علم شنا

۱

علم مکانیک و تکنیک شنا رقابتی

تمرین، تکنولوژی و تکامل عملکرد خارق‌العاده

اسکات ریوالد
اسکات روداو

شهربانو جمعه پور
هیأت علمی دانشکده فنی و حرفه ای دخترانه دکتر شریعتی

سپیده لطیفی
دانشجوی دکتری آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی دانشگاه تهران
و کارشناس گروه بهداشت و طب ورزشی دانشگاه تهران

عبدالرضا ریاحی
کارشناسی ارشد مدیریت ورزشی

علی امامی
دکترای فیزیولوژی ورزشی

قیمت با اسکن QR CODE

ناشر نمونه کشور در سال ۹۳

علم شنای رقابتی (۱) علم مکانیک و تکنیک شنا

تمرین، تکنولوژی و تکامل عملکرد خارق العاده

تألیف: اسکات ریوالد، اسکات روداو

ترجمه: شهربانو جمعه پور، سپیده لطیفی، عبدالرضا ریاحی، علی امامی

- سرپرست واحد گرافیک: المیرا میرموسوی
- مدیر هنری و طراح جلد: محمود رضا لطیفی
- ناظر چاپ: مهدی تکلو
- نوبت چاپ: دوم (ویرایش اول) ۱۳۹۶ / سوم ۱۳۹۹
- شمارگان ۱۰۰۰ نسخه

سرشناسه: ریوالد، اسکات ا.، ۱۹۷۰ - م. Riewald, Scott A
عنوان و نام پدیدآور: علم شنای رقابتی/تالیف اسکات ریوالد، اسکات روداو ؛ [ترجمه] سپیده لطیفی...[و دیگران].
مشخصات نشر: تهران: شرکت تضامنی انتشاراتی حتمی و شرکا، ۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری: ۴ج.: مصور ، جدول .
شابک: دوره:۸-۱۵۵-۳۵۵-۶۰۰-۹۷۸ ؛ ج.۰۱-۱۵۱-۳۵۵-۶۰۰-۹۷۸: ؛ ج.۷۲-۱۵۲-۳۵۵-۶۰۰-۹۷۸: ؛ ج.۴۳-۱۵۳-۳۵۵-۶۰۰-۹۷۸: ؛ ج.۱۴-۱۵۴-۳۵۵-۶۰۰-۹۷۸:
وضعیت فهرست نویسی: فیپا
یادداشت: عنوان اصلی: .Science of swimming faster,c۲۰۱۵
یادداشت: ترجمه سپیده لطیفی، علی امامی، عبدالرضا ریاحی، شهربانو جمعه‌پور.
مندرجات: ج.۱. علم مکانیک و تکنیک شنا.-ج.۲. جنبه‌های فیزیولوژیکی تمرین و رقابت.-ج.۳. علوم ورزشی کاربردی.-ج.۴. ملاحظات گروه های خاص.
موضوع: شنا -- تعلیم Swimming -- Training
موضوع: شنا -- جنبه‌های فیزیولوژیکی Swimming -- Physiological aspects
موضوع: ورزش علمی -- ادبیات کودکان و نوجوانان Sports sciences -- Juvenile literature
شناسه افزوده: رودیو، اسکات Rodeo, Scott
شناسه افزوده: لطیفی، سپیده، ۱۳۶۱ -، مترجم
رده بندی کنگره: ۱۳۹۶/GV۸۳۸ ۹ت۷/ ۶۷
رده بندی دیویی: ۷۹۷/۲۱۰۷۱
شماره کتابشناسی ملی: ۴۶۱۰۷۹۵

توجه: به موجب ماده ۵ قانون حمایت، از حقوق مؤلفان، مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸/۱۰/۱۱ کلیه حقوق این کتاب برای انتشارات حتمی محفوظ می‌باشد و هیچ شخص حقیقی یا حقوقی حق استفاده از آن را ندارد و متخلفین به موجب این قانون تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

فروش و پخش: تهران، خیابان انقلاب، بین خیابان ۱۲ فروردین و اردیبهشت، ساختمان افق ۱۳۶۰، طبقه ۵
۶۶۴۰۳۱۶۲ - ۶۶۴۰۳۱۷۰ hatmipg.com

فهرست مطالب

جلد اول: علم مکانیک و تکنیک شنا

پیشگفتار مؤلفین ۵

مقدمه‌ی مترجمین ۸

فصل ۱ دینامیک مایعات، نیروهای رانشی و مقاوم ۹

فصل ۲ تکنیک شنای کرال سینه ۳۳

فصل ۳ تکنیک شنای کرال پشت ۶۵

فصل ۴ تکنیک شنای قورباغه ۸۷

فصل ۵ تکنیک شنای پروانه ۱۰۳

فصل ۶ تکنیک‌های استارت وبرگشت ۱۱۵

فصل ۷ تجزیه و تحلیل شنا با استفاده از دینامیک سیالات محاسباتی ۱۴۵

جلد دوم: جنبه‌های فیزیولوژیکی تمرین و رقابت

فصل ۱: سیستم‌های انرژی و فیزیولوژیکی ۹
فصل ۲: زمان‌بندی و برنامه‌ریزی تمرین ۳۹
فصل ۳: تأثیر تیپرینگ برعملکرد ۶۹
فصل ٤: استراتژی‌های روزمسابقه ۱۰۱
فصل ٥: تجزیه و تحلیل عملکردهای نخبه درشنا ۱۲۱
فصل ٦: بیش‌تمرینی و ریکاوری ۱٤٥

جلد سوم: علوم ورزشی کاربردی

فصل ۱: تغذیه: سوخت‌گیری به منظورعملکرد ۹
فصل ۲: افزایش عملکرد وکنترل دوپینگ ۳۱
فصل ۳: روان‌شناسی شنا: آمیزش ذهن وبدن ۵۵
فصل ٤: رشدوتکامل ۸۳
فصل ٥: پزشکی ورزشی: آسیب‌های ورزشی و روش‌های پیشگیری ۱۰۳
فصل ٦: پزشکی ورزشی: بیماری‌ها و سلامت عمومی ۱۱۳
فصل ۷: بدنسازی وتمرینات قدرتی برای بهبودعملکرد ۱۳٥

جلد چهارم: ملاحظات گروه‌های خاص

فصل ۱: شناگران نوجوان ۹
فصل ۲: شناگران بزرگسال ۲۷
فصل ۳: شناگران زن ۵۱
فصل ٤: شناگران آب‌های آزاد ٦۷
فصل ٥: شناگران معلول ۹٥

