الفصل الثالث عشر

المحددات البيوميكانيكية والهيدروديناميكية لطرق السباحة التنافسية

obeikandl.com

obeikandl.com

الفصل الثالث عشر

المحددات البيوميكانيكية والهيدروديناميكية لطرق السباحة التنافسية

يحتاج كل من السباح، والمدرب، والمعلم إلى مدخل لدراسة الهيدروديناميك والبيوميكانيك كنقطة إنطلاق هامة لفهم طبيعة الحركات وتؤدى إلى الإقلال من المتاعب والمصاعب التى تواجههم فى المجال التطبيقى. ولابد وأن يرتبط هذا المدخل بالتجارب العلمية التى يقوم بها المتخصصون، كما لابد وأن يرتبط بالممارسة المصدر الحقيقى للخبرات.

ولكون حركة الإنسان فى الماء أمراً معقداً لذا فإن أمر تبسيطها ليس بالشىء السهل ـ كما أن بعض التجاوزات تتضح فى التطبيق مصدرها مدخل التخصص فى حل المشكلة. وهذا الفصل يهدف إلى عرض المفاهيم والأسس المستمدة من نتائج البحوث والدراسات التى وضعت إطاراً جديداً لمزيد من البحوث، وليس هناك شك أن هناك صلاحيات كبيرة ومميزات كثيرة وضحت فى أداد السباحة كنتيجة لدراسة الأفلام والتحليل الكينماتيكى للحركات، ولايفوتنا أن نسجل فى هذا الصدد جهود كل من اليابانيين والمجريين والأستراليين والأمريكيين.

بيوميكانيكية حركات وطرق السباحة:

من الأمور المعتادة أن يحكم المعلم أو المدرب على أسلوب أداء أى سباح على أساس مدى قربه أو بعده من الأسلوب المثالى للحركة، وغالباً مايكون هذا الأسلوب خاصاً بأحد الأبطال العالميين، وللأسف غالباً مايتم تقليد هذا الأسلوب دون دراية بالتفاصيل الميكانيكية، وعلى ذلك يتم تقليد نقاط الضعف والقوة معاً فى هذا الأسلوب. ولم توضح معظم الكتب السابقة سوى وصف حركات السباحة المطلوبة دون إيضاح سبب كون هذه الحركات ومدى صحتها والنواحى المؤثرة، كما تحدد الأخطاء الفنية دون أن تشرح سبب حدوثها وتأثيرها على الأداء.

ومن هنا تأتى أهمية الألمام بقواعد الهيدروديناميك فهو العلم الأساسى لفهم تكنيك السباحة وتزويد المدرب والسباح بالمعلومات التى تمكنه من تطوير أفكاره

وطرق أدائه.. ونأمل أن تساعد المناقشة التالية المستندة على قواعد الهيدروديناميك وأبحاثها على إيضاح بعض العوامل التى تؤثر على أداء السباح فى طرق السباحة التنافسية المختلفة. وبذلك يصبح كلاً من المعلم والمدرب فى وضع أفضل لتحليل أسلوب السباح فى الطرق المختلفة، ووصف وتفسير التعديلات اللازمة لتطويره وذلك بالتعرف على طبيعة القوى التى تعمل على جسم السباح وأجزاء جسمه.

القوى المضادة للسباح :

تعرف المقاومة الكلية للماء على الجسم بأنها مجموع تلك القوى التى تقاوم حركة الجسم للأمام خلال الماء، وتنشأ هذه القوى من ثلاث مصادر مختلفة للمقاومة وهى :

١ – الجر الناتج من مقاومة السطح *Surface - drag*

٢ – الجر الناتج من التموجات *Wave - drag*

٣ – الجر الناتج من شكل الجسم *Profile - drag*

ويعتبر المصدر الأول للمقاومة هو إحتكاك سطح الجلد، وهو إحدى القوى المعوقة* والناتجة عن حركة الماء للخلف وإحتكاكها بسطح الجسم الذى يتحرك للأمام، وتعتبر هذه القوى من أقل القوى المعيقة للسباح من حيث تأثيرها على سرعته. فكلما كان الجلد ولباس البحر أكثر نعومة، وكلما كانت مساحة سطح الجسم أقل كلما قلت هذه المقاومة.

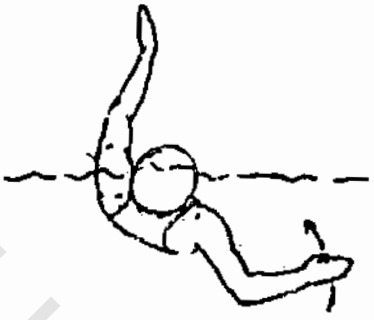
والمصدر الثانى للمقاومة هو المقاومة الأمامية، وهو إرتفاع فى الماء يتكون فوق سطح الماء أمام السباح الذى يتحرك للأمام، وكلما زادت سرعة السباح إزدادت هذه الموجة أمامه. ويضغط هذا الحائط المائى على السباح للخلف. ويمكن إيضاح هذه النقطة بالمثال التالى:

إذ لاحظنا عمود كوبرى على سبيل المثال موجود فى وسط نهر تأملنا سرعة التيار نجد إنه كلما زادت سرعة تيار الماء كلما تشكلت موجه أكبر أمام العمود.

---

* القوى المضادة لإتجاه الحركة.

وتتشكل هذه الموجات الأمامية أمام أى جزء متقدم من الجسم يتحرك للأمام (شكل ٨، ٩، ١٠)



(شكل٨)

(شكل٩)

ويزيد حجم موجة المقاومة الأمامية بزيادة تحرك الجسم لأعلى ولأسفل علاوة على زيادة سرعة السباح. وعندما يكون جسم السباح تحت سطح الماء تكون مقاومة الموجة الأمامية أقل مايمكن.

أما أكثر المقاومات تأثيراً فى السباحة هى المقاومة الناتجة عن شكل الجسم، والتى تسمى أحياناً بالمقاومة الأمامية، ويعتمد مقدار هذه المقاومة على حجم وشكل وزاوية هجوم السباح وسرعته.

obeikandl.com

فعندما يتحرك الجسم للأمام فى الماء الساكن، يمكن أن يوصف الماء بأنه يتحرك للخلف بالنسبة للجسم. كما أن جسم السباح يدفع الماء إلى الجانبين ليفسح مكاناً لمروره، ولذلك كلما زادت المساحة الأمامية للجسم وأجزاءه المتحركة للأمام خلال الماءكلما زادت المقاومة الناتجة عن الشكل، وتسمى هذه المقاومة أحياناً بمقاومة الضغط وذلك للأختلاف الذى ينشأ فى الضغط على السطح الخلفى للجزء الذى يتحرك خلال الماء. فتتكون مناطق الضغط الأعلى على الأسطح المتقدمة للجسم ومناطق الضغط الأقل (المنخفض) على الأسطح الخلفية حيث توجد دوامة من الماء من هنا ينشأ التأثير الماص فتكون النتيجة قوة عكسية للخلف.

(شكل ١٠)

وكلما زادت سرعة الجسم (وبالتالى زيادة حركة الماء بالنسبة للجسم) يزداد الفرق فى الضغط وتزداد المقاومة زيادة مضطردة.

