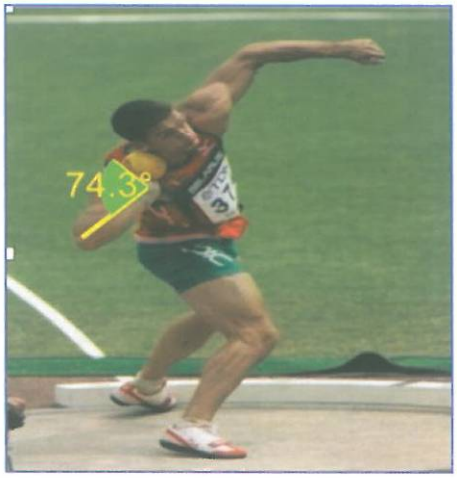
الخطوة الثالثة: استخراج المتغيرات الكينماتيكية:

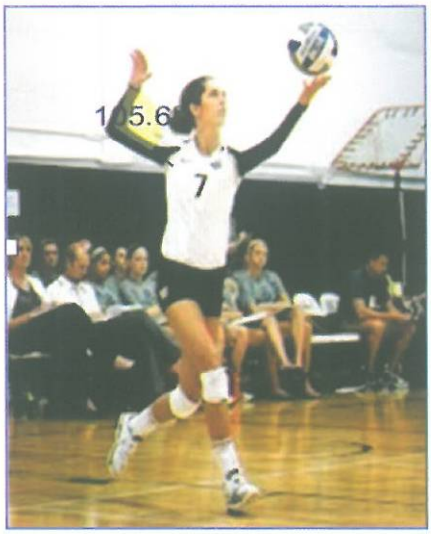
١. **متغيرات الزوايا:** وحدة القياس لها (الدرجة) ولا يمكن قياسها بالطريقة المباشرة اثناء الحركة الا في حالة الثبات باستخدام جهاز (الجونيوميتر) وقياسها اثناء الحركة يتم عن طريق غير مباشر باستخدام التصوير وبرمجيات خاصة للتحليل، ولابد ان نؤكد هنا على **حقيقتين مهمتين الاولى** هي (ان القيمة الرقمية للزاوية لا تتغير بتغير حجم الصورة أي ان قيمة الزاوية لا تتأثر بمقدار طول او قصر الضلعين المكونين لها ولكنها تتأثر بتقارب او تباعد الضلعين المكونين لها أي السحب من جانب من جانب واحد للصورة). **والحقيقة الثانية** هي (يجب الثبات على طريقة قياس الزاوية المعنية والجهة التي يتم القياس منها لكافة اللاعبين وعلى جميع مراحل الأداء وذلك لعدم حصول اختلاف في قيمها). وفيما يأتي نتعرف على اهم متغيرات الزوايا.

أ- **زوايا مفاصل الجسم:** كما هو معروف ان في جسم الانسان الكثير من المفاصل التي تربط الاطراف مع بعضها البعض، ونستعرض فيما يأتي اهم هذه الزوايا التي يمكن قياسها في جسم الانسان:

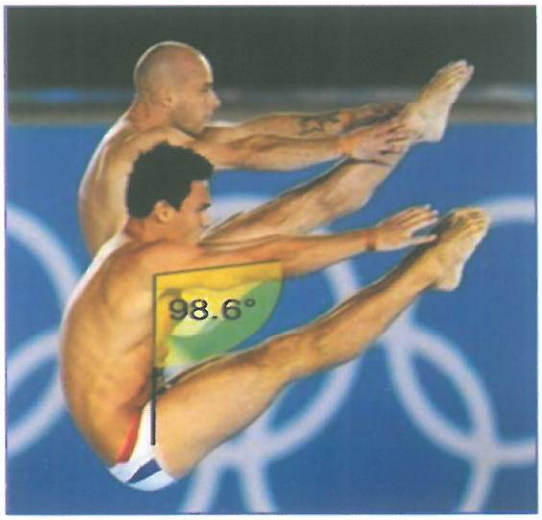
- **زاوية مفصل الرسغ:** هي الزاوية المحصورة بين خط الكف (من نقطة منتصف الكف الى نقطة مفصل الرسغ) وخط الساعد (من نقطة مفصل الرسغ الى نقطة مفصل المرفق) ويمكن قياسها من الداخل او من الخارج.