پیشگفتار مؤلفین

به کتاب "علم شنای رقابتی" خوش آمده‌اید. کتابی بی‌نظیر که از ترکیب دو بخش علم شنا و علم پزشکی همراه با تمرینات کاربردی به وجود آمده است. بیشتر مواقع پیش آمده که مقاله‌ای یا فصلی از کتاب را خوانده‌اید که به تشریح مختصری از علم تمرین و شنا کردن پرداخته است در حالی که از خود می‌پرسید، چگونه من این مفروضات و اطلاعات را برای ورزشکارانی که با آنها کار می‌کنم، به کار گیرم؟ اهداف کتاب علم شنای رقابتی شکستن موانع و شکاف‌های بین تئوری و تمرین است، بدین گونه که مؤلفین به دنبال ایجاد یک تئوری بنیادین هستند. آنها قبل از وارد شدن به مباحث، اطلاعاتی راجع به وضعیت شناگران در داخل آب، وضعیت مربیان در محیط استخر و والدین منتظر در سکوها ارائه می‌دهند. در دنیای شنا تغییرات قابل توجهی در دهه‌های گذشته روی داده است. تغییراتی در استفاده از لباس‌های مخصوص شنا را شاهد بوده‌ایم که حتی تأثیر معناداری بر عملکرد گذاشته‌اند. ورزشکارانی را مشاهده کرده‌ایم که از مواد نیروزا برای کسب برتری گاهی اوقات به طور قانونی و یا به طور غیرقانونی استفاده کرده‌اند تا به بهترین نتیجه در رقابت دست یابند.

ما تعدیلات و تغییراتی در شیوه‌ی تمرینات ورزشکاران و مربیان تمرین و به‌کارگیری تکنیک‌های لازم در شناها را شاهد بوده‌ایم، تا این که به بهترین و سریع‌ترین زمان لازم دست یابند. همچنین شاهد ارتقای شنای حرفه‌ای در شناگران نخبه بوده‌ایم. هیچ ورزشکاری به اوج عملکرد خود دست نمی‌یابد مگر آن که به موارد مهمی از جمله تغذیه‌ی ورزشی و روانشناسی ورزشی توجه کرده باشد. توجه زیادی به تشریح تکنیک شناها و تحلیل عملکرد در مسابقات برای افت سرعت شنای هر ورزشکار شده است. درست است ورزشکاری که به سطح المپیک می‌رسد، هر چیزی می‌تواند بر عملکردش تأثیرگذار باشد. تمرکز ما بیشتر برای ارتقاء اصول علم تمرین و علم پزشکی لازم برای شناگران سطح دانشگاهی، دبیرستانی، شناگران رده‌های سنی و نیز شناگران ماهر و سه‌گانه کار بوده است. در واقع همه‌ی شناگران در پی این هستند که در شرایط ایمن و دور از آسیب به شنای سریع دست یابند. محتویات کتاب علم شنای رقابتی به ورزشکاران و مربیان کمک خواهد کرد تا اطلاعات علمی را که تأثیر مثبت بر عملکرد می‌گذارند، کسب کنند.

اهـداف

اگر مروری بر ادبیات شنا داشته باشید. با صدها مطلب و بحث در این زمینه مواجه شده‌اید. امّا چه چیزی شما را می‌تواند به این اطلاعات برساند؟ بیشتر مربیان و ورزشکاران زمانی را برای مطالعه و خلاصه کردن تحقیقات انتشار یافته اختصاص نمی‌دهند. حقایق ناشی از مقالات علمی اساساً اطلاعات کاربردی را به مخاطب نمی‌دهد و به آسانی می‌توان پی برد که تلاش‌ها خیلی موثر نبوده و حتی در برخی موارد ناامیدکننده هستند. این اطلاعات مفید از مطالعات جمع‌آوری شده و در قالبی گنجانده شده‌اند که برای درک آن آسان بوده و کاملاً مرتبط با چالش‌های موجود بین مربیان و ورزشکاران در دنیای واقعی شنا هستند. بنابراین می‌توانید کتاب علم شنای رقابتی را مطالعه کنید. اطلاعات ارائه شده در این جا این است که یک شیوه‌ی آسان برای درک آسان از واژگان و مثال‌های کاربردی استفاده شده که برای مربیان، ورزشکاران و والدین قابل فهم هستند. پیشنهادات تمرینی و نمونه فعالیت‌های ورزشی با اطلاعات واقعی و قابل استفاده در کتاب ارائه شده است. برای آنهایی که می‌خواهند به مطالعه‌ی عمیق‌تر بپردازند، هر فصل یک لیست جامعی از منابع ارائه کرده است که شما را به طور مستقیم به تحقیقات و انتشارات أخیر ارجاع می‌دهند. شما به‌عنوان مربی و یا شناگری که به طور رقابتی شنا می‌کنید و نیز شناگری که آماتور است می‌کند، می‌توانید از محتوای این کتاب بهره بگیرید.

محـتـوا

کتاب علم شنای رقابتی در چهار جلد سازمان یافته است:

جلد اوّل، ابعاد تکنیکی شنا را مورد بررسی قرار داده است. فصول در رابطه با درک مکانیک شنا کردن است. بدین گونه که، شناگران چگونه نیروی انفجاری در انتهای حرکت کشش آب تولید کنند و نیز نگاهی نزدیک به ابعاد تکنیک اختصاصی شناها دارد. این فصول آخرین اطلاعات علمی از مطالعات داخل استخر با استفاده از شبیه‌سازهای کامپیوتری از عملکرد شناگران ارائه کرده‌اند. بعلاوه، این بخش به نظر می‌رسد از فناوری‌های جدید و راه‌هایی که می‌توان آنها را در تشریح تکنیک شناهای پیچیده و بهبود عملکرد در داخل آب به کار برد، استفاده کرده است.

جلد دوم، بر تمرین و رقابت تمرکز دارد. سؤالاتی که اغلب مطرح می‌شود، بهترین شیوه برای آماده شدن برای رقابت چیست؟ آیا من واقعاً باید روزانه ۳ ساعت تمرین برای یک مسابقه‌ای که کمتر از ۲ دقیقه طول می‌کشد، انجام دهم؟ این بخش از کتاب علم شنای رقابتی به چگونگی پاسخ بدن به تمرین و آن چه می‌تواند برای آماده‌سازی مطلوب بدن برای رقابت مهیا سازد، بحث می‌کند. فصول این بخش، مواردی از قبیل فیزیولوژی شنا، زمان‌بندی و طراحی

تمرین و نیز کاهش تمرینات را مورد بحث قرار داده است. اطلاعاتی در مورد چگونگی شنای ورزشکاران نخبه در مسابقات و نیز مربیان و ورزشکارانی که می‌توانند در روز مسابقه بر بهبود عملکرد تمرکز کنند، ارائه شده است.

