POLSKI ZWIAZEK PŁYWACKI

BIULETYN SZKOLENIOWY

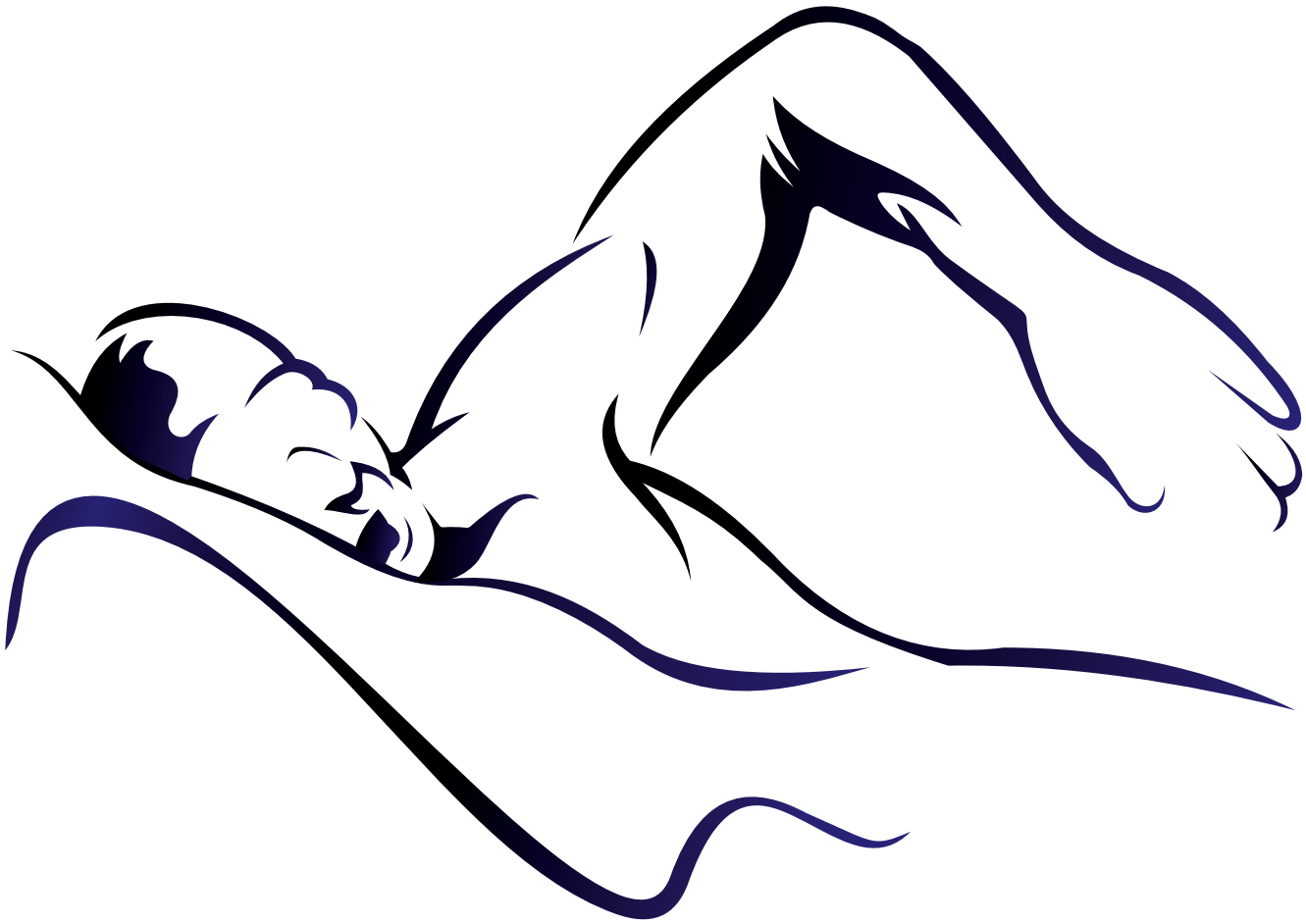
NR 6/2013

Część I:

Czy ręce w stylu klasycznym wykonują „pociągnięcie“ czy „zagarnięcie“?

Autor: Ernest W. Maglischo

Tłumaczenie i opracowanie: Piotr Gęgotek



Strona tytułowa: Dagmara Charusta, dagmara.charusta@interia.pl

Część I: Czy ręce w stylu klasycznym wykonują „pociągnięcie“ czy „zagarnięcie“?

Autor: Ernest W. Maglischo
Tłumaczenie i opracowanie: Piotr Gęgotek
Redakcja: Piotr Makar

Streszczenie. Obecnie pływacy odchodzą od stosowania zagarnięcia podczas ruchu rękami. Wraca tendencja używania napędu zdominowanego siłą ciągu, gdzie dłoń i ręka zachowują się bardziej jak wiosło a nie płat. Podczas gdy jest to prawdą w trzech stylach pływackich, spora część trenerów wciąż uważa, że styl klasyczny powinien być wyjątkiem od tego trendu. Uważają oni, że pływający stylem klasycznym powinni zagarniać ręce na zewnątrz i do środka. W tej pracy chcę przedstawić przykład dla specjalistów stylu klasycznego stosujących siłą ciągu zdominowanego stylu pracy ramion. Moje racjonalne uzasadnienie sugerowania takiego treningu zostanie przedstawione na początku artykułu, poczym przejdę do prezentacji obrazowej i graficznej danych, które je popierają. W ostatniej sekcji przedstawię w jaki sposób powinien zostać wykonany cykl ruchowy ramion.

Wprowadzenie:
Debata wciąż trwa: pływacy wykonują pociągnięcia czy zagarnięcia? Czy dominującą w pływaniu jest siła nośna czy jednak siła ciągu? W Części I artykułu przedstawię dlaczego sądzę, iż to właśnie siła ciągu jest dominującą w napędzie. Stosowanie w stylu klasycznym napędu zdominowanego siłą ciągu przedstawię w Części II.

