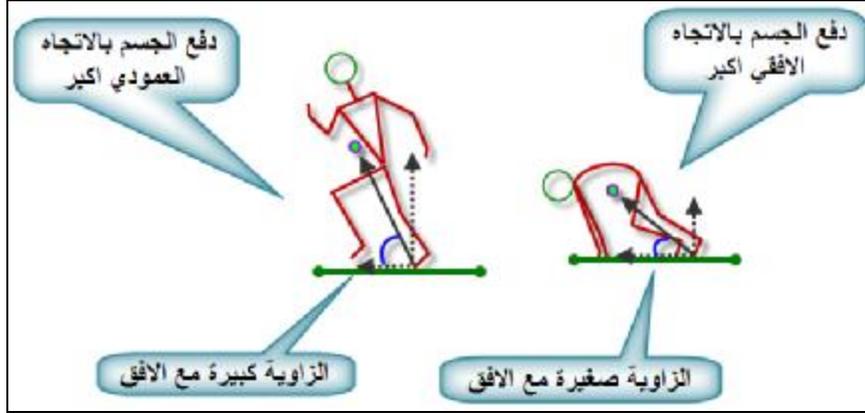


التحليل البايوميكانيكي (البايوكينماتيكي والبايوكينماتيكي) للانطلاق من مسندي البداية في
فعاليات المسابقات القصيرة لألعاب الساحة والميدان

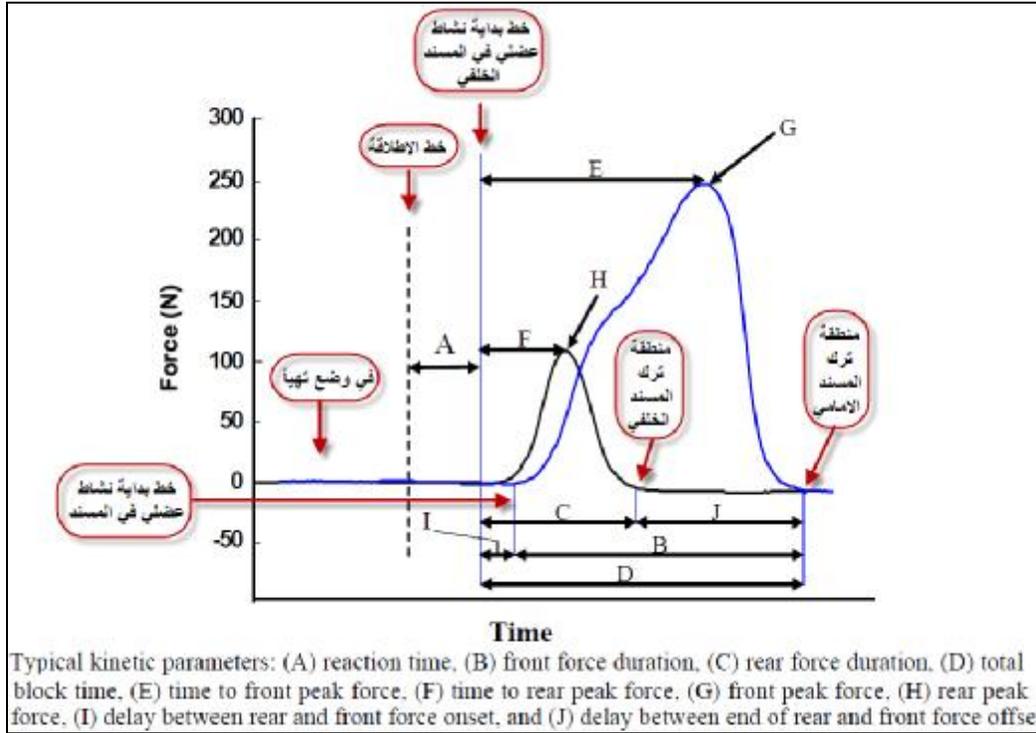
ان العداء ينطلق من الوضع المنخفض للبدء (الجلوس) ويساعد هذا الوضع في التغلب على القصور الذاتي بشكل افضل مقارنة بالانطلاق من البدء العالي وذلك باستخدام القوة بشكل افقي مما يدفع الرياضي الى الامام وفقا لهدف المسابقة وهو السباق الافقي ، ويبذل العداء في البدء المنخفض طاقة اكبر ويحقق منها سرعة اكبر اي ان الطاقة المبذولة تكون كبيرة ويحقق اللاعب من هذه الطاقة سرعة و تعجيل بدء اكبر للتغلب على القصور الذاتي ، ووفقا لنظرية المتجهات فكما قلت الزاوية كلما زادت المحصلة وعليه فان البدء المنخفض افضل.