ويمكن الحد من المقاومة الناتجة عن شكل الجسم بدرجة كبيرة وذلك بإقلال المساحة الأمامية والتى تواجه تيار الماد، ومثال ذلك عندما يكون الجسم فى وضع أفقى (كما فى سباحتى الزحف على البطن والظهر)، وليس فى الوضع الذى تكون فيه الرجلين فى وضع منخفض نسبياً عن الجسم كما فى سباحة الصدر (أبطىء طرق السباحة).

وإذا كان شكلالجسم إنسيابى (مسحوب بالتدريج من الأكتاف إلى الجذع إلى الأقدام) تكون المقاومة الناتجة عن شكل الجسم أقل منها فى حالة الجسم غير

المنتظم فى الشكل. حيث تسبب الأجزاد المرتفعة تياراً من الماء تختلف سرعته حول هذه الإرتفاعات وتتكون دوامات فى الجانب الخلفى منها مكونة مناطق ضغط منخفض أو إمتصاص. وتلعب التدريبات البنائية لجسم السباح دوراً كبيراً فى تحديد شكل الجسم المناسب للسباح. ويمكن التحكم فى المساحة الأمامية التى تواجه تيار الماء بإعتبارها عاملاً يمكن تغييره بتغيير وضع الجسم وحركة أجزاءه للأمام خلال الماء أثناء رجوع هذا الجزء أو تجهيزه للحركة التالية.

ولكى يحافظ السباح على سرعته ثابتة فى الماء يجب أن تتغلب القوى المحركة على مجموع المقاومات المختلفة للماد. فإذا أراد السباح أن يزيد من سرعته يجب أن تكون القوى المحركة زكبر من المقاومة الكلية لشكل الجسم والإحتكاك ـ أما إذا كانت أكبر من القوى المحركة فإن ذلك يؤثر على سرعة الجسم سلباً.

ويظهر التذبذب فى السرعة واضحاً فى سباحتى الزحف على الظهر وسباحة الصدر تبعاً لحركات الدفع المتتالية لأجزاء الجسم والمقاومة الناتجة عنها أثناء الحركة الرجوعية للأجزاء تحت الماء.

ولكى تكون هذه المقاومة أقل مايمكن يجب أن تكون سرعة الحركة الرجوعية أقل نسبياً وأن تكون أسطح الأطراف المواجهة لتيار الماء أقل مايمكن. ولكى تكون الإستفادة كاملة من حركات الأجزاء أثناء الدفع للأمام يجب أن يكون باقى أجزاء الجسم فى وضع يحقق الإنسيابية لتكون مقاومة الماء به أقل مايمكن.

أما التذبذب فى السرعة فى سباحة الفراشة فإنه أقل وضوحاً ـ وذلك لايعنى عدم وجوده ـ حيث تقلل الحركة الرجوعية المزدوجة للذراعين خارج الماء من المقاومة قياساً بالحركة الرجوعية المزدوجة للذراعين تحت الماء فى سباحة الصدر مثلاً. كما توفر حركات الرجلين والجذع فى سباحة الدولفين دفعاً مستمراً للأمام. كما يلاحظ أن سرعة الجسم تكون أكثر إنتظاماً فى سباحة الزحف على البطن والزحف على الظهر وذلك لأن أجزاء الجسم تعمل على توفير قوى محركة متتالية (إستمرار تطبيق الدفع) خلال الدورة الواحدة الكاملة للذراعين.

القوى المحركة للسباح للأمام :

تتعرض النظرية التقليدية والخاصة بإستخدام الذراعين كمجاديف لدفع الجسم إلى الأمام للنقد كأصلح تكنيك للسباحة. وتأتى منطقية هذا الرأى من فكرة السباح عن كيفية عمل ذراعيه تحت الماء. كما تأتى أيضاً من الإنطباع الذى تتركه الذراعين للمشاهد لها من الخارج. وكنتيجة لهذين الإنطباعين البصرى والحركى تم وصف حركات الذراعين وعلاقتها بجسم السباح فقط. وتفيد وجهة النظر هذه فى شرح حركات السباحة من ناحية أحساس السباح بها، إلا أنها تتجاهل حركة الذراع واليد بالنسبة للماء الساكن حولها. وفى الواقع تعتبر العلاقة بين الأطراف والوسط المقاوم (الماء) هى المسئولة عن القوى التى تحدث الدفع للأمام.

لذا نجد أهمية فهم نوعى القوى التى يمكن أن تنتج عن حركة اليد خلال الماء حتى يمكن تقييم أسلوب السباحة تقييماً علمياً صحيحاً ـ وهذين النوعين هما :ـ

١ – قوى الدفع المعاكس لإتجاه حركة اليد فى الماء.

٢ – القوى المحركة الرافعة على اليد.

وفيما يلى توضيح لكل منهما

قوى الدفع المعاكس لإتجاه حركة اليد فى الماء :

تعتبر قوى الجر على اليد هى تلك القوى التى تواجه الجسم فى إتجاه الجسم فى إتجاه عكس حركة اليد فى الماد فتعمل قوى الجر فى إتجاه أمامى ضد حركة اليد للخلف خلال الماء. مثلما تعمل مقاومة الجسم فى إتجاه خلفى. وتتكون المقاومة على اليد أثناء تحركه للخلف فى الماء بحيث ينتج عنها دفع اليد للأمام. وتنشأ منطقة ضغط مرتفع على راحة اليد أثناء الحركة للخلف، ومنطقة ضغط منخفض على ظهر اليد. ولكى تنشأ أى مقاومة لابد وأن تتحرك اليد خلال الماد ـ أى يجب أن يكون هناك تياراً من الماء يتحرك بالنسبة لليد. وكلما زادت سرعة

الحركة أو زادت مساحة الكف أو كلاهما كلما زادت قوى المقاومة على اليد.

والإعتقاد الشائع بأن يدفع السباح اليد فى الماء للخلف مباشرة لكى يتحرك جسمه للأمام مباشرة ـ غير صحصح ـ فالسباح يشعر بضغط زكبر على يديه عندما يحرك ذراعه فى الماء من الخلف بشرعة، ولكن يتبادر للذهن تساؤل كيف تستخدم هذه المقاومة الواقعة على اليد فى دفع الجسم للأمام؟

وقبل الإجابة على هذا التساؤل يجب أن نبحث فيما يلى :

نتخيل أن اليد تقبض على مقبض تحت الماء لايتحرك للخلف عندما يجذبه الذراع. وعندئذ يتحرك الجسم للأمام لإنقباض عضلات الذراع والكتف تاركاً هذا المقبض الثابت إلى الخلف بما يعادل طول حركة الذراع وإذا تصورنا أيضاً أن هذا المقبض ليس ثابتاً وإنما يتحرك للخلف بالضغط عليه، إذن فلن يتحرك الجسم نفس المسافة المعادلة لطول حركة الذراع وإنما لمسافة أقل كثيراً وذلك لأن اليد تتحرك للخلف.

ولما كان الهدف من ضربة الذراع هو تحريك كتلة الجسم للأمام فإن أى حركة لليد للخلف ينتج عنها حركة أقل للإمام.