جلد سوم، به حوزه‌ی علم تمرین و تأثیرگذاری آن بر عملکرد، از قبیل تغذیه، روانشناسی ورزشی، آسیب‌ها و جلوگیری از بیماری‌ها مربوط می‌شود. همه‌ی این حوزه‌ها در بهبود عملکرد شنا مهم هستند، که برخی مواقع به دلیل تمرکز صِرف بر تکنیک و تمرین نادیده گرفته می‌شوند. همچنین یک فصل، شامل رشد و نمو و به حداکثر رساندن دوره‌ی تکامل شناگران می‌پردازد. رشد و نمو یک موضوعی است که در هر فصلی از این کتاب یافت می‌شود، زیرا بر تمریناتی که ورزشکار انجام می‌دهد، تأثیر می‌گذارد. همان طور که چندین بار اعلام شد، ورزشکاران جوان هم چون بزرگسالان نیستند. چگونگی تمرین مربی برای افراد ۱۰ ساله به طور چشمگیری متفاوت از تمرین مربی برای افراد ۲۰ ساله خواهد بود. به خاطر داشته باشید، مهم نیست که فرد ۱۲ ساله در چه حدی و یا چقدر مستعد است، بلکه بایدآگاه بود که او هنوز به بلوغ کامل مثل "مایکل فلپس" نرسیده و مطمئناً نباید به روش وی تمرین کند.

در نهایت، **جلد چهارم** مربوط به گروه شناگران خاص از قبیل ورزشکاران زن می‌شود. ما تفاوت خاصی بین زنان و مردان ورزشکار و نیز برای مربیانی که با این گروه کار می‌کنند، قائل شده‌ایم. فصل‌های اضافی برای شناگران بزرگسال، شناگران گروه‌های سنی مختلف، شناگران آبهای آزاد و شناگران معلول اختصاص داده شده است. هیچ منبع دیگری در بازار بدین گونه اطلاعات جامعی را در یک جا ارائه نداده است، تنها موقعی افکار و عقاید خود را اشتراک بگذاریدکه بهترین نتیجه برای ورزشکاران حاصل گردد. همه و همه در این کتاب است و امیدواریم که شما از خواندن آن لذت ببرید. مطمئن هستیم که اطلاعات موجود در علم شنای رقابتی شما را مجبور خواهد کرد، چه به‌عنوان مربی و چه ورزشکار، به سطح جدیدی از عملکرد دست پیدا کنید.

مقدمه‌ی مترجمین

حمد و سپاس خدایی را که با الطاف بیکران خود این توفیق را به ما ارزانی داشت تا بتوانیم در راه ارتقای دانش عمومی و فرهنگ این مرز و بوم در زمینه‌ی انتشار کتب علمی دانشگاهی گام کوچکی برداریم و در انجام رسالتی که بر عهده داریم مؤثر واقع شویم. گستردگی علوم و توسعه‌ی روز افزون آن، شرایطی را به وجود آورده که هر روز شاهد تحولات چشمگیر در سطح جهان باشیم. این گسترش و توسعه، نیاز به منابع مختلف از جمله کتاب (به‌عنوان قدیمی‌ترین و راحت‌ترین راه دستیابی به اطلاع‌رسانی) را بیش از پیش روشن می‌نماید.

به مجموعه‌ی علم شنای رقابتی خوش آمده‌اید. کتاب حاضر یک کتاب مرجع و تجمیعی از پژوهش‌ها و دست آوردهای علمی، در رابطه با نحوه‌ی آماده‌سازی اصولی شناگران مطرح جهان در مسابقات است. محتوای کتاب در نوع خود کم نظیر بوده و به جرأت می‌توان عنوان کرد که یکی از ارزشمندترین کتاب‌ها در حیطه‌ی ورزش و بهترین کتاب در خصوص"آماده‌سازی اصولی شناگران برای رقابت" به حساب می‌آید. مباحث این کتاب توسط اسکات ریوالد و اسکات رادو متخصصین سرشناس علوم ورزشی و پزشکی آمریکا، ظریف و زیبا با جنبه‌های علمی شنا ویژه مربیان و ورزشکاران پیوند خورده است. امروزه در دنیای ورزش تغییرات زیادی به وجود آمده است، ورزشکاران به دنبال بهترین شیوه‌ها جهت کسب برتری در هر رقابتی هستند، که در این مورد رشته‌ی ورزشی شنا مستثنی نیست. شاید با شناگرانی در ارتباط باشید که مثلاً برای ایجاد تغییر در ترکیب بدن، از تکنولوژی‌های جدید در طی تمرینات بهره می‌برند تا به بهترین عملکرد برسند یا شناگرانی که از روانشناسان متخصص استفاده می‌کنند، تا به اوج آمادگی روانی خود در یک رقابت دست یابند.

در واقع همه‌ی آنها نشان دهنده‌ی این است که همه‌ی ورزشکاران در پی پیشرفت‌های بزرگ و جدیدی هستند. در نتیجه در این کتاب چگونگی بهره‌گیری از روند اصولی تمرینات شنا به صورت مباحث تشریحی همراه با تصاویر مربوطه ارائه شده است و می‌توانید با رعایت کردن آن نکات، به اوج عملکرد خود دست یابید و از موارد آسیب‌زا تا جای ممکن، مصون بمانید. در پایان امید است کتاب حاضر مورد استفاده‌ی دانشجویان، مربیان و ورزشکاران شنای کشور قرار بگیرد. بدیهی است که این نوشتار عاری از اشتباه نیست و یکی از راه‌های رفع و اصلاح آن راهنمایی‌ها و یادآوری‌های شما عزیزان است که امیدواریم دریغ نفرمایید.

با سپاس

شهربانوجمعه پور- سپیده لطیفی – عبدالرضا ریاحی- علی امامی

فصل ۱

دینامیک مایعات[1]، نیروهای رانشی[2] و مقاوم[3]

Timothy Wei, PhD, Russell Mark, and Sean Hutchison

منطقی و منصفانه است که بگوییم شناگران، مربیان و بزرگان شنا (در مکانهای گرم و مرطوب بر روی سکوهای محیط استخر) ساعت‌ها اندیشه‌اند و بحث کرده‌اند که دقیقاً چه چیزی در آب موجب می‌شود که فرد برای شنا کردن تلاش کند. بالغ بر چندین دهه، زبان و علم دینامیک سیالات در شنا گسترش یافته است. هر چند که بیشتر این ادراکات صحیح هستند با این حال برخی از عناصر کلیدی یا نادرست بوده و یا درست تفسیر نشده‌اند و در نتیجه کافی نبوده و یا نتایج معکوسی را نیز در تکنیک شنا داشته است. دینامیک سیالات شنا بسیار پیچیده است. درک این فرایند بر اساس این واقعیت پیچیده است که همراه با آب در حال حرکت، شناگر نیز در حال حرکت است. حتی بدتر اینکه، هر شناگر متفاوت است، آن چه برای یک شناگر کار خوبی است می‌تواند برای شناگر دیگر نتیجه‌ی معکوس داشته باشد.

