الاتزان والتوازن

تعتبر عملية دراسة المبادىء الأساسية للاتزان والتوازن من الموضوعات التى تمثل أهمية كبيرة فى دراسة علم الحركة والميكانيكا الحيوية، حيث تمثل معلومات هذا الموضوع الأساسى فى فهم العديد من الموضوعات الأخرى.

فالاتزان هو حالة من عدم التسارع (زيادة العجلة) سواء كان هذا التسارع كميًا أو اتجاهيًا وهذه الحالة تميز الأجسام فى وضع الثبات، ويطلق عليها اتزان ثابت أو اتزان استاتيكى كما انها تميز حالة الجسم وهو فى حركة منتظمة السرعة ومحددة الاتجاه ويطلق عليها اتزان ديناميكى. لذا فإن مصطلح التوازن فى مجال أداء الجسم البشرى جاء ليعبر عن إمكانية التحكم الإرادى فى الحالة الحركية بحيث يتحقق الاتزان.

فالتوازن عبارة عن مجموعة من الإجراءات الحركية التى يلجأ لها الجسم لتحقيق الاتزان، وللعمل العصبى العضلى هذا بالإضافة إلى المستقبلات الحسية الحركية الدور الأساسى فى تحقيق توازن الجسم سواء فى ثباته أو حركته.

الاتزان الخطى والاتزان الدورانى :

إن الجسم البشرى فى حركته التى قد تكون خطية أو دورانية، قادر على

أن يحقق الاتزان بمفهومه السابق الإشارة إليه، فتحقيق الاتزان فى الحركة الخطية، يتم عن طريق تعادل القوى ومجموعها الاتجاهى بحيث تكون محصلتها صفر. كما أن تحقيق الاتزان فى الحركة الدورانية يرتبط بإحدى الصور التطبيقية للقوى وهى العزوم بحيث يكون المجموع الاتجاهى كهذه العزوم متعادلاً أو مساويًا للصفر.

فالجسم المتحرك من الممكن أن يكون فى حالة من الاتزان الدورانى وعدم الاتزان الخطى وعلى العكس فإنه يمكن أن يكون فى حالة اتزان خطى وعدم اتزان دورانى.

فلاعب الجمباز أو الباليه عند أداءه لحركات اللف حول المحور الطولى للجسم، لا يتحرك مركز ثقله حركة خطية وبالتالى يكون فى حالة اتزان خطى فى حين تلف أجزاء جسمه حول هذا المحور فى حركة دورانية غير متزنة. حيث تعمل قوى الاحتكاك بسطح الأرض على عدم انتظام سرعة اللف.

وبصفة عامة، يمكن القول أن جميع حركات الجسم البشرى لا يتحقق فيها كلا نوعى الاتزان الخطى والحركى فى آن واحد حيث تتغير سرعات أجزاءه الخطية والدورانية من لحظة زمنية إلى أخرى.

فقد يظهر لنا أن العدّاء يتحرك بسرعة ثابتة فى بعض مراحل السباق، إلا أن الدراسة التفصيلية لحركته سوف تؤكد أنه يقع تحت تأثير التغير اللحظى فى مقادير القوى المؤثرة فيه وكذلك العزوم الدورانية، فالتأثير المتبادل بين كل من وزن الجسم ورد فعل الأرض كقوة متجهة يؤدى إلى تغيير فى السرعة الخطية. كما أن تغيير موضع مركز ثقل الجسم بالنسبة لقدم الارتكاز يعنى تباين تأثير قوى الارتكاز بعزوم دورانية مختلفة المقدار والاتجاه وبالتالى يعنى عدم وجود اتزان دورانى.

الثبات الخطى والثبات الدورانى :

يعنى الثبات، حالة الجسم فى مقاومة حدوث اختلال فى الاتزان، سواء كان ذلك استاتيكيا أو ديناميكيًا، بمعنى أنه مقاومة التغيير فى الحالة. وترتبط هذه المقاومة بعدة متغيرات من أهمها الخاصية القصورية سواء كانت الكتلة فى الحركة الخطية أو قصور الدوران فى الحركة الدورانية.

فالمبدأ العام الذى يحكم عملية الثبات الخطى، هو أن زيادة ثبات الجسم، ترتبط بمقدار كل من القوة وزمن تأثيرها (الدفع الخطى) المطلوب لتحريك هذا الجسم. فزيادة الخاصية القصورية للجسم فى هذه الحالة (الكتلة) تعنى إمكانية زيادة ثباته الخطى. فتغيير حالة حركة لاعب الانزلاق على الجليد يتم من خلال قوة دفعية قليلة المقدار بمقارنتها بما يحتاجه نفس اللاعب لتغيير حالة حركته إذا ما انزلق على أى سطح آخر.

وهذا يعنى أن لأسطح الاتصال وطبيعتها دوراً كبيراً فى تحديد مقدار واتجاه قوى الاحتكاك التى تؤثر فى حالة الثبات الخطى.

ولعملية التحكم فى مقدار الثبات الخطى أهمية كبيرة فى نجاح أداء العديد من الأنشطة، فتقليل هذا الثبات إلى أقل درجة ممكنة يساعد فى نجاح أداء حركات الانزلاق بصفة عامة. وهذا يعنى أن الثبات الخطى يعنى الميل للانزلاق بين أسطح اتصال الجسم والأجسام الأخرى.

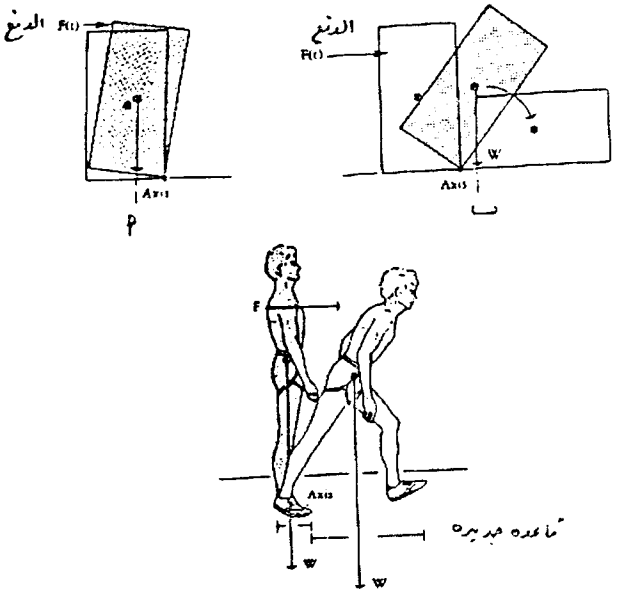
وبهذا المفهوم فإن الثبات الدورانى يعنى مقاومة الجسم لفقدان الاتزان إذا ما تعرض إلى مؤثر دورانى كالعزم.

فإذا حاولنا دفع صندوق وهو موضوع على أحد جانبيه فسوف يدور حتى يستقر على جانبه المقابل. ويتم الدوران حول المحور المار بحافته المتصلة بسطح الأرض والتى تربط بين السطحين شكل ( ). وهذا الدفع سوف يساعد على وصول الصندوق إلى الوضع الذى تبدأ فيه الجاذبية الأرضية فى

التأثير عليه بعزم جديد يستكمل دورانه بعيدا عن الوضع الذى كان متوازنًا فيه، أما إذا كان مقدار الدفع المستخدم غير كاف للوصول بالصندوق إلى الارتكاز على حافته، فسوف تعمل الجاذبية الأرضية على دورانه أيضًا ولكن فى هذه الحالة سوف يكون الدوران فى اتجاه إعادة الصندوق إلى وضعه الأصلى.