ونعود لنتصور الآن كيف تستخدم مقاومة الماء على الكف فى تحريك الجسم للأمام ؟ ويأتى الجواب وفقاً لما ذكرنا عاليه « فى حالة المقبض الذى يتحرك للخلف» تتسبب مقاومة الماء على اليد فى إنتاج قوى عكسية تستخدم كمقبض، ولكن لابد وأن يكون مقبضاً منزلقاً حيث لابد وأن يكون مقبضاً منزلقاً حيث لابد وأن تتحرك اليد (أو تنزلق) إلى الخلف بسرعة أكبر ومعنى ذلك أن ينتج عن حركتها كمية أقل من حركة الجسم للأمام. وبذلك يكون الناتج هو حركة أقل للجسم للزمام بالمقارنة بمسافة حركة الذراع.

ويجدر الإشارة إلى أن إستخدام لوح الكفين تزيد من مساحة الكف وبالتالى يزيد مقاومة الماء لليد دون الحاجة لزيادة سرعة اليد للخلف فى الماء. وعلى ذلك فعند إستخدام لوح الكفين البلاستيك فى التدريب يقل إنزلاق الكف للخلف وتزيد

حركة الجسم للأمام فى ضربات الذراع المستقيمة للخلف. ومازال موضوع إستخدام الكف البلاستيك فى التدريب فى فترة التعلم محل تساؤل حيث نلاحظ أن سباحى المستويات لايستخدمون الشد بالذراع المستقيمة للخلف فى أى من طرق السباحة. ومن الواضح عدم كفاءة الكف وحده كمجداف لإنتاج قوى المقاومة فى الماء أثناء حركته للخلف. وفيما يلى الطريقة الكفء لإستخدام الأيدى لدفع الجسم للأمام.

القوى المحركة «الرافعة» على اليد :

تنتج قوى الدفع إلى أعلى «الرفع» بواسطة حركات جانبية صغيرة أو كبيرة لليد داخل الماء، ومن المهم أن نوضح أن إتجاه الرفع ليس بالضرورة لأعلى كما يفهم من كلمة «الرفع». فالرفع هو الضغط الواقع على راحة اليد عند حركتها فى الماء وكما يلزم أن تتحرك اليد خلال الماء لخلق قوة المقاومة فى الحركة المستقيمة يلزم أيضاً أن تتحرك اليد لينتج عنها قوى الرفع فى حالة وضع اليد المائلة.

وشكل اليد المسطح والذى يشبه جناح الطائرة يمكننا من إستخدامه كهيدروفويل (سطح إنسيابى مائل رافع) لكى ينتج عن حركته قوى رفع عمودية على حركة اليد فى الماء. ويمكن شرح قوى الرفع وفقاً لقاعدة برنولى[١] التى تذكر إنه فى منطقة التيار السريع (إنسياب الماء بالنسبة لحركة اليد) تتكون منطقة ضغط منخفض، وفى منطقة التيار البطىء تنتج منطقة ضغط مرتفع. فعلى سبيل المثال عندما يمر الهواء حول جناح طائرة فنظراً لتصميم الجناح الخاص تكون السرعة فوق الجناح أكبر، وبذلك تتكون منطقة ذات ضغط أقل. أما تحت الجناح فيكون تيار الهواء أبطئ وتتكون منطقة ضغط أعلى، ونتيجة لذلك تكون هناك محصلة لقوى تتجه من منطقة الضغط العالى تحت الجناح إلى منطقة الضغط المنخفض فوق الجناح. ونفس الفرق فى الضغط يتكون على يد السباح عندما يشق طريقه فى الماء بزاوية ميل صغيرة بين اليد وإتجاهه فى الماء.

---

(١) يرجع للمؤلف فى كتاب «مقدمة للأسس العلمية للسباحة» ط ٢ دار المعارف ١٩٨٠.

وإذا تخيلنا إستخدام قوى الرفع حيث يبدو السباح يدفع الماء بواسطة حركات أفقية لليد المائل مع تثبيت الكتفين. كما يتضح كيف تنتج قوى الرفع (فى هذه الحالة إتجاهها إلى أعلى) ؟ على اليد عند حركتها فى الماء بحيث يقابل تيار الماد راحة اليد بزاوية صغيرة. ولايتحرك الكف إلى أسفل فى إتجاه الرجلين ولكن فى حركة داخلية وخارجية فى نفس المستوى الأفقى تحت الماء وبهذه الطريقة تخلق الأيدى مايسمى «بمقابض الرفع» والتى توفر رد الفعل على الأيدى واللازم لإبقاء الرأس فوق سطح الماء.

وإذا تخيلنا السباح فى وضع أفقى فى الماء ويؤدى نفس الحركات بذراعيه وراحة اليد للخلف تتكون قوى الرفع الناتجة فى إتجاه أفقى للأمام، وإذا ثبتت عضلات الكتفين كما تعمل عندما تتحرك اليد والذراع نحو الرجلين، فى نفس الوقت التى تشق اليد طريقها بطول الجسم فإن قوى الرفع المتجهة للأمام ستوفر مقبض ثابت نسبياً يدفع الجسم للأمام خلال الماء مع إنزلاق بسيط لليد للخلف وعلى ذلك فإن القوى الرافعة الأفقية على اليد أثناء حركتها المائلة خلال الماد الساكن وفى إتجاه عمودى على إتجاه الجسم توفر مقبضاً ثابتاً نسبيا وبالتالى يمكن أن يتحرك الجسم مسافة أطول مع كل ضربة أو إنقباضه لعضلات الكتف.

ويتضح من الأفلام الخاصة لسباحى المستويات العالية والمصورة من عدة إتجاهات فى نفس الوقت أن الأيدى تستخدم فعلاً ضربات تشق الماء الساكن بزاوية بحيث تكون مايشبه المقبض حيث يستخدمه السباح لدفع جسمه للأمام مع كل دورة. كما تلاحظ أن الأيدى لاتتحرك للخلف مباشرة فى الماء الساكن رغم أن الإنطباع السائد لدى السباح هو أن الكف يتحرك للخلف مباشرة.

ومن الناحية التشريحية فإن أفضل طريقة لتنفيذ الضربات الجانبية بزكبر قوة مع ثبات عضلات الكتفين ويحدث ذلك عندما يتحرك الجزء العلوى من الذراع فى مستوى الكتف. وفى هذا الوقت تكون معظم قوى الرفع على اليد فى الإتجاه المطلوب لحركة الجسم. وعلاوة على ذلك تحدث أكبر كمية دفع للجسم للأمام كأستجابة لحركة الذراع. ويلاحظ ذلك فى الزحف على البطن والفراشة عندما

يمتد المرفق تحت الجسم. وفى سباحة الظهر تتضح عندما يكون المرفق فى مستوى الكتف. وفى سباحة الصدر تتضح عندما يتجه الكف للخارج ثم للداخل.

تأثير ضربات الرجلين والذراعين على السرعة الكلية أثناء سباحة الزحف على البطن :

ليس هناك إتفاق بين المتخصصين حول أهمية ضربات الرجلين فى سباحة الزحف على البطن. فالبعض يعتقد أن لها أهمية كبيرة فى القوى المحركة، والبعض ير أنها مطلوبة للحفاظ على وضع الجسم الأفقى فقط. وعلاوة على ذلك أختلفت الآراء حول عدد ضربات الرجلين المطلوبة لكل دورة ذراعين. وأصبحت هذه المشكلة موضع إهتمام العديد من الباحثين الذين تناولوها بالدراسة بطرق مختلفة . فاستخدم كونسلمان أجهزة السحب لقياس التأثير الحقيقى للرجلين ـ حيث يؤدى السباحون ضربات الرجلين أثناء سحبهم خلال الماء بسرعات مختلفة، ويقاس الدفع للأمام. وأظهرت النتائج بشكل عام أن ضربات الرجلين تساند الدفع للأمام فى السرعات التى تقل عن ١,٥ متر/ث. أما السرعات التى تزيد عن ١,٥ متر/ث فإن ضربات الرجلين لاتؤدى إلى أى زيادة فى سرعة السحب بل على النقيض تؤدى إلى تأثير معيق.

وفى دراسة أجراها مؤخراً بوشر Bucher بهدف تقويم الفاعلية النسبية لضربات الرجلين والذراعين على السرعة فى سباحة الزحف على البطن والتى أجراها على مجموعة من السباحين من مختلف الأعمار (٧٦سباح) ومن مستويات مختلفة وتم تقسيمهم إلى ثلاثة مجموعات كما يلى :

المجموعة الأولى ٢٨ سباح ذوى مستوى جيد (السرعة = ١,٥٥ متر /ث)

المجموعة الثانية ٣٥ سباح متوسط المستوى (السرعة = ١,٣٠ متر/ث)

المجموعة الثالثة ١٣ سباح ذوى مستوى متواضع (السرعة = ٩٩, متر /ث)

تم إختبارهم كالتالى :

أ – ١٥ متر ضربات رجلين

ب – ١٥ متر ضربات ذراعين

جـ – ١٥ متر ضربات رجلين وذراعين

بشرط أن يقطع مسافة ١٥ متر بأسرع مايمكن – مع ملاحظة أن البدء للسباحة بالدفع من الحائط بأقل عدد من مرات التنفس.

وتوصل إلى النتائج التالية (جدول ١٢).

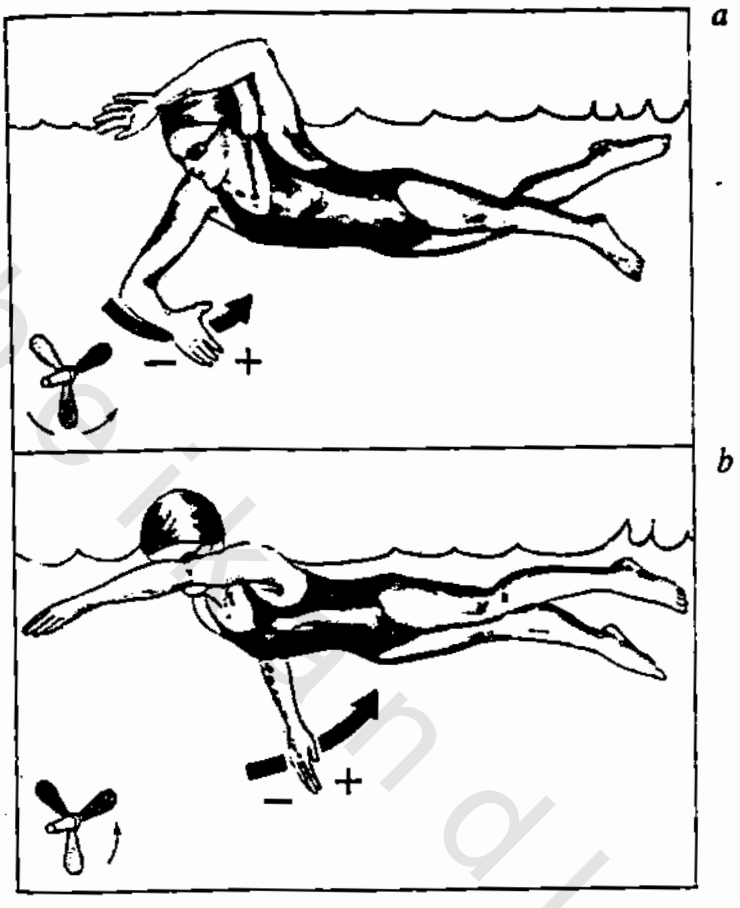
obeikandl.com

(جدول ١٢)

متوسط الأزمنة والسرعات والنسبة المئوية للمجموعات الثلاثة

	١٥ متر ضربات ذراعين			١٥ متر ضربات رجلين			١٥ متر زحف على البطن	
	زمن الذراعين بالثانية	سرعة الجسم متر / ث	نسبة إشتراك الذراعين فى السرعة	زمن الذراعين ث	سرعة الجسم متر / ث	نسبة إشتراك الرجلين فى السرعة	الزمن ث	السرعة قدرات
ون مستوى	١٠,٧٧	١,٤٠	٩١,٣٠	١٦,٥١	,٩٣	٦٠,٤	٩,٧٥	١,٥٥
ون طون	١٢,٩٠	١,١٧	٩٠,٥٠	١٩,٨٩	,٧٧	٨٥,٩٠	١١,٥٩	١,٣٠
ضعاف ى	١٧,٧٣	,٨٩	٩٠,١٠	٢٦,—	,٦١	٦١,٧٠	١٥,٣٦	,٩٩

obeikandl.com



وتبين أن ضربات الذراعين ذات فاعلية كبيرة فى القوى المحركة فى المجموعات الثلاثة . وإتضح أن القوى المحركة من الرجلين تعتبر أقل من القوى المحركة الناتجة ن الذراعين. أما عن العلاقة بين الأزمنة فوق ١٥ متر والمائة متر أتضح إنها علاقة قوية (٩٩,).

وإستخلص من هذه الدراسة الهامة مايلى :

أ – تؤدى ضربات الذراعين بمفردها إلى الحصول على ٩١,٣٪ من سرعة السباح جيد المستوى، ٩٠,٥٪ للسباح المتوسط، ٩٠,١ للسباح متواضع المستوى.

ب – تؤدى ضربات الرجلين مايمثل ٦٠,٤٪ من السرعة للسباح الجيد، ٥٨,٩٪ للسباح المتوسط ، ٦١,٧٪ للسباح متواضع المستوى من سرعة السباحة

بالطريقة كاملة.

دور البحوث البيوميكانيكية فى تطور مستوى السباحة .

ونهدف فى هذا الفصل تقويم بعض إتجاهات البحوث البيوميكانيكية فى السباحة، كما نسعى للتعرف على أهمية التساؤلات التى طرحت فى هذه البحوث والإجابات التى تم التوصل إليها من خلال الإجراءآت البحثية المتبعة فى تلك البحوث. فمن المعروف أن هناك إعتبارا هاما عند قياس زمن السباح فى السباق ككل، والذى يعبر عن كفاءة أداؤه بشكل أو بآخر. فزمن السباق يساوى مجموع الأزمنة المأخوذة للبدء والضربات والدوران.

لذا فسوف نناقش هذه الأبعاد الثلاثة فيما يلى :

زمن البدء Starting Time

يعرف زمن البدء بإنه مجموع الوقت المستغرق من بدء إشارة البدء حتى مغادرة القدم للمكعب أو الحائط ـ كما يعرف الزمن المستغرق من مغادرة القدم للمكعب أو الحائط حتى بدء دخول اليد للماء بزمن الطيران The flight time كما يعرف الزمن من لحظة الإتصال بالماء حتى بداية الضربات (رجلين / ذراعين) بزمن الإنزلاق The glide time.