- **زاوية مفصل المرفق:** هي الزاوية المحصورة بين خط المرفق (من نقطة مفصل الرسغ الى نقطة مفصل المرفق) وخط العضد (من نقطة مفصل المرفق الى نقطة مفصل الكتف) وتقاس من الداخل فقط لأنها زاوية مغلقة.

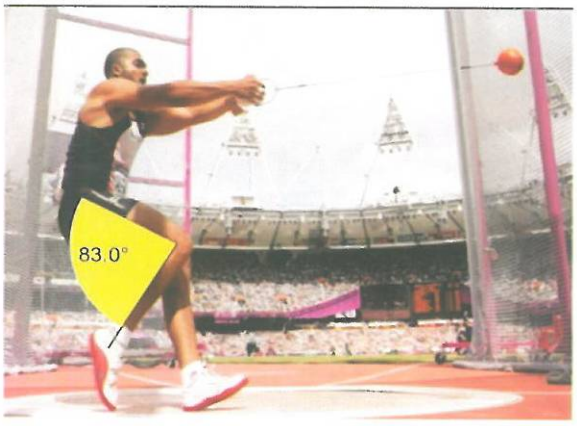


- زاوية مفصل الكتف: هي الزاوية المحصورة بين خط العضد (من نقطة مفصل المرفق الى نقطة مفصل الكتف) وخط الجذع (من نقطة مفصل الكتف الى نقطة مفصل الورك) وتقاس من الداخل أو من الخارج.

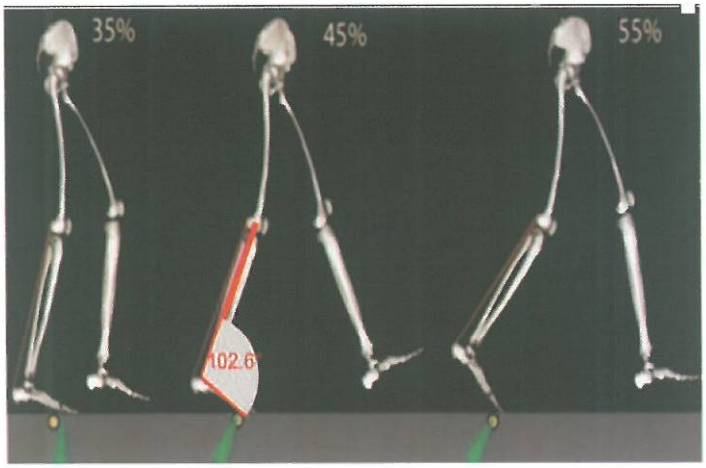


- **زاوية مفصل الورك:** هي الزاوية المحصورة بين خط الجذع (من نقطة مفصل الكتف الى نقطة مفصل الورك) وخط الفخذ (اليمين، اليسار) (من نقطة مفصل الورك الى نقطة مفصل الركبة)، إذ يمكن قياس هذه الزاوية مرة مع فخذ اليمين ومرة مع فخذ اليسار في حالة وجود (فتح جانبي للرجلين) ويمكن قياسها من الداخل او من الخارج.

- **زاوية مفصل الركبة:** هي الزاوية المحصورة بين خط الفخذ (من نقطة مفصل الورك الى نقطة مفصل الركبة) وخط الساق (من نقطة مفصل الركبة الى نقطة مفصل الكاحل) وتقاس فقط من الداخل لأنها زاوية مغلقة.



- **زاوية مفصل الكاحل:** هي الزاوية المحصورة بين خط الساق (من نقطة مفصل الركبة الى نقطة مفصل الكاحل) وخط القدم (من نقطة مفصل الكاحل الى نقطة منتصف القدم) وتقاس من الداخل لأنها زاوية مغلقة.



