# الفصل الثاني عشر

## علم الكينتك الزاوي لحركة الإنسان

## ANULAR KINETIC OF HUMAN MOVMENT

بعد أكمال هذا الفصل . سيكون القارئ قادرا على :

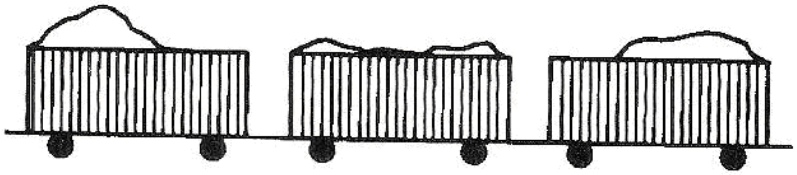
- ✓ معرفة وتحديد التشابه الزاوي للكتلة ، القوة ، الزخم ، والدفع
- ✓ لماذا تودي التغيرات في شكل الجسم الطائر الى أحداث تغيرات في سرعة الجسم الزاوية.
- ✓ ستعرف وتعطي أمثلة لقوانين نيوتن في حركة التشابه الزاوي.
- ✓ حل المسائل الكمية التي تتعلق بالعوامل التي تسبب أو تغير الحركة الزاوية.
- ✓ لماذا يركض العداءون بمرونة أكبر في الركبة من عدائي المسافات الطويلة؟
- ✓ لماذا يلتف الراقصون ومتزلجي الجليد بسرعة أكبر عندما تكون أذرعهم قريبة الى الجسم ؟
- ✓ كيف تسقط القطط على أقدامها دائما؟ في هذا الفعل الكثير من الأفكار عن الكينتك الزاوي اكتشفت عن طريق التشابهات والاختلافات بين كميات الحركة الزاوية والمستقيمة.

## مقاومة التعجيل الزاوي

## RESISTANCE TO ANGULAR ACCELERATION

### قوة عزم القصور Moment of Inertia

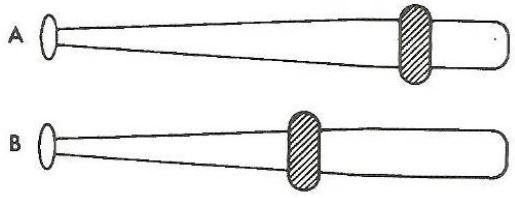
أن عـزم القصـور الـزاوي هـو ميـل الجسـم لمقاومـة التعجيـل ( أنظـر فصـل 3 ) بـالرغم مـن أن العـزم القصـور الـذاتي هـو فكـرة أكثـر مـن كميـة تحسـب بالوحـدات فـأن عـزم القصـور الـذاتي للجسـم يتناسـب بشـكل مباشـر مـع كتلـة ( شـكل 1-12 ) واسـتنادا إلـى قـانون نيـوتن الثـاني ، فـأن كتلـة الجسـم الأكبـر ، هـي عبـارة عـن مقاومـة الجسـم الأكبـر ولهـذا فـان الكتلـة هـي عبـارة عـن عـزم القصـور الـذاتي للجسـم لاعتبـارات تـرتبط بالحركة المستقيمة .



m = m = m

M = M = M

شكل 1-12 أن توزيع الكتلة لا يؤثر على زخمها المستقيم




(شكل 2-12)التعجيل الزاوي يعتمد على مقدار الكتلة A كتلة بعيدة B كتلة قريبة

- ✓ تعتبر المقاومة للتعجيل الزاوي هي وظيفة لكتلة الجسم.
- ✓ أن الكتلة الأكبر هي المقاومة الاكبر للتعجيل الزاوي .

ان السهولة أو الصعوبة النسبية لبدء او إيقاف الحركة الزاوية تعتمد على عامل أضافي وهو توزيع الكتلة بالتناسب مع محور الدوران فيما يتعلق بمضرب البيسبول الموضح في (شكل 2-12).

