المبحث الاول: التحليل الحركي الكمي:

تناولنا في فصل سابق مفهوم التحليل الكمي ونأتي الان الى ذكر محتوى هذا التحليل الذي يتم اللجوء اليه دائما بعد ان يصعب تحقيق ما مطلوب في التحليل النوعي وعليه **فالتحليل الكمي معناه البحث عن تفاصيل الأداء للحركات الرياضية سواء كان للشكل الخارجي أو المسبب لها وترجمتها الى لغة رقمية تعطي الانعكاس الحقيقي الدقيق لما تم**، ويختلف هذا التحليل عن التحليل النوعي بأنه أدق ولا يعتمد على الخبرات السابقة بقدر ما يعتمد على الخبرة العلمية والتقنية في استخدام الاجهزة والادوات المستخدمة في استخراج قيم المتغيرات الخاصة بالحركة، كما ان استخدامه اقل بكثير من التحليل النوعي لما يحتاج اليه من امكانيات مادية و دراية تامة باستخدامات التقنية الحديثة من اجهزة وبرمجيات معدة اساسا لهذا الغرض.

يعتمد التحليل الكمي على مفهومنا لمتغيرات الميكانيكا الحيوية التي تنقسم في متغيراتها الى قسمين هما المتغيرات الكينماتيكية والمتغيرات الكينتيكية، فالكينماتيك يعني دراسة المتغيرات التي تهتم بوصف الشكل الخارجي للأداء الحركي والتي دائما ما يتم استخراجها من خلال التصوير ثم التحليل، أما الكينتيك فيعني دراسة المتغيرات التي تهتم بمعرفة القوى المؤثرة في الحركة والمسؤولة عن نجاحها او فشلها وهي على الاغلب تستخرج عن طريق أجهزة خاصة لهذا الغرض.

وعلى هذا الاساس نجد أن البعض من المختصين يقسم التحليل الحركي الكمي الى قسمين هما:

١. **التحليل الكمي الكينماتيكي.**
٢. **التحليل الكمي الكينتيكي.**

وقبل الخوض في مراحل وخطوات التحليل الحركي الكمي والاسس العلمية لاستخراج المتغيرات الميكانيكية لابد لنا ان نسلط الضوء على بعض النقاط الهامة

التي يجب التعرف عليها وهي تتعلق بالإجراءات العملية للتحليل الحركي الكمي للأداء المهاري الرياضي:

١. تعد الاسس العلمية لاستخراج المتغيرات الميكانيكية للتحليل الحركي الكمي واحدة لا تتغير وإن اختلفت الطريقة أو الاسلوب سواء كان يدوي أو باستخدام أجهزة وبرمجيات وتقنيات حديثة ولكن الفرق يكمن في دقة النتائج المستخرجة.

٢. عند القيام باستخراج المتغيرات الميكانيكية وإن تعددت فهي تعتمد في الحقيقة على خمس متغيرات اساسية فقط هي التي يمكن استخراجها من عملية التحليل وبالتالي نستطيع استخراج باقي المتغيرات المطلوبة وهي:

أ- **المسافة:** ان كل ما يتم قياسه سواء كان ازاحة او ارتفاع او بعد افقي وعمودي يدخل ضمن متغير المسافة بغض النظر عن المفهوم وطريقة الاستخراج ووحدات القياس لها هي (ملمتر، سنتمتر، متر).

ب- **الزاوية:** وتنحصر بين خطين متقاطعين ونعني فيها كل الزوايا المقاسة سواء كانت لمفاصل الجسم او زوايا انتقال الجسم حول محور معين او للقوة المسلطة او لانطلاق الجسم او الاداة او زاوية ميل وغيرها من الزوايا، ووحدة القياس لها (الدرجة).

ج- **الزمن:** وهي المدة المقاسة لأي أداء مهاري كامل او جزء منه سواء كان ثابت او متحرك لانتقال خطي أو زاوي وكذلك زمن القوة مسلطة وغيرها، ووحدة القياس (ثانية، دقيقة، ساعة).

