**المحور السادس: كنتيك الحركة الزاوية:**

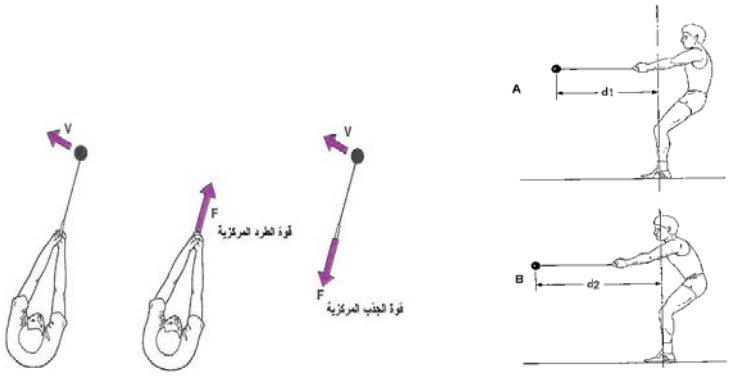
**1- القوة الجاذبية والطاردة المركزية واللامركزية:**

هناك نوعان من القوة ينشآن خلال مرحلة الدوران عند أداء فعالية رمي المطرقة، وهاتان القوتان مرتبطتان مع بعضهما طبقا لقانون نيوتن عن علاقة الارتباط بين الفعل ورد الفعل، ويمكن ملاحظة ذلك بوضوح عند أداء مهارة رمي المطرقة، فأثناء

الدوران المماسي تعمل المطرقة على سحب الرياضي للخارج وبالمقابل يعمل الرياضي على سحب المطرقة باتجاه محور دورانه، ففي الحالة الأولى يطلق على القوة الطاردة (اللامركزية) وفي الحالة الثانية تسمى بالقوة الجاذبة (المركزية).

ويمكن قياس القوة الطاردة وفقا للعلاقة: القوة الطاردة المركزية= الكتلة ×(السرعة)$^2$/ نصف القطر، ونكتب:

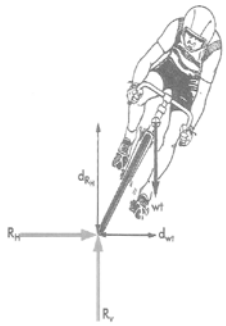
إن هاتين القوتين متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه، والقوة الطاردة تتأثر بعاملين مهمين هما سرعة وكتلة المطرقة، فكلما كانت حركة المطرقة سريعة كلما كانت القوة التي يولدها الرياضي كبيرة، وذلك للمحافظة على توازن حركته الدورانية من تأثير القوة الطاردة، كذلك نجد أن القوة التي يبذلها الرياضي للمحافظة على توازن حركته الدورانية كبيرة عندما تكون كتلة المطرقة كبيرة، وبناءا على ذلك نستطيع أن نقول أن القوة الجاذبة أو القوة الطاردة تتناسب تناسبا طرديا مع كتلة الأداة المقذوفة ومربع سرعتها، في حين تتناسب القوة الجاذبية والطاردة تناسبا عكسيا مع طول نصف قطر الدوران، ذلك لان تقصير نصف القطر يؤدي إلى زيادة في القوة الجاذبية أو الطاردة، والرسوم التوضيحية التالية توضح ذلك.




رسوم توضيحية لعمل القوتين الجاذبة والطاردة المركزية واللامركزية

بالمثل فان استخدام مبادئ القوة الجاذبة والقوة الطاردة في رياضات العدو، ورياضة ركوب الدرجات أثناء مررو الرياضي (بمسار منحنى أو بمنعرج) فان الرياضي في الحالة الأولى (العدو) يحاول الحد من

تأثير القوة الطاردة على جسمه من خلال ميل الجذع نحو الداخل وتوسيع مدى حركة الذراع الخارجية بالقياس لحركة الذراع الداخلية، وكلما كان منحنى القوس شديدا كلما كانت شدة الميلان اكبر، وكذلك في الحالة الثانية (راكب الدراجة) أثناء عبوره على طريق منحني فانه يحاول المحافظة على توازنه والتغلب على قوة الطرد المركزية التي تحاول أن تدفع به إلى خارج المسار من خلال ميلانه باتجاه مركز الدوران كما في الرسم الموالي:



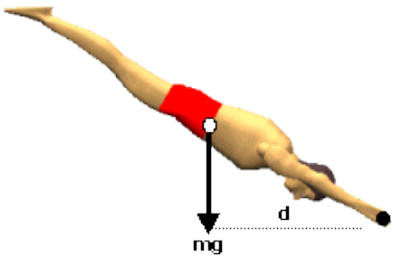
رسم يوضح وضعية ميلان راكب الدراجة أثناء عبوره لطريق منحني

لذلك فان معرفة درجة الميلان للرياضي عند ركضه في مسار بشكل قوس، أو لراكب الدراجة عند عبوره لطريق منحني ضرورية جدا لمعرفة زاوية الميل التي يجب أن يكون وضع جسم الرياضي فيها لكي يتجنب تأثير القوة الطاردة والمعادلة الخاصة بإيجاد درجة ميلان الجسم هي كالآتي:

ظل زاوية الميلان= (السرعة)$^2$/ التعجيل الأرضي× نصف القطر، ونكتب:

**2- عزم القوة:**

تعريف: عزم القوة هو فعلها التدويري في الجسم حول محور الدوران.