شكل (١) يوضح الفرق بين وضعي البداية في المسابقات

في وضع (تهيأ) ترتفع نقطة مفصل الورك (الحوض) الى الاعلى قليلا عن مستوى الكتفين وتحدد الزاوية المحصورة بين الخط الافقي الموازي للارض وارتفاع الحوض بين (١٥-١٨ درجة) ، اما زاوية مفصل ركبة الرجل الامامية فتصل الى (٩٠ درجة) تقريبا وتحدد زاوية مفصل ركبة الرجل الخلفية بين (١١٠-١٢٠ درجة) تقريبا. يكون موقع مركز ثقل الجسم امام القدمين وفوق اليدين مباشرة اي فوق حافة قاعدة الارتكاز باتجاه الحركة ويحصل العداء من ذلك فائدتين ميكانيكيتين في آن واحد ، فالفائدة الاولى هو جعل الجسم قلقاً من خلال تصغير زاوية السقوط (احدى مظاهر الاتزان) مما تكون الحركة سهلة وسريعة في ذلك الاتجاه ، والفائدة الثانية هي زيادة القوة الافقية (بتوجيه خط عمل القوة الى الامام اكثر من الاعلى) وتقليل القوة العمودية.

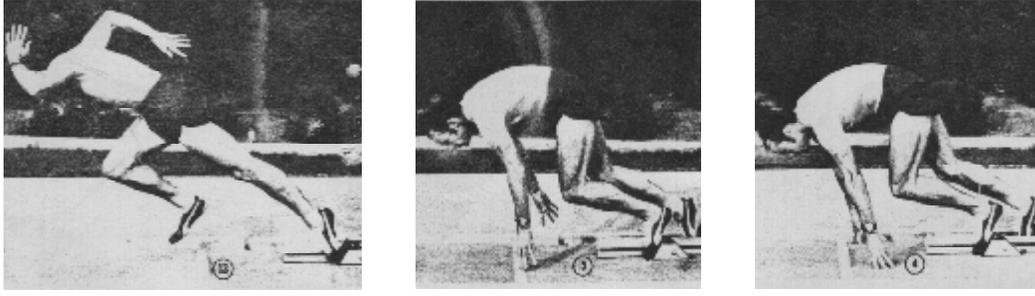
قبل اطلاقه المسدس يكون العداء في وضع تهيئى وبعد الاطلاقه فانه يخضع الى عدد من المتغيرات منها زمن رد الفعل (RT) (وهو الزمن من الاطلاقه حتى لحظة قبل البدء بالحركة) ، وزمن الحركة (MT) (وهو الزمن من لحظة البدء بالحركة لحين انهاء الواجب الحركي) ، ويسمى مجموع الزمنين بزمن الاستجابة (Response Time).



شكل (٢) يوضح نموذج بايوكينايتيكي للانطلاق من مسندي البداية

جدول (١) متوسط ازمنا ترك الارض لاجزاء الجسم

| ت | اجزاء الجسم | متوسط زمن الترك (ثانية) |
|---|----------------|-------------------------|
| ١ | اليد اليسرى | ٠,١٧ |
| ٢ | اليد اليمنى | ٠,٢٢ |
| ٣ | القدم الخلفية | ٠,٢٩ |
| ٤ | القدم الامامية | ٠,٤٤ |