أما إذا دفع الصندوق حتى يرتكز على إحدى حافتيه فسوف تكون محصلة العزمين المؤثرين فى الصندوق (عزم الجاذبية وعزم القوى الخارجية) متساوية فى المقدار ومتضادة فى الاتجاه، وبذلك سوف يثبت الصندوق فى هذا الوضع شكل ( ). وبمجرد أن يقع خط الجاذبية بعيدًا عن نقطة اتصال الصندوق بالأرض سواء للأمام أو للخلف فسوف يدور الصندوق تحت تأثير ما ينشأ من عزم وفى اتجاهه.

أما إذا لم يكن هناك عزم مضاد شكل ( ) كما هو الحال عند دفع شخص من الخلف وهو فى وضع الوقوف فسوف يدور جسمه حول محور يصنعه القدم مع سطح الأرض ليسقط أمامًا أسفل، لذا فإنه يلاحظ أن هذا الشخص سوف يقوم بأخذ خطوة للأمام بمجرد فقدانه للتوازن، وسوف تساعده هذه الخطوة فى إيقاف تأثير عزم الجاذبية الأرضية على مركز ثقله وبالتالى منع سقوطه بخلق قاعدة ارتكاز جديدة.



شكل ( )

وبمقارنة الحالتين السابقتين، فإنه يمكن التعرف على الفروق الأساسية فى الثبات المرتبط بالخاصية القصورية بين الأجسام الحية وغير الحية، أى بمعنى التعرف على الفروق فى حالة الثبات بين الإنسان وأى جسم آخر، فالإنسان قادر على تحريك أو إعادة تشكيل علاقة أجزاء الجسم بعضها ببعض للمحافظة على الثبات الدورانى عن طريق تغيير موضع خط الثقل بالنسبة لقاعدة الارتكاز أو تغيير قاعدة الارتكاز نفسها. وفى الأنشطة التى يتم فيها رفع أثقال معينة فإن الجسم سوف يتزن إذا مر خط جاذبيته خلال جزء من قاعدة الارتكاز. وقاعدة ارتكاز الجسم تحتاج إلى تحديد دقيق حتى نتفهم دورها فى الاتزان. فهى ذلك الجزء أو المساحة من سطح الجسم التى تتصل بشكل مباشر بسطح الأرض أو سطح أى جسم آخر وينتج بينهما رد فعل لوزن الجسم، فحدود القدمين هى حدود قاعدة الارتكاز فى حالة الوقوف.

ويوضح شكل ( ) أوضاع اتزان ناتجة عن قوى رأسية دافعة، ويلاحظ أن مساحة قاعدة الارتكاز تتحدد بالخطوط الخارجية لمنطقة اتصال الجسم بأى أجسام أخرى.

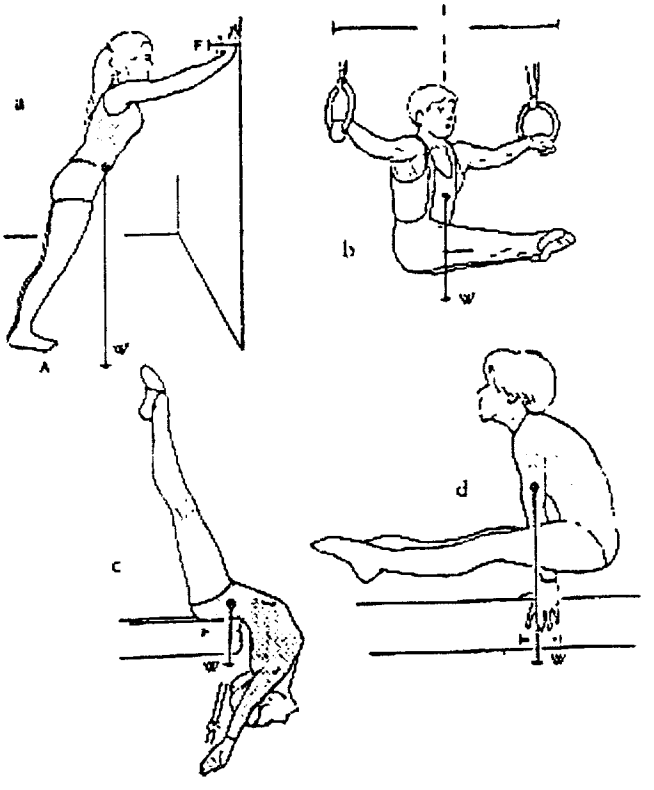
الاتزان الثابت وغير الثابت والمتعادل :

وحالة الاتزان الدورانى لأى جسم يمكن تقسيمها إلى ثلاثة أشكال هى الاتزان الثابت وغير الثابت والمتعادل أو المستقر. وتلعب الخصائص الفيزيقية وطبيعة قاعدة الارتكاز الدور الرئيسى فى تحديد حالة الجسم من حيث الاحتفاظ بالتوازن أو فقده، ويوضح شكل ( ) نماذج لهذه الحالات الثلاث.

فالجسم الذى يكون فى حالة اتزان مستقر، يحتاج إلى مقدار كبير من الدفع الزاوى لإخلال اتزانه أو تغيير حالته عما هو الحال فى الجسم المتزن اتزانًا غير مستقر، ونظرًا إلى عدم وجود ميل للسقوط بالنسبة للكرة فى حركتها على مستوى أفقى بطريقة أو بأخرى، فإن حالة مركز ثقلها يمكن أن يطلق عليها حالة الاتزان المتعادل أو المستقر، حيث أنه يستمر دائمًا عموديًا على قاعدة ارتكاز الكرة مهما تحركت على هذا السطح، أما عندما يميل السطح فإن الكرة سوف تسقط فى اتجاه الميل لأسفل لأن خط الجاذبية سوف يمر أمام قاعدة ارتكازها على السطح، فتتأثر الكرة بعزم دوران تغيير من حالة اتزانها.

ويمكن التعبير عن هذه الحالات الثلاث فى أوضاع كثيرة يتخذها الجسم فى أدائه للأنشطة البدنية المختلفة، فدرجة الاتزان الدورانى للجسم لها خاصية الاتجاه كما أنها تتأثير بأى عزوم خارجية، وخاصية الاتجاه تعنى أن الجسم من الممكن أن يكون فى حالة اتزان دورانى بالنسبة لاتجاه محدد، أو أنه مقاوم للدوران فى اتجاه معين، وليس بالضرورة أن تكون مقاومته للدوران فى الاتجاه

الآخر أيضًا فإطار السيارة من الممكن أن يكون ثابتًا فى الاتجاهين الأمامى أو الخلفى ولكنه غير ذلك بالنسبة لسقوطه على أحد الجانبين أى أنه فى حالة اتزان دورانى فى اتجاه وأن هذه الحالة غير ثابتة فى الاتجاه الآخر.

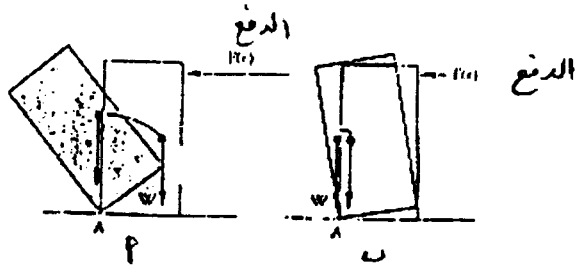


شكل ( )

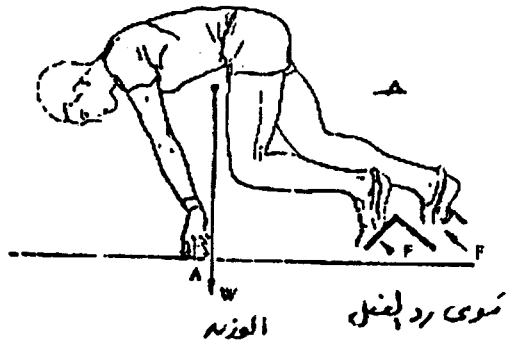
وفى الحالات التى تكون فيها الجاذبين الأرضية ورد فعل الأرض هى القوى الوحيدة المؤثرة فى الجسم الثابت بحيث يحدث التوازن عندما يمر خط عمل الجاذبية عموديًا لأسفل بقاعدة الارتكاز. والأساس الميكانيكى لهذه الحالة هو تعادل كل من الجاذبية وعزم رد فعل الأرض المؤثرين فى الجسم.

أما الحالات التى تظهر فيها مؤثرات خارجية غير الجاذبية ورد الفعل فإن التوازن سوف يختل جزئيًا أو كليًا، وفقًا لمقدار هذه المؤثرات واتجاهاتها (عزم خارجى).

وفقدان الثبات الدورانى، لجسم له قاعدة ارتكاز كبيرة يمكن أن يحدث فى ضوء موضع خط الثقل بالنسبة لحدود هذه القاعدة. فإذا كان العزم الخارجى كافيًا لكى يحدث كمية حركة دورانية فى الصندوق شكل ( ) وبحيث يتحرك مركز ثقل الصندوق أعلى وخارج حافة قاعدة الارتكاز، وبحيث يمر خط الثقل قريبًا من هذه الحافة، والتى سوف تمثل فى هذه الحالة محورًا للدوران فإن اسقاط هذا الصندوق على أحد جانبيه سوف يحتاج إلى دفعة بسيطة.



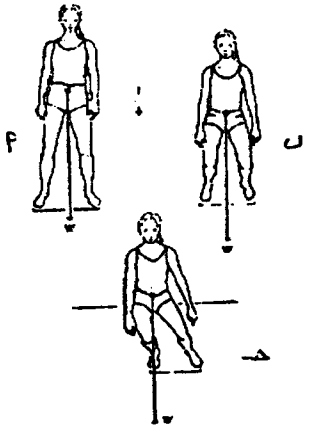
شكل ( )



شكل ( )

ويوضح شكل ( ) أحد العدّائين فى وضع البداية، ويلاحظ أن خط الثقل سوف يسبب دورانًا فى اتجاه عقارب الساعة حول محور يمر باليدين، وأن رد فعل الأرض المتمثل فى القدمين على مكعب البدء، سوف يحدث دورانًا فى اتجاه عكس عقارب الساعة حول نفس المحور، وكل من هذين العزمين يتعادلان فى حالة الثبات، ويكون الجسم فى حالة اتزان. أما عندما يستعد اللاعب للانطلاق فإنه يقوم بتحريك خط الثقل أمامًا ليمر بمحور الدوران المتمثل فى اليدين، وهنا يكون اللاعب فى حالة تسمح بأن يدفع مكعب البدء بأقل قدر من القوة لكى يبدأ فى الدوران عكس عقارب الساعة، أى فى الانطلاق عن طريق توالى الخطوات وفى نفس الوقت فإن كسر الاتصال بين اليدين وسطح الأرض سوف يؤدى إلى تقليل مساحة قاعدة الارتكاز بالشكل الذى يجعل من قوة الوزن أساسًا لعزم يكون فى نفس اتجاه عزم رد فعل الرجلين.

وكلما انخفض مكان مركز ثقل الجسم زادت قدرة الجسم على الثبات مع ثبات باقى المتغيرات ويوضح شكل ( ) الفرق بين ارتفاعين لمركز ثقل الجسم بالنسبة لقاعدة الارتكاز.



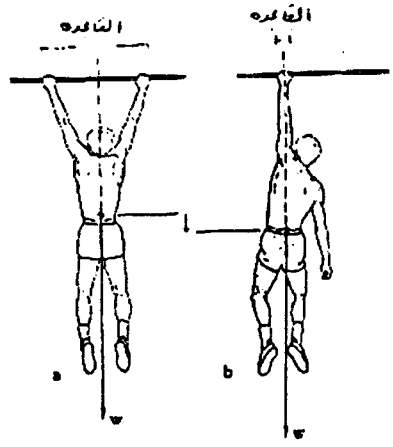
شكل ( )

مما سبق يتضح لنا أن دراسة الثبات فى حركات الجسم البشرى يجب أن تتناول كافة المتغيرات الاستاتيكية المرتبطة به حتى يحقق أهميته فى الناحية التعليمية والتدريبية.

الثبات الدورانى اثناء التعلق :

يمكن دراسة الثبات الدورانى فى التعلق، من خلال حساب قاعدة الارتكاز التى تتمثل فى أماكن القبض باليدين والمسافة بينهما (أو المساحة بينهما) عن طريق استخدام مفهوم العزوم وكمية الحركة الزاوية وخط الثقل بالنسبة لقاعدة الارتكاز.

فالجسم فى حالة التعلق يتخذ الوضع الذى يجعل مركز ثقله يقع فى أبعد نقطة بالنسبة لقاعدة الارتكاز نتيجة لتأثير الجاذبية الأرضية ويوضح شكل ( ) أنه عند التعلق بيد واحدة فإن الجسم سوف يدور فى المستوى الرأسى تحت تأثير عزم الوزن حتى يصل مركز ثقله إلى وضع أكثر بعداً عن الوضع السابق، أى أن نقص مساحة قاعدة الارتكاز أدى إلى زيادة بعد مركز ثقل الجسم عن هذه القاعدة وبالتالى قلل من اتزانه الثابت فى حالة التعلق فقط كما أنه قلل من اتزانه الدورانى فى حالة الحركة.



شكل ( )

تحليل اداء التوازن :

يساعد الإلمام بالعوامل الميكانيكية والعلاقات التى تربطها فى دراسة التوازن وخاصة فى الأداءات التى يدخل فيها الاحتفاظ بالتوازن كشرط أساسى لنجاحها وهذه العوامل تتمثل فى :

١ ـ وزن الجسم وكتلته.

٢ ـ نصف قطر قصور دوران الجسم حول النقطة أو المحور الذى سوف يدور حوله أو يسقط.

٣ ـ ارتفاع مركز ثقل الجسم.

٤ ـ المسافة الأفقية لخط الثقل بالنسبة للمحور الذى سوف يدور حول الجسم (مساحة قاعدة الارتكاز).

٥ ـ قوى الاحتكاك.

٦ ـ الدفع الزاوى الذى يعمل على إخلال حالة الاتزان الدورانى.

٧ ـ كمية الحركة الزاوية للجسم ككل ولأجزائه.

وسوف نتناول بعد ذلك التوازن الثابت والديناميكى (المتحرك) ودور كل من هذه العوامل الميكانيكية فى عدد من الأنشطة.

الاحتفاظ بالتوازن فى الأوضاع الثابتة :

عندما يكون الجسم فى حالة توازن ثابت فإن هذه الحالة يسهل تحليلها عما هو الحال عليه فى حالة الحركة حيث يستمر تغيير هذه العوامل بشكل متواصل أثناء حركته. لذا فإنه يجب الأخذ فى الاعتبار بجميع أوضاع أجزاء الجسم.