Przed 1970 rokiem zdecydowana większość opinii teoretyków opowiadała się za poglądem, że napęd w pływaniu wynika z zasady Akcji/Reakcji Newtona. Oznaczało to, że jeśli pływacy pchali swoje ręce bezpośrednio do tyłu przeciwnie do oporu wody (akcja), ich ciała przyspieszały w przód (reakcja). W rezultacie uważano, że ręce zachowywały się jak „wiosła”, za pomocą których pływacy ciągnęli a następnie pchali je przeciwnie do oporu wody w kierunku do tyłu od początku do końca ich podwodnego cyklu. Odkąd „Ciąg” został użyty jako termin określający opór wody, metoda ta została nazwana „Napędem oporowym” (red.: siłą napędową, siłą ciągu).

Badania przeprowadzone przez Browna i Counsilmana w 1971 roku zmieniły obowiązujące dotychczas przekonania i doprowadziły do obalenia teorii traktującej siłę ciągu jako fundamentalny czynnik napędowy w pływaniu u ludzi. Ich przełomowe badania ukazały, że ręce pływaków podążały po krzywej a nie po torze prostym podczas podwodnego cyklu (patrz figura 1). Z tego powodu autorzy sugerowali, że pływacy pomimo stosowania obu sił (nośnej i ciągu) dla wytworzenia napędu, większy akcent kładli na siłę nośną. Siła nośna była domniemanym rezultatem efektu Bernoulliego.

Twierdzenie Bernoulliego opisuje jak wytwarzane są siły nośne wokół płata (samolotu). Wydało się to użytecznym pojęciem w aerodynamice i hydrodynamice. Na ilustracji 2 przedstawiono graficznie zastosowanie twierdzenia Bernoulliego w odniesieniu do wytwarzanego napędu przez obserwowanego od dołu delfinistę, w trakcie podwodnej fazy "pociągnięcia" - jak nazywana jest przez większość.

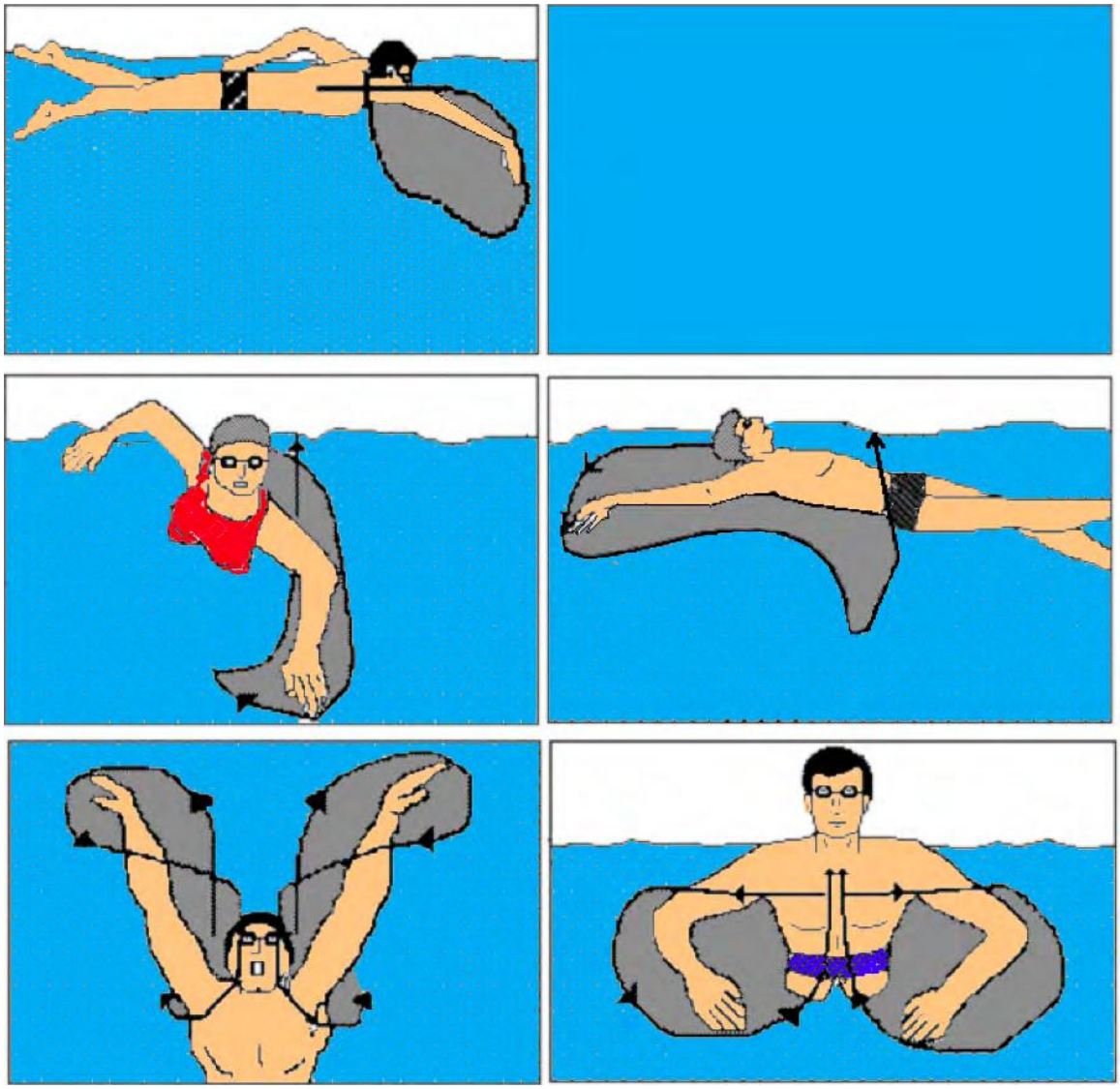


Figura 1.*Typowe wzorce cyklu dla czterech styli pływackich widziane od przodu, z boku i z dołu. Modele reprezentują dwuwymiarowe tory ruchu dłoni pływaka podczas przemieszczania się w wodzie.*

Sposób w jaki uważano Twierdzenie Bernoulliego za określające wytwarzanie napędu może być przedstawione następująco. Ręka pływaka przemieszczając się w wodzie wytwarza różnicę ciśnień pomiędzy dolną częścią dłoni, gdzie ciśnienie jest większe, a górną gdzie ciśnienie jest mniejsze. Pływak odpychając wodę wewnętrzną częścią dłoni, przeciwnie do jej oporu wytwarza "siłę ciągu" zwróconą przeciwnie do kierunku poruszania się dłoni. Jedyną siłą jaka będzie wytwarzana

podczas przemieszczania rąk pływaka wyłącznie ku tyłowi jest siła ciągu. Jednakże, gdy przemieszczają się one ukośnie do tyłu, jak to ma miejsce we wszystkich czterech stylach pływackich, siła określana jako „nośna" również będzie wytwarzana. Ta siła nośna będzie skierowana prostopadle do ciągu i zwrócona z obszaru o większym ciśnieniu powstałym na wewnętrznej stronie dłoni pływaka, w kierunku obszaru o niższym ciśnieniu po stronie grzbietowej.

