

Analisis *Head Position* Terhadap Laju Berenang Gaya *Crawl*

Muhamad Ngafif Syukri¹, Sri Haryono²

^{1,2} Universitas Negeri Semarang, Jawa Tengah, Indonesia

Jl. Kelud Raya No.19 F, Sampangan, Kota Semarang, Jawa Tengah 50232.

Email : mngafif08@students.unnes.ac.id

ABSTRAK

Efisiensi biomekanika dalam renang gaya *crawl* sangat dipengaruhi oleh keseimbangan antara gaya dorong dan hambatan hidrodinamika. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh posisi kepala terhadap laju berenang melalui tinjauan literatur komprehensif. Metode yang digunakan berupa sintesis hasil penelitian terdahulu, termasuk simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD) dan eksperimen towing-line. Hasil kajian menunjukkan bahwa posisi kepala mendongak meningkatkan luas permukaan depan, memicu separation point lebih dini, serta menambah pressure drag dan zona wake sehingga total hambatan naik 20–35%. Sebaliknya, posisi kepala netral atau menunduk antara $\pm 40^{\circ}$ – 90° mampu mereduksi hambatan sebesar 10,4–11%. Pembahasan menegaskan bahwa orientasi kepala berfungsi sebagai titik kontrol tulang belakang yang krusial untuk menjaga profil streamline, efisiensi energi, dan stabilitas kecepatan maksimal. Kesimpulan penelitian ini merekomendasikan pelatih dan atlet untuk memprioritaskan koreksi posisi kepala agar sejajar dengan tulang belakang guna mengoptimalkan performa renang gaya *crawl*.

Kata kunci: *Biomekanika, Gaya Crawl, Head Position, Streamline, Passive Drag*

ABSTRACT

Biomechanical efficiency in front crawl swimming is strongly influenced by the balance between propulsive forces and hydrodynamic resistance. This study aims to analyze the effect of head position on swimming speed through a comprehensive literature review. The method applied was a synthesis of previous studies, including Computational Fluid Dynamics (CFD) simulations and towing-line experiments. The results show that an upward head position increases frontal surface area, triggers earlier flow separation, and leads to higher pressure drag and a wider wake zone, raising total resistance by 20–35%. In contrast, a neutral or downward head position between $\pm 40^{\circ}$ – 90° reduces water resistance by 10.4–11%. The discussion highlights that head orientation functions as a crucial control point for spinal alignment, maintaining streamline profile, energy efficiency, and maximal velocity stability. In conclusion, this study recommends that coaches and athletes prioritize correcting head position to remain aligned with the spine in order to optimize front crawl performance.

Keywords *Biomechanics, Front Crawl, Head Position, Streamline, Passive Drag*

PENDAHULUAN

Renang merupakan salah satu cabang olahraga akuatik yang memiliki karakteristik biomekanika yang cukup rumit dibandingkan dengan olahraga di darat (Jürimäe et al., 2007). Sebagai salah satu cabang olahraga prestasi, setiap detik yang

terjadi pada saat berlomba sangatlah berharga, di mana efisiensi Gerakan pada setiap gaya berenang menjadi salah satu pembeda yang membedakan antara yang akan menjadi Champion dan yang tidak(Jürimäe et al., 2007). Di samping itu, renang juga merupakan olahraga yang sangat populer sebagai olahraga rekreasi dan rehabilitasi karena sifatnya yang sangat bermanfaat pada tubuh. Di antara keempat gaya renang kompetitif, gaya crawl atau gaya bebas menjadi gaya yang menempati urutan teratas sebagai gaya tercepat dan paling efisien secara hidrodinamika(Toussaint & Beek, 1992). Didorong oleh mekanisme propulsi lengan yang kontinu dan koordinasi tubuh yang memungkinkan perenang melaju dengan hambatan minimal dibandingkan gaya lainnya(Huub M Toussaint, 2002).