فبمجرد أن يصل الجسم إلى وضع ثابت فإن اختلال التوازن يأتى نتيجة لحركة أى جزء من أجزائه وأن بقاء الجسم فى حالة الثبات تأتى نتيجة أن محصلة العزوم المؤثرة فيه تكون صفراً.

وبالنظر لوضع الوقوف العادى، فسوف نلاحظ أن هناك عمليات مستمرة يقوم بها الجهاز العصبى العضلى لإبقاء مركز ثقل الجسم داخل حدود قاعدة الارتكاز وكلما قلت مساحة القاعدة كالوقوف على الأمشاط أو على قدم واحدة زادت هذه العمليات الحيوية بهدف الاحتفاظ بالتوازن.

فإثارة العضلات المادة عن طريق الضغط الناتج على باطن القدم يجعل هذه العضلات فى حالة عمل متناوب، ونظرًا إلى أن عمل هذه العضلات بهذا الأسلوب هو منع انقباض الطرف السفلى تحت تأثير القوة الناتجة عن وزن الجسم، فقد سميت هذه العضلات بالعضلات المضادة للجاذبية، وعندما يميل الجسم للأمام فإن خط الثقل سوف يتحرك فى اتجاه الحافة الأمامية لقاعدة الارتكاز (أطراف الأصابع) وسوف يؤدى ذلك إلى حدوث ضغط على هذه الأطراف، وفى نفس الوقت إطالة للعضلات الباسطة للقدم (القبض الأخمصى أو الأمامى) وعندما تطول هذه العضلات إلى حد معين تستثار المستقبلات الحسية لإحداث رد فعل منعكس يتمثل فى انقباض هذه العضلات لإعادة الجسم (تدوير الجسم للخلف) إلى وضعه الأصلى. فيعود خط الثقل مرة أخرى للخلف، ونظرًا إلى أن خط الثقل فى وضع الوقوف العادى يكون أقرب ما يكون لمفصل القدم، فإن عودة مركز ثقل الجسم إلى وضعه الطبيعى قد تكون بمقدار أكبر مما هو مطلوب. فتطول العضلات القابضة للقدم مما يؤدى إلى عودة انقباضها كرد فعل عكسى للحالة السابقة فتمنع جزءًا من هذا المقدار الزائد فى حركة خط الثقل، وهكذا تستمر العضلات القابضة والباسطة لمفصل القدم فى تناوب العمل أثناء الوقوف للمحافظة على هذا الوضع. وقد اصطلح على تسمية هذه الحالة بالسيطرة القوامية. وهذه الحالة من السيطرة تتأثر بالكثير من العوامل. فهى تزيد من حدتها عندما يحجب البصر أو السمع أو الاثنان معًا. هذا بالإضافة إلى ارتفاع حدتها عند الانتقال من وضع الرقود إلى الوقوف مباشرة. كما تزيد فى حالات إصابة الأذنى الوسطى،

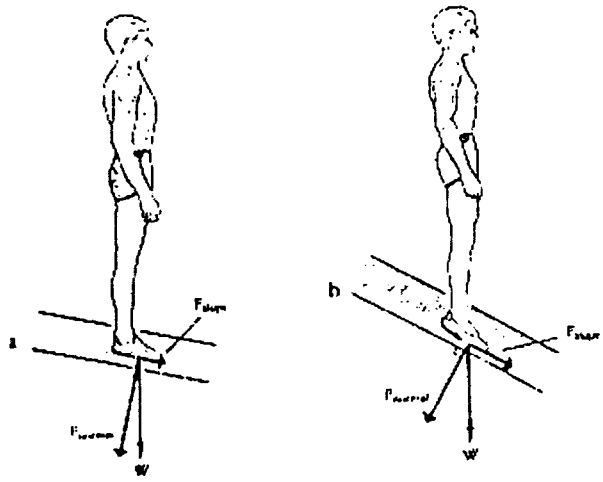
ومع زيادة هذه الحالة تبدأ أجزاء أخرى من الجسم فى المشاركة فى هذه السيطرة.

وفى معظم الأنشطة التى تؤدى على سطح الأرض يكون كل من وزن الجسم ورد فعل الأرض مصادرًا للقوى الطبيعية المؤثرة فى القوام (حالة الوقوف العادى) وهى تؤكد أن انزلاق الجسم أو إخلال توازنه يحتاج إلى قدر كبير من الدفع الدورانى للتغلب على قوى الاحتكاك بأحداث هذا الانزلاق، إلا أن ميل سطح الأرض سوف يؤدى إلى تغير هذه العلاقة بين قوى الوزن ورد الفعل بشكل واضح حيث توضح الحالتان فى شكل ( ) الفرق بين مركبات القوى باختلاف درجة ميل سطح الأرض، وسوف يؤدى الميل إلى حدوث تغيير فى شكل القوى على النحو التالى:

١ ـ تتناقص قوى الاحتكاك نتيجة لانخفاض قيمة قوى الوزن فى اتجاه الكعب.

٢ ـ مركبة وزن الجسم فى اتجاه الكعب سوف تزيد بشكل ملحوظ، فتصبح بذلك قوة أكبر فى اتجاه الانزلاق للأمام. وعندما تتخطى قوة الاحتكاك الناتجة عن سطح الأرض بفعل تحرك خط الثقل فى اتجاه أبعد عن الكعب سوف يبدأ الجسم فى الانزلاق.

أما إذا احتفظ الفرد بمركز ثقله عموديًا على قاعدة الارتكاز فإن الجسم سوف ينزلق فى اتجاه ميل السطح دون أن يدور، وعن طريق الميل للخلف (فى اتجاه الكعب) فإن ذلك سوف يؤدى إلى انزلاق الرجل، ولكن مع دوران الجسم خلفًا حيث إن خروج خط الثقل عن حافة الكعب يعنى عدم وجود الضغط الكافى على هذه المنطقة، وبالتالى تتناقص قوى الاحتكاك فتنزلق القدم أماما ويدور الجسم ليسقط خلفًا.



شكل ( )

الاحتفاظ بالتوازن اثناء الحركة :

نظرًا إلى أن الجسم البشرى كغيره من الأجسام يتأثر بقوانين البيئة المحيطة به، ونظرًا إلى القدرات الخاصة لهذا الجسم من حيث إنه سيسلك أنماطًا حركية تختلف عما هو الحال بالنسبة للأجسام الأخرى.

فإن الجسم البشرى قادر على تحريك أطرافه بحرية وبشكل إرادى، وبالتالى فهو قادر على إعادة تشكيل كتلة الجسم وتغيير موضعها. والأكثر من ذلك فنحن قادرون على تغيير قاعدة ارتكازنا من لحظة لأخرى للتحكم فى توازن أجسامنا.

وأى حركة مفاجئة أو زيادة فى سرعة أى جزء من أجزاء الجسم تحدث نتيجة لأى توترات خارجية تسبب رد فعل عكسى يمنع اختلال التوازن وسوف نتناول فيما يلى أنماط الاحتفاظ بالتوازن خلال الحركة.

الاحتفاظ بالتوازن اثناء بذل او استقبال قوة :

عندما تؤثر أى قوة فى جسم ما وليكن جزءًا من أجزاء الجسم البشرى فإن رد فعل هذه القوة يؤخذ فى الاعتبار، فإذا كان رد الفعل بهدف سند

الجسم ثم زال فجأة فإن ذلك سوف يؤدى إلى فقدان التوازن، وفى إحدى الحالات المعروفة التى تفسر ما يحدث عندما نقوم بفتح باب ثقيل فى نفس الوقت يكون شخص آخر على الجانب الآخر من الباب ويحاول فتحه فى نفس التوقيت، فيؤدى ذلك إلى سقوط الشخص الذى يقوم بدفع الباب.