Różnica ciśnień wynika ze zwiększonego ciśnienia wody powstającego na dłoniach pływaka na skutek odpychania się nimi od oporującej wody. Uważa się, że obniżenie ciśnienia nad górną stroną ręki spowodowane jest zwiększeniem prędkości przepływającej wody nad tą powierzchnią. Wypadkowe sił nośnych i ciągu prowadzą do powstania sił zwróconych w różnych kierunkach wokół ręki pływaka. Ten wyodrębniony moment wypadkowych siły nośnej i ciągu, o zwrocie w kierunku przednim, nazywana jest siłą napędową.

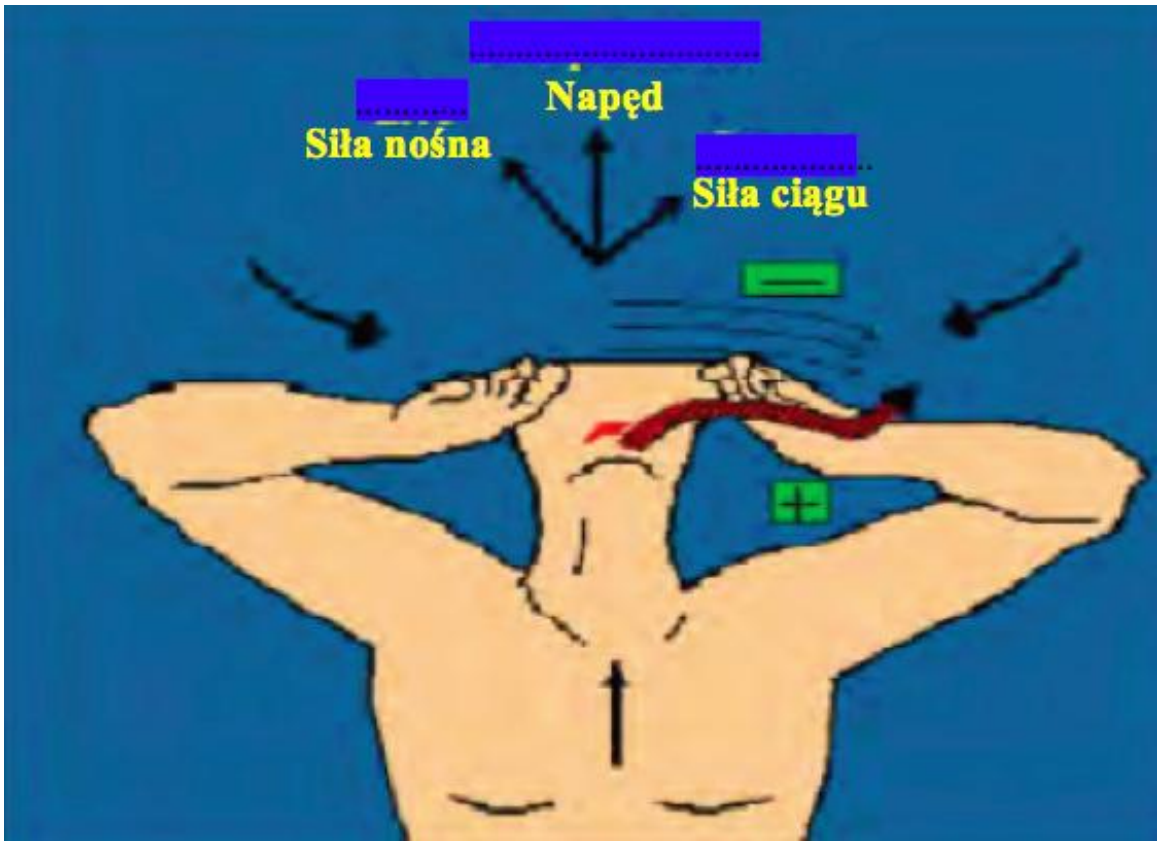


Figura 2.*Proponowana aplikacja Twierdzenia Bernoulliego w napędzie pływania u ludzi.*

Z odkryciem, że pływacy tak naprawdę wykonywali cykle po torach krzywoliniowych, wydawało się logiczne przyjąć, że to siła nośna a nie siła ciągu była głównym źródłem ich napędu. Ostatecznie stwierdzono, że światowej klasy pływacy nie używaliby cyklu o torze krzywoliniowym, jeśli dominującą siłą napędową byłaby siła ciągu. Zamiast tego odpychaliby swoje ręce bezpośrednio ku

tyłowi. W konsekwencji tego rozumowania przeważającą opinią stało się, że w celu zmaksymalizowania wpływu sił nośnej do wytworzenia napędu, pływacy wykonywali w wodzie zagarnięcie rękami.

W latach 70-tych i 80-tych kilka publikacji naukowych potwierdzało tę opinię (Barthels & Adrian, 1974; Schleihauf, 1979; Schleihauf, Gray & DeRose, 1983). Wielkość siły napędowej była wyznaczana poprzez wzory służące do jej obliczeń (siły napędowej) na podstawie wielkości sił nośnych i ciągu. Prawie we wszystkich przypadkach udział siły nośnej do napędowej był określany jako większy. Zaprezentowałem to na figurze 2, rysując wektor siły nośnej jako dłuższy niż wektor siły ciągu (dłuższy wektor wskazuje na większą siłę). Tak więc napęd w pływaniu był uznany jako efekt większego oddziaływania siły nośnej niż siły ciągu. To w połączeniu z okrężnym torem cyklu pływackiego doprowadziło ekspertów do postawienia tezy, że siła nośna jest dominującą siłą w pływaniu i że pływacy napędzali swoje ciała naprzód wykonując rękoma w wodzie zagarnięcia.