ب- **<u>زوايا الميل:</u>** تعتمد كل زوايا الميل في قياسها على خطين الاول هو خط الميل والاخر اما ان يكون عمودي او افقي اي ان قراءة زوايا الميل اما ان تكون مع الخط العمودي او مع الخط الافقي إذ يتم تحديد ذلك وفق مسار المهارة المراد قياس زوايا الميل فيها خلال الأداء فيجب ان تكون القراءات موحدة اي لا يجوز القراءة مرة مع الخط العمودي ومرة مع الخط الافقي في نفس المهارة المراد تحليلها ومعرفة زوايا الميل فيها وايضا يجب ان تستمر القراءة من جهة واحدة، وكل ذلك يعود الى اسباب احصائية عند جمع القيم ومعالجتها لكي لا تحصل اي أخطاء في تفسير القيم. وفيما يلي نستعرض لكم اهم زوايا الميل التي نستطيع قياسها:

- **زاوية ميل الجسم:** هي الزاوية المحصورة بين الخط الواصل من نقطة منتصف القدم الى نقطة مركز ثقل الجسم مع الخط العمودي او الافقي.

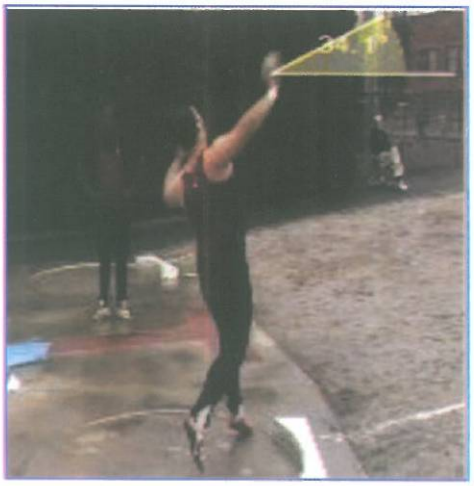
- **زاوية ميل الجذع:** هي الزاوية المحصورة بين خط الجذع (من نقطة مفصل الكتف الى نقطة مفصل الورك) مع الخط العمودي او الافقي. وممكن قياس زاوية الميل لأي جزء من أجزاء الجسم بنفس الطريقة.

- زاوية الرأس (ميل الرأس): هناك طريقتين لقياس هذه الزاوية الاولى بالاعتماد على خط الرقبة (من نقطة الصدغية الى نقطة مفصل الكتف) وخط الجذع (من نقطة مفصل الكتف الى نقطة مفصل الورك) والثانية تتم من خلال رسم خط يوصل الصدغية الى أسفل الحنك وتقاس هذه الزاوية بدلالة هذا الخط اما مع الخط العمودي او مع الخط الافقي.

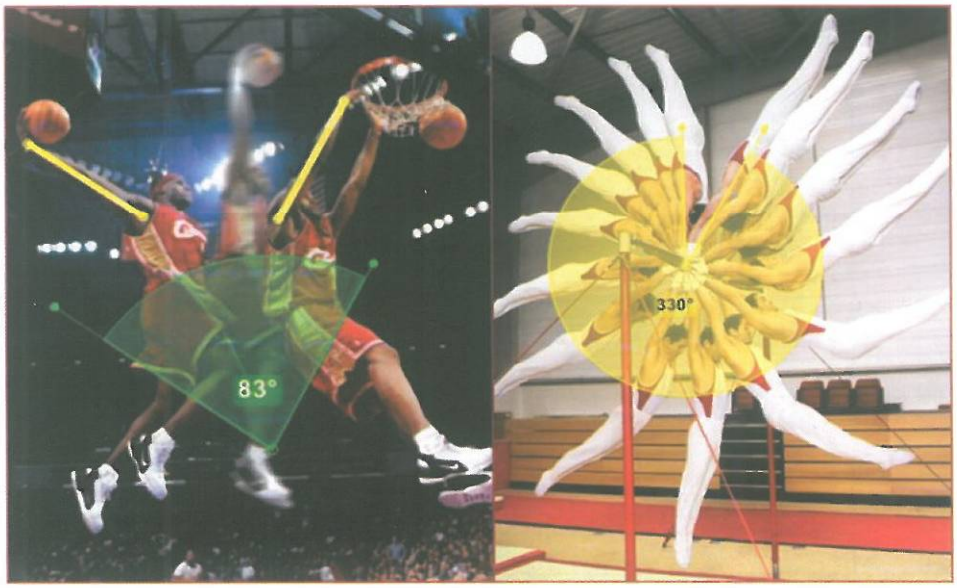
ج- **زاوية الاقتراب:** وتسمى ايضا بزاوية الهبوط او الاستعداد كونها تحدث في اول مرحلة من مراحل النهوض وعند اول مس للأرض لقدم النهوض، وهي الزاوية المحصورة بين الخط الواصل من نقطة اتصال القدم بالأرض الى نقطة مركز ثقل الجسم مع الخط الافقي، وتقاس من الخلف.