هدف اوّلیه این بخش ارائه اصول اوّلیه دینامیک سیالات در شنا است. در ابتدا، بحث مربوط به تولید نیروی مقاومت کششی و فشاری را خیلی دقیق بدون هیچ گونه ابهام علمی مورد بحث قرار می‌دهیم، سپس اندازه‌گیری نیرو و حرکت به طور مختصر مورد بحث قرار خواهند گرفت. بخش کاربردی شنا محتوی بحث مربوطه به اصول فیزیکی کشش دست می‌باشد و هدف اوّلیه این است که با ارائه مثال‌های کاملاً کاربردی خواننده بتواند چگونگی اصول دینامیک سیالات در تجزیه و تحلیل شنا آشنا شده و به درک درست و دقیقی از چگونگی ساختار صحیح شنا برسد. در نهایت، هیچ تکنیکی کامل نیست، امّا در این جا شناگری که همراه و یا در مقابله با همین قوانین دینامیک سیالات به رقابت می‌پردازد را مورد بررسی قرار می‌دهیم. درک این قوانین به‌عنوان روش کاربردی در توسعه رویه‌های منطقی شنای سرعتی بسیار مهم است.

1. Fluid Dynamics
2. Propulsion
3. Drag

اصول

در آغاز نیاز است که مباحث مربوط به مفاهیم پایه و اصولی فیزیک برای درک بهتر علمی دینامیک سیالات در شنا را ارائه دهیم. برای افرادی که در بحث ما شرکت می‌کنند دانستن اصطلاحات مورد استفاده برای فهم بهتر مطالب ضروری است. واژه‌هایی هم چون: سرعت، شتاب، نیرو و فشار که هر یک مفهوم و معنای خاص خود دارند و نمی‌توان آنها را به جای یکدیگر استفاده کرد. در این بخش این مفاهیم کلیدی که بعداً برای درک بهتر دینامیک سیالات در شنا به آنها نیازمندیم، ارائه خواهد شد.

قانون دوم نیوتن:

تعادل بسیار مهم بین فشار و کشش[1]

ضرب المثلی در جامعه مهندسین دانشگاهی بیان می‌شود که هر زمان که یک معادله را نشان می‌دهید، نیمی از مخاطبانتان را از دست خواهید داد. متأسفانه، زبان فیزیک ریاضیات است و بنابراین صحبت درباره‌ی دینامیک سیالات شنا بدون بهره‌گیری از معادلات غیرممکن است. خوشبختانه، در شنا، تقریباً همه موارد از یک معادله نشات می‌گیرد و آن هم قانون دوم نیوتون است. که در ساده‌ترین شکل، تحت عنوان نیرو برابر است با جرم در سرعت بیان می‌شود:

$$F = Ma$$

بدین مفهوم که توده (جرم) بدن برای این که شتاب (افزایش سرعت در زمان) بگیرد، به نیرو نیاز دارد. در شکل واقعی، نیرو صرفاً به‌عنوان نیروی مستقل به کار نمی‌رود. بیشتر به‌عنوان مجموعه‌ای از نیروها بیان می‌شود که در مواردی به طور هم زمان و در برخی موارد نیز در زمان‌های متفاوت بر بدن وارد می‌شود. برای مثال، در شنای پروانه، شناگر آب را با دست‌هایش می‌کشد، با پا به آب ضربه می‌زند و هم زمان نیز با موج دلفین فشار را اعمال می‌کند. در این شنا، شناگر نیروها را در زمان‌های مختلف و با استفاده از حرکات مختلف بدنش ایجاد می‌کند، بنابراین شناگر حرفه‌ای چگونگی هماهنگی بهینه‌ی این نیروها در زمان‌های مختلف برای اجرای شنای سریعتر را آموخته است. این نیروهای رانشی نیز همزمان با نیروهای مقاومتی آب در مقابله با تلاش شناگر برای حرکت در آب اعمال نیرو می‌کنند. می‌توان نیروهای مقاومتی را به دو دسته، تحت عناوین نیروهای فشاری (رانشی) و یا نیروهای مقاومت کششی (باز دارنده)، تقسیم‌بندی کرد. پس می‌توان قانون دوم نیوتن را به شرح زیر بازنویسی کرد.

نیروی کشش مقاومتی – نیروی فشار = جرم در شتاب

1. Thrust and Drag

یا به شکل ساده‌تر آن: $Ma = T - D$

در این جا T نشان دهنده‌ی کل نیروهای رانشی و D نشان دهنده‌ی کل نیروهای کشش مقاومتی (بازدارنده) می‌باشند. نکته‌ای که در زمان بازنویسی قانون دوم نیوتن به آن توجه کردیم، تبعیت از این قانون بود که اگر نیروهای فشاری بزرگتر از نیروهای مقاومت کششی (بازدارنده) باشند در این صورت شناگر می‌تواند سرعتش را افزایش دهد ولی اگر نیروی مقاوم کششی (بازدارنده) بیشتر باشد، یا سرعت شناگر کاهش خواهد یافت و یا این که شناگر می‌بایست بیشتر تلاش کند (برای افزایش نیروهای فشاری) تا بتواند سرعتش را حفظ کند. نهایتاً بدون در نظر گرفتن میزان سرعت شناگر، برای حفظ سرعت شنا، می‌بایست میزان اندازه‌ی نیروی فشاری دقیقاً با اندازه‌ی نیروی مقاومت کششی برابر باشد. ($T = D$)

بنابراین قانون دوم نیوتن در شنا چنین بیان می‌کند که شناگران رقابتی به حداکثر نیروی فشاری و حداقل نیروی مقاومت کششی نیاز دارند. به حداکثر رساندن نیروی فشاری با کمک توسعه‌ی قدرت و تکنیک شنا حاصل می‌شود و به حداقل رساندن نیروی مقاومت کششی از طریق قرار دادن بدن در بهترین وضعیت مناسب در آب به دست می‌آید. مجدداً در این خصوص در قسمت آخر به این موضوع می‌پردازیم. توجه داشته باشید که شناگرانی که در شرایط مسابقه‌ای نیستند و فقط برای حفظ آمادگی جسمانی شنا می‌کنند، نیازی ندارند که نگران به حداقل رساندن نیروی‌های مقاوم کششی باشند. نیروی مقاومت کششی بیشتر، موجب سوزاندن کالری بیشتر می‌شود. هنوز هم استفاده از این روش‌ها برای طی مسافت بیشتر و سرعت بالاتر، به دلیل ریسک کمتر در آسیب‌دیدگی، یکی از نیازمندی‌های شناگران می‌باشد.