W ostatnich dwóch dekadach obydwie te teorie wzbudziły poważne wątpliwości. Twierdzenie, że ludzki napęd w pływaniu jest zdominowany przez siłę nośną ciągle przeważa w wielu regionach świata. Jednakże pogląd, że to siła ciągu jest tak naprawdę dominującą siłą napędową zyskuje coraz większą aprobatę. Po części stało się tak dzięki badaniom które sugerowały, że udział siły ciągu w napędzie pływaka był niedoceniany przez wcześniej ukazane wzory matematyczne używane przez naukowców do obliczania siły nośnej i ciągu (Bixler, 1999; Riewald & Bixler, 2001a, 2001b; Thayer, 1990), jak również przez inne dodatkowe badania i dobrze uzasadnione opinie które poddawały w wątpliwość, że (1) siła nośna jest dominującą siłą w napędzie u pływaków i że (2) Twierdzenie Bernoulliego odgrywa rolę w wytwarzaniu siły nośnej w pływaniu u ludzi (Holt & Holt, 1989; Rushall, Sprigings, Holt & Capparet, 1994; Sprigings & Koehler, 1994).

Zwłaszcza w badaniach Ferrella (1991) i Riewalda i Bixlera (2001a i 2001b) Twierdzenie Bernoulliego było dyskredytowane jako efekt napędu. Dowodzili oni, że powłoka granicząca pomiędzy wodą a rękoma pływaka oddziela się kiedy woda przemieszcza się nad ich dłońmi. W rezultacie przepływ wody stawał się raczej turbulencyjny niż warstwowy, co podważyło rolę efektu Bernoulliego zgodnie z którym do powstania siły nośnej niezbędny jest warstwowy przepływ wody (ruch bez turbulencji) nad powierzchnią dłoni. Wspomniane badania autorów wykazały, że warstwowy przepływ wody nad dłońmi nie ma miejsca podczas pływania.

Nie znaczy to, że pływacy nie wytwarzają siły nośnej. Wytwarzają, tylko nie są one tworzone w wyniku efektu Bernoulliego. Pozwólcie mi wyjaśnić. Podczas gdy siły ciągu powstają na skutek odepchnięcia dłońmi i ramionami do tyłu w stronę oporu stawianemu przez wodę, siły nośne powstają, ponieważ odepchnięcie nie jest *bezpośrednio* ku tyłowi. Różnica ciśnień powstaje dopóki odepchnięcie w stronę oporu wody dłoniową częścią dłoni będzie przewyższać ciśnienie po stronie grzbietowej części dłoni. W rezultacie siła nośna nie powstaje, ponieważ zachowany został warstwowy przepływ wody nad grzbietową częścią dłoni. Powstaje zaś siła

ciągu, którą pływak wytwarza naciskając swoimi dłońmi (i ramionami) na wodę, powodując, że ciśnienie na tej stronie grzbietowej przewyższa ciśnienie na stronie dłoniowej. Dlatego ma tu miejsce zasada Akcji/Reakcji Newtona a nie efekt Bernoulliego generujący siłę nośną podczas pływania.

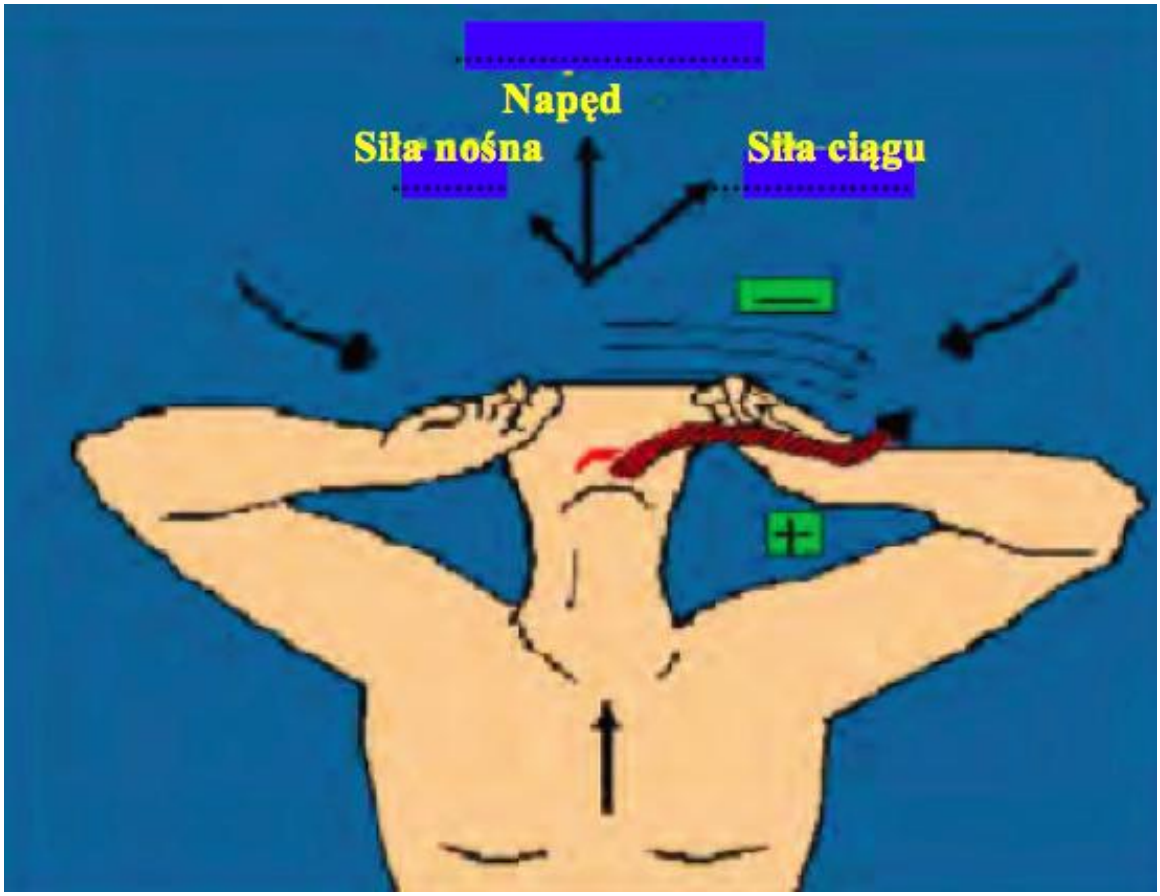


Figura 3.*Przykład relatywnych wielkości siły Nośnej i Ciągu powstających zgodnie z zasadą Akcji/Reakcji Newtona.*

Z tego wyjaśnienia wynika, że większy wkład do tej różnicy ciśnień wnosi nacisk na wodę, co sugeruje, że napęd w pływaniu u ludzi jest tak naprawdę zdominowany siłą ciągu. Używając tych samych ilustracji na figurze 3, które wcześniej zostały użyte na figurze 2, zaobserwować można, że długość wektorów sił się zmienił. Zdjęcia lepiej obrazują względne wielkości sił nośnej i ciągu wytwarzanych przez pływaków. Na figurze 3 wektor siły ciągu jest większy od wektora siły nośnej, co wskazuje na to, że ta pierwsza siła ma większy wkład do napędu niż druga.