أفترض بان لاعبا يضيف حلقة ثقل الى مضرب متارجح .فهل ستكون السهولة النسبية لمرجحة المضرب اكبر عندما يكون الثقل موضوعا بالقرب من نهاية القذف او قرب قبضة المضرب؟بشكل اخر هل ان من الأسهل مرجحة المضرب موضوع بالقبضة (الوضع الطبيعي لليد) او بمضرب ملتف ويمسك عن طريق القبضة عصا المضرب؟

التجارب بمضرب البيسبول او بعض المواد الشبهية له توضح بان الكتلة المركزة القريبة الى المحور الدوران اكثر سهولة في عملية المرجحة وعلى العكس من ذلك فان لوضع الكتلة بعيدا عن محور الدوران اكثر صعوبة في عملية بدء او ايقاف الحركة الزاوية ولذلك فأن التعجيل الزاوي يعتمد على مقدار الكتلة المستعملة عن طريق المادة وتعتمد كذلك على توزيع الكتلة بالتناسب مع محور الدوران (نشير الى عزم القصور بحرف I)

ان خاصية القصور للحركة الزاوية يجب ان تجمع بين كلا العاملين وتعرف خاصية القصور للحركة الزاوية على انها قوة القصور الذاتي ولان كل جسم يتكون من اجزاء من الكتل ، كل حسب مسافته الخاصة وبعده عن محور الدوران ، فان قوة القصور الذاتي لجزء مفرد لكتلة يمكن ان يمثل كالاتي.

$I=Mr2$

في هذه الصيغة فان M تشير الى الكتلة الجزئية و r يشير نصف قطر الدوران الجزئي .

قوة القصور الذاتي لجسم هي مقدار قوى القصور الذاتي لكل الكتل الجزئية للمادة (شكل3-12 )

$I=\sum mr2$

تكون عملية توزيع الكتلة بالنسبة لمحور الدوران اكثر اهميه من المقدار الكلي لكتلة الجسم في تحديد المقاومة الى التعجيل الزاوي لان r مربعة فتتغير قيم r عندما يتغير محور الدوران .

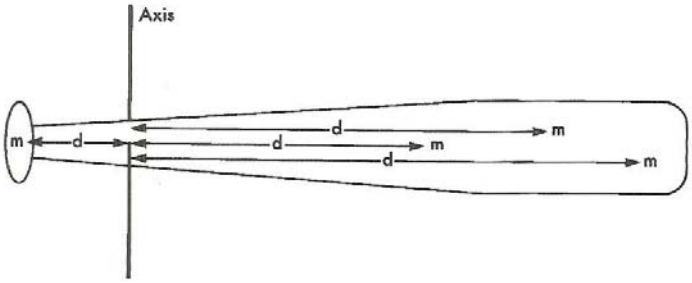
ولهذا عندما يمسك لاعب البيسبول المضرب فان حركة المضرب تعمل على تقليل قوة عزم القصور الذاتي بالنسبة لمحور الدوران على رسغي اللاعب مع زيادة نسبية في سهولة مرجحة المضرب.قسم قليل من لاعبي البيسبول يستخدمون وبعدم دراية كافية فكرة انه عندما تكون المضارب أطول او أثقل تكون أكثر فاعلية مما هي علية

من خلال نفس المبدأ ،فان التغيرات في زوايا مفاصل جسم الإنسان تسبب تغيرات في قوى القصور الذاتي لإطراف الجسم وبهذا فان لهذا تأثير في سهولة وصعوبة حركة السيقان فعلى سبيل المثال عند المشي،فأن توزيع كتلة الساق إضافة الى قوة قصورها الذاتي بالنسبة لمحور الدوران الابتدائي في الورك،تعتمد بشكل كبير على الزاويه الموجوده في الركبة في العدو ولذلك فان التعجيل الزاوي الاقصى للسيقان مطلوب الى حد كبير اضافة الى ذلك فان ثني اكبر موجود في الركبة عند المرجحة اكثر مما موجود في حالة الركض البطيء.

وهذا يقلل وبشكل كبير قوة عزم القصور الذاتي للساق بالتناسب مع الورك، ولهذا فان تقليل المقاومة لتهيئ خلال الفعاليات كالمشي باقل تعجيل زاوي هو امر مطلوب .

ان الثني في الركبة خلال المرجحة يبقى صغير نسبيا أما قوى القصور الذاتي للساق بالنسبة للورك فستكون كبيره نسبيا.

عند سباقات العدو فان الثني الاكبر في الركبة يقلل من قوة القصور الذاتي لمرجحة الساق.




(شكل 3-12) ان قوة القصور الذاتي هي مقدار ناتج الكتلة الجزيئية ومربع نصف قطر الدوران.

ان تقيم قوة القصور الذاتي لجسم بواسطة قياس المسافة بكