 \pm 3,7$  kg. El IMC del grupo estudiado es de  $24,11 \pm 1,2$  kg/m<sup>2</sup>, mientras que el IMC del grupo estudiado anteriormente era de  $24,11 \pm 1,8$  kg/m<sup>2</sup>, lo cual indica una relación correcta entre peso y altura (tabla 1).

**Tabla 1.** Características de los grupos estudiados (M $\pm$ SD).

	<b>Edad</b> [años]	<b>Altura</b> [cm]	<b>Peso</b> [kg]	<b>IMC</b> [kg/m <sup>2</sup> ]
<b>Grupo estudiado</b> (alumnos de 2006) n=20	22.0	183 $\pm$ 2.1	80.75 $\pm$ 3.7	24.11 $\pm$ 1.8
<b>Grupo referencia</b> (alumnos de 1983) n=20	24.0	181 $\pm$ 1.6	79.8 $\pm$ 2.7	24.11 $\pm$ 1.2

En la prueba de empuje, los participantes han alcanzado una media de  $90,25 \pm 21,6$  N en 15 segundos de crol, mientras que los estudiantes del grupo de referencia alcanzaron  $106,93 \pm 26,5$  N. La diferencia entre los grupos no es significativa desde el punto de vista estadístico ( $p < 0,05$ ).

Otro parámetro estudiado es la velocidad alcanzada a una distancia de 25 metros tras nadar a crol. Los estudiantes que han participado en el estudio han alcanzado una velocidad media de  $1,67 \pm 0,2$  m/s. La del grupo de referencia fue de  $1,60 \pm 0,3$  m/s (tabla 2). La diferencia entre los grupos no es significativa desde el punto de vista estadístico ( $p < 0,05$ ).

**Tabla 2.** Resultados del estudio en la prueba de empuje y de velocidad de nado

	<b>Prueba de empuje</b> 15 segundos [N] [M±SD]	<b>Velocidad de nado</b> 25 metros [m/s] [M±SD]
<b>Grupo estudiado</b> (alumnos de 2006) n=20	90.25 ± 21.58	1.676 ± 0.2
<b>Grupo de referencia</b> (alumnos de 1983) n=20	106.93 ± 26.49	1.608 ± 0.3

## DISCUSIÓN

El panorama bastante positivo de los cambios somáticos de la población polaca contrasta con una perspectiva significativamente diferente de transformaciones en la eficacia física. La investigación científica, centrada en la estructura de la eficacia física, ha revelado una transformación versátil de la eficacia en diversas habilidades motoras; en cinco de ocho intentos durante las pruebas matutinas se ha observado un empeoramiento de los resultados. En dos de ellos, se ha producido un resultado ambiguo, que dependía del sexo y la edad de los participantes. La investigación llevada a cabo indica un empeoramiento de la eficacia física y del peso. No obstante, la velocidad en el grupo de jóvenes estudiado ha mejorado (Dobosz, 2007).

La investigación sobre la fuerza especial de los nadadores tiende a ser diferente, ya que los participantes han alcanzado valores inferiores de empuje medido en el agua en comparación con sus compañeros de hace dos décadas. Los valores de la velocidad de nado respaldan la investigación, centrada en la mayor velocidad de los jóvenes. Éstas son, por supuesto, comparaciones aproximadas pero también posibles, en tanto que se relacionan con el grupo de referencia seleccionado de forma similar.

A la luz de lo anterior, las diferencias observadas durante el estudio pueden indicar la confluencia de diversos factores como, por ejemplo, del cambio en la técnica de nado, del inicio de las clases de natación a una edad más temprana por parte de niños y jóvenes, y del progreso científico y técnico, que se traduce en cambios en los medios de preparación y en el uso de una amplia gama de entrenamientos cruzados. Estas observaciones se confirman con los resultados de los estudios de numerosos autores (Wilmore y Costill, 1994; Hannula y Thornton, 2001; Maglischo, 2001), que indican que mediante la combinación adecuada de fuerza y técnica natatoria se consiguen los mejores resultados en términos de rendimiento deportivo.

## CONCLUSIÓN

En resumen, el valor del empuje en natación es menor entre los alumnos de 2006 que entre los de 1983, mientras que el valor de la velocidad de nado es superior entre los estudiantes de 2006 que entre los de 1983. Este hecho sugiere que los cambios en el estilo de nado tienen mayores repercusiones en los resultados competitivos/velocidad de nado, que la fuerza del empuje.