Ponieważ teraz Trzecie Prawo Dynamiki Newtona jest ponownie rozważane jako podstawa w napędzie u pływaków, wielu trenerów bardziej popiera pociągnięcia w linii prostej (przynajmniej w stylu dowolnym, grzbietowym i motylkowym) gdzie pływacy używają swoich dłoni i rąk bardziej jak wioseł aby odpychać wodę do tyłu zamiast używać ich jako płatów (red. śmigieł) do zagarniania wody. Niemniej jednak

ciągle spora liczba trenerów i ekspertów pływania w dalszym ciągu uważa, że zagarnięcia są korzystniejszą metodą napędu w stylu klasycznym.

Oto dlaczego mogą tak sądzić. Model cyklu zamieszczony na figurze 4 narysowany z widoku od spodu pokazuje wyraźnie, że ręce pływaka w stylu klasycznym przemieszczają się na zewnątrz i do środka w znacznie większym stopniu niż ku tyłowi. Badania Even Capparet (1993) zasugerowały, że ruchy rąk pływaków na poziomie olimpijskim w trzech pozostałych stylach pływackich nie były aż tak bardzo zaokrąglone w jak wcześniej uważano. Wyjątek stanowił styl klasyczny, gdzie dowiódł, że tory ruchu były „niezmiernie zaokrąglone". Widok frontalny cyklu w stylu klasycznym przedstawiony na figurze 1 również pokazuje obszerność ruchu ręki w górę i w dół, stosowanego przez pływaków. Wizualizacja kombinacji widoku cyklu od dołu na figurze 4 w połączeniu z widokiem czołowym w stylu klasycznym zamieszczonym na figurze 1 powinna pozwolić czytelnikom wyobrazić sobie wzór cyklu, który tak naprawdę jest używany przez pływaków w stylu klasycznym.

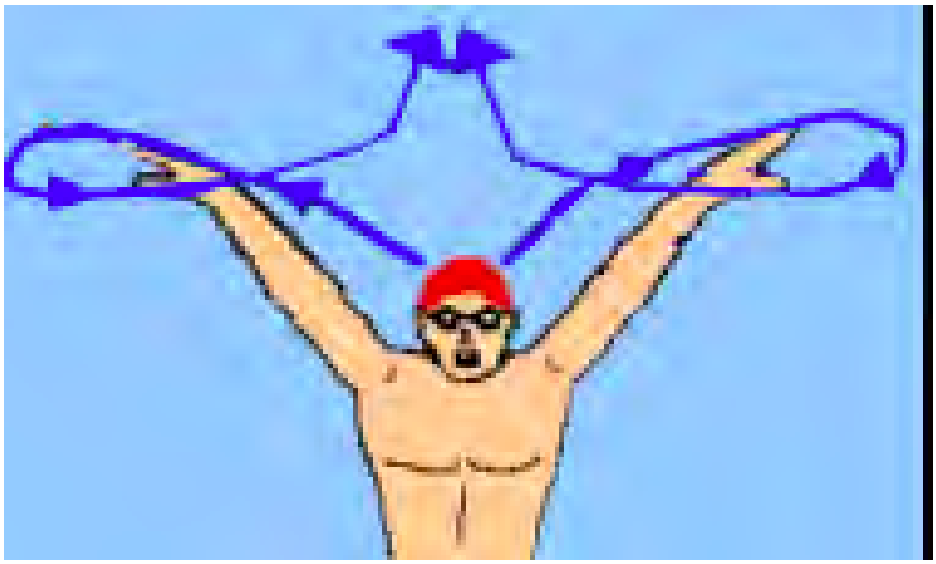


Figura 4.*Typowy tor ruchu w cyklu stylu klasycznego narysowany z widoku od spodu. Pływak to Mike Barrowman. Modyfikacja za pozwoleniem, Capparet, J., i B. S. Rushall, (1994). „Biomechanical Analyses of Champion Swimmers".*

Mimo przewagi poziomych i pionowych ruchów w tym stylu wydaje się logiczne dla mnie, że pływacy w stylu klasycznym polegają na napędzie zdominowanym siłą nośną, w przeciwieństwie do siły ciągu, która wydaje się dominującą siłą napędową w pozostałych trzech stylach pływackich. Uważam, że powinny być podobieństwa w sposobie przemieszczania ciał zawodników w wodzie. Te same ruchy i siły, które wytwarzają napęd z rąk w stylu dowolnym, grzbietowym i motylkowym powinny również być stosowane w stylu klasycznym.

Opowiadam się za napędem zdominowanym siłą ciągu w cyklu ramion w stylu klasycznym, co przedstawię później w tym artykule. Jednakże najpierw zaprezentuję jak pływacy w pozostałych stylach pływackich używają napędu

zdominowanego siłą ciągu w cyklu pracy ramion. Mechanizmem który oni stosują jest automatyczny ruch zwany *przywodzeniem ramienia*.

Co to jest przywodzenie ramienia i jak jest ono wykonywane w stylu dowolnym, grzbietowym i motylkowym?

W pływaniu przywodzenie ramienia wykonywane jest jako boczne zagarnięcie ramienia z pozycji nad głową do boku. Innymi słowy ramiona są *przywodzone* do ciała. Charles Silvia był pierwszym, który opisał przywodzenie ramienia jako główny ruch napędowy w pływaniu wyczynowym w 1970 roku. Jednakże jego definicja była ignorowana przez trzy kolejne dekady, kiedy to większość trenerów i badaczy pływania (łącznie ze mną) była przekonana, że siła nośna, zasada Bernoulliego i zagarnięcia mają zasadnicze znaczenie dla napędu w pływaniu. Teraz kiedy to twierdzenie budzi poważne wątpliwości, może przyszedł czas aby rozpatrzeć na nowo nauki Silvii.