شكل (٣) يوضح صور متسلسلة للاحد العدائين في عدو ١٠٠ متر

ان وقت سماع الاطلاق عند العدائين الجيدين يكون تقريباً بين (٠,١٠-٠,١٨ ثانية) وتصل زاوية البدء لديهم الى (٤٠-٤٢ درجة) بين جسم العداء ومجال الركض، وتترك القدم الخلفية للمسدن الخلفي قبل الرجل في المسند الامامي وتكون الفخذ الامامية في حالة عمل عضلي ثابت ويحدث فيها تغيير طفيف جداً في زاوية مفصل الركبة ، ويبدأ التغيير الفعلي في زاوية الركبة حينما تتعدى ركبة الرجل الخلفية لركبة الرجل الامامية...وتستمر حركة الاندفاع حتى الوصول الى الامتداد الكامل للرجل الامامية... ويبدأ الجسم في الامتداد بعض الشيء (بدرجة قليلة) عندما يبدأ العمل الديناميكي للفخذ الامامية ، ويكون جسم العداء في هذه اللحظة في شكل عمودي تقريباً على الارض ، وفي نهاية مرحلة الدفع تكون الفخذ والجذع على خط واحد . ان الزمن المستغرق للرد على المثير السمعي تشكل اهمية كبيرة في هذه المرحلة ويتحدد عند العدائين المتقدمين (٠,٠٧-٠,٠٥ ثانية) من استشعار المثير في الاذن وانتقاله الى الجهاز العصبي المركزي (بواسطة العصب الحسي) ثم بناء وتكوين الامر بالحركة وانتقال الامر من الجهاز العصبي المركزي الى العضلات بواسطة العصب الحركي واخيراً اثاره العضلة وحدث النشاط الميكانيكي وتحمل الرجل الامامية اعطاء الجسم اكبر قوة افقية (بسبب زاوية المسند) في اقصر زمن ويشكل زمن دفع الرجل الخلفية ثلث زمن دفع الرجلين مما يعني ان الدفع في الرجل الامامية اكبر بسبب كبر الزمن ، ويخرج العداء من مساند البداية بزواوية ميل (٤٥ درجة) ، كما يلاحظ تأثير كل من تقارب المسندين من بعضهما وزوايا المسندين تأثيرات مختلفة أي ان هذه الأوضاع تؤثر في مقادير القوة. كما ان القوة العمودية تكون كبيرة في المسند الامامي لسببين احدهما ان زاوية الركبة تبلغ (٩٠ درجة) والثانية ان الذراعين بعد تركهما الارض يؤديان الى رفع مركز ثقل الجسم فيعمل خط اتجاه تأثير القوة وفقاً لذلك.

وينص قانون نيوتن الثاني الى ان دفع أي قوة لجسم ما خلال فترة زمنية يساوي التغيير في كمية حركة الجسم خلال تلك الفترة ويرتبط الدفع مع القوة والزمن مع بقاء فعل القوة بالعلاقة
الدفع = القوة × الزمن

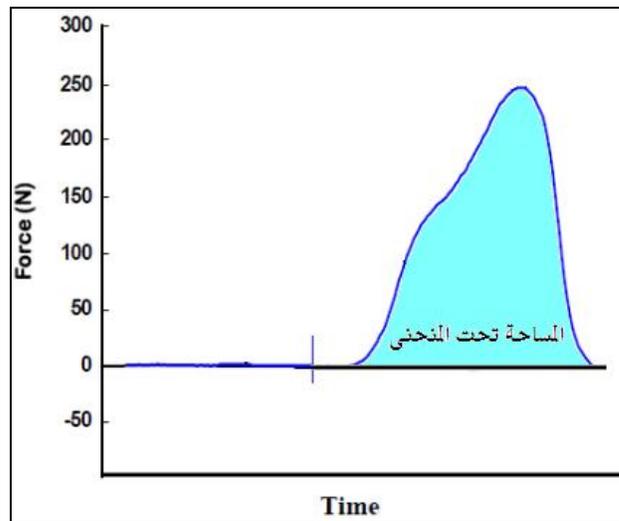
وبذلك فان الدفع او التغيير الناتج في كمية الحركة من قوة كبيرة تعمل لفترة قصيرة يساوي التغيير الناتج من قوة صغيرة تعمل لفترة طويلة ويميل العداء الى انتاج قوة كبيرة في زمن قليل (قوة مميزة بالسرعة) ونجد ان الزيادة في القوة تتطلب عنفاً في سرعة بذلها (سرعة قوة) وهذا بالتالي يؤدي الى نقصان زمن بذل القوة مما يؤثر سلباً في الدفع.