## REFERENCIAS

1. ADACH, Z., ADACH, J. (1994) Wpływ siły ciągu i wybranych parametrów czynnościowych na szybkość pływania na krótkich dystansach. (Effect of thrust and selected functional parameters on speed of swimming at short distances), "Roczniki Naukowe" (Year Book), University School of PE in Poznań., no. 41.
2. BARTKOWIAK, E. (1999) *Pływanie sportowe* (Sport swimming), Biblioteka Trenera, Warszawa.
3. COSTILL, D.L., KING, D.S., HOLDREN, A., HARGREAVES, M. (1983) *Swimming speed vs. swimming power*, "Swimming Technique", 20(1), 20-22.
4. CRAIG, A.B., SKEHAN, P.L., PAWELCZYK, J.A., BOOMER, W.L. (1985) *Velocity stroke rate, and distance per stroke during elite swimming competition*, "Medicine and Science in Sport and Exercise", 17(6), 625-634. [Abstract]
5. COSTILL, D.L., KING, D.S., THOMAS, R., HARGREAVES, M. (1985) *Effects of reduced training on muscular power in swimming*, "Physician and Sportsmedicine", 13, 94-101.
6. DOBOSZ, J. (2007) *Indywidualna ocena kondycji fizycznej w perspektywie zmian populacyjnych. Punktacyjne tablice sprawności fizycznej. Biospołeczne aspekty rozwoju współczesnej młodzieży polskiej w okresie dojrzewania*, Dziesiąte warsztaty antropologiczne im. prof. J. Charzewskiego. Warszawa.
7. DROZDOWSKI, Z. (1998) *Antropometria w wychowaniu fizycznym* (Anthropometry in physical education), AWF Poznań.
8. GUZMAN, J.R. (1998) *Swimming drills for every stroke*, Human Kinetics, Champaign, IL.
9. HALJAND, R. (1997) *Methods of kinematic evaluations for competition techniques in swimming and conclusions for training*, Symposiums-Bericht, Kölner Schwimmsporttage, Cologne Swimming Symposium 1996. Orig.-Ausg.-Bockenem: Sport-Fahnemann-Verlag.
10. HANNULA, D., THORNTON, N. (ed.) (2001) *The swim coaching bible*, Human Kinetics, Champaign, IL.
11. KJENDLIE, P.L., HALJAND, R., FJØRTOFT, O. and STALLMAN, R.K. (2006) *The temporal distribution of race elements in elite swimmers*. In: Vilas-Boas, J.P., Alves, F. and Marques, A. (Eds.), "Biomechanics and Medicine in Swimming X. Portuguese Journal of Sport Sciences: Porto, pp. 54-56.
12. KRAEMER, W., FLECK, S.J. (2004) *Strenght training for young athletes*, Second edition. Champaign, Human Kinetics.
13. MAGLISCHO, E.W. (1993) *Swimming even faster*, Moutain View, Mayfield Publ. Company.
14. MAGLISCHO, E.W. (2001) *Swimming fastest*, Champagin. Human Kinetics.
15. SHARP, R.L. (1986) *Muscle strength and power related to competitive swimming*, "Journal of Swimming Research", 2(2), 5-10.
16. PRZYWĘDA, R., DOBOSZ, J. (2003) *Kondycja fizyczna polskiej młodzieży* (Physical condition of Polish youth), Monography of University School of PE nr 98, Warszawa.
17. PRZYWĘDA, R., DOBOSZ, J. (2005) *Growth and physical fitness of polish youths*, Monography of University School of PE nr 103, Warszawa.

18. STRZELCZYK, R. (1982) *Wpływ programowanych obciążeń siłowych na zmiany prędkości w pływaniu kraulem na piersiach* (The effect of programmed weight loads in changes in speed doing the front crawl). Roczniki Naukowe AWF Poznań, pp. 121-144.
19. STRZELCZYK, R., DASZKIEWICZ, A. (1982) *Próba kompleksowego oddziaływania treningowego na prędkość w pływaniu* (An attempt at comprehensive training influence on swimming speed). Year Book of University School of PE in Wrocław, book 32, pp.121-127.
20. STRZELCZYK, R. (1983) *Charakterystyka zależności między siłą ciągu a prędkością pływania i podstawowymi parametrami somatycznymi w aspekcie stopnia zaawansowania sportowego* (A description of the relation between thrust and swimming speed and basic somatic parameters in the light of degree of sports advancement), Monography of University School of PE in Poznań no. 205.
21. STRZELCZYK, R., BANASZAK, F., WACHOWSKI, E., RYCHLEWSKI, T. (1991) *Uprawienie i kontrol za rozwiciem siły i skorosti w procesie trenirowki pławcow. Woprosy fiziczeskowo wospitanija studentów* (Managing and controlling the development of power and speed in the process of swimmers' training. Questions of physical education of students). Leningradzkij Gosudarstwiennyj Uniwersytet, XXII, pp. 43-48.
22. STRZELCZYK, R., WACHOWSKI, E. (1994) *Sila ciągu w pływaniu* (Thrust in swimming), Trening, no.3.
23. SWEETENHAM, B. (2003) *Championship Swim Training*, Champaign Human Kinetics.
24. THOMAS, D.G. (2005), *Swimming-3rd Ed - Steps to Success*, Champaign Human Kinetics, IL.
25. WACHOWSKI, E., STRZELCZYK, R., OSIŃSKI W. (1975) *O przydatności pomiaru siły ciągu w kształtowaniu szybkości pływaków* (On the usefulness of measurement of thrust in development of swimmers' speed), "Sport Wyczynowy", No. 1, pp.1-5.
26. WILMORE, J.H., COSTILL, D.L. (1994) *Physiology of sport and exercise*, Champaign Human Kinetics.
27. ZATSIORSKI, W. M. (1979) *Kształcenie cech motorycznych sportowca* (Shape of player motor abilities), Sport and Tourism, Warszawa.