د- **الكتلة والوزن:** الكتلة والوزن مصطلحان لشيء واحد ولكنهما مختلفان في المفهوم كونهما يعدان أحد مسببات الحركة فقد يكونان قوة مسلطة على جسم معين أو مقاومة ضد قوة مسلطة. وتأثيرهما يختلف حسب المتغير المطلوب فالكتلة تلعب دور كبير في متغير الزخم والطاقة الحركية وغيرها، أما الوزن فدورها واضح في متغير الطاقة الكامنة والشغل العمودي، وحدات القياس للكتلة (كيلوغرام) والوزن هو (نيوتن).

هـ- **القوة الفعلية المسلطة:** وهي التأثير الرئيسي والمسبب لكل انوع الحركة والثبات وهي أساس كل المتغيرات الميكانيكية فلا يمكن ان يحدث ثبات او حركة بدون وجود تأثير لقوة ما، وممكن استخراجها من خلال اجهزة خاصة تعطي المقدار الحقيقي لهذه القوة سواء كانت عضلية أو قوة خارجية، ووحدة القياس لها هي (نيوتن).

٣. أغلب المتغيرات الميكانيكية تستخرج من خلال التصوير الصحيح للحركة ثم التحليل وبالأخص المتغيرات الكينماتيكية.

٤. تلعب الاجهزة والتقنية الحديثة دور كبير في معرفة تفاصيل ومتغيرات لم يكن بالمقدور الحصول عليها سابقاً وبالأخص المتغيرات الكيناتيكية وذلك لان هذه الاجهزة معدة خصيصا للقياس اثناء الأداء لتعطي قيم اكثر واقعية واكثر دقة.

٥. تعد منظومة التحليل ثلاثية الابعاد هي الأدق في استخراج المتغيرات الكينماتيكية وفقاً للمنظور الذي يتحقق فيه مجال الأداء الفعلي.

٦. تختلف طريقة القياس لمتغير القوة عند التحليل الكمي للمتغيرات الكينتيكية وفقاً لاختلاف الجهاز وعليه تختلف المسميات والاهداف.

٧. ان اتباع القواعد والاسس العلمية في تفاصيل العمل في التحليل الكمي منذ بدايته هو امر يعد من الأهمية القصوى لما له من تأثير كبير جدا على النتائج النهائية للمتغيرات الميكانيكية المستخرجة.

المبحث الثاني: مراحل التحليل الحركي الكمي:

إن التحليل الحركي الكمي للمتغيرات البايوميكانيكية يمر بعدة مراحل متسلسلة سنتطرق لها بشيء من التفصيل وهي:

- تحديد الأداء المهاري.
- تحديد المتغيرات الميكانيكية حسب أهميتها للمهارة.
- اجراءات التصوير (قبل، أثناء، بعد).
- تحديد الاجهزة الخاصة بالمتغيرات الكينتيكية.
- اجراءات التحليل واستخراج المتغيرات وهي:
  - اختيار الطريقة واسلوب التحليل.
  - تحديد النقاط التشريحية.
  - استخراج المتغيرات الميكانيكية.

ولأهمية التصوير في هذا التحليل سنتطرق له في فصل خاص نتحدث فيه عن اساسيات التصوير وانواع الكاميرات وكيفية استخدامها وما يجب تهيئته وملاحظته قبل واثناء وبعد التصوير، وكذلك هو الحال بالنسبة للبرمجيات المستخدمة في التحليل لاستخراج المتغيرات الكينماتيكية، واخيراً الأجهزة المختبرية الخاصة بالمتغيرات الكينتيكية (القوة، الضغط، الدفع) فسنتطرق لطريق العمل بها وكيفية استخدامها واستخراج المتغيرات منها اضافة الى اجهزة مختبرية اخرى تفيد في مجال التحليل الحركي الكمي والتي يمكن استخدامها في البحوث والتجارب وذات اهمية كبيرة.

المحور الأول: تحديد الأداء المهاري:

ونحن نتحدث عن التحليل الحركي واهدافه والغرض منه ذكرنا كلمة الدقة مرات عديدة ولان الدقة هي أهم ما نريد الوصول له بات من الواجب الالتزام بالخطوات حسب تسلسلها والسير وفق الاسس العلمية الصحيحة لنيل ما هو مطلوب وتحقيق الهدف.