يرتبط الدفع بكمية الحركة في علاقة مشتقة بعلاقة

$$\text{القوة} \times \text{الزمن} = \text{الكتلة} \times \text{السرعة}$$

حيث يمثل الطرف الايمن مصطلح الدفع والطرف الايسر يمثل كمية الحركة . وقد عرف (نيوتن) حاصل ضرب الكتلة في السرعة بانها كمية الحركة ، ان وجود القوة ككمية متجهة في معادلة الدفع يقودنا الى اعتبار الدفع كمية متجهة ايضا وبذلك فانه لا بد ان تكون زاوية الدفع امثل ما يمكن للدفع بالاتجاه الافقي.

ان قياس مسار القوة - الزمن يفسر فيما اذا كانت الزيادة والنقصان في قوة الانقباض العضلي يتماشيان مع الواجب الحركي ويمثل الدفع دالة القوة - الزمن ، وتظهر المنحنيات هذه العلاقة من خلال المساحة المحصورة تحتها (المساحة تحت المنحنى = الدفع).



شكل (٤) يوضح المساحة تحت المنحنى

ولقد اوضح كثير من الباحثين من ان العجلة التي يكتسبها الجسم لاتعتمد على مقدار القوى المبذولة من الرجلين فقط ولكن على زمن بذل هذه القوة ايضا ، ومن خلال متابعتنا لمراحل القانون ادناه نكتشف ان العلاقة بين القوة والزمن علاقة عكسية وتساهم القوة طرديا في كمية الحركة .

$$\text{القوة} = \text{الكتلة} \times \text{التعجيل}$$

$$\frac{\text{القوة}}{\text{الزمن}} = \text{الكتلة} \times \text{السرعة}$$

$$\frac{\text{القوة}}{\text{الزمن}} = \text{الكتلة} \times \text{السرعة}$$

$$\frac{\text{القوة}}{\text{الزمن}} = \text{كمية الحركة}$$

ان معدل زمن رد الفعل في بطولة العالم روما ١٩٨٧ كان (٠,١٨٥ ثانية) ومعدل زمن رد الفعل في بطولة العالم برلين ٢٠٠٩ كان (٠,١٣٩ ثانية) رغم التعديل الذي حدث على اخطاء الانطلاق فان قلة الزمن يعطي مدلولات كبيرة على مدى تطور البحوث في هذه المرحلة من السباق ، وفي اغلب الدراسات فان زمن رد الفعل لم يتعلق بزمن الانجاز الكلي للمسابقة ، ورغم ذلك فان ما يحدث في هذا الزمن وفي هذه اللحظة تخضع الى الكثير من المتغيرات التي لاتتكرر في المسافات التالية للمسابقة.

جدول (٢) : ازمنة رد الفعل لنهائي سباق ١٠٠ متر في بطولة برلين ٢٠٠٩

| الاسم | الانجاز | زمن رد الفعل |
|------------------|---------|--------------|
| Usain Bolt | ٩,٥٨ | ٠,١٤٦ |
| Tyson Gay | ٩,٧١ | ٠,١٤٤ |
| Asafa Powell | ٩,٨٤ | ٠,١٣٤ |
| Daniel Bailey | ٩,٩٣ | ٠,١٢٩ |
| Richard Thompson | ٩,٩٣ | ٠,١١٩ |
| Dwain Chambers | ١٠ | ٠,١٢٣ |
| Marc Burns | ١٠ | ٠,١٦٥ |
| Darvis Patton | ١٠,٣٤ | ٠,١٤٩ |

جدول (٣) ازمنة المسندين (رد الفعل-الحركة-الاستجابة) لعينة من ابطال العراق ١٩٩٦

| العينة | | | | | | المتغيرات |
|---------------|--------|---------------|--------|--------------|--------|-------------------------------|
| اللاعب الثالث | | اللاعب الثاني | | اللاعب الاول | | |
| ٠,١٤٦٩ | ٠,١٢٠٩ | ٠,١٣١٣ | ٠,١٠٩٢ | ٠,١٢٢٢ | ٠,١٠٢٧ | زمن رد الفعل (المسند الخلفي) |
| ٠,٢٠٤١ | ٠,٢٠١٠ | ٠,١٤٥٦ | ٠,١٤١٧ | ٠,١٤٦٩ | ٠,١١٧٠ | زمن رد الفعل (المسند الامامي) |
| ٠,٢١١٩ | ٠,١٧٥٥ | ٠,١٨٧٠ | ٠,١٥٦٠ | ٠,٢٢١٠ | ٠,٢٤٠٥ | زمن الحركة (المسند الخلفي) |
| ٠,٣٤١٩ | ٠,٢٨٢١ | ٠,٣٢١٧ | ٠,٣١٠٧ | ٠,٣٥٢٣ | ٠,٣٩٧٨ | زمن الحركة (المسند الامامي) |
| ٠,٥٤٦٠ | ٠,٤٨٣٦ | ٠,٤٦٨٠ | ٠,٤٥٢٤ | ٠,٤٩٩٢ | ٠,٥١٤٨ | زمن الاستجابة |

تبيين في دراسة لاحقة عنهم ان العدائين قد اخفقوا فيما يأتي:

- كبير زمن الاستجابة.
- انخفاض منحني دالة القوة.
- كبير الزمن قبل عبور الرجل الخلفية للرجل الامامية.
- صغر زاوية الجذع في وضع (تهيأ).
- زاوية الركبة الامامية تقل عن (٩٠ درجة) لبعض الحالات.
- الاعتماد على الزمن الكبير بديلا عن القوة الكبيرة.
- كميات الدفع لم تكن كافية للتغلب على سرعة الخطوة الاولى.
- تفوق كمية الدفع في المسند الخلفي على المسند الامامي.

مكتبة الأستاذ الدكتور حسين مردان عمر

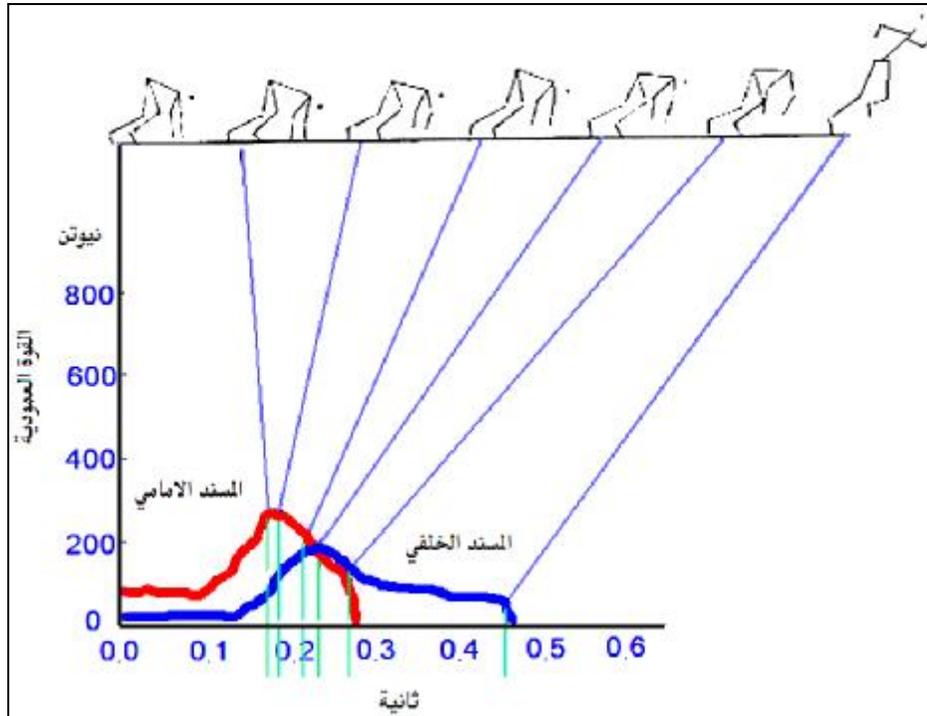
www.hussein-mardan.com

جدول (٤) يوضح المتغيرات البايوكيميائية والبايوكينايتيكية الممكنة على منصة قياس القوة للانطلاق من مسندي البداية