Untuk mencapai performa maksimal dalam gaya crawl bukan hanya sekadar menganyunkan tangan dan menggerakkan kaki, atau dengan kata lain bukan perkara mudah. Tantangan utama perenang bukanlah sekadar menghasilkan kekuatan otot yang besar, melainkan bagaimana mengelola interaksi tubuh dengan air yang memiliki densitas hampir 800 kali lipat lebih tinggi daripada udara(Cortesi & Gatta, 2015). Pada konteks biomekanika, keberhasilan seorang perenang ditentukan oleh keseimbangan antara gaya dorong (propulsi) dan gaya hambat/ Drag(Ceseracciu et al., 2011). Banyak perenang, baik di level pemula maupun menengah, banyak yang gagal mempertahankan kecepatan optimalnya karena terjebak salah satunya pada masalah posisi tubuh yang tidak membentuk tubuh hidrodinamika yang baik, yang secara teknis disebut dengan kegagalan dalam menjaga profil streamline(Psycharakis & Sanders, 2010).

Salah satu determinan utama dalam menjaga profil tubuh yang hidrodinamis adalah posisi kepala atau Head Position(Cortesi & Gatta, 2015). Pada biomekanika renang, kepala berfungsi sebagai titik kontrol yang menentukan orientasi tulang belakang dan kemiringan panggul(Marinho, Rouboa, et al., 2009). Masalah yang sering ditemui saat pengaplikasian gaya Crawl adalah kecenderungan perenang untuk mengangkat kepala terlalu tinggi (head-up)(Marinho, Reis, et al., 2009), baik karena kelelahan maupun kesalahan teknik saat mengambil napas maupun karena kebiasaan atlet. Fenomena ini secara mekanis akan menurunkan posisi panggul dan kaki dengan kata lain posisi tubuh tidak Streamline sehingga lower body akan tenggelam yang kemudian memperbesar luas permukaan depan tubuh yang beradu langsung dengan air. Akibatnya, terjadi peningkatan drastis pada passive drag yang secara langsung menghambat laju kecepatan perenang(Cornett et al., 2010).

Berdasarkan analisis menggunakan teknologi Computational Fluid Dynamics (CFD) dan eksperimen towing-line yang dilakukan pada penelitian Cortesi dkk., ditemukan bahwa perubahan kecil pada sudut posisi kepala dapat memberikan dampak signifikan (Cortesi & Gatta, 2015). Sebagai contoh, posisi kepala yang menunduk atau sejajar dengan lengan terbukti mampu mereduksi hambatan air hingga 10,4% hingga 10,9% dibandingkan dengan posisi kepala yang mendongak ke depan (Cornett et al., 2010). Banyak penelitian terdahulu lebih fokus pada mekanika tarikan tangan, sementara kajian mendalam mengenai pengaruh posisi kepala terhadap fluktuasi laju kecepatan masih perlu diperkuat dengan tinjauan yang lebih komprehensif.

Kesenjangan informasi inilah yang melatarbelakangi pentingnya dilakukan kajian literatur ini. Tanpa pemahaman biomekanika yang benar mengenai posisi kepala, latihan fisik yang berat sekalipun akan menjadi tidak efisien karena energi atlet habis hanya untuk melawan tahanan air/ drag yang seharusnya bisa diminimalisir (Maglischo, 1993). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh posisi kepala terhadap laju berenang gaya crawl melalui peninjauan berbagai hasil penelitian ilmiah terdahulu. Hasil dari analisis ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi teknik yang berbasis data bagi para atlet, praktisi olahraga, pelatih untuk meningkatkan performa renang melalui optimasi posisi kepala yang lebih efektif dan efisien.

Berdasarkan fenomena biomekanika di atas, penelitian ini difokuskan pada upaya mengidentifikasi mekanisme mendalam mengenai bagaimana posisi kepala memengaruhi hambatan air (drag) pada perenang gaya crawl. Hal ini mencakup analisis korelasi antara orientasi kepala dengan stabilitas kesetimbangan tubuh yang menjadi penentu utama efisiensi hidrodinamika selama meluncur di air. Penelitian ini diarahkan untuk mengukur sejauh mana variasi sudut posisi kepala dapat memberikan dampak signifikan terhadap fluktuasi laju kecepatan perenang, perubahan kecil pada profil tubuh dapat mereduksi hambatan secara drastis (Marinho, Reis, et al., 2009).