Rysunek 5 przedstawia widok od spodu pływaka poruszającego się kraulem, który większość ruchu wykonuje jako pociągnięcie, podczas gdy ja nazywam to „insweep". Pociągnięcie/Insweep tradycyjnie traktowane było jako zagarnięcie ręki i ramienia w dół i do środka przez pływaka. Zaczyna się ono wyprostowaną ręką wyciągniętą w przód i tuż pod powierzchnią. Stamtąd pływak stopniowo ugina swoje ramię w łokciu, przyciągając je pod i do środka, do znaczącego ugięcia pod klatką piersiową.

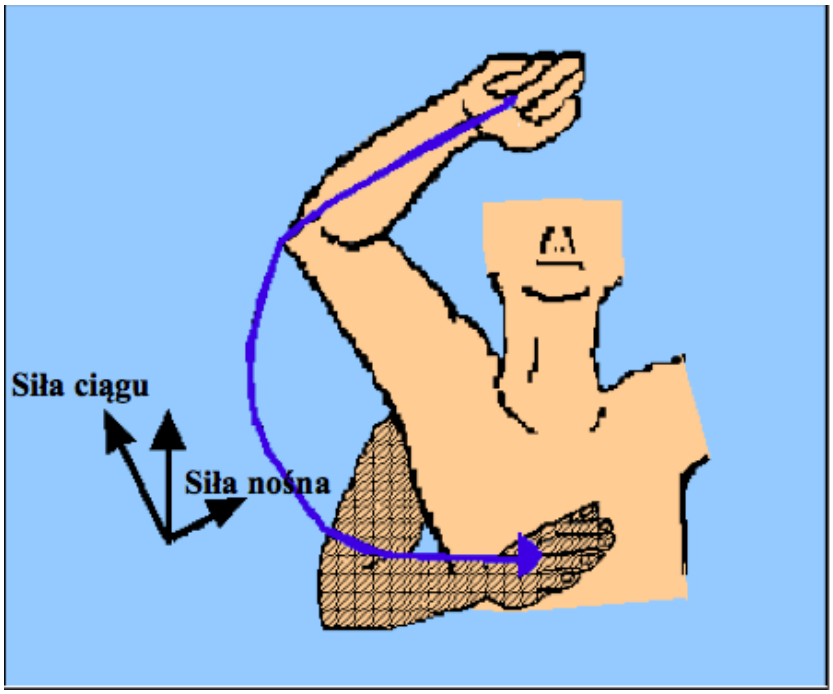


Figura 5. *Przywodzenie ramienia podczas insweep w stylu dowolnym widziane od spodu.*

W rzeczywistości pływacy w kraulu używają zupełnie innego wzoru ruchu niż ten, który właśnie przedstawiłem podczas „insweep". Rozpoczynają oni naciskając dłoń i uginając swoje ramię w łokciu, ale nie jest to początek fazy napędowej w cyklu ramion. Zamiast tego ruch w dół i stopniowe uginanie ramienia jest stosowane do ułożenia swojej dłoni i ręki do pozycji ku tyłowi, gdzie siła może być efektywnie przyłożona, to znaczy, głównie do tyłu podczas insweep który po tym następuje.

Prawidłowe ułożenie powinno wyglądać następująco: górna część ramienia, przedramię i dłoń w pozycji, którą niektórzy traktują jako „chwyt wysokim łokciem" a inni nazywają „wczesnym pionowym przedramieniem" (niezacienione ramię pływaka w tej pozycji na figurze 5). Kiedy ta pozycja jest uzyskana, pływak przyspiesza swoje ciało naprzód poprzez naciskanie ugiętego ramienia do tyłu bocznym półkolistym zagarnięciem, jak to jest pokazane na figurze 5. Pociągnięcie/Insweep kończy się, kiedy górna część ramienia i łokieć pływaka przechodzą do jego żeber i jego ugięta ręka jest pod jego ciałem (zobacz pozycję zacienionego ramienia na figurze 5).

Twierdzę, że pływacy nie zagarniają wody podczas tego półkolistego ruchu, chociaż tor ruchu ich ręki jest krzywoliniowy. Zamiast tego używają górnej części ramienia, przedramienia i ręki jak wiosła, aby wykonać odepchnięcie do tyłu w kierunku oporu wody, przynajmniej podczas pierwszych dwóch-trzecich insweep.

Daleko od ciągnięcia wody w dół i pod ciało swoją ręką podczas stopniowego uginania łokcia, pływak zaczyna insweep z łokciem już ugiętym i pcha wodę całą swoją ręką zagarniając do boku w półkolu. Boczny widok wielokrotnego mistrza świata na krótkim basenie w stylu dowolnym na figurze 6 przedstawia dwa ważne aspekty stosowania siły napędowej podczas przywodzenia ramienia.

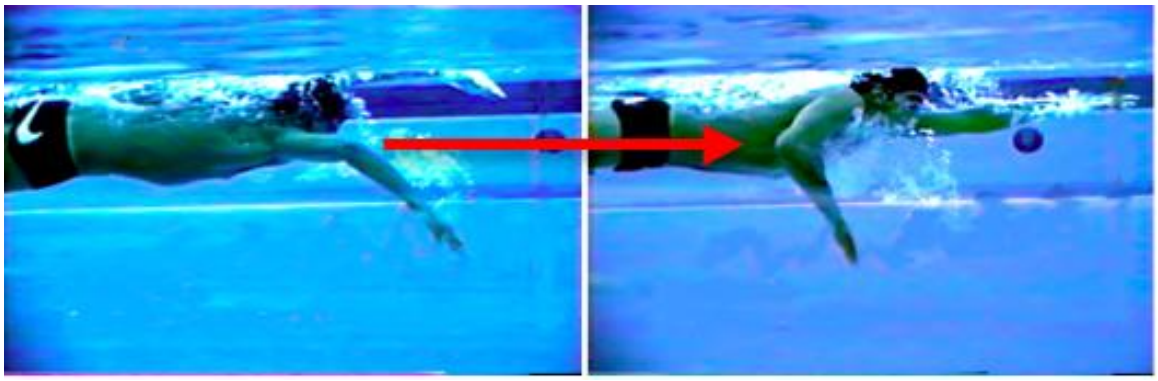


Figura 6.*Insweep w stylu dowolnym widziane z boku. Pływak to Francisco Sanchez, dwukrotny mistrz świata na krótkim basenie na 50m st. dowolnym i mistrz świata na 100m st. dowolnym na krótkim basenie.*