ولان أول مرحلة من مراحل التحليل الحركي الكمي هي تحديد الأداء المهاري والمتغيرات الميكانيكية لذا ستكون أول خطوة لنا في التحليل الحركي الكمي هي تحديد الأداء المهاري المطلوب دراسته لان عدم تحديد مهارة معينة معناه الغاء الخطوة التي تليها، وعليه ومن اجل السير ضمن الخطوات الصحيحة يجب ان نكون على معرفة ببعض المعلومات الخاصة في كل ما يتعلق بالأداء المهاري، **وعليه هناك بعض النصائح التي يجب على القائم بالتحليل الالمام بها لتحديد الاداء المهاري وهي:**

١. يجب ان يكون على علم ومعرفة بتفاصيل الاداء المهاري الذي يتم اختياره من بدايته والى نهايته وخصوصا بداية ونهاية كل قسم من اقسام الحركة.
٢. ان يكون على معرفة بالهدف من الاداء المهاري المختار (تحقيق اقل زمن، اعلى ارتفاع، اعلى وزن، ابعد مسافة، نقطة، هدف، إصابة، اعلى درجة، افضل اداء).
٣. من الضروري جدا معرفة اهمية كل جزء في الاداء المهاري ومدى فاعليته في النتيجة النهائية لنجاح الاداء على اكمل وجه بما يحقق والهدف من الاداء.
٤. هناك مهارات الحركية تؤدى بدون وجود أداة في حين هناك مهارات اخرى يكون نجاحها مرتبط بوجود الأداة لذا وجب التفريق بينهما وماهي المتطلبات اللازمة لكل منها.
٥. على القائم بالتحليل وعندما يريد تحديد مهارة معينة ان يكون على علم بمدى صعوبة أو سهولة الاداء المهاري للمهارة المختارة، وان يكون ملماً بإمكانية

اداء هذه المهارة عند اللاعبين سواء كان الامر يتعلق بالفروق الفردية او المستويات العمرية.

المحور الثاني: تحديد المتغيرات البايوميكانيكية حسب أهميتها للمهارة:

كما هو معرف البايوميكانيك ينقسم الى كينماتيك وكنتيك، وليس من الصعب علينا ان نتعرف على المتغير الكينماتيكي لأنه يعني دراسة واستخراج المتغيرات التي تهتم بوصف الشكل الخارجي للمهارة الحركية والتي دائما ما يتم من خلال التصوير ثم استخراج المتغيرات، أما المتغير الكينتيكي فهو من خلال اجهزة خاصة لأنه يبحث عن تأثير القوى المسببة للحركة، لذلك لابد ان نتعرف الى التفاصيل التي تأتي بعد تحديد الأداء المهاري لتحديد المتغيرات الميكانيكية الخاصة بها كذلك بعد ان يكون لدينا مادة فلمية مصورة وفق الاسس العملية الصحيحة للأداء المهاري المراد معرفة متغيراتها الميكانيكية وأهمها معرفة ماهية المهارة المختارة لنتمكن من وضع المتغير الذي يتماشى بشكل تفاعلي مع مسارات الاداء ونتيجته بما يحقق الهدف.

وسنأتي الى ذكر التفاصيل الخاصة بالأداء المهاري والاختلاف فيما بينها وما يجب معرفته عنه للتوصل الى ماهية المهارة المختارة وهي:

أولاً: مسار الأداء المهاري:

بغض النظر عن شكل او نوع او أهمية اي حركة ممكن ان تؤدى من قبل الرياضي نجد ان كل الحركات الذي تتم تأخذ مسار معين تعطي اختلاف ظاهري بين حركة واخرى حسب نوع المسار وهي:

١. **المسار الخطي:** وهو انتقال الجسم أو جزء منه من مكان محدد الى مكان اخر بحث يرسم خط مستقيم أو متعرج يسمى بالمسافة الخطية، والامثلة الرياضية على ذلك كثيرة مثل انتقال جسم العداء في ركض ١٠٠م أو انتقال جسم السباح في السباحة (حرة، صدر، فراشة) ٥٠م أو انتقال جسم لاعب كرة القدم الى الاعلى لأداء ضربة رأس.