والقاعدة العامة التى تحكم الاحتفاظ بالتوازن أثناء بذل أو استقبال قوة أفقية هى أن قاعدة ارتكاز الجسم يجب أن تزيد فى المستوى الأفقى وفى اتجاه القوة المؤثرة (بذل أو استقبال)، وهذه القاعدة تطبق فى جميع الحالات التى يكون فيها للقوة مركبة أفقية، فإذا كانت القوة تؤثر بشكل أفقى فإن كيفية وضع الأقدام للاستعداد لدفع جسم ثقيل للأمام تمثل أهمية كبيرة فى ذلك، ومع وجود القدمين على خط واحد (أمامى خلفى) فإن الشخص يستطيع أن يتابع الحركة الناتجة عن الدفع بخطوات أمامية متتابعة، هذا بالإضافة إلى إمكان الدفع فى الاتجاه المطلوب، أما عندما يحاول الشخص دفع جسم ما من الجهة اليمنى فإن وضع القدم الأمامية للخارج قليلاً فى الاتجاه المضاد للدفع سوف يساعد على الاحتفاظ بخط الثقل داخل حدود القاعدة وتساعد على إمكان الاحتفاظ بالتوازن بشكل أفضل.

وعند رمى الكرة أو أى أداة، فإن القدم الأمامية يجب أن تتحرك فى اتجاه حركة الجسم، لكى تؤدى إلى ظهور قاعدة ارتكاز جديدة لمركز ثقل الجسم الذى يتحرك للأمام أثناء الرمى والمتابعة، وفى حالة الاستقبال كاستقبال الكرات أو أى أدوات أخرى فغالبًا ما تكون هذه الأدوات ذوات أوزان ليس لها تأثير فعال فى إخلال حالة التوازن، وعلى الرغم من ذلك فإن خلق قاعدة ارتكار كبيرة فى اتجاه يضاد حركة الكرة أو الأداة، سوف يساعد على سهولة الاستقبال وامتصاص حركة هذه الأداة دون إخلال التوازن.

أما إذا كان المطلوب هو الإرسال فور استقبال الأداة كما هو الحال فى الاستلام والتمرير السريع فى كرة السلة، فإن اختيار قاعدة الارتكاز المناسبة،

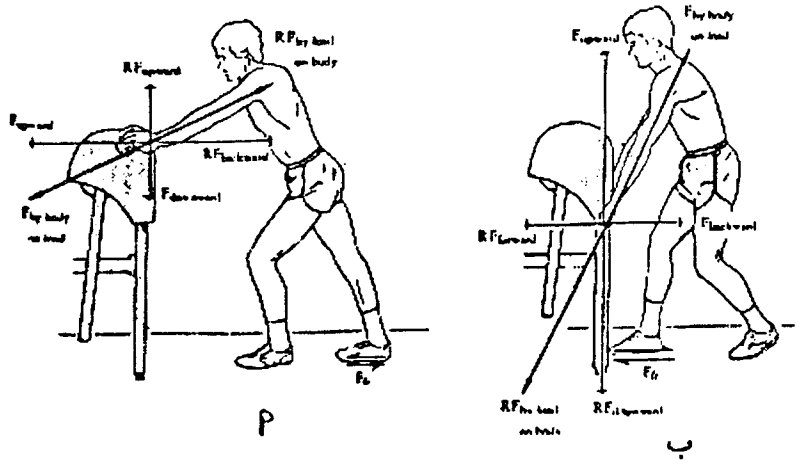
أى بمعنى وضع الاستعداد لاستقبال الكرة أو الأداة سوف يساهم إلى حد كبير فى حرية أطراف الجسم فى تمرير الكرة أو الأداة فى الاتجاه المطلوب.

الاحتفاظ بالتوازن اثناء الشد او الدفع :

عند محاولة تحريك أجسام ثقيلة على أحد الأسطح فإنه يمكن تقليل القوى المقاومة للحركة عن طريق الاحتكاك بدحرجة الجسم أو تحميله على عجلات، أما عندما لا يصح استخدام هذه الطريقة لأسباب ترتبط بالجسم المراد تحريكه، فإن اتجاه القوة المستخدمة فى الدفع أو الشد يمكن أن يحدد بشكل كبير مقدار مقاومة الاحتكاك، التى تمثل مصدر الصعوبة فى إتمام هذه المهمة.

فكما سبق أن أشرنا، أنه يمكن تحليل أى قوة إلى مكوناتها الرأسية والأفقية، وأن أيًا من المركبتين يزيد أو يقل على حساب المركبة الأخرى فى حدود قيمة القوة الأصلية، ونظرًا إلى أن قوى الاحتكاك تتناسب طرديًا مع قوة الضغط بين الجسم وسطح الأرض فإن الاحتكاك يقاوم المكونة أو المركبة الأفقية من الشد أو الدفع، والذى قد يزيد أو يقل فى ضوء هذه المركبة.

ويوضح شكل ( ) أنه عندما نحاول دفع جسم للأمام، ولأسفل، فإن رد فعل الأرض لهذه القوة سوف يؤدى إلى فقدان الاحتكاك بين القدمين وسطح الأرض مما يؤدى إلى صعوبة تحريك الجسم بسبب انخفاض قيمة الاحتكاك بين القدمين وسطح الأرض، وفى نفس الوقت يزيد من قوى احتكاك الجسم بسطح الأرض ، وبالتالى سهولة انزلاق القدمين دون أن يتحرك الجسم.

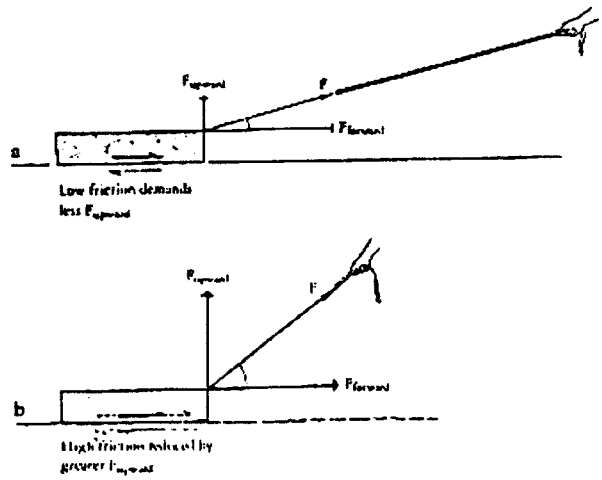


شكل ( )

وعند محاولة تحريك الجسم عن طريق الشد، فإن رد فعل وزن الجسم لأسفل سوف يؤدى إلى زيادة مقدار احتكاك القدمين بسطح الأرض، كلما زاد مقدار مركبة الشد الرأسية، فى حين يقل احتكاك الجسم المراد شده فيسهل تحريكه.

ويوضح شكل ( ) استخدام حبل طويل فى سحب جسم لتقليل مقاومة الاحتكاك فى ضوء ما سبق شرحه، وكيف أن طول الحبل سوف يؤثر على تحديد مقدار الاحتكاك الناتج عند السحب بين الجسم وسطح الأرض، وبمجرد أن يبدأ الجسم فى الانزلاق تقل قوى الاحتكاك الاستاتيكى التى تكون فى أعلى قيمها فى اللحظة السابقة لبدء الانزلاق، وتناقص مقدار الاحتكاك الاستاتيكى يعنى بذل قوة أقل فى الاحتفاظ بسرعة الجسم المتحرك، وبالإضافة إلى ذلك، فإن توافر القوة للاحتفاظ بهذه السرعة فى جسم يتحرك أصلاً تقل كثيراً عما يجب أن تكون عليه لحظة بدء الحركة، ويبدو ذلك

واضحًا عند دفع سيارة ثابتة أو استمرار دفعها بعد أن تبدأ الحركة. وإعداد قاعدة ارتكاز مناسبة (تتخذ نفس اتجاه الحركة) يمثل أهمية كبيرة فى الاحتفاظ بتوازن الجسم وخاصة عندما نحاول تحريك جسم ما بشكل مفاجىء.

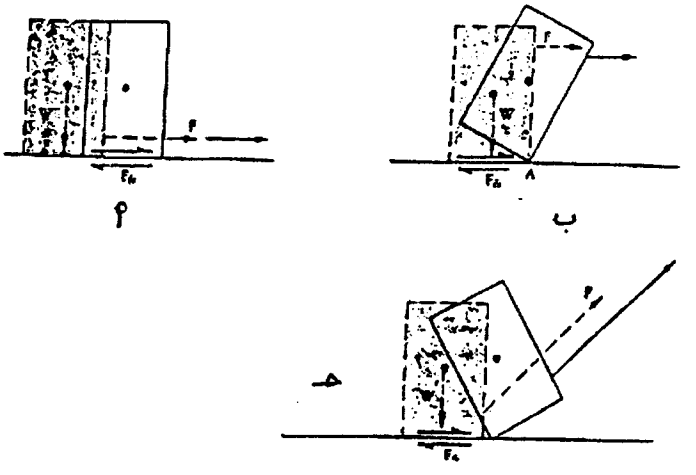


شكل ( )

ولكل من نقطة التأثير وخط عمل قوة الشد أو الدفع أهمية كبيرة فى الحركة النهائية لأى جسم يراد تحريكه، حيث يوضح الشكل السابق أنه عندما يكون وزن الجسم قليلا نسبيًا فإن تأثير هذا الوزن على سطح الأرض سوف ينتج مقداراً قليلاً من الاحتكاك. وبالتالى سوف يسهل سحب الجسم أو دفعه، وأن الخاصية القصورية للجسم هى المقاومة الوحيدة، وهذه الحالات لا تحدث فى الحياة العملية بنسبة كبيرة إلا إذا كان السطح الذى يتحرك عليه الجسم (ثلج ـ زيت . . . ـ شمع).

وبما أن الاحتكاك ضد قاعدة الجسم المراد تحريكه، وكذلك الدفع أو الشد المؤثر فيه سوف يمثلان عزمًا يسبب دورانًا يحل محل الانزلاق، فإن زيادة هذا المقدار من الاحتكاك أو وجود أى عائق على السطح سوف يؤديان إلى ميل

الجسم للدوران أكثر من ميله للانزلاق، وإذا تم الدفع أو الشد من خلال نقطة تأثير منخفضة نسبيًا، فسوف يؤدى ذلك إلى تقليل العزم الناتج عن هذه القوة، وبالتالى تقليل ميل الجسم للدوران وزيادة ميله للانزلاق، ويوضح شكل ( ) التأثير على الجسم بقوة أفقية فى مستوى منخفض على جسم له مقدار كبير من الاحتكاك بسطح الأرض وكيفية تأثير هذه القوة فى إحداث الانزلاق أكثر من إحداثها للدوران، وكذلك كيف يمكن أن تؤثر قوة أقل فى نقطة تأثير أعلى فتسبب دوران الجسم.



شكل ( )

وكلما زاد ارتفاع نقطة تأثير القوة فإن ذلك يعنى زيادة طول ذراع عزمها، وبالتالى زيادة مقدار العزم الناتج عنها، أى بمعنى أن استخدام قوة ذات مقدار منخفض من الممكن أن يؤدى إلى دوران الجسم عندما تؤثر هذه القوة فى مستوى عال من الجسم وبحيث يزيد عزمها عن العزم الناتج عن وزن الجسم، وهذه القوة سوف لا تؤدى بأى حال من الأحوال إلى انزلاق الجسم ولكنها سوف تؤدى إلى دورانه.

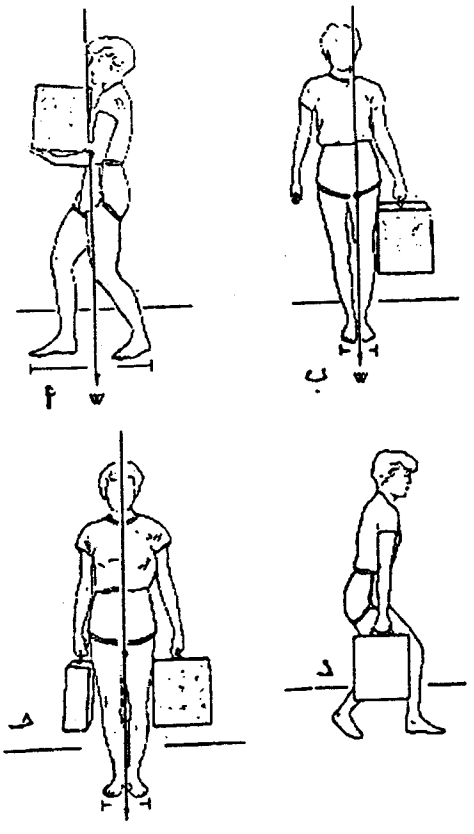
وفى رياضة المصارعة والجودو وفنون القتال العسكرى يمثل كل من خط عمل القوة ونقطة تأثيرها بالنسبة لقاعدة ارتكاز الخصم ومكان مركز ثقل جسمه العوامل الأولية فى إخلال توازنه وهو الهدف الأساسى لهذه الرياضات.

وفى الغالب يسهل تحريك الأجسام عن طريق تدويرها (دحرجتها) أسهل من انزلاقها وخاصة عندما يحدث ذلك على أسطح تسبب قوى احتكاك كبيرة.

وللتحكم فى مسارات الأجسام المتحركة نتيجة للشد أو الدفع فمن المفضل أن يكون تأثير القوة من خلال نقطتى اتصال وعلى مسافة أفقية مناسبة بينهما، حيث يساعد ذلك فى التغلب على الاحتكاك غير المنتظم بين الجسم المتحرك وسطح الأرض، والذى يؤثر على مقاومة انزلاق الجسم عن طريق التحكم في مقادير القوى المبذولة على كلتا النقطتين.

الاحتفاظ بالتوازن أثناء الرفع والحمل :

عند رفع أو حمل أى ثقل فإنه يصبح جزءًا من كتلة الجسم نفسه، وبالتالى فإنه سوف يشارك فى تغيير موضع مركز ثقل الجسم، وفى هذه الحالة لكى يحقق الجسم حالة التوازن فإن إعادة تشكيل قاعدة ارتكاز ذات مواصفات جديدة يصبح أمرًا ضروريًا لمعادلة انحراف خط الثقل عن القاعدة السابقة بإضافة هذا الثقل. وغالبًا ما يحدث أن تتحرك بعض أجزاء الجسم فى اتجاهات تساعد على تحقيق ذلك، ويوضح شكل ( ) التغيير الذى يحدث فى قاعدة الارتكاز بناء على إضافة كتلة جديدة لكتلة الجسم نتيجة للرفع أو الحمل، أما فى شكل ( ) فإن الجسم يميل فى الاتجاه المضاد للثقل المضاف حتى يعاد موضع خط الثقل إلى حالته الأصلية، وهذا الميل يحتاج إلى قبض للخارج فى العمود الفقرى وعمل مجموعة عضلات حزام الكتف.