د- **زاوية النهوض:** وتسمى ايضا بزاوية الدفع او الارتقاء كونها تحدث في اخر مرحلة من مراحل النهوض وعند اخر مس للأرض لقدم النهوض، وهي الزاوية المحصورة بين الخط الواصل من نقطة اتصال القدم بالأرض الى نقطة مركز ثقل الجسم مع الخط الافقي، وتقاس من الأمام.

هـ- **زاوية الانطلاق:** وتسمى ايضا بزاوية الطيران وتحدث بعد مغادرة الجسم الأرض، وهي الزاوية المحصورة بين الخط الافقي مع الخط الواصل بين نقطتين لمركز ثقل الجسم الاولى (عند اخر لحظة مس للجسم مع الأرض) والثانية (بعد ترك الجسم الأرض مباشرتاً) وتقاس من الأمام.



و- **زاوية الانتقال:** لكل دوران هناك زاوية انتقال زاوي سواء كان للجسم او لجزء منه حول محور اما ان يكون خارج الجسم او داخله هذا بالنسبة الى دوران الجسم اما بالنسبة لأجزاء الجسم فالمحور يتمثل بالمفصل. لذا فزاوية الانتقال هي الزاوية المحصورة بين خطين ينتميان لنفس المحور وهذان الخطين يمثلان الجسم او الجزء، فالخط الاول هو الوضع قبل البدء بالدوران والخط الثاني هو الوضع بعد الانتقال والدوران.



٢. **متغيرات المسافة:** وحدات القياس لها هي (ملمتر، سنتمتر، متر) وطريقة القياس اما عن طريق مباشر من خلال شريط قياس او جهاز مخصص لذلك، او عن طريق غير مباشر مثل التصوير ومن ثم استخراج المسافة المقطوعة. وفيما يأتي نتعرف على اهم متغيرات المسافة (المصطلحات العلمية لها):

a. المسافة المقطوعة: وهي المسافة الحقيقية لمسار جسم معين من نقطة الى نقطة اخرى محددة.

b. الازاحة: وهي مسافة الخط المستقيم الواصل بين نقطة البداية ونقطة النهاية لحركة اي جسم او جزء منه.

c. الارتفاع: وهي المسافة العمودية المحصورة بين موقع الجسم او جزء منه في الهواء عن الأرض.

d. البعد (عمودي، أفقي): وهي المسافة المحصورة بين نقطتين محددتين مختلفتي الارتفاع (ليستا على مستوى واحد) يراد منها معرفة البعد العمودي والبعد الافقي بينهما.