هذا وأجريت العديد من الدراسات حول التكنيك المستخدم فى البدد . ويمكن تقسيم هذه الدراسات إلى ثلاثة مجالات :

١- دراسات وصفية تستند على القياسات العريضة لتكنيك البدء على سبيل المثال، وزمن البقاء فوق المكعب، زمن الطيران ومسافته، وزمن الإنزلاق ومسافته (إيست East ١٩٧٠)، ميللر وهاى ووريلسون Miller , Hay & Wilson ١٩٨٤.

٢- دراسات مقارنة بين مختلف أساليب التكنيك المستخدمة ومحاولة تقويمها (هاى ١٩٨٥ زاتيورسيكس، بولجاكوفا وشابليانكى Hay, Zatsiorsky, Bulgakova & Chaplinsky ١٩٧٩. وذلك للوقف على مزايا كل منها

مثل درجة تأثير الممارسة ومقدارها، ودرجة تعقيد وصعوبة التكنيك قيد الدراسة مما يؤثر تأثيراً كبيراً فى النتائج. وبالإستناد إلى ذلك تعد معظم الدراسات التى تأخذ فى الإعتبار عاملى الممارسة ودرجة صعوبة التكنيك فى الدراسات ذات النتائج التى يمكن أن نعتد بها. وعندما يظهر تكنيك جديدتؤدى إلى تحسن النتائج حتى ولو كان أكثر صعوبة وتعقيداً ويحتاج لقدر من الممارسة والتدريب عن التكنيك القديم فإن الأمر يتطلب رسم إستخلاص مفيد من دراسة هذا النوع من التكنيك وهاى Hay ١٩٨٣ ، وبالطبع فإن هذا أمراً فى متناول اليد.

وبالرغم من ذلك تناولت دراسات قليلة العوامل التى تؤثر على النجاح فى أداء طرق البدء المختلفة سوف نعلق على إثنتان منها. فى الدراسة الأولى قام يوشيدا وسانتو Yoshida & Saito (١٩٨١) بدراسة البدء الخاطف لثلاثة سباحات (١٢-١٦ سنة) و ٩سباحين (١٧-٢٤ سنة) وهن من سباحى الفريق القومى اليابانى المشترك فى دورة ١٩٨٠ الأوليمبية وتوصلوا إلى مايلى :-

* الزمن من إشارة البدء حتى وصول مركز ثقل السباح على بعد ٥ متر من الحائط ـ يعرف بزمن البدء ـ على علاقة كبيرة بأزمنة سباحة ٢٥، ٥٠ متر الأمر الذى يوضح أهمية التأكيد على هذه المرحل (البدء) للأداء فى هذه المسافة.

* السرعة الأفقية لحظة الإرتقاء، وسرعة الإنزلاق يرتبطان إرتباطاً جوهرياً مع زمن البدء وليس ببعضها البعض، وكلاهما له تأثير وأهمية كبيرة لتحديد زمن البدء.

* يرتبط الطول والوزن إرتباطاً جوهرياً بزمن البدء وبعض المتغيرات الملاحظة الأخرى.

وبالفحص الأولى تبين أن هذه المعطيات تبدو مؤكده وتشير إلى مايمكن مثوله وتوقعه. ومع ذلك عندما يتم إجراء معامل إرتباط بين هذه القياسات وغيرها بزمن البدء ومع الطول والوزن فإن معنوية هذه الإرتباطات تبدو ضعيفة. وبإفتراض أن الغرض من مثل هذه الدراسات هو تحديد خصائص تكنيك معين له تأثير جوهرى

على النتائج (وليس تحديد تأثير المتغيرات الأنثروبومترية) فإنه من المنطقى أن يقترح أن هناك متغيرات مؤثرة يجب ضبطها والتحكم فيها خلال التجارب. وهو إجراء ممكن وليس بعيداً.

ويجدير بالذكر أن معظم التجارب التى أجريت قد أهملت التحكم فى العوامل الأنثروبومترية وتأثيراتها على الفروق بين السباحين.

والدراسة الثانية (چينيراس وهاى Guinaraes & Hay ١٩٨٥) وهى دراسة تستحق التعليق وذلك لمواجهتها بعض المعتقدات الشائعة منذ وقت كبير حول طرق أداء البدء وتتضمن هذه الدراسة تحليل للبدء الخاطف أخرى على ٢٤ سباح حيث أوى أفراد العينة سلسلة من العدائيات مع الإنزلاق حتى لمس الحاجز الموضوع على بعد ٩ متر من البداية.

كما أن المتغيرات المقاسة فى هذه الدراسة كانت مرتبطة إحصائياً بزمن البدء، والطول والوزن ومن أهم نتائج هذه الدراسة.

* يعد زمن الإنزلاق من أهم العوامل فى البدء من المكعب .
* تختلف مسافة الإنزلاق من سباح لآخر وهى ليست ذات علاقة جوهرية مع زمن البدء.
* يرتبط معدل سرعة الإنزلاق بزمن الأنزلاق.

وهذه النتائج تطابقت مع الحقيقة الواردة حول السرعة الأفقية لحظة دخول الماء وعلاقتها غير الجوهرية بزمن البدء. وأظهرت هذه الدراسة أن أكثر العوامل مساهمة فى النجاح لأداء البدء الخاطف ليس هو الطيران قبل الدخول للماء بل هو ماذا يؤدى السباح للإقلال من القوى المضادة (المقاومة) أثناء الإنزلاق. وأظهرت الدراسة أيضاً أهمية التركيز فى الأداء والتكرار، والتغير فى التركيز على وضع الجسم والحركة على المكعب وفى الهواء إلى التركيز على الإقلال من قوى المقاومة المواجهة للسباح أثناء مرحلة الإنزلاق وتعد هذه التوصية من الأمور المهمة لنجاح البدء الخاطف .

زمن الدوران Turning Time

لم يحظى تكنيك الدوران بدراست كثيرة ـ فمن ضمن ٣٣٦ دراسة تتعلق بتكنيك السباحة، أهتمت ٢٠ منها فقط بالدوران وتكنيكه. وكذلك من ضمن ١٥٢ بحث منشور فى كتيبات المؤتمرات الدولية للميكانيكية الحيوية (أربعة مؤتمرات) فى السباحة أهتم بحثين فقط بالدوران.

وعلاوة على ذلك نجد من مجموع ٢١ دراسة من كلا المصدرين المشارة إليهما تضمنت ١٧ دراسة على الأقل تتضمن مقارنة بين تكنيكين أو أكثر تم تصميمها فى الحدود السابق الإشارة إليها.

والسبب فى عدم الكفاية ليس صعب الإكتشاف:

فليس هناك طرق بسيطة، وملائمة وبارعة متاحة لهذه الدراسة التى تهدف إلى دراسة تكنيكات الدوران. وفى هذا الصدد تشجع عدد قليل من الباحثين بالدخول فى مجال التحليل مع صعوبته، ومع إستخدام التحليل السينمائى ثلاثى الأبعاد الذى أصبح متاحاً فى كثير من المعامل فى هذه الآونة. وتحت هذه الظروف فقد كان التقدم بطيئاً ولن يزداد هذا المعدل إلا بإستخدام الحديث من الأجهزة والأدوات.

زمن الضربة Stroking Time

يتحدد زمن الضربة للسباح بالمسافة ،معدل السرعة التى تقطع بها هذه المسافة.