Pierwszy z nich polega na tym, że pływacy nie powinni naciskać górną częścią ręki na wodę w dół bardziej niż jest to niezbędne do uzyskania skierowanej pozycji ku tyłowi gdy przemieszczają swoje przedramię i dłonie do pozycji chwytu (patrz zdjęcie po lewej stronie na figurze 6). Drugi ważny aspekt to taki, że powinni oni

naciskać swoim ramieniem poziomo do tyłu podczas fazy insweep. Czerwona strzałka na wysokości łokcia pływaka na figurze 6 została użyta do zademonstrowania, że jego ramię naciskając na wodę przemieszcza się poziomo ku tyłowi. Powinno być oczywiste dla obserwatorów, że może on pływać w taki sposób wykonując zagarnięcie swojej ręki po torze okrężnym do boku a nie w dół, do środka czy do góry podczas insweep.

Przywodzenie ramienia jest również podstawowym mechanizmem napędowym pociągnięcia w stylu motylkowym i grzbietowym. Trzy widoki Srebrnej Medalistki Olimpijskiej na 100 m st. motylkowym od spodu zamieszczone na figurze 7 pokazują, że jej ręce poruszają się w podobny sposób przywodząc ramiona podczas pociągnięcia/insweep w tym stylu. Zanim zacznie pociągnięcie/insweep ręce są ugięte w pozycji ku tyłowi (patrz zdjęcie z lewej strony na figurze 7). Po czym są odgarnięte (red. odepchnięte) do tyłu i pod jej ciałem, bocznym półkolistym i poziomym ruchem dłońmi i ramionami (patrz środkowe i z lewej strony zdjęcie na figurze 7).

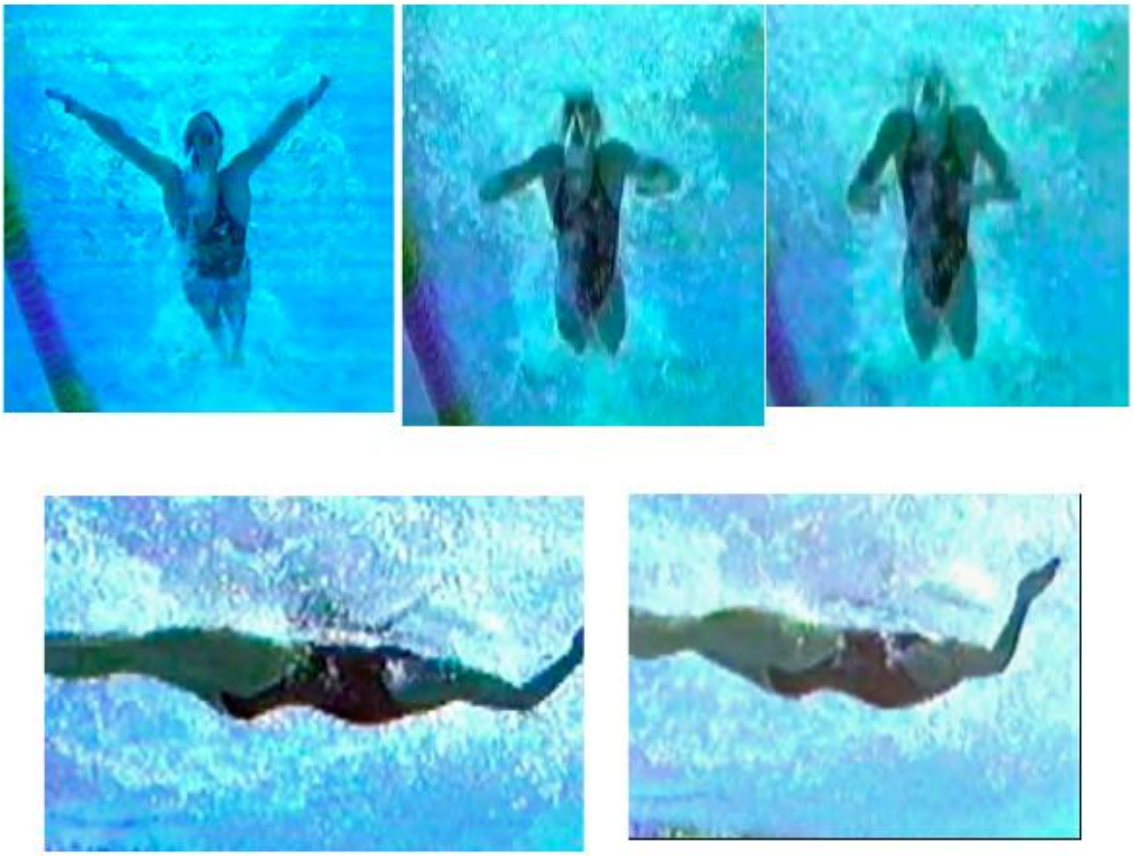


Figura 7.*Przywodzenie ramienia w stylu motylkowym i grzbietowym. Delfinistka to Chrissie Ahmann, Srebrna Medalistka Olimpijska na 100 m st. motylkowym. Grzbiecistka to wielokrotna Mistrzyni Olimpijska i Rekordzistka świata w stylu grzbietowym, Kristina Egerszegi.*

Dwa boczne widoki wielokrotnej Mistrzyni Olimpijskiej i rekordzistki świata w obu konkurencjach w stylu grzbietowym na figurze 7 również pokazują, że stosuje ona ruchu przywodzenia ramienia podczas pociągnięcia. Ponieważ jest ona w odwrotnej pozycji, nazywam ten ruch upsweep a nie insweep. Niemniej jednak wykonuje tę samą funkcję co pociągnięcie/insweep użyte w pozostałych dwóch stylach. Jest pierwszym napędzającym zagarnięciem po chwycie. Również jest to półkolisty ruch przywodzenia ramienia. Zauważ na zdjęciu po lewej stronie, że znajduje się ona w pozycji chwytu ramieniem z boku i ugiętym w łokciu. Z tej pozycji pcha ona do tyłu w kierunku wody całą ręką i dłonią, poruszając je po półkolistym łuku, aż do zbliżenia ramienia do żeber (zobacz zdjęcie po prawej stronie na figurze 7).