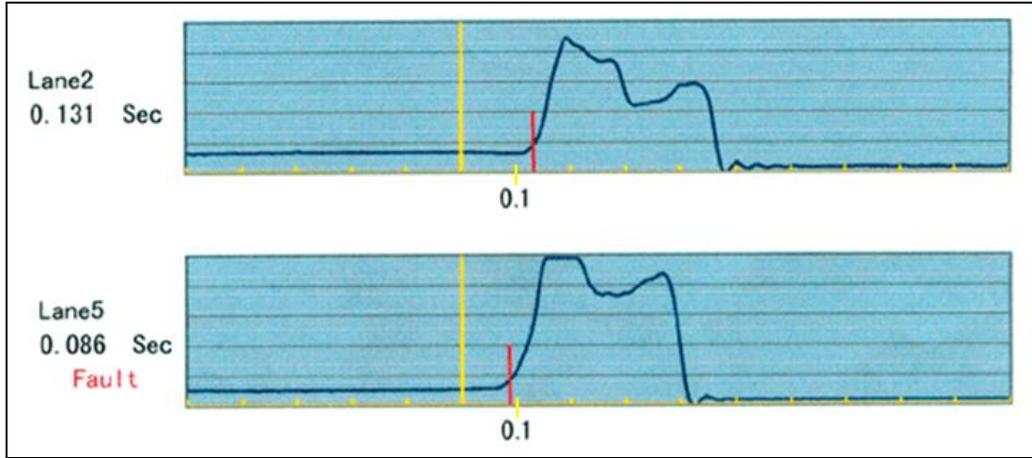
Summary of kinetic and kinematic parameters of experiment 1. Data are means (\pm SD).

| Parameters | Units | Elites | Sub-elites |
|---|--------------------|-------------|------------|
| Reaction Time (RT) | ms | 172 (30)* | 194 (26) |
| Front Force Duration (FFD) | ms | 370 (18)* | 405 (40) |
| Rear Force Duration (RFD) | ms | 370 (18) | 268 (58) |
| Total Block Time (TBT) | ms | 399 (21)* | 422 (33) |
| Time to Front Peak Force (TFPF) | ms | 216 (42) | 260 (39) |
| Time to Rear Peak Force (TRFP) | ms | 124 (17)* | 119 (20) |
| Front Force at Hands onset (FFH onset) | N | 1548 (333) | 1440 (118) |
| Rear Force at Hands onset (RFH onset) | N | 1274 (108) | 1303 (166) |
| Front Peak Force (FPF) | N | 1685 (490) | 1735 (333) |
| Rear Peak Force (RPF) | N | 1430 (431)* | 940 (255) |
| Delay between Rear and Front force onset (DRF onset) | ms | 26 (17) | 22 (34) |
| Delay between end of Rear and Front force offset (DRF offset) | ms | 140 (26)* | 173 (23) |
| Mean First Step Velocity (FSV) | cm·s ⁻¹ | 188 (15)* | 167 (17) |
| Mean Second Step Velocity (SSV) | cm·s ⁻¹ | 220 (11) | 206 (25) |
| First Step peak Acceleration (FSA) | cm·s ⁻² | 1132 (76) | 1278 (182) |
| Second Step peak Acceleration (SSA) | cm·s ⁻² | 942 (77) | 859 (92) |
| CM Velocity at Rear offset (CMVR offset) | cm·s ⁻¹ | 328 (19) | 312 (30) |
| CM Velocity at Front offset (CMVF offset) | cm·s ⁻¹ | 239 (25) | 219 (32) |
| CM Acceleration at Hands onset (CMAH onset) | cm·s ⁻² | 1807 (201)* | 1606 (158) |
| CM peak Acceleration at Front offset (CMAF offset) | cm·s ⁻² | 1161 (220)* | 1036 (273) |
| CM peak Acceleration at Rear offset (CMAR offset) | cm·s ⁻² | 1149 (193)* | 1047 (229) |

* Significantly different at $p \leq 0.05$.



شكل (٥) يوضح منحنى دالة القوة - الزمن لاحد ابطال العراق ١٩٩٦



شكل (٦) يوضح منحنى دالة القوة - الزمن للقدم الخلفية لبعض ابطال العالم ٢٠٠٣

المجال الثاني (*Ronald Pognon*) اقل زمن رد فعل لمحاولة ناجحة

المجال الخامس (*Asafa Powell*) محاولة فاشلة

الخط الاصفر هو لحظة اطلاق النار

الخط الاحمر هو اقرب نشاط عضلي يتقاطع مع خط ٢٥ كغم

ان التباين الملاحظ على الاشكال البيانية تعود الى انواع القوة المعروضة قوة عمودية (F_y)

ام افقية (F_x) ام عميقة (F_z) ام محصلة (F_r)