والمسافة المتضمنة عادة ماترتبط بمسافة السباق، ومعدل السرعة بواسطة معدل طول الضربات (المسافة المقطوعة فى كل ضربة) ومعدل السرعة فى كل ضربة أو معدل الضربات) فمعدل سرعة السباح هى ناتج العوامل التالية :ـ

$$S = SL \times SF$$

S : معدل السرعة

SL: معدل طول الضربة (مشوار الضربة)

SF: معدل تكرار الضربات فى الثانية.

العلاقة بين معدل طول الخطوة (المشوار) ومعدل تكرار الضربات فى الثانية ومعدل السرعة

أجريت العديد من الدراسات لمعرفة تأثير مختلف العوامل على طول الضربة، ومعدل الضربات وتأثيرهما على سرعة السباح ونتجته. ومعظم هذه الدراسات فى الغالب ذات نتائج مرتبكه وذلك لأن نتائج واحدة منها تبدو عكس نتائج الأخرى. وعلى ذلك يمكن للفرد ملاحظة كيف تزداد سرعة السباح عند حركته التناقصية من ٢٠٠ : ١٠٠متر عادة مايتأتى عن طريق زيادة معدل الضربات وإنقاص طول الضربه. وعلى ذلك يمكن أن نلخص إلى أن التأكيد والتركيز فى التدريب يجب أن ينصب على زيادة معدل الضربات فى الثانية وإنقاص طولالضربة.

فإذا تم إختبار الفروق بين مجموعة سريعة ومجموعة غير سريعة يلاحظ أن السباحين ذوى السرعة العالية لديهم معدل طول ضربة أطول .

وهنا يمكن أن يستخلص البعض أنه يجب التركيز على زيادة معدل طول الضربة. ألا أن هناك بعض الإستثناءات فحقيقة الأمر تظهر فى :

(أ) لزيادة السرعة (بالتقصير) (بأداء ضربات الرجلين فى نهاية السباق) فإنه يجب أن يعمل الفرد لزيادة معدل تكرار الضربات .

(ب) لزيادة السرعة يجب العمل على زيادة طول الخطوة .

رصد طول الخطوة، ومعدل الضربات والسرعة :

ظهرت محاولات محدودة لتطوير لإجراءات التى تمكن المدرب فى تحديد طول الخطوة، ومعدل الضربات، والسرعة وذلك بشكل يتميز بالسهولة لإستخدامه خلال التدريب والمسابقات.

وتم تصميم ساعة خاصة بسيطة لقياس معدل الضربات وسرعتها (هاى ، وچيوميراس وجريمستون ١٩٨٣) ، وبعد ذلك شاع إستخدام وسائل القياس الرقمية (نيلسون – كيللرمان) وكلا الساعتين ذات فائدة كثيرة ويمكن لأحدهما أن يحل محل الأخرى ألا أن البيانات المستمدة من هذه الساعات ليست كافية

بدرجة مناسبة إلا فى حالة القدرة على تجميع البيانات الخاصة بطول الخطوة ومعدل الضربات والسرعة فى آن واحد.

وبذلت محاولات كثيرة لتطوير الأجهزة المستخدمة لتتمكن من تسجيل هذا البارامترات الهامة مجتمعة. وأول أجيال هذه الأجهزة هو مايسمى «بكومبيوتر ضربات السباحة» والذى صمم ليحمل باليد وبدأت عمليات التطوير فى الإستمرار حتى أصبح هناك عدد من الأجهزة المتطورة والتى يمكنها قياس هذه المتغيرات وغيرها بسرعة مذهلة ودقة متناهية.

القوى المحركة *Propulsive forces*:

يحدد معدل طول الضربة القوى الناتجة من السباح فالقوى المحركة والواقعة للسباح للأمام خلال الماء والناتجة من قوى الحركات عكس إتجاه التقدم وكرر فعل تلك القوى ، تنشأ القوى المقاومة للجسم فى الماء .

وتناولت العديد من المقالات والبحوث القوى المحركة والميكانيزمات الخاصة بها. ومعظم هذه البحوث تركزت فى القوى المحركة الناتجة عن الذراعين. وظهرت العديد من النظريات المتقدمة فى هذا الخصوص.

نظرية قوى الجر الدافعة *Propulsive drag*:

تحظى هذه النظرية بقبول واسع، والتى تفترض أن السباح يدفع نفسه خلال الماء عن طريق الشد والدفع بالذراعين بشكل مباشر للخلف. وهذه الحركة أثارت الجدل والنقاش حول رد الفعل الناتج والدافع للجسم للأمام .

وبالرغم من أن نظرية قوى الجر الدافعة قد حظيت بقبول طول عدة عقود ألا أنها عرفت الآن بالشىء المضاد والمعاكس للبراهين فى حالات كثيرة. والسبب فى القبول الواسع لنظرية قوى الجر ليس بالأمر الصعب. فهو يقع فى الإختيار الخاص بالإطار المرجعى وخاصة فى حالة إختيار الإطار المرجعى المتحرك بمعدل متغير زكثر منه فى حالة أختيار إطار مرجعى جامد أو بمعنى آخر يتحرك بمعدل صغر أو بمعدل ثابت.

وبتعبير أوضح وأسهل نجد أنه فى حالة سباح الزحف على البطن والذى يؤدى ضربات الذراعين بالأسلوب الرأسى المستقيم، والذى تتحرك فيه الذراع خلال ٤٥° كل ا.و.ث فحركة الذراع بالنسبة للكتف، والمسار المتبع بواسطة اليد فإذا كان الكتف ثابتاً فإن قوى الجر الناتجة على اليد سوف تعمل فى إتجاه مماسى للمسار المتبع بواسطة اليد، والمركبة الأمامية الأفقية القوى الحر هذه يمكن أن تقوم بوظيفة دفعية (محركة). والكتف مع ذلك تتحرك للأمام بالنسبة إلى جانب الحمام، بسرعة تقريبية تساوى السرعة الأفقية لمركز ثقل جسم السباح.

وبتوحيد وجمع تأثير حركة الكتف (بالنسبة لجانب الحمام) وحركة اليد (بالنسبة للكتف) ينتج ويبرز مسار اليد حتى تكتمل دورة الضربة مع وجود اليد أماماً حيث تكون حركة اليد السائدة رأسية (أكثر منها أفقية) الإتجاه وعلى ذلك فإن شكل اليد ومسارها يحدد ولدرجة كبيرة قدرة السباح على إستخدام قوى الجر كمصدر للقوى المحركة الناتجة من الذراعين.

القوى الدافعة الرافعة *Propulsive lift Theory*:

كشف النقاب عن نظرية القوى الرافعة منذ ١٦سنة فى المؤتمر الأول للبيوميكانيك فى السباحة والذى عقد فى بروكسل. وفى نفس الصدد توصل كونسلمان (١٩٧١) إلى أن ممر حركة اليد للسباحين العالميين يتضمن حركات جانبية جوهرية (أو حركات تجديف) بمعنى أنها تنحرف عن الخط المستقيم الموازى للخط المنصف للجسم. وقد دافع كونسلمان بشدة عن هذا الأسلوب ألا أنها وجدت آراء كثيرة معارضة. ويرى كونسلمان ومؤيدوه أن الحركات الخارجية لليد تعين السباح على إستخدام قوى الرفع كقوى محركة، وتوصلت العديد من الدرسات لمثل هذه النتيجة (بارسيلز وأدريان Barthels & Adrian ١٩٧٥) شيلهوف Schleihauf ١٩٧٤، ١٩٧٦، ١٩٧٩، ١٩٨٤، شيلهوف وجراى وديروز Schleihauf , Gray , Derose ١٩٨٣، فالنيت Valiant١٩٨٠، وود Wood ١٩٧٩) حيث أظهرت هذه الدراسات:

(أ) أن القوى المحركة الناتجة من الذراعين تنتج عن المزج بين قوى الرفع والجر.