Dlaczego ten sam ruch przywodzenia ramienia jest używany w trzech różnych stylach pływackich? Uważam, że dzieję się tak dlatego, ponieważ jest on najbardziej efektywnym sposobem do zastosowania siły napędowej podczas pociągnięcia/insweep. Dzieje się tak, ponieważ wewnętrzna część ramienia i przedramienia oraz dłoni pływaka mogą być użyte na kształt wiosła do odepchnięcia ku tyłowi w kierunku oporu wody, w większości w poziomym kierunku. W kilku badaniach połączone modele dłoni i przedramienia pokazały wzrost siły napędowej w porównaniu z samą dłonią. W jednym z nich (Capparet, 1992) siła napędowa została zwiększona o prawie 38%, a w drugim o 27% (Riewald i Bixler, 2001a).

Zgodnie z moją wiedzą, nikt nie próbował zmierzyć ilościowego udziału ramienia w napędzie. Wierzę natomiast, że z czasem dowiedziony zostanie jej spory wkład do siły napędowej podczas insweep (upsweep w stylu grzbietowym).

Drugim powodem do stosowania przywodzenia ramienia jest duża ilość angażowanych mięśni tułowia, podczas wykonywania fazy insweep w taki właśnie sposób. Główne mięśnie odpowiedzialne za przywodzenie ramienia (piersiowy większy i najszerszy grzbietu) są duże i mocne. W Części II tego artykułu przedstawię, jak pływacy w stylu klasycznym również używają przywodzenia ramienia podczas cyklu ramion.

Bibliografia:

Barthels, K. & M. J. Adrian. (1974). Three-°©-dimensional spatial hand patterns of skilled butterfly swimmers. In J. Clarys, & L. Lewille (Eds.), *Swimming II* (pp. 154-°©-160). Baltimore, MD: University Park Press.

Berger, M.A.M., G. De Groot, & A.P. Hollander. (1995). Hydrodynamic drag and lift forces on Human arm models. *Journal of Biomechanics,* 28:125-°©-133.

Bixler, B. (2005). Resistance and Propulsion. In J.A. Stager and D.A. Tanner, (Eds.). *Swimming.* (pp. 59-°©-101). Oxford, U.K.: Blackwell Scientific Limited Publications.

Bixler, B. (1999). *The computational fluid dynamics Analysis of a swimmer's hand and arm.* Report presented to the Sport Medicine Committee of U.S.A. Swimming. Colorado Springs, CO.

Brown, R. M. & J. E. Counsilman. (1971). The Role of lift in propelling swimmers. In J. M. Cooper (Ed.), *Biomechanics, (*pp.179-°©-188). Chicago ,IL: Athletic Institute.

Counsilman, J. E. (1971). The application of Bernoulli's Principle to human propulsion in water. In L. Lewillie & J. Clarys (Eds.), *First International Symposium on Biomechanics of Swimming,* (pp. 59 °©-71). Brussels, Belgium: Universite Librede Bruxelles.

Capparet, J. (1993). *1992 Olympic Report.* Colorado Springs, CO: United States Swimming.

Capparet,. (1992). Fluid for ceson the hands and forearms. In J Troup (Ed.), *International Center for Aquatic Research Annual: Studies by the International Center For Aquatic Research 1991-°©- 1992 (*pp. 93-°©-98). Colorado Springs, CO: United State Swimming Press.

Capparet, J. & B.S. Rushall. (1994). *Biomechanical Analyses of Champion Swimmers.* Spring Valley, CA: Sports Science Associates.

Ferrell, M.D. (1991).*An Analysis Of the Bernoulli Lift Effect as a Propulsive Component of Swimming Strokes.* MastersThesis,StateUniversityofNew York at Cortland, Cortland, N.Y.

Holt L. E. & J. B. Holt. (1989). *Swimming velocity with and with out lift forces*. Unpublished manuscript, Sports Science Laboratory, Dalhousie University, Canada.

Riewald, S., & B. Bixler. (2001a). *Computation of lift and drag forces for a model of a swimmer's hand and arm in unsteady flow using computation fluid dynamics.* Report presented to the USOC Sport Science & Technology Committee. Colorado Springs, CO.

Riewald, S. & B. Bixler. (2001b). Analysis of a swimmer's arm and hand acceleration and deceleration. In J. Blackwell, (Ed), *XIX International Symposium on Biomechanics in Sports.* (pp.117-°©-119). San Francisco, CA: University of San Francisco.

Rushall,B.S.,E.J.Sprigings,L.E.Holt,&J.M.Capparet.(1994). Are-°©-evaluation of forces in swimming. *Journal of Swimming Research,* 10:6-°©-30. Ft. Lauderdale, FL.: American Swimming Coaches Association.

Schleihauf, R. E. (1979). A hydro dynamic analysis of swimming propulsion. In J. Teraudsand E. W. Bedingfield (Eds.). *Swimming III,*(pp.70-°©-109). Baltimore, MD: University Park Press.

Schleihauf, R. E.,L. Gray & J. De Rose. (1983). Three-°©-dimensional analysis of swimming propulsion in the sprint front crawl stroke. In A. P. Hollander, et al. (Eds.). *Biomechanics and Medicine in Swimming,* (pp.173-°©-184). Champaign, IL: Human Kinetics.

Silvia, C. E. (1970). *Manual and Lesson Plans for Basic Swimming, Water Stunts, Life saving, Springboard Diving, Skin and Scuba Diving.* Springfield, MA: published by the author.

Sprigings E. J. & J. A. Kohler. (1994). The choice between Bernolli's or Newton's model in predicting dynamic lift. *International Journal of Sport Biomechanics,* 6:235-°©-245.

Thayer, A. M. (1990). *Hand pressures as predictors of resultantand propulsive hand forces in swimming.* (Doctoral dissertation). Iowa City IA.: University of Iowa

Wood, T. C. & L. E. Holt. (1979). A fluid dynamic analysis of the propulsive potential of the hand and forearm in swimming. In J. Teraudsand E. W. Bedingfield (Eds.). *Swimming III.* (pp.62-°©-69). Baltimore, MD: University Park Press.