شكل ( )

ويوضح شكل ( ) طريقة حمل ثقلين حتى وإن كانت كتلة أحدهما أكبر من الآخر إلا أن الحمل بهذه الطريقة سوف يقلل كثيراً من الميل الذى يحدث فى العمود الفقرى وبالتالى الشد العضلى على الجانب المضاد فى حالة حمل ثقل واحد (ليفو Leveau ١٩٧٧).

وفى كثير من حالات رفع الأشياء تحدث إصابات أسفل العمود الفقرى عندما يتم الرفع بطريقة خاطئة، ولكى يتم الرفع بطريقة صحيحة يجب اتباع مجموعة من الخطوات:

١ ـ اختبار الثقل لتحديد وزنه تقريبًا والتأكد من إمكانية رفعه بدون مساعدة خارجية.

٢ ـ تحديد قاعدة الارتكاز المناسبة أقرب ما يمكن للثقل مع تثبيت العمود الفقرى فى وضع مد كامل مع قبض الركبتين للوصول للثقل مع بقاء الجذع ممتداً شكل ( ).

٣ ـ يرفع الثقل عن طريق قبض العضلات الباسطة للطرف السفلى انقباضًا تدريجيًا مع ضمان بقاء العضلات المادة للجذع فى حالة انقباض بالتطويل.

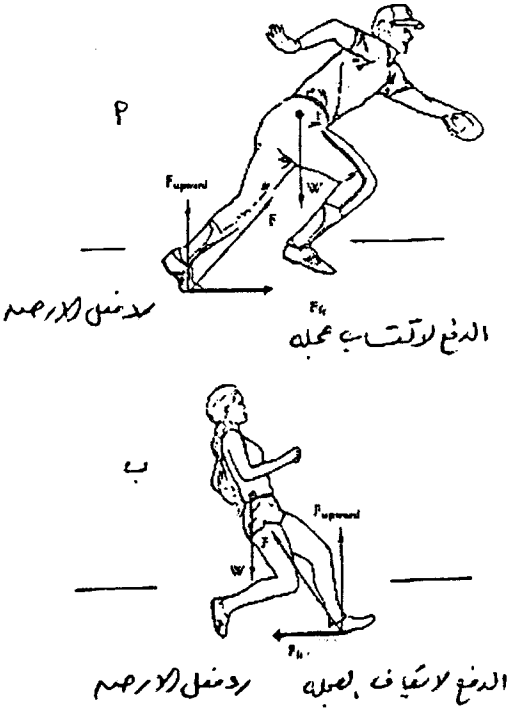
الاحتفاظ بالتوازن اثناء تغيير السرعة والاتجاه :

فى المهارات التى تتضمن البدء أو التوقف أو عكس الاتجاه أو الجرى فى خط منحنى أو اللف على قاعدة ارتكاز ضيقة يتطلب الأمر تحقيق مستوى محدد من التوازن، وتحليل مثل هذه المهارات يعتمد على الكشف عن قدرة اللاعب فى التحكم فى كل من الاتزان الخطى والاتزان الدورانى خلال كل مرحلة من مراحل الأداء، حيث إنه يجب تحديد أهداف كل مرحلة لحظية وإن ميكانيكا الجسم يجب أن يتم ضبطها بالشكل الذى يساعد فى تحقق هذه الأهداف بدرجة عالية من الفعالية.

البدء والتوقف :

إذا كان الهدف من البدء هو إكساب الجسم سرعة عالية فى اتجاه خطى عن طريق المد السريع فى مفاصل الطرف السفلى، فإنه يجب وضع مركز ثقل الجسم على نفس خط تأثير قوى رد الفعل على القدمين، فإذا كان الهدف هو تحقيق تسارع فى الاتجاه الأفقى، فإن مركز ثقل الجسم يجب أن يوضع على أدنى ارتفاع وأبعد مسافة أفقية من نقطة تأثير الدفع شكل ( ). وهذه الحالة من التوازن فى أوضاع البداية تستخدم فى مسابقات ألعاب القوى والسباحة، وفى مثل هذه الأوضاع يحتاج الجسم إلى دفع زاوى محدود المقدار، لإخلال الاتزان عند البداية، وللبدء السريع فإن خط ثقل الجسم يكون أقرب ما يكون

من الحافة الأمامية لقاعدة الارتكاز فى اتجاه الحركة المطلوبة ويوضح شكل ( ) كيفية استخدام ميل الجسم فى إيقاف السرعة، حيث يؤدى الميل إلى وجود خط الثقل أقرب ما يمكن من الحافة العكسية لاتجاه الحركة من قاعدة الارتكاز.



شكل ( )

وبمجرد أن يتحرك الجسم فى اتجاه ما، فإن كمية حركته (الكتلة×السرعة) تصبح العامل الأساسى فى الاحتفاظ بالتوازن، إذا كان الهدف هو تغيير السرعة أو الاتجاه. وهذه الحقيقة تظهر بوضوح فى العديد من الأنشطة كالمشى والجرى والانزلاق والهبوط فى العديد من المهارات الرياضية.

وإذا كان الهدف هو تغيير فى حالة حركة الجسم بتقليل سرعته للوقوف فإن المركبة الخلفية للاحتكاك تلعب دورًا أساسيًا فى تقليل سرعة الجسم حتى التوقف.

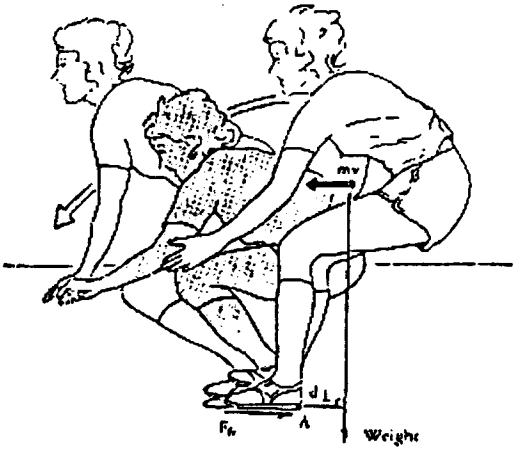
ولتقليل سرعة الرجل الحرة عند اتصالها بسطح الأرض فإن وضع القدم للأمام قدر الإمكان سوف يؤدى إلى تحقيق هدفين رئيسيين، الأول يتمثل فى زيادة مكونة أو مركبة الاحتكاك فى اتجاه إيقاف الحركة، هذا بالإضافة إلى أن وجود خط الثقل خلف نقطة اتصال القدم بسطح الأرض سوف يؤدى إلى دوران الجسم للخلف ولأسفل حول قاعدة الارتكاز أو المحور الذى تصنعه القدم مع سطح الأرض. والاحتكاك الناتج عن دفع القدم للأرض سوف يحقق قوى مقاومة لكمية حركة الجسم للأمام والتى تؤثر فى اتجاه دوران الجسم أمامًا حول نقطة اتصال القدم، وقد تستخدم عدة خطوات قبل اللجوء لإيقاف الجسم عن طريق احتكاك القدم.