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menguraikan mekanisme biomekanika posisi kepala dalam meminimalisir drag serta menjelaskan keterkaitannya dengan stabilitas tubuh guna mencapai efisiensi gerak yang optimal. Melalui tinjauan literatur yang komprehensif, penelitian ini juga bermaksud untuk memetakan pengaruh variasi sudut posisi kepala terhadap efektivitas laju kecepatan dalam renang gaya crawl. Hasil dari analisis ini diharapkan dapat memberikan landasan

teoritis dan rekomendasi teknis yang berbasis data bagi para atlet dan pelatih untuk mengoptimalkan performa melalui koreksi posisi kepala yang lebih presisi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode Literature Review atau studi pustaka yang bersifat deskriptif kualitatif untuk mengeksplorasi fenomena biomekanika dalam olahraga air. Populasi dalam kajian ini mencakup seluruh artikel ilmiah bertema biomekanika renang. Teknik pengambilan sampel dilakukan secara non-probabilitas melalui metode purposive sampling, dimana kriteria inklusi difokuskan secara spesifik pada artikel-artikel eksperimental yang membahas korelasi antara hambatan hidrodinamika (*passive drag*) dengan orientasi posisi kepala pada gaya crawl.

Instrumen utama penelitian yang digunakan untuk penelusuran data adalah basis data digital bereputasi seperti Google Scholar dan ScienceDirect dengan kata kunci spesifik seperti "*swimming biomechanics*", "*head position*", dan "*passive drag analysis*". Teknik analisis data dilakukan secara sistematis melalui tiga tahapan utama yang saling berkesinambungan. Pertama, pengumpulan data literatur dilakukan dengan memetakan temuan-temuan kunci dari berbagai studi berbasis *Computational Fluid Dynamics* (CFD) dan eksperimen towing-line. Kedua, dilakukan reduksi data untuk menyaring informasi yang paling relevan dengan variabel penelitian dan mengeliminasi data yang tidak konsisten. Ketiga, dilakukan sintesis hasil eksperimen untuk mengintegrasikan temuan-temuan tersebut ke dalam sebuah kerangka pemikiran yang utuh. Proses ini bertujuan untuk memformulasikan simpulan yang kuat mengenai pengaruh strategis head position terhadap laju maksimal berenang, sekaligus memberikan landasan teoritis bagi praktisi pelatih dalam melakukan koreksi teknik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

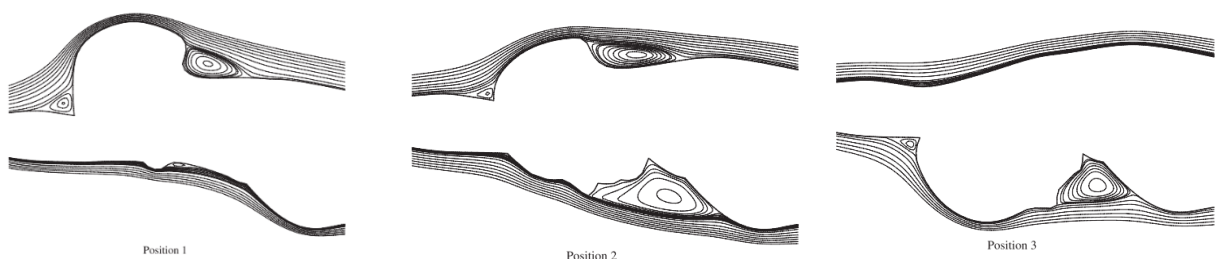
Berdasarkan sintesis data dari berbagai literatur ilmiah, penelitian ini mengidentifikasi bahwa posisi kepala (*head position*) merupakan variabel biomekanika krusial yang menentukan efisiensi hidrodinamika pada renang gaya crawl. Temuan utama menunjukkan bahwa variasi sudut kepala memiliki dampak langsung terhadap besarnya *passive drag* yang harus dilawan oleh perenang (Zai et al., 2008).