٢. **المسار الدائري:** وهو **انتقال** الجسم أو جزء منه من مكان محدد الى مكان اخر بحث يرسم خط دائري أو جزء من دائرة ويسمى بالانتقال الزاوي كون الحركة هنا تتم حول محور(قد يكون المحور داخل الجسم او خارجه) ومن الامثلة هناك الكثير، مثل حركة لاعب الجمناستك على جهاز العقلة عند ادائه الدورة العظمى أو دوران المطرقة عندما يؤدي الرامي حركته لرمي المطرقة في العاب الساحة والميدان، او حركة الذراع عند أداء الارسال بالتنس.

٣. **المسار المركب:** وهو انتقال الجسم من مكان محدد الى مكان اخر بحث يرسم خط مستقيم ولكن اجزائه ترسم خط دائري، فعندما يؤدي لاعب الجمناستك الدحرجة الأمامية على بساط الحركات الأرضية نجد مركز ثقل الجسم ينتقل بشكل خطي وأجزاء جسمه تنتقل بشكل دائري حول مركز ثقل الجسم. وقد يتوقع البعض ان حركة العداء في ركض ٢٠٠م أو ٤٠٠م هي حركة مركبة لان الجسم يركض في قوس (جزء من دائرة) وخط مستقيم، في حين ان حركة العداء هنا لاتعد حركة مركبة بل هي حركتين منفصلتين الأولى دائرية والثانية خطية.

ان معرفة مسار الاداء للمهارة المختارة سيعطينا فكرة عن المتغيرات التي سيتم اختيارها واستخراجها فإذا كانت ذات مسار خطي فذلك يعني ان المتغيرات ستكون من الكينماتيك والكينتيك الخطي أما اذا كانت ذات مسار دائري فالمتغيرات ستكون من الكينماتيك والكينتيك الزاوي واخيرا اذا كانت ذات مسار مركب فيعني المتغيرات المختارة من الكينماتيك والكينتيك الخطي والزاوي معاً.

ثانياً: اشكال الأداء المهاري:

بالرغم من ان كل حركة ومهارة رياضية عند ادائها تمر بثلاث اقسام (تحضيري، رئيسي، ختامي) الا ان هناك شكل مخصص يميز هذه الحركة عن غيرها من الحركات، إذ تنقسم الاشكال المهارية الى ثلاثة اشكال هي:

١. **الحركات الثنائية:** وفيها يندمج القسم الختامي مع القسم التحضيري ليكون قسم واحد ويحدث هذا في أغلب الحركات التي يحدث فيها تكرار مستمر للحركة

نفسها (تكرار لنفس الحركة) مثل أداء الركض أو السباحة أو في الجمناستك عند ربط أداء قفزة اليدين الخلفية لأكثر من مرة... وغيرها، فنجد القسم الختامي في كل الامثلة لأداء الحركات السابقة هو تحضير للقسم الرئيسي أي ان الحركة الثانية تعتمد في تنفيذها على نهاية الحركة الاولى المماثلة لها أي عدم وجود توقف في أداء الحركة بشكل مفرد فلهذا تسمى بالثنائية.

٢. **الحركات الثلاثية:** وهي الحركة التي تؤدى لمرة واحدة فقط ولا يحدث فيها تكرار إذ تظهر اقسام الحركة الثلاث واضحة وغير متداخلة أي ان القسم التحضيري منفصل عن القسم الختامي عند الأداء ومن الامثلة على ذلك أداء القفز الى الماء أو أداء ركلة الجزاء في كرة القدم أو أداء الرمية الحرة في كرة السلة. ففي كل ما تم ذكره من امثلة نجد اقسام الأداء المهاري واضحة وتتكون من ثلاث أقسام (تحضيري، رئيسي، ختامي)، لأنها عبارة عن حركة واحدة لهذا تسمى بالثلاثية.

٣. **الحركات المركبة:** وهي تعد من الحركات المعقدة إذ يعتمد ادائها على ربط حركتين مختلفتين الاولى **ثنائية** والثانية **ثلاثية** مثل القفز بالزانة، أو ربط حركتين ثلاثية سواء كانت مختلفة او متشابهة وهي الاصعب في التطبيق لان نجاح أداء الحركة الثانية يعتمد على وضع الجسم في نهاية الحركة الاولى وذلك لان الجزء الختامي للحركة الاولى سيكون تحضيري للحركة الثانية مثل أداء حركتين ترك ومسك على جهاز العقلة في رياضة الجمناستك.