رسم توضيحي لعزم القوة عند رياضي الجمباز أثناء قيامه بمهارة الدائرة العظمى حول العقلة

**2-1 العوامل التي يتوقف عليها عزم القوة:** يتوقف عزم القوة على عاملين هما:

أ- شدة القوة.

ب- ذراع القوة: وهو البعد العمودي بين حامل القوة ومحور الدوران.

**2-2 شرط التوازن الدوراني لجسم قابل للدوران:**

1- يكون عزم القوة موجبا إذا عملت القوة على تدوير الجسم بعكس جهة دوران عقارب الساعة.

2- يكون عزم القوة سالبا إذا عملت القوة على تدوير الجسم مع جهة دوران عقارب الساعة.

إذا الشرط هو: المجموع الجبري لعزوم عدة قوى مؤثرة في جسم متوازن يكون معدوم.

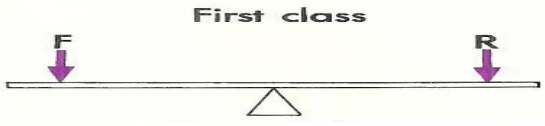
**3- نظام الروافع والعتلات في جسم الإنسان:**

إن حركات الجسم البشري في الغالب تخضع لتأثير قوى (داخلية وخارجية) تبعد مسافة معينة عن محور الدروان أو نقطة الارتكاز مشكلة روافع أو عتلات تخضع في دراستها إلى استعمال مبادئ عزوم القوى في التحليل البيوميكانيكي للحركات الناتجة وبخاصة في الشق الكيناتيكي من التحليل.

فنظام العتلات في الطبيعة هو احد الأنظمة الميكانيكية التي يشترط في عملها تواجد جسم مادي صلب تظهر فيه نقاط لتأثير عمل القوة وعمل المقاومة ويكون قابل للدوران حول نقطة ثابتة (محور) وتكون كل من نقطة تأثير القوة ونقطة تأثير المقاومة تبعدان بمسافة عمودية عن هذا المحور وتسمى كل مسافة عمودية بذراع وعند التكلم عن بعد القوة نقول ذراع القوة وكذلك نطلق ذراع المقاومة على بعد المقاومة وعند تناول هذا النظام بما يتناسب وطبيعة جسم الإنسان فان الجهاز الحركي للإنسان يشبه إلى حد ما جهاز له خاصية العتلات فالعظام هي الأجسام المادية الصلبة التي تؤثر عليها القوة العضلية المرتبطة بها لتدورها ولهذا يطلق على هذه الأجسام والعضلات التي تعمل عليها بالروافع ويولد الإنسان مع روابط عضلية (عضلات) لها منشأ (نهاية قريبة ) ومدغم (نهاية بعيدة) عند مواقع خاصة وأثناء نمو الإنسان تزداد العضلات قوة وتنمو العظام لتصبح اكبر وأطول خصوصا الأطراف وتتغير أوزان أجزاء الجسم ويتغير تبعا لذلك الجهاز العتلي له لذا يجب على الفرد أن يطور تعلمه للأداء تبعا لنمو أطرافه ومن الشواهد على ذلك لاعبات الجمناستك الاولمبيات اللواتي كن أبطال بعمر 14سنه مثلا وبعد سنة أو سنتين يبدون اقل مهارة بسبب التغيرات في توزيع أوزان أجزاء الجسم وبسبب العتلات الأطول مما يسبب في تغير مواضع مراكز ثقل هذه الأجزاء.

**3-1 أنواع الروافع في جسم الإنسان:**

**أ- الروافع من النوع الأول:** هي الروافع التي يكون فيها موضع الارتكاز محصورا بين القوة والمقاومة، والصور التالية تبين توضح هذا النوع من الروافع.



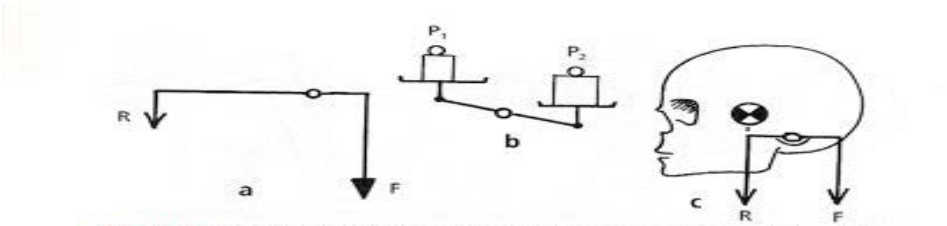



Fig. 1-17 – *Levier inter-appui (a), exemple de la balance à deux plateaux (b) et exemple humain (c) (R = résistance, F = force).*

**ب- الروافع من النوع الثاني:** في هذا النوع من الروافع تكون المقاومة محصورة بين القوة موضع الارتكاز او الدوران، والرسم التالي يوضح ذلك:

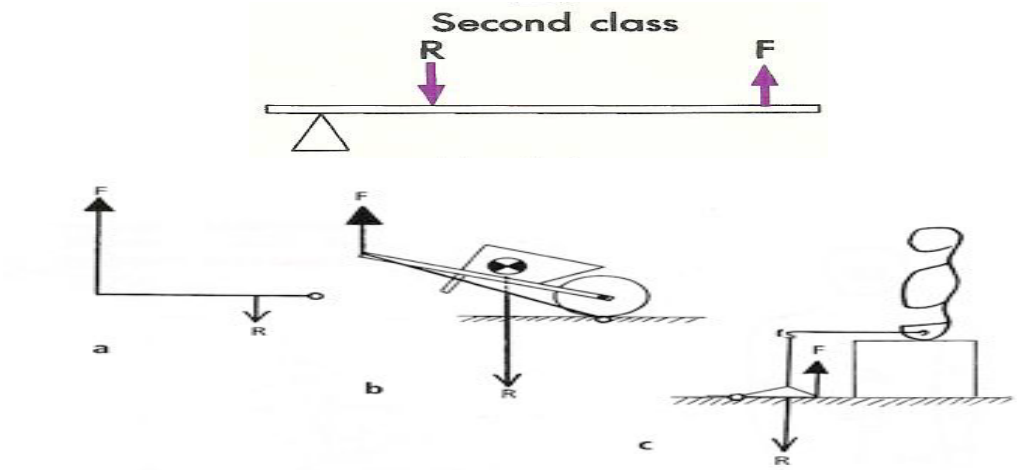



Fig. 1-18 – *Levier inter-résistant (a), exemple de la brouette (b) et exemple du soléaire (c), le sujet étant assis.*

**ج- الروافع من النوع الثالث:** في هذا النوع من الروافع تكون القوة محصورة بين المقاومة وموضع الارتكاز أو الدوران، والرسم التالي يوضح ذلك:

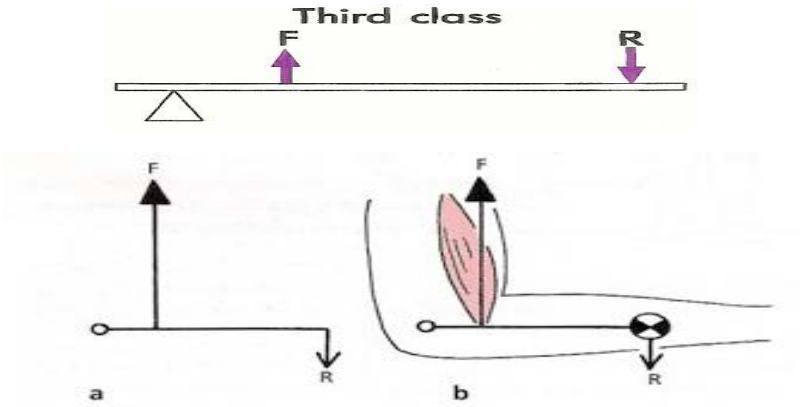



Fig. 1-19 – *Levier inter-force (a), coûteux, et son exemple humain (b).*

**2-3 كيفية الاستفادة من عمل الروافع في جسم الإنسان:**

**أ- الأفضلية الميكانيكية والأفضلية الحركية في عمل الروافع:**

**أ-1 الأفضلية الميكانيكية:** تكون الرافعة أو العتلة ذات فائدة ميكانيكية من ناحية القوة إذا كان ذراع القوة أطول من ذراع المقاومة وتقاس هذه الفائدة الميكانيكية بتقسيم طول ذراع القوة على طول ذراع المقاومة ونكتب:

فإذا كان هذا المقدار اكبر من الواحد ( 1) فان الرافعة تدعى رافعة ذات أفضلية ميكانيكية أي أن مقدار القوة المبذولة للتغلب على المقاومة اقل من مقدار هذه الأخيرة.

**أ-2 الأفضلية الحركية:** تكون الرافعة أو العتلة ذات فائدة من ناحية السرعة ومدى الحركة إذا كان ذراع المقاومة أطول من ذراع القوة حيث أن تحريك جهة القوة من العتلة مسافة قصيرة وبسرعة بطيئة سيؤدي غالى تحريك جهة المقاومة مسافة اكبر وبسرعة اكبر ويتم حسابها من خلال قسمة ذراع المقاومة على ذراع القوة ونكتب:

فإذا كان هذا المقدار اكبر من الواحد (1) فان الرافعة تدعى رافعة ذات أفضلية حركية.

**ملاحظة:**

إذا كان طول ذراع القوة يساوي طول ذراع المقاومة فان فائدة العتلة الميكانيكية الوحيدة هي تغير اتجاه الحركة.

ويمكن تلخيص الفوائد الميكانيكية للعتلات فبما يلي:

1 -الاقتصاد بالقوة.

2 -زيادة سرعة الحركة.

3 -زيادة مدى الحركة.

4 -تغيير اتجاه الحركة.