٣. **متغيرات الزمن:** الزمن يقاس لجزء من مهارة او للمهارة بشكلها الكامل ويتم عن طريق برنامج معد لقياس الزمن او من خلال هذا القانون:

زمن المهارة = عدد الصور للمهارة/ سرعة الكاميرا

وهناك طريقة ثانية لمعرفة زمن المهارة أو جزء منها وهي من خلال معرفة الزمن لكل صورة عن طريق قسمة العدد (١) على سرعة الة التصوير فاذا كانت سرعة الة التصوير مثلا (٥٠ صورة/ثانية) فأن زمن الصورة الواحدة يكون (٠،٠٢ ثانية)، ومن خلال معرفة زمن الصورة الواحدة يمكن معرفة الزمن فمثلا عندما يراد تحليل مرحلة النهوض في الوثب الطويل وكانت سرعة الة التصوير المستخدمة (٥٠ صورة/ثانية) يتم حساب عدد الصور التي تستغرقها مرحلة النهوض ولتكن (٨ صور) فان:

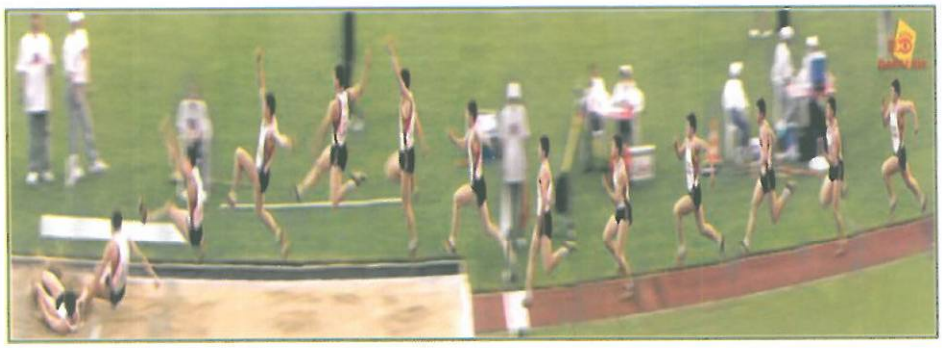
زمن مرحلة النهوض= عدد الصور × زمن الصورة الواحدة

٨ × ٠،٠٢ = ٠،١٦ ثانية

٤. **متغيرات السرعة:** يمكن قياس السرعة سواء كانت خطية او زاوية للجسم او احد أجزاءه، كذلك هو الحال للأدوات والكرات المستخدمة في الأداء مثل (الثقل والرمح في العاب الساحة والميدان، وكرة الطائرة والسلة في الالعاب الفرقية، وكرة التنس والريشة في الالعاب الفردية) وكل ذلك مرتبط بالقانون الخاص بالسرعة المطلوبة فإذا كانت سرعة خطية فالقانون هو (س= م/ن) وعن طريق استخراج مسافة الانتقال وزمنها يتم استخراج السرعة الخطية.

أما اذا كان المطلوب سرعة زاوية فالقانون هو (س ز= ز/ن) فمن خلال استخراج زاوية الانتقال وزمنه يتم استخراج السرعة الزاوية.

ولنأخذ مثالا على ذلك فاذا ما اردنا حساب السرعة الخطية للاعب خلال انتقاله لمرحلة النهوض (من اول مس الى اخر مس) في الوثب الطويل إذ كانت سرعة الكاميرا ١٢٠صورة/ثانية ومقياس الرسم (١٠٠سم) في الحقيقة يعادل (٥سم) في الصورة وعند التحليل كانت المسافة التي يقطعها الجسم خلال مرحلة النهوض هي (٤سم) في الصورة وزمنها يستغرق ١٢ صور.



الحل: المسافة = (١٠٠÷٥) × ٤= ٨٠ سم مسافة انتقاله لمرحلة النهوض

الزمن = ١٢ ÷ ١٢٠ = ٠,١ ثانية

اذن... السرعة = م/ن = ٨٠ ÷ ٠,١ = ٨٠٠ سم/ثا أي ٨ م/ثا.