(ب) تسود واحدة من هذه القوى أو الأخرى فى سباحة الصدر، وتتباين سيادة وتسود قوى الرفع والجر بشكل معين فى مختلف مراحل السباحة.

وتتطلب القوى المحركة للجسم فى الماء إلى الطاقة، والتى يجب أن يتم الأمداد بها بواسطة قوى السحب الخارجى أو بتطور الحادث بواسطة القوى الدافعة الداخلية.

وللتمثيل على ذلك بمثال بسيط نجد أن الحركات المنتظمة فى المستوى الأفقى لايتغير خلالها الطاقة الكامنة الوضع ولاحتى الطاقة الإكلينيكية (الحركية) لذا فإن كل أنواع الطاقة المتطورة يجب أن تمتطى بالسائل المتحرك خلاله. وعلى ذلك فإن الطاقة الحركية للسائل المعين يجب أن تزداد.

والقوى (لكل وحدة وزن) تتمشى وتتطابق مع التغير فى مقدار الحركة (التغير فى الومضيات) لحجم السائل هى الجر الذى يحدثه الجسم فى السائل والذى يتم التغلب عليه عن طريق قوى السحب أو قوى الدفع.

وعلى ذلك فإن الجسم الإنسانى يشبه شكل السفينة (Clarys) مما يزيد من صعوبة الموقف فهو يتحرك فى الطبقة بين الهواء والماء (فى وسطين) والتغير فى التدفق أو الأنسياب يحدث أيضاً تغير فى مستوى الطبقة الملامسة المتحرك خلالها (أمواج).

وبتعبير آخر نجد أن المشكلات معقدة جداً وبشكل كبير عن المشكلات الناتجة من حركة الجسم فى وسط واحد.

ويضاف إلى ذلك مشكلة شكل الجسم الإنسانى الإنسيابى الضعيف إلى جانب القوى المحركة الذاتية.

تكون الأمواج، اللزوجة، نظرية الطبقة الملاصقة وظاهرة الجر

Wave making, Viscosity, Boundary Layer theory, & drag phenomena

عندما يقطع الجسم سطح الماء فإنه يحدث إضطراب فى سريان السائل، والطبقة المحصورة بين الماء والهواء وبالتالى يتموج السطح. وتعرف هذه العملية بتكون الأمواج.

فالجسم ومع مختلف نقط الضعف (الرأس – الكتفين، والمنطقية المغمورة gluteal region، القدمين) يحدث تغيرات فى الضغط. ولأن كل نقطة ضغط تنتج نظام الموجات الخاصة بها مع إستمرار السرعة.

ويمكن القول أن الموجات الناتجة تتميز بالزيادة الكبيرة فى الضغط (تكون الموجات ....) فى مستوى الرأس والكتفين (موجات المقدمة bow wave) والجزء المغمور (الموجات الوسطى middle wave) والقدمين (موجات المؤخرةstern wave). وبين الأمواج نجد دائماً تناقص فى الضغط أو تجويف الموجةWave Hollow.

وبالملاحظة المباشرة يمكن التأكد من الشرح السابق وعلى ذلك نجد أن تكون الموجات ماهو إلا نتيجة للتغير فى الضغوط الحادثة من إضطراب سطح الماء.

وتوالد سرعة الموجات بتساوى مع قطع الجسم بسطح الماء (تكون الموجات الأولية Primary wave forming) .

ويمكن للموجات الأولية أن تكون فى الإعتبار عند جمع التذبذب لنقط الضغط. فكل فيها ينتج عنه (ينشأ عنه) نظام جديد (تكون الموج الثانوى).

فإن لامرين، تروست، كونينج ١٩٤٥ ولاب ١٩٥٤. وفى الوسائل المثالية كن قبول التناقض الظاهرى Paradox للهيدروديناميك.

الحقيقة تسجل ظاهرة المقاومة عادة لكل سائل (أو غاز) وتم التعرف

على درجة لزوجته. وتلك الخاصية تدل على أن السائل المتصل بالجسم المتحرك يتأثر بها ويمكن أن يصل إلى سرعة نسبية تساوى صفر.

فمن المعروف أن الماء وطبقاته تؤثر على الجسم وسرعته وتخفضها (ووس ١٩٤٦، فان لاميرين تروست كنونج ١٩٤٨، لاب ١٩٥٤ شليشتنج ١٩٦٠)، وتعرف تلك الطبقات بالطبقات الملاصقة boundary layer (براندتل ١٩٠٤، ١٩٥٢ – كرامير Kramer ١٩٦٠، ١٩٦٢).

وتتحول السرعة من وتتضح فى الطبقات الملاصقة والتى تتناقص سمكها كلما قل الأحتكاك. ونظرية الطبقات تستند على الحقيقة القائلة بأن الأنسياب (التدفق) فى مستوى حائط الجسم يسبب العضل من (أنسياب) تدفق التموجات الحادث خلف النقطة المفصلة.

ويؤدى إنفصال الطبقات الملاصقة من حول الجسم عندما يكون أيضاً إنسياب الجسم بطنياً (زيادة الضغط) أو تسارع (تناقص الضغط) وهذا التغير فى الإنسياب يحدث عندما يغير الجسم وبشكل مفاجىء من شكله مثلالكتفين، والفخذين، والركبتين.. الخ. حيث توجد معظم نقط الضعف.

أما فيما يتعلق بظاهرة الجر drag ومقاومة الإحتكاك الناتجة من خاصية اللزوجة وبقية خصائص السائل . وفى الطبقة الملاصقة من السوائل التكنيكية (ذات الإحتكاك) الداخلى المنخفض جداً) مثلالماء والهواء نجد أن سرعة الأنسياب حول الجسم فى هذا السائل التكنيكى Technical liquids (السائل ذو الإحتكاك الداخلى المنخفض جداً) مثل الماء والهواء بسرعة الإنسياب الحقيقية حول الجسم فى هذه السوائل.

وأيضاً مقاومة الدوامات الناتجة من خاصية اللزوجة الخاصة بالسوائل والتى لاتتضح فى السوائل المثالية. ويكون هناك إنفصال فى الطبقات الملاصقة للجسم فإن الإضطراب فى السريان يبطل تحول السرعة إلى ضغط.