كما أنه فى حالات الهبوط فى الوثب الطويل مثلاً، والتى يكون الجسم فيها فى حالة حركة خطية وأيضًا حركة دورانية، فإن استمرار حركة الجسم فى كلا هذين الاتجاهين عند لحظة لمس القدم للأرض تحتاج إلى محاولة للاحتفاظ بالتوازن، فمسافة الوثب يمكن تحقيقها عن طريق استغلال هاتين الصورتين من كمية الحركة (خطية ـ دورانية) عن طريق وضع القدمين فى نقطة أبعد ما يكون للأمام عن مسار مركز ثقل الجسم، وذلك عن طريق قبض الجذع والركبتين للسماح لكمية حركة الجسم الخطية، وكذلك كمية حركة الجسم الدورانية بتحقيق عبور الجسم لنقطة اتصاله فى اتجاه الحركة حتى لا يسقط الجسم للخلف. شكل ( ).

وعندما يحاول العدّاء تحويل الاتجاه أو الجرى فى الاتجاه المضاد، يلف الجسم ١٨٠ درجة فإن ميل الجسم للخلف يعتبر الخطوة الأولى لتحقيق ذلك،

وذلك لإيقاف حركة الجسم للأمام ثم البدء فى أداء الميل ولكن للأمام لإعادة اكتساب الجسم السرعة المطلوبة فى الاتجاه المضاد، والمقصود بميل الجسم هو وضع القدم الأمامية بالنسبة لخط الجاذبية، ولكن يجب مراعاة أن زيادة مد الرجل الحرة للأمام وميل الجسم بالنسبة لوضع القدم قد لا تؤدى إلى تحقيق إيقاف حركة الجسم أو تغيير الاتجاه، وقد يؤدى ذلك إلى انزلاق الرجل فى اتجاه خطى مع نفس اتجاه كمية حركة الجسم.

ومبدأ التوازن المطلوب فى مثل هذه الحالات من زيادة أو تقليل سرعة الجسم يمكن صياغته على النحو التالى لتحقيق الحد الأقصى من الثبات فى الحركة فإنه يجب زيادة مساحة قاعدة الارتكاز فى اتجاه كمية الحركة وفى اتجاه الزيادة أو التقليل المطلوب لسرعة الجسم.



شكل ( )

وكلما زادت كمية الحركة تطلب ذلك زيادة مساحة قاعدة الارتكاز فى هذا الاتجاه، وكلما زادة الحاجة إلى زيادة أو تقليل سرعة الجسم تطلب ذلك

زيادة مساحة القاعدة فى نفس الاتجاه، وكلمة الاتجاه هذه يقصد بها الزيادة أو النقص.

وفقدان التوازن عن طريق التعثر أو السقوط يحدث غالبًا بطريقة غير متوقعة عندما لا نستطيع خلق قاعدة ارتكاز جديدة، ترتبط بشكل الحركة، وهو ما يحدث أثناء الجرى عندما يتحرك مركز ثقل الجسم أمامًا بسرعة معينة، فى حين يمثل نقل الأقدام خلق قاعدة ارتكاز مستمرة للوزن الذى يمر دائما بها. وعندما تعانى القدم الحرة من أى نوع من المقاومة، فإن ذلك سوف يمنع من تكوين قاعدة الارتكاز الجديدة فى التوقيت الذى يجب أن تتكون فيه، فى حين تستمر كمية حركة الجسم للأمام. وفى هذه الحالة تسبب القوة الناتجة عن وزن الجسم عزمًا حول القدم الثابتة فتنشأ حالة من عدم الثبات الدورانى. وعندما تكون سرعة الجسم عالية، فإن ردود الأفعال المنعكسة تساعد فى أن يستعيد الجسم توازنه عن طريق الحركات المفاجئة فى الرجل التى سبق تعثرها عن طريق عدد من الخطوات المتتالية لاستعادة التوازن.

ومن ناحية أخرى إذا لم تتمكن الرجل الحرة من استيعاب ما يحدث من فقدان للتوازن فإن الدحرجة أمامًا تعتبر من أساليب المناورة التى تستخدم فى تجنب الإصابة فى هذه الحالة.

تغيير الاتجاه :

إلى جانب تغيير سرعة الجسم بالزيادة أو بالنقص فمن الأمور المهمة فى الأداء المهارى وخاصة الأداء المتميز بالخداع فى بعض الألعاب أو الجرى فى المنحنيات هو تغيير الاتجاه، ولأداء تغيير مفاجىء فى الاتجاه أثناء حركة الجسم خطيًا فإن الجسم يحتفظ ببعض من كمية الحركة فى الاتجاه الأصلى، فى حين يستعين بمركبة حركة فى اتجاه مغاير للاتجاه الأصلى، وأى تغيير فى كمية حركة الجسم يتم عن طريق دفع خارجى فى اتجاه هذا التغيير، فكمية الحركة الأمامية

للاعب العدو تتغير عن طريق رد فعل الأرض التى تقلل من سرعة الجسم حتى تصل إلى الصفر لكى يتغير الاتجاه دون توقف، وتكون ردود أفعال الأرض هى القوى المسئولة عن هذا التغيير. فإذا كان العدّاء يجرى للأمام ثم دفع الأرض فى الاتجاه الأيسر فسوف يكون رد فعل ذلك حركة في الاتجاه الأيمن دون أن يتوقف الجسم، ومثل هذا النوع من المناورة يحتاج إلى مقدار كبير من الاحتكاك بين القدم وسطح الأرض حتى لا تنزلق القدم فى اتجاه الحركة الأصلية. وكلما زاد مقدار التغيير فى الاتجاه تطلب ذلك دفعًا جانبيًا أكبر، وبالتالى رد فعل أكبر، أى مقاومة احتكاك عالية، لذا فإن اللاعبين أصحاب الأجسام الكبيرة لا يتمتعون بقدرة عالية على المناورة فى حين أن اللاعبين ذوى الأجسام الأصغر تكون قدرتهم على المناورة عالية حيث المركبة الجانبية للاحتكاك مهما زاد مقدارها فهى مطالبة بتحريك الجسم ولو فى اللحظات الأولى من المناورة فى الاتجاه المطلوب. ولعل أكثر النماذج الرياضية إبرازًا لهذه الحقيقة هى خصائص صانع الألعاب فى كرة السلة أو المراوغ فى كرة القدم، حيث يتمتعون إلى حد ما بأجسام أقل من باقى أفراد الفريق.

يستطيع لاعب العدو أن يغير اتجاهه عن طريق الجرى فى دائرة، وهو ما يحدث فى جرى المنحنيات فى المضمار، وفى هذه الحالة يؤدى رد فعل الأض فى الاتجاه الداخلى إلى بقاء اللاعب داخل هذا المنحنى، والجرى فى المنحنى يحدث نتيجة لتعادل كل من القوى المركزية لرد فعل الأرض والقوى الطاردة المركزية للجسم خارج المنحنى، وكلما قل نصف قطر المنحنى الذى يجرى فيه اللاعب احتاج ذلك إلى رد فعل مركزى كبير. كما أنه كلما زادت سرعة العدو تطلب ذلك قدرًا أكبر من الاحتكاك الذى يضاد الطرد المركزى.

وتوضح الخبرة العملية أنه كلما كانت درجة الانحناء حادة أو إذا زادت السرعة فإن الاحتكاك الناتج بين القدم وسطح الأرض قد لا يكون كافيًا

لتحقيق قوى مركزية كافية، مما يعنى احتمال انزلاق القدم. وعندما يشعر اللاعب بإمكان حدوث ذلك فغالبًا ما يخفض من سرعته أو يقلل من انحناء المسار الذى يجرى فيه، وتتدخل عوامل كثيرة فى الاحتفاظ بالتوازن أثناء الجرى فى المنحنيات، منها طبيعة السطح ونوع الحذاء إلى جانب العوامل السابق ذكرها.