٥. **متغير التعجيل:** اما حساب التعجيل فيتم بعد احتساب السرعة ومن خلال القانون الاتي:

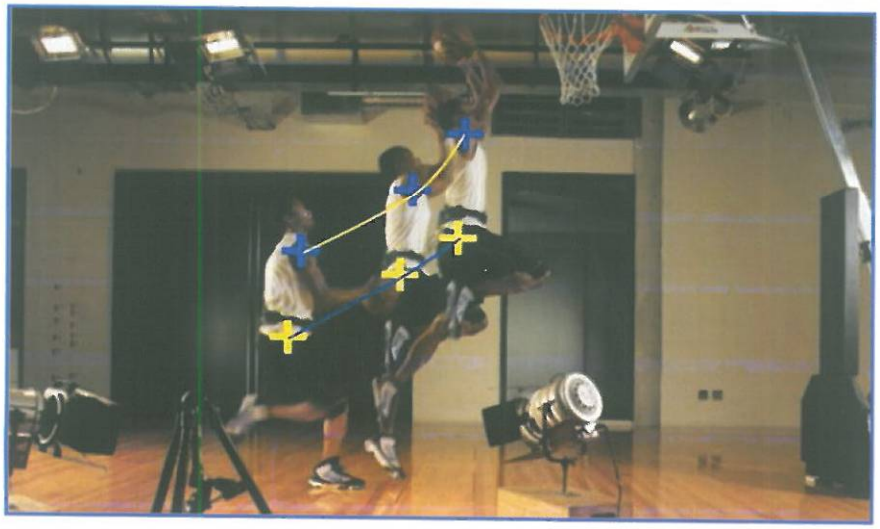
$$\text{التعجيل} = \frac{\text{السرعة النهائية} - \text{السرعة الابتدائية}}{\text{الزمن}}$$

ولكن يجب الانتباه هنا الى ان الزمن المطلوب هو الزمن الذي حدث في التغير أي من بداية التغير الذي حصل للسرعة الابتدائية ولغاية الوصول الى السرعة الثانية أي ان الزمن هنا هو زمن السرعة الثانية.

٦. **رسم المسار الحركي:** المسار الحركي هو خط يرسم المهارة الحركية من بدايتها وحتى نهايتها عن طريق رسم مسارات لنقاط مفاصل الجسم فاذا ما اردنا رسم المسار الحركي لنقاط الجسم كاملا خلال أداء حركة ما او مهارة معينة فلابد من تحديد وتعين العلامات على مفاصل الجسم لرسم المسار الحركي وهي (علامة وسط الرأس من الجانب/ علامة الكتف/ علامة المرفق/ علامة الرسغ/ علامة الورك/ علامة الركبة/ علامة القدم) واحيانا يضاف اليها علامتين هما:

أ- علامة مركز ثقل الجسم

ب- علامة الاداة (كرة تنس، كرة سلة، ثقل، قرص).



مثـال تطبيقـي: مـن خـلال التسلسـل الصـوري لأداء فعاليـة الوثـب الطويـل، اوجـد المتغيرات الكينماتيكية التالية، علما ان سرعة الكاميرا المستخدمة كانت (١٢٠ صورة/ ثانية) وان مقياس الرسم المستخدم كان (١ متر)؟

١. طـول الخطـوة الاخيـرة/ ٢. زمـن الخطـوة الاخيـرة/ ٣. سـرعة الجسـم فـي الخطـوة الاخيرة/ ٤. زاويـة الاقتراب/ ٥. زاويـة الركبـة لحظـة الاقتراب/ ٦. زاويـة النهـوض/ ٧. زاوية الورك مع رجل المرجحة لحظة النهوض/ ٨. زمن الارتقاء/ ٩. زاوية الانطلاق / ١٠. سـرعة الانطـلاق / ١١. ارتفـاع نقطـة الانطـلاق/ ١٢. اعلـى ارتفـاع فـي الطيران/ ١٣. زمن الطيران/ ١٤. زاوية ميل الجسم في الهبوط/ ١٥. مسافة الهبوط/ ١٦. الطاقة الحركية لحظة النهوض/ ١٧. الطاقة الكامنة في اعلى ارتفاع يصله في الطيران/ ١٨. التعجيل بين النهوض والارتقاء.

ملاحظة هامة:

في حالة تعذر ايجاد مركز ثقل الجسم لاستخراج المتغيرات الكينماتيكية اينما ذكرت سابقاً فمن الممكن الاستعانة بنقطة الورك بدلاً عنها.