التعرف على شكل الاداء المهاري سينعكس على المتغيرات المختارة نسبتاً لموقعها من الاداء فإذا كانت ثنائية فهذا يعني ان المتغيرات التي يتم اختيارها لها من الاهمية الكبيرة في جزئه الختامي كونه سيكون تحضري للحركة التي تليها ونفس الحال ممكن ان ينطبق على المركبة اما الثلاثية فدائما ما يقل التركيز على الجزء الختامي ويتم التركيز فقط على الرئيسي كونه الاساس في نجاح اداء المهارة.

ثالثاً: نوع الأداء المهاري:

عند دراسة اي حركة أو مهارة يجب ان نضع بالاعتبار نوع الأداء المهاري فله تأثير مباشر على الأداء والذي ينقسم الى نوعين هما:

١. **المهارات المغلقة:** وهي المهارات او الحركات التي تكون مخطط لها بشكل مسبق إذ يجب ان يطابق الواجب الحركي المخطط له مسبقا ما تم في نهاية الأداء بدون ان يحاول تغيير اي جزئية ولأي سبب ممكن. مثل أداء لاعب الجمناستك وأداء لاعب الوثب العريض ولاعب الرماية عند التصويب الثابت.

٢. **المهارات المفتوحة:** وهي الأداء المهاري الذي يتم نتيجة استجابة لمتغير خارجي قد يكون خصم او شيء اخر كاستجابة حركية لحل حركي هدفه أداء ناجح، فالأداء المهاري للاعب (الواجب الحركي) غير مخطط له مسبقا مثل صد الارسال بالتنس او كرة الطائرة او أداء حركات الدفاع في المبارزة وغيرها. **وليس بالضرورة ان تكون المهارات المشتركة مع الخصم هي مهارات مفتوحة لان تنفيذ ضربة الجزاء في كرة القدم او ضربة الارسال بالتنس هي مهارات مغلقة.**

ان معرفة نوع الاداء المهاري كونها مهارة مفتوحة أو مغلقة سينعكس على أهمية اختيار المتغير للقسم التحضيري ففي المهارة المغلقة من السهولة تحديد المتغيرات وتحديد أهمية كل منها كون المهارة معلومة التوقيت من حيث البداية فلا يوجد مؤثر خارجي يغير فيه، خلاف ذلك يأتي في المهارة المفتوحة فمن الصعوبة تحديد اهمية كل متغير في المهارة كونها غير معلومة التوقيت من حيث البداية والنهاية والامر كله يتعلق بالمرحلة التحضيرية للمهارة وطريقة الاستعداد للأداء.

رابعاً: الهدف من الأداء المهاري:

لكل مهارة هناك هدف منها وقد بينا سابقا ما المقصود بالهدف من المهارة، **ولكن عند تحديد المتغيرات المراد قياسها مهم جدا معرفة الهدف من المهارة لأنه سيوصلنا الى المتغيرات الاكثر تأثير في تحقيق الهدف من المهارة ففي المهارات**

التي يكون هدفها ابعد مساف أو اعلى ارتفاع سيكون واضح لدينا ان أهم المتغيرات لتحقيق هذا الهدف هو ضبط متغيرات الانطلاق كون الجسم هنا سيكون مقذوف (سرعة الانطلاق، زاوية الانطلاق، سرعة الانطلاق) وهكذا الحال بالنسبة لباقي المهارات الحركية.

خامساً: اقسام الأداء المهاري:

لا نحتاج هنا الى شرح وتوضيح لأقسام الاداء المهاري فهي معروفة لكل المختصين في المجال الرياضي كونها اساس التعريف بالمهارة فلا يوجد مهارة حركية تخلو من الاقسام الثلاث وهي (تحضيري، رئيسي، ختامي)، **إذ أن معرفة اقسام المهارة بشكل تفصيلي سيفيد في تحديد بداية ونهاية المتغيرات المختارة للمهارة وبالتالي سينعكس ذلك على دقة النتائج التي نستقرأ منها مستوى الاداء المهاري.**