Data eksperimental menunjukkan bahwa posisi kepala dengan posisi *head-up* meningkatkan luas permukaan depan atau *frontal area* dan memicu titik pisah aliran

(*separation point*) lebih dini. Fenomena ini mengakibatkan peningkatan *pressure drag* serta terbentuknya zona *wake* atau zona bertekanan rendah yang luas di belakang tubuh. Sebaliknya, posisi kepala netral atau menunduk atau *head-down* dengan sudut antara 40° hingga 90° terbukti mampu mereduksi hambatan air sebesar 10,4% hingga 11% (Cortesi & Gatta, 2015).

Pembahasan

Mekanisme utama posisi kepala memengaruhi hambatan adalah melalui perubahan frontal area luas permukaan depan dan modifikasi pola aliran air di sekitar tubuh. Ketika kepala berada dalam posisi mendongak atau *head-up*, terjadi gangguan pada aliran fluida yang menyebabkan turbulensi lebih besar di bagian belakang tubuh (Zai et al., 2008). Secara mekanis, posisi kepala yang salah akan memicu peningkatan *pressure drag* atau tahanan tekan karena aliran air tidak dapat mengalir secara laminar atau halus di sepanjang profil tubuh perenang (Huub M Toussaint, 2002).



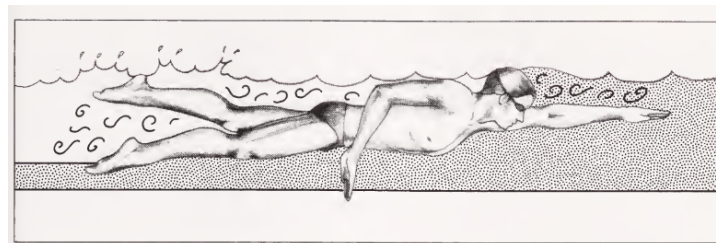
Gambar 1. 3 *Head Position*
(Sumber (Zai et al., 2008))

Kajian biomekanika pada penelitian yang dilakukan oleh (Zai et al., 2008) menunjukkan bahwa posisi kepala yang salah memicu terjadinya *separation point* atau titik pisah aliran yang lebih dini di area tengkuk dan punggung. Hal ini yang menyebabkan terbentuknya zona bertekanan rendah yang luas di belakang tubuh perenang atau yang disebut sebagai *wake*. Dilihat dari 3 posisi kepala diatas posisi kepala yang memiliki zona *wake* paling banyak ada pada posisi nomor 2 (Zai et al., 2008). Dengan begitu, mekanisme utamanya adalah: kepala yang mendongak akan meningkatkan luas permukaan depan (*frontal area*), yang mana akan secara otomatis meningkatkan gaya tekan air yang menghambat laju tubuh ke depan atau mengurangi kecepatan yang dihasilkan dari Gerakan lengan (Lee et al., 2008).

Kepala bertindak sebagai titik kontrol utama dalam menentukan orientasi sumbu tulang belakang perenang. Dalam prinsip biomekanika renang, terdapat hubungan timbal

balik antara posisi kepala dan posisi panggul (Barbosa et al., 2010). Apabila posisi kepala naik atau mendongak, secara otomatis panggul dan kaki akan cenderung tenggelam atau *inclined body position*. Hal ini merusak profil *streamline* yang seharusnya sejajar secara horizontal. Kepala adalah bagian tubuh pertama yang membelah fluida (Marinho, Reis, et al., 2009). Posisi kepala menentukan orientasi seluruh sumbu tubuh. Dalam biomekanika, terdapat hubungan timbal balik antara bagian depan tubuh yaitu kepala dan bagian belakang yaitu kaki (Marinho, Rouboa, et al., 2009). Jika kepala naik, maka panggul akan turun, menciptakan posisi tubuh yang miring atau *inclined body* yang sangat tidak efisien karena drag yang dihasilkan akan sangat besar sehingga tenaga yang diperlukan akan lebih besar (Toussaint & Beek, 1992).

Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Cortesi & Gatta, 2015) juga menekankan bahwa posisi kepala yang menunduk atau head-down akan membantu menjaga kaki tetap berada di dekat permukaan air, sehingga menjaga posisi *streamline* yang meminimalkan drag. Dalam renang gaya crawl, terdapat hubungan linear antara posisi kepala dengan kesetimbangan longitudinal (Barbosa et al., 2010). Berdasarkan prinsip tuas dan titik berat tubuh, kepala berfungsi sebagai penyeimbang panggul. (Toussaint & Beek, 1992) menekankan bahwa keberhasilan perenang ditentukan oleh kemampuan mengurangi resistensi dengan menjaga posisi tubuh horizontal atau *streamline*.



Gambar 2. *Good Horizontal alignment*
(Sumber (Maglischo, 1993))

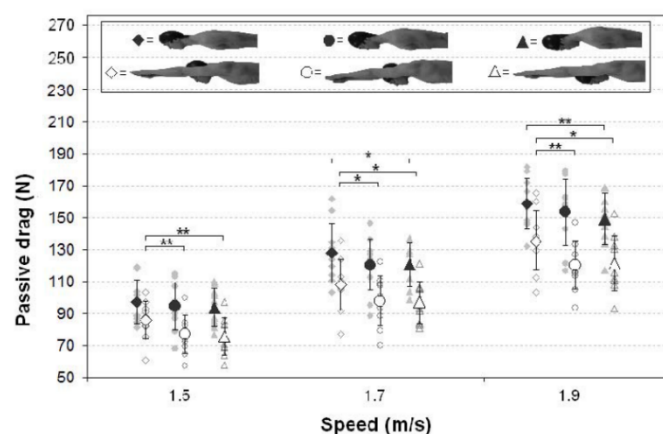
Ketika perenang mengangkat kepala, titik pusat massa bergeser, yang secara mekanis menyebabkan bagian bawah tubuh yaitu panggul dan kaki tenggelam (Toussaint et al., 2004). Fenomena ini menciptakan tahanan bentuk (drag) yang masif. Ketika tungkai dan kaki tenggelam maka akan memaksa perenang untuk melakukan tendangan (kick) dengan jumlah tenaga yang lebih besar bukan untuk dorongan, melainkan hanya untuk mengangkat kaki kembali ke permukaan (Maglischo, 1993).

Pada bukunya yang berjudul *Swimming Even Faster* yang digarap oleh (Maglischo, 1993) menjelaskan bahwa posisi kepala adalah kunci utama untuk menjaga tubuh tetap

horizontal di permukaan air. pada bukunya hambatan yang disebabkan dari mengangkat kepala terlalu tinggi saat berenang dapat meningkatkan total hambatan (*drag*) sebesar 20% hingga 35% (Maglischo, 1993). Hal ini terjadi karena saat kepala naik, pinggul dan kaki secara otomatis akan turun, sehingga memperluas area penampang tubuh yang menabrak air. Oleh karena itu, korelasi utamanya adalah yang pertama posisi kepala netral maka panggul akan terangkat dan menyebabkan posisi tubuh sejajar atau *streamline* sehingga akan menciptakan efisiensi hidrodinamika yang maksimal.