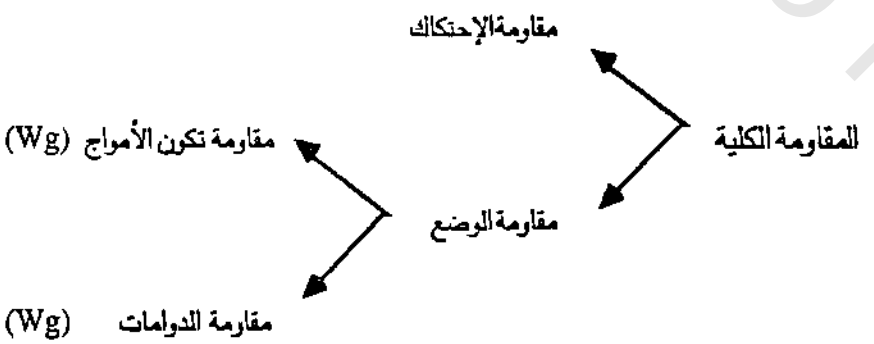
The disturbance in the potentail flow counteracts the conversion of velosity into pressure.

ويعـزو ذلك إلى أن نفس الضـغط والذى ينشـأ رأو فى المقـدمـة(الرأس ـ الكتفين) لايمكن أن ينشأ فى خلف الجسم مضاد ومعاكس لما هو قائم فى السوائل المثالية (هيدرورينامیك برادوكس) ـ ونتيجة هذا الإضطراب تنتج قوى مقاومة تكون عمودية على سطح الجسم. وتسمى هذه المقاومة بمقاومة التموجات eddy وذلك لأن التموجات تتكون وتظهر عادة قرب الطبقات الملاصقة للجسم.

وأخيراً فإن مقاومة تكون الأمواج تكون نتيجة فورية ومعاكسه ومعطلة لمقاومة الإحتكاك والتموجات، ويمكن أن تظهر فى السوائل المثالية .

وكما نعلم أن الجسم (كمجموع لنقط الضعف) يتحرك عل طقة سطحية من الماء ينتج عنه إضطراب فى الإنسياب يؤدى إلى إحداث نظام موجى يتميز بمقدار معين من الطاقة، تنتج من حركة الجسم، مما يحدد طول تلك الموجات ومدى إستمرارها persistence. ونظرية التموجات الخاصة بالأجسام المتحركة تعد من الأمور المعقدة (لاب Lap ١٩٥٤).

وإستناداً على ماأقره فرويد Froude (١٨٧٢) من أجل المقاومة الكلية تنقسم إلى مقاومة إحتكاك ومقاومة الوضع، والأخيرة تتضمن كلاً من مقاومة تكون الأمواج ومقاومات الدوامات. والتى تعزو أيضاً كشكل من أشكال المقاومة لأنها نتيجة لثلاثة أبعاد من الجسم تنتج الدوامات ومقاومة الأمواج.



عن فرويد Froude ١٨٧٢

وعند دراسة المقاومة الهيدروديناميكية للأجسام الآدمية المتحركة نواجه بعض مشاكل إضافية فنجد على سبيل المثال مقاومة الجر (D) يمكن أن تنشأ من كلا الحركات السلبية للجسم والحادثة بواسطة قوى السحب الخارجية أو من الحركات الإيجابية الحادثة بواسطة الجسم نفسه. وفى الحالة السابقة نجد أنه نظرياً لاتوجد طاقة مستهلكة من الفرد أو من الإشتراك الإيجابى فى القوى المحركة أو أى تغير فى شكل الجسم. ويطلق على ذلك بالمقاومة السلبية لوضع السحب (Dp). وأثناء الإشتراك الإيجابى فى القوى المحركة نجد أن الطاقة المنصرفة عند التغير فى شكل الجسم تظهر. وهذه المشكلة مازالت قيد الدراسة فى مجالات الهيدروديناميك العامه أو فى أبحاث بناء السفن. وتلك الظاهرة تعرف بأسم بالمقاومة الإيجابية أو مقاومة سحب الحركة (Ds).

دراسة مسحية للبحوث المنشورة:

يمكن قياس كل من المقاومة والقوى المحركة لجسم الإنسان بشكل مباشر المقاومة التى يمكن أن تنتج من القوى المحركة والعكس صحيح والتى تكون كنتيجة مباشرة للسرعة. مع ضرورة التمييز بين القوى المسجلة للحركات الإيجابية للجسم وتلك الأوضاع السلبية للجسم. ومعظم البحوث المنشورة تدور حول النوع السابق من القوى المحركة المسجلة. ماعدا الالحالات امرتبطة بالمقاومة. والموقف الأخير دائماً يرتبط بالمقاومة المسجلة من السحب الجسم.

كما أن إنتقال الهيدروديناميكى للجسم يمكن وضعه بالطرق والموديلات والنماذج (الحسابية) الرياضية بشكل الجسم وحركته (سيرج وباز ١٩٧١ Seireg & Baz ومياشيتا Miyashita ١٩٧٤، وفرانسيس ودين ١٩٧٥ Francies & Dean، وجيسنين وبلانكسباى ١٩٧٥ Jensen & Blanksby).

وتعد صعوبة الإجراءات البحثية فى مثل هذه الدراسات دافعاً فى بعض الأحيان للإنحراف عن الإعتبارات المباشرة للهيدروديناميك ألا أن التقدم التكنولوجى فى الآونة الأخيرة بدأ فى تذليل تلك الصعوبات. كما أن النتائج مازالت فى إطار نظرى ولم يتم إختبارها ضد القوى الهيدروديناميكيه الحقيقية

الأبحاث الخاصة بالقوى الدافعة Propulsive force Research :

يمكن تقسيم الأبحاث والدراسات الخاصة بالقوى الدافعة إلى أربعة مداخل مختلفة سوف نوضحها فيما يأتى :ـ

* **المدخل الأول** : هو تسجيل القوى الدافعة للأجسام المتحركة فى موقف واحد (عند السرعة صفر)، ويندرج فى هذا المدخل أيضاً Tethered swimming الجر.

فقام هوساى Houssay (١٩١٢) بدراسة القوى الدافعة لخمسة أفراد غير مدربين عن طريق حل وإنقال تزداد فى كميتها أمام «نظام» شد الحبل. ويقوم الأفراد بالسباحة حتى لايتمكن من جر الأنقال الأضافية للأمام. وفى هذه الحالة تكون تلك الأثقال هى المعبر عن أقصى قوى دافعة يمكن الوصول إليها. وأساس هذه الطريقة هو قياس أو تسجيل أقصى قوى دافعة للجسم المتحرك عند السرعة صفر ويمكن قياس القوة الدافعة الناتجة عن الرجلين بمفردها أو الذراعين بمفردها ثم تم إستبدال نظام الأثقال بالديناموميتر (المتحرك الياى) والكيموجراف وغيرها من مجموعات أجهزة التسجيل المختلفة. (كيورتن Cuierton ١٩٣٠، كاربوفتش Karpovich وبستريكوف Pestrecov ١٩٣٩، تويس Towes ١٩٤١، كامبل Campbell ١٩٤٨، آلين Allen ١٩٤٨، پولس Poulos ١٩٤٩ بوكسيم Boxem ١٩٥٨، ١٩٦٠، موستريد Mosterd ١٩٦٠، ١٩٦١، مارتنيز Martinez ١٩٦٠، أنوبرنيكو Onoprienko ١٩٦١، موسترد وجونجلود Mosterd & Jongbloed ١٩٦٤، أبسالجاموف Absajamov ١٩٦٤، بلكوفسكى Belkovsky ١٩٦٨، سافريان Safarian ١٩٦٨، جوردن Gordon ١٩٦٩، جولدفوس ونلسون Goldfus & Nelson ١٩٧١، زايتورسكى وسافريان Zaclorsky & Safarian ١٩٧٢.