موضوع بعدی در این بحث کلی، ارائه‌ی توضیحاتی برای تشریح جزئیات دینامیک سیالات در آب و موارد مربوط به کشش مقاومتی و فشار رانشی است. اگر چه که قبل از آن نیاز داریم که معادله دیگری را مطرح کنیم و آن هم معادله‌ی برنولی است. معادله‌ی برنولی مربوط است به نیروی فشاری همراه با سرعت جریان آب، معادله‌ی برنولی یک مفهوم خیلی مهم در شنا است که از طراحی مدل هواپیما، در شنا از آن استفاده می‌شود.

معادله‌ی برنولی[1]

در سال ۱۷۳۸ ریاضیدان سوئیسی- هلندی به نام دنیل برنولی، رابطه‌ی مهمی را کشف کرد که آن را با نام خودش می‌شناسیم. در مرکز این رابطه و معادله، انرژی مکانیکی جریان سیالات در ارتباط با فشار و سرعت جریان سیالات در یک طرف معادله و فشار و سرعت در موقعیت دیگر مرتبط است. معادله‌ی برنولی بر اساس یکپارچگی نیروهای حاصل از حرکت ذرات از مکانی

1. Bernoulli's Equation

به مکان دیگر در وضعیت آیرودینامیکی است. در این معادله نیروی فشاری برابر است با واحد نیرو بر سطح نیرو (جرم، مسافت، زمان$^{-2}$). واحدهایی که در این معادله بیان شده‌اند را می‌توان به‌عنوان انرژی جنبشی هر واحد حجم (جرم در مسافت$^{-2}$، زمان$^{-2}$، مسافت^{2}) که می‌توان با عنوان (جرم، مسافت، زمان$^{-2}$) مطرح شوند. در حالت ساده شده آن، معادله‌ی برنولی به شرح زیر است:

$$p_0 = p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$$

در این معادله، P، ρ و V به ترتیب تحت عنوان: فشار، چگالی و سرعت سیال بیان می‌شوند. زیرنویس‌های ۱ و ۲ نیز بیانگر مکانی است که فشار در آن جا در مقایسه با فشار و سرعت باید باشد. $p0$ در این معادله بیانگر فشاری است که ما آن را تحت عنوان فشار ایستا و یا مجموعه‌ای از فشارها می‌شناسیم. این فشار در صورتی که جریانی نباشد می‌تواند نتیجه بدهد که همان $V = 0$ است. ممکن است تصور شود که معادله‌ی برنولی معادل‌های از انرژی مکانیکی است. بدین معنی که، کل انرژی مکانیکی سیالات = پتانسیل انرژی سیالات در برخی موقعیت‌ها + انرژی جنبشی همراه با حرکت سیالت در موقعیت‌های مشابه.

برای فهم بهتر این موضوع، یک مخزن پر فشار سیالات را در نظر میگیریم، در ابتدا درب مخزن بسته است و سیال (مایع) در حالت سکون می‌باشد و فشار در بالاترین حالت ممکن است. زمانی که درب مخزن باز می‌شود، فشار شروع به کم شدن می‌کند و جریان سیال شروع به خارج شدن می‌کند. فشار اوّلیه در مخزن درب بسته برابر با فشار کل است ($p = 0$)، این بالاترین پتانسیل انرژی (در هر واحد حجم) است که سیال تاکنون داشته است.

وقتی که درب مخزن باز می‌شود، جریان سیال شروع به خارج شدن می‌کند، انرژی پتانسیل به انرژی جنبشی تبدیل می‌شود. این موضوع شبیه معادله‌ی برنولی در فیزیک است. $\frac{1}{2}\rho V_1^2$، در واقع شبیه به انرژی جنبشی ($\frac{1}{2}MV_2$)، جایی که M بیانگر جرم و V نشان دهنده‌ی سرعت است. چون که چگالی، p برابر با جرم بر واحد حجم است، پس $\frac{1}{2}\rho V_1^2$ را می‌توان به‌عنوان انرژی جنبشی در واحد مایعات دانست. بدین ترتیب، احتمالاً ساده‌ترین واژه برای تشخیص در واژگان فیزیک این است که آن را فشار دینامیکی بنامیم.

واژه‌ی باقی مانده، p_1 یا p_2 است، که می‌توان آن را فشار در مایعات معنا کرد، در معادله‌ی برنولی آن را در رابطه‌ای با انرژی پتانسیل سیالات می‌توان بیان کرد. بنابراین، در این جا تفاوت‌هایی بین فشار کل و فشار دینامیکی مطرح می‌شود. به ترتیب، پتانسیل انرژی باقی مانده پس از تبدیل حداکثر پتانسیل انرژی ممکن، (فشار مایعات دست نخورده) به انرژی جنبشی (همان‌طور که از نام آن می‌توان فهمید، انرژی دینامیک (پویا) است. اگر فشار ایستا، p_1 یا p_2 به صفر کاهش یابد، این بدان معنا است که تمام انرژی اصلی در دسترس طی حرکت تماماً به انرژی جنبشی تبدیل

شده است، بدین معنی که سریعترین جریان حرکتی می‌تواند صورت گرفته باشد.

بنابراین به طور خلاصه می‌توان گفت که p_0 برابر است با کل انرژی، $\frac{1}{2}\rho V_1^2$ برابر است با انرژی جنبشی و یا فشار پویا و P در معادله‌ی انرژی و یا فشار ایستای حاصل از مایعات بدون حرکت، همان گونه که V برابر است با شتاب و یا سرعت حرکت در مایعات. معادله‌ی برنولی، رابطه‌ی بین سرعت آبی که از قسمت‌های مختلف بدن می‌گذرد با فشار آبی که بدن در آن قسمت قرار دارد را بیان می‌کند. فشار کل استخر شنا برای شناگری که در مسابقات شنا می‌کند، ثابت است. بنابراین اگر سرعت مایعات کم باشد، فشار ایستا افزایش می‌یابد. اگر مایعات سریعتر حرکت کنند، بنابرین فشار ایستا با افزایش سرعت مایعات، کاهش می‌یابد. سرعت جریان با دو عامل تغییر می‌کند ولی فشار ایستا با چهار عامل تغییر می‌یابد، چرا که تغییرات فشار با مجذور سرعت متغیر است.

علاوه بر این، به یاد داشته باشیم که کاربرد معادله‌ی برنولی برای شرایط خاص است. (به طور مثال، چگالی ثابت مایعات بدون هیچ گونه چسبندگی). برای هدف مورد نظرمان، بینیش عمومی فیزیک در خصوص این معادله می‌تواند بسیار کمک کننده و مفید باشد. نکته کلیدی که بایستی آن را به خاطر بسپاریم، این است که اگر به دقت به دو جهت جریان نگاه کنیم، به طور مثال می‌گوییم که اگر در یک طرف دست، آب سریع‌تر حرکت کند، پس فشار در جایی که آب سریعتر حرکت می‌کند، کمتر است. اگر سرعت در هر دو طرف دست یکسان باشد پس فشار در هر دو سمت به یک اندازه است.

نیروی مقاوم کششی[1] (دِرَگ)

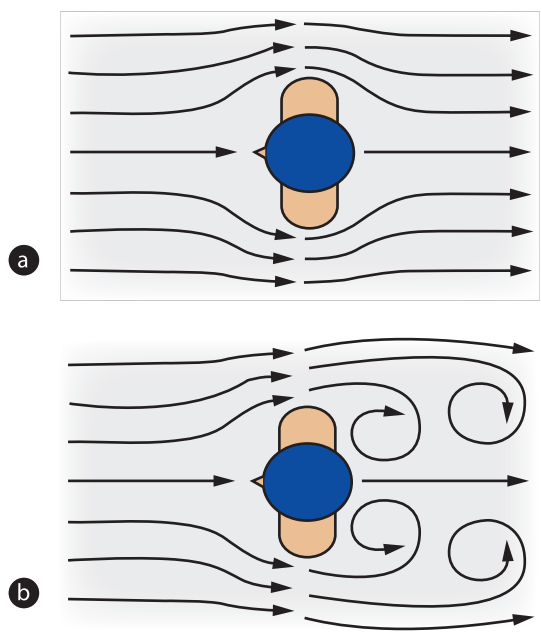
اکنون میخواهیم نیروهای مقاوم و یا نیروهایی به وسیله‌ی بدن در آب تولید می‌شوند را مورد بررسی قرار دهیم. بنابراین نیروی مقاوم کششی را تحت عنوان نیرویی که در جهت مخالف حرکت بدن یا حرکت هر قسمتی از بدن که در جهات مشخص وارد می‌شود را تعریف می‌کنیم. سه نوع نیروی مقاوم وجود دارند که عبارتند از: درَگ فشاری، درَگ تماسی (تماس آب با بدن) و درَگ موجی. درگ فشاری تحت عنوان دِرَگ ناشی از شیب بدن نیز نامیده می‌شود. همان گونه که از نامگذاری آن مشخص است، این نوع درگ زمانی که بدن در حالت آیرودینامیکی قرار ندارد، یا شیبدار است خیلی غالب است. به طور مثال می‌توان بیان کرد که نیرویی است که در وزش باد و یا در روزهای بادی، با بدن شما تماس برقرار می‌کند. همان گونه که در شکل ۱-۱ می‌توان آن را دید. همان گونه که از سرعت هوای در حال حرکت وقتی به شما برخورد می‌کند کاسته می‌شود. بر اساس معادله‌ی برنولی میدانیم که کاهش سرعت به معنای افزایش فشار است. به یاد داریم که

1. Drag

فشار برابر است با تقسیم نیرو بر سطح، یا برعکس آن، نیرو موجب فشار می‌شود و این فشار به وسیله‌ی سطح مناسب چند برابر می‌شود. هر چند که این قضیه درست نیست، امّا معمول است که واژه‌های فشار و نیرو را به جای یکدیگر به کار برد. شاید دلیل این اشتباه در تجزیه و تحلیل و درک نادرست، دینامیک سیالات شنا است.

درگ فشاری و درگ تماسی[1]

در یک وضعیت ایده‌آل، همان گونه که در شکل ۱-۱ می‌توان آن را مشاهده کرد، آبها به آرامی در اطراف بدنتان شتاب می‌گیرند و سپس سرعت این جریان‌ها پس از عبور از شما کاهش می‌یابد. توجه داشته باشید که در حالت ایده‌آل، این جریان‌ها از جلو به عقب به یک اندازه هستند. بر اساس معادله‌ی برنولی، می‌توان انتظار داشت که فشار رو به پشت دقیقاً به سمت جلوی بدنتان منتقل می‌شود و نبایستی هیچ گونه نیروی فشاری را احساس کنید. دینامیکی بودن سیالات بر جبران فشار کامل اشاره دارد. بدین معنی که به چه میزان می‌توانید در باد حرکت کنید بدون این که هیچ مقاومتی را احساس کنید، که آن را تحت قانون تضاد دِآلبرت می‌شناسند.



◀ **شکل ۱-۱.** طرح‌هایی را نشان می‌دهد که فرد در مقابل جریان ثابت باد که از چپ به راست می‌وزد را نشان می‌دهد. حالت ایده‌آل در شکل a در قسمت بالا و حالت طبیعی را در حالت b در پایین تصویر نشان داده شده است.

1. Pressure Drag and Viscous Drag

هر چند که در شرایط واقعی، وقتی که بادهای شدیدتری میوزد، در بیشتر موارد مجبور به خم شدن می‌شوید تا بادهای کمتر به شما بوزد. تلاطم‌های بیشتری (گرداب‌های متلاطم بسیار زیادی) در پشت سر شما به وجود می‌آید. جریان‌های هوای برگشتی پس از برخورد با بدن شما، دیگر نرم و یکنواخت نیستند. در عوض یک منطقه یا محدوده‌ای که آن را تحت عنوان منطقه بیدار شده می‌نامند در پشت سر شما ایجاد شده است، که می‌توان در شکل ۱,۱ b آن را دید و فشاری که بلافاصله به پشت سر شما ایجاد می‌شود، دیگر با فشاری که در جلوی شما قرار دارد برابر نیست. اکنون یک اختلاف فشاری بین سطح جلویی و پشتی بدنتان دیده می‌شود، بالاترین فشار در جلوی بدن شما است و کمترین فشار در پشت سر شماست. نیروی خالص در جهت مخالف بدنتان عمل می‌کند. این فشار خالص در نتیجه‌ی فشار جلوی بدن، منهای فشار پشت بدن ضربدر سطح جلویی بدن است که می‌توان با فرمول زیر آن را محاسبه کرد:

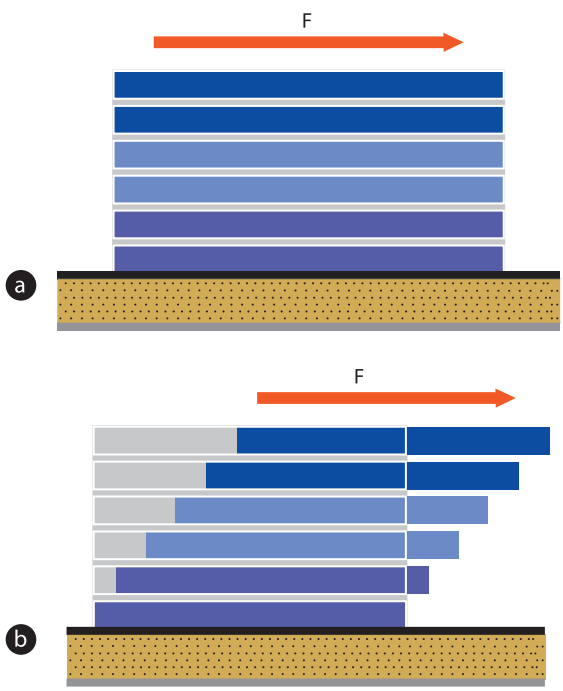
$$\text{pressure drag} = (P_{from} - P_{back}) \times A_{front}$$

میزان سطح جلویی × (فشار بخش پشتی – فشار بخش جلویی) = مقاومت کششی درگ فشاری

میزان سطح جلویی بدن همان سطحی است که وقتی فردی رو به دیوار ایستاده است و شخص دیگری از پشت نوری به آن شخص می‌تاباند، سایه‌ای شکل می‌گیرد و این سطح همان سطح جلویی بدن دیوار است. این سطح چه شما رو به دیوار باشید و یا پشت به دیوار به یک اندازه است. به دلیل این که فشار بخش جلویی بزرگتر از بخش پشتی است، احساس می‌کنید که وقتی تلاش می‌کنید به سمت جلو حرکت کنید باد شما را به سمت عقب هل می‌دهد. این پدیده را مقاومت کششی (درگ فشاری) یا مقاومت ناشی از شیب مینامند.

به دلیل این که فشار در بخش جلویی بیشتر از بخش پشتی است، مثل این که در ورزش باد در تلاش برای حرکت رو به باد شما را به طرف پشت هول می‌دهد. این پدیده را مقاومت کششی (درگ فشاری) یا شیب بدنی می‌نامند. هر چند که اگر شکل بدن به گونه‌ای باشد که اجازه ندهد جریان هوا به آرامی از سمت جلو به پشت رانده شود، فشار درگ خیلی قابل توجه است. اگر بدن فرصت داشته باشد تا در یک وضعیت آیرودینامیکی قرار بگیرد، جریان به آرامی به اطراف رانده می‌شوند و فشار درگ نیز به حداقل می‌رسد. این بدان معنی نیست که فشار درگ به صفر می‌رسد. همه سیالات به طور طبیعی، میزانی چسبندگی دارند و این بدان معنی است که همواره یک اصطکاک مقاومتی برای حرکت کردن درون سیالات و یا از طریق سیالات وجود دارد. می‌توانید تصور کنید که یک دسته کارت نو دارید، که مجموعه‌ی کارت‌های روی میز به شکل عمودی قرار دارند و کف دستتان را روی کارت‌ها قرار داده‌اید، حال تصور کنید که دستتان را به شکل افقی به سمت راست سر می‌دهید، همان گونه که در شکل ۲–۱ نشان داده شده است.

اگر کارت‌ها، اصطکاک خیلی خوبی داشته باشند، نبایستی حرکتی نمایند و کلیه‌ی کارت‌ها در دست شما باقی خواهند ماند. در شکل ۲-۱ مجموعه کارت‌های روی میز به‌عنوان یک شکل چهار گوش با لبه‌های روشن دیده می‌شوند. کارت‌ها بعد از اعمال نیروی سر دادن کارت‌ها را می‌توان به شکل چهارگوش خاکستری دید. بدیهی است که اگر نیروی اصطکاکی نبود، تصاویر قبل و بعد از اعمال نیرو بایستی یکسان باشند و مانند تصویر a ۲-۱ باشند. در واقع، مقداری از این نیروی اصطکاکی موجود شامل اصطکاک بین دست شما و کارت بالایی روی میز، اصطکاک بین میز و کارت پایینی و اصطکاک بین هر یک از کارت‌ها به طور مجزا است. در این شرایط، وقتی دستتان را موازی با سطح بالایی میز حرکت می‌دهید، کارت بالایی با دستتان حرکت می‌کند، کارت پایینی به میز می‌چسبد و همه‌ی کارت‌های ما بین نیز حرکت‌های خودشان را دارند و حرکات آنها بستگی دارد به کارت بالایی یا کارت پایین که نزدیک‌تر هستند. این مفهوم را می‌توان در شکل b ۲-۱ دید. کارتی که به دست شما نزدیک‌تر است، طبیعتاً بیشترین حرکت را دارد و کارتی که به میز نزدیک‌تر است، احتمالاً کمترین حرکت را دارد. علت بی‌حرکت بودن، کارت نزدیک به میز، نیروی اصطکاکی یعنی نیروی آن کارت است.



◀ **شکل ۲-۱.** مقایسه‌ی بین اصطکاک و بدون اصطکاک. شکل a: جریان ایده‌آل b: جریان با اصطکاک. شکل زاویه‌دار نشان دهنده‌ی لایه‌های آب است. فلشی که با حرف F نشان داده شده است مشخص کننده‌ی نیروهای به کار گرفته توسط لایه‌های آب است.

کارت بالایی، نیروی اصطکاکی برابر با حرکت دست شما را دریافت می‌کند که متناسب با سرعت دستی است که آن را به جلو میکشاند. کارت‌هایی که بین کارت بالای و یا پایینی قرار دارند، نیروی کششی حاصل از حرکت کارت بالایی و یک نیروی مقاوم اصطکاکی متناسب با کارت پایینی دریافت می‌کنند در پایان کل کارت‌ها شروع به خم شدن می‌کنند. تصور نیروی چسبندگی یا اصطکاک نیز شبیه به مثال کارت‌ها است. به جای بازی کارت‌ها، فکر کنید که شکل چهار گوش ۲–۱ صفحات و یا لایه‌هایی از آب هستند. فکر کنید که لبه‌ی بالای میز همانند بدن یک وضعیت آیرودینامیکی دارد. همان گونه که می‌توان بال هواپیما را در ذهن تصور کرد. در این مقایسه، می‌توان در یک هواپیما نشست و از پنجره بیرون را تماشا کرد. به نظر می‌رسند که بالها در یک وضعیت مناسب و یکنواخت هستند و هوا از روی بال‌ها از چپ به راست جریان دارند.

اگر جریان هوا اصطکاک کمتری داشته باشد همان طور که در شکل ۲–۱ a نشان داده شده است، بخش خاکستری چهار گوش همه به یک نیرویی که دسته کارت‌ها را به حرکت در می‌آورد، همراه با بال به سمت راست حرکت می‌کند. تصویری برای چسبندگی یا اصطکاک، شکل ۲–۱ b، دقیقاً شبیه همان بازی با دسته کارت‌ها است. هر چند که لایه هوای نزدیک به بال، به بال می‌چسبد و با بال حرکت می‌کند. برای مشاهده‌ی بهتر می‌توان به بیرون پنجره نگاهی کرد. به نظر می‌رسد که بال ساکن است. دور از بال‌ها، هوا به راحتی جریان می‌یابد. این منطقه را معمولاً تحت عنوان لایه‌های مرزی هوا که از لایه‌های خارج از منطقه تا لایه‌هایی که موجب افزایش سرعت پرواز هواپیما می‌شوند، می‌نامند و این لایه‌های مرزی معمولاً خیلی نازک هستند.

درگ موج[1] (مقاومت کشش موج)

سومین شکل نیروهای مقاومت کششی (نیروی درگ) موجی است. احتمالاً ساده‌ترین روش برای درک بهتر درگ موجی، دیدن کمان موج در جلوی شناگر است. برای یک قایق یا یک شناگر، این موج را می‌توان به وضوح دید. در سرعت، کمان موج در جلوی شناگر قرار دارد و شناگر ضرورتاً به سمت بالا حرکت می‌کند. شناگر برای سوار شدن بر این موج همه تلاش خود را به کار می‌گیرد ولی نمی‌تواند بر آن سوار شود. این پدیده را تحت عنوان درگ (مقاوم کششی) ناشی از موج می‌نامند. برای هر شی، یک سرعت بحرانی وجود دارد که این امکان را به وجود می‌آورد که شی در تلاش برای سوار شدن بر آن موج است. این سرعت به‌عنوان محدوده (منطقه) سرعت شناخته می‌شود. فرمول برای محاسبه بخشی که بدن می‌تواند در آن بر درگ موج غلبه نماید: سرعت محدوده برابر است: $V_{hull} = ۱,۲۴۸ \times \sqrt{H}$

در این جا V_{hull} برابر است با محدوده سرعت، به معنی سرعت متر بر ثانیه شناگر و $\sqrt{H}$ برابر

1. Wave Drag

است با مجذور فاصله (ارتفاع) شناگر به متر. وقتی که V_{hull} زیاد می‌شود، شناگر حس سوار شدن بر موج را تجربه می‌کند. در چنین زمانی، درگ موجی به شدت کاهش می‌یابد ولی سرعت به همان شدت نیز افزایش می‌یابد. برای به تصویر کشیدن این موضوع، می‌توانید یک قایق موتوری را در نظر بگیرید که در ابتدا سعی می‌کند سریع حرکت کند و سپس تلاش می‌کند سریعتر حرکت کند. وقتی که در ابتدا پدال گاز را فشار می‌دهد، آن منطقه سرعت خیلی عمیق است به شکلی که ارتفاع کمان موج در جلو بیشتر شده و باعث می‌شود که پشت قایق به سمت پایین کشیده شود و قایق به سختی حرکت کند. وقتی سرعت قایق از سرعت منطقه بیشتر باشد، قایق بالاتر از سطح آب قرار خواهد گرفت و با سرعتی بیشتر و بالاتر از سطح آب حرکت خواهد کرد.

دلیلی که درگ موجی خیلی جذاب است، این است که منطقه سرعت در جلوی شناگر بیشتر از سرعت شناگران جهانی است. به‌عنوان یک شاخص تقریبی، گمان می‌رود که شناگری با دو متر قد، منطقه‌ی سرعت در جلوی آن حدود ۱/۷۶ متر بر ثانیه است. این سرعت در یک مسابقه‌ی ۱۰۰ متر برابر با ۵۶/۷ ثانیه است. البته زمان استارت و برگشت حذف شده است. امّا توجه داشته باشید که شناگران معدودی می‌توانند با این سرعت شنا کنند.

می‌توان شناگران حرفه‌ای را دید که چگونه بالاتر و یا خیلی پایین‌تر از آب شنا می‌کنند. اگر تلاش اوّلیه را مشاهده کنید. احتمالاً متوجه خواهید شد که به طور متوسط، شناگران سریعتر، در آب بالاتر هستند، در حالی که شناگرانی که آهسته‌تر شنا می‌کنند، پایینتر از سطح آب شنا می‌کنند. البته متغیرهای دیگری مثل درصد و توزیع چربی بدن، می‌توانند در پایینتر و یا بالاتر بودن شناگران در آب کمک نماید. هر چند که لباس‌های شنا که در سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۰۹ استفاده شده است نیز اثرات بسیار زیادی در میزان شناوری شناگران داشته است. شناگران به طور خودکار بیشتر می‌توانستند در سطح بالایی آب قرار بگیرند و بر نیروی مقاوم موجی برای رسیدن به حداکثر سرعت در آب، غالب شوند.

برای جمع‌بندی این بخش می‌توان یادآور شد که شناگران سه نوع درگ (مقاوم کششی) را تجربه می‌کنند که عبارتند از: درگ مقاومتی (کششی)، درگ اصطکاکی (چسبندگی) و درگ موجی. درگ مقاومتی (کششی) و درگ موجی، شکل‌های غالب درگ در شنا هستند. درگ اصطکاکی زمانی غالب است که بدن شناگران در وضعیت آیرودینامیکی قرار گرفته است مثل هواپیماها و یا حیوانات که میزان آن به سرعت بسیار بالای شنا و یا پرواز برای بقا است. در این حالات، اصطکاک غالب است نه به این دلیل که نیروی اصطکاک افزایش می‌یابد بلکه به این دلیل که میزان درگ فشاری با تغییر شکل بدن، بسیار کم است. توجه داشته باشید که ماهیان و پرندگان معمولاً نمی‌توانند حرکت یا پرواز کنند همان گونه که شناگران آن را انجام می‌دهند.