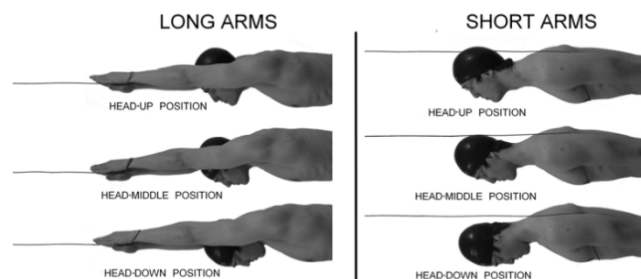
variasi sudut kepala memiliki dampak langsung dan signifikan terhadap besar kecilnya tahanan pasif yang harus dilawan oleh perenang. Data yang ditunjukkan pada penelitian (Cortesi & Gatta, 2015) bahwa posisi kepala yang tidak optimal akan menurunkan laju karena energi habis untuk melawan hambatan yang meningkat seiring bertambahnya kecepatan. Penurunan hambatan sebesar 11% ini sangat krusial karena dalam renang, hubungan antara kecepatan dan hambatan adalah kuadratik, sehingga sedikit saja pengurangan hambatan akan berdampak besar pada peningkatan laju kecepatan maksimal (Cortesi & Gatta, 2015).

Berdasarkan sintesis data simulasi CFD (*Computational Fluid Dynamics*) dan eksperimen *towing-line*, posisi yang direkomendasikan adalah posisi di mana kepala sejajar dengan tulang belakang atau sedikit menunduk di bawah garis lengan terutama saat meluncur (Zai et al., 2008). Data dari (Cortesi & Gatta, 2015) memperkuat ini dengan menunjukkan bahwa baik pada posisi tangan di atas kepala atau *arms above* maupun di samping tubuh atau *alongside*, posisi *head-down* atau *head-middle* secara konsisten menghasilkan *drag* yang lebih rendah dibandingkan posisi *head-up*.



Gambar 3. *Head Position Effect*
(Sumber (Cortesi & Gatta, 2015))

Sensitivitas sudut kepala terhadap hambatan menjadi sangat krusial ketika perenang berada pada kecepatan tinggi, antara 1,5 hingga 1,9 m/s. Hal ini dikarenakan hambatan air meningkat secara kuadratik seiring dengan bertambahnya kecepatan. Variasi sudut kepala memberikan dampak yang terukur terhadap laju kecepatan atau velocity. Melalui data pada Gambar 3, terlihat jelas bahwa posisi *head-down* $\pm 40^\circ$ atau *head-middle* 90° secara konsisten menghasilkan nilai *drag* yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan posisi *head-up* atau mendongak 120° . Penelitian eksperimental oleh (Cortesi & Gatta, 2015) menggunakan metode towing-line pada berbagai tingkat kecepatan (1.5, 1.7, dan 1.9 m/s) membuktikan bahwa fluktuasi kecepatan sangat sensitif terhadap perubahan sudut kepala. Data dari penelitian yang dilakukan (Cortesi & Gatta, 2015) menunjukkan bahwa posisi *head-down* $\pm 40^\circ$ melihat kebawah atau *head-middle* 90° melihat kebawah memberikan keuntungan mekanis yang jauh lebih besar dibandingkan posisi *head-up* 120° melihat kedepan. Hal ini terlihat jelas saat perenang melaju pada kecepatan tinggi, di mana hambatan air meningkat secara kuadratik mengikuti kenaikan kecepatan.



Gambar 4. *Head Position*
(Sumber (Cortesi & Gatta, 2015))

Dampak signifikan dapat diartikan bahwa jika perenang mampu memperbaiki sudut kepalanya dari mendongak menjadi netral maka perenang tersebut dapat menghemat energi hingga 11% atau meningkatkan kecepatannya tanpa menambah beban kerja otot. Fluktuasi laju menjadi lebih stabil karena aliran air di sekitar tubuh tetap melekat atau *attached flow* dan tidak terganggu oleh hambatan yang diciptakan oleh posisi kepala yang terlalu tinggi (Lynch et al., 2010)

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis berbagai literatur ilmiah yang telah dibahas diatas, dapat disimpulkan bahwa head position merupakan variabel biomekanika krusial yang menentukan efisiensi hidrodinamika dan laju kecepatan dalam renang gaya crawl. Beberapa poin yang dapat diambil bahwa Posisi kepala head up meningkatkan frontal area dan memicu separation point lebih dini, yang mengakibatkan peningkatan pressure drag dan terbentuknya zona wake yang luas di belakang tubuh, lalu Kepala berfungsi sebagai titik kontrol orientasi tulang belakang. Mengangkat kepala akan menurunkan panggul dan kaki atau inclined body, yang merusak profil streamline dan memaksa penggunaan energi ekstra hanya untuk menjaga kaki tetap di permukaan. Posisi kepala netral atau menunduk head down sekitar $\pm 40^\circ$ hingga 90° terbukti mampu mereduksi hambatan air sebesar 10,4% hingga 11% dibandingkan posisi mendongak atau head up. Peneliti mengharapkan para pelatih dan atlet dapat memprioritaskan koreksi teknis pada posisi kepala agar tetap sejajar dengan tulang belakang guna menjaga efisiensi energi dan stabilitas laju kecepatan maksimal dan semoga penelitian ini dapat mempermudah penelitian yang akan membahas mengenai head position dimasa yang mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- Barbosa, T. M., Bragada, J. A., Reis, V. M., Marinho, D. A., Carvalho, C., & Silva, A. J. (2010). *Energetics and biomechanics as determining factors of swimming performance : Updating the state of the art.* 13, 262–269. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2009.01.003>
- Ceseracciu, E., Sawacha, Z., Fantozzi, S., Cortesi, M., Gatta, G., Corazza, S., & Cobelli, C. (2011). Markerless analysis of front crawl swimming. *Journal of Biomechanics*, 44(12), 2236–2242. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2011.06.003>
- Cornett, A. C., White, J. C., Wright, B., Willmott, A. P., Stager, J. M., Cornett, A. C., White, J. C., Wright, B. V., Willmott, A. P., & Stager, J. M. (2010). *Racing Start Safety : Head Depth and Head Speed During Competitive Starts into a Water Depth of 1 . 22 m Racing Start Safety : Head Depth and Head Speed During Competitive Starts Into a Water Depth of 1 . 22 m.* 4(4).
- Cortesi, M., & Gatta, G. (2015). *Effect of The Swimmer ' s Head Position on Passive Drag.* 49(December), 37–45. <https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0106>
- Huub M Toussaint. (2002). *BIOMECHANICS OF PROPULSION AND DRAG IN FRONT CRAWL SWIMMING.* 13–22. <https://doi.org/https://doi.org/10.2165/00007256-199213010-00002>
- Jürimäe, J., Haljaste, K., Cicchella, A., Lätt, E., Purge, P., Leppik, A., & Jürimäe, T. (2007). *Analysis of Swimming Performance From Physical , Physiological , and Biomechanical Parameters in Young Swimmers.* 6, 70–81.
- Lee, J., Mellifont, R., Winstanley, J., & Burkett, B. (2008). *Body Roll in Simulated Freestyle Swimming.* 569–573. <https://doi.org/10.1055/s-2007-989285>

- Maglischo, E. W. (1993). *Swimming EVEN FASTER* (S. S. W. A. W.-H. A. M. R. K. J. M. S. R. M. N. H. and W. B. M. Branch., Erin Mulligan. (ed.); revised ed). Mayfield Publishing Company.
- Marinho, D. A., Reis, V. M., Alves, F. B., Vilas-boas, J. P., Machado, L., Silva, A. J., & Rouboa, A. I. (2009). *Hydrodynamic Drag During Gliding in Swimming*. 253–257.
- Marinho, D. A., Rouboa, A. I., Alves, F. B., Vilas-boas, J. P., Reis, V. M., & Silva, A. J. (2009). *Hydrodynamic analysis of different thumb positions in swimming*. October 2008, 58–66.
- Psycharakis, S. G., & Sanders, R. H. (2010). *Body roll in swimming : A review*. September 2014, 37–41. <https://doi.org/10.1080/02640410903508847>
- Toussaint, H. M., & Beek, P. J. (1992). *Biomechanics of Competitive Front Crawl Swimming*. 13(I), 8–24.
- Zai, H., Tai, R., Fohanno, S., & Polidori, G. (2008). *Analysis of the effect of swimmer ' s head position on swimming performance using computational fluid dynamics*. 41, 1350–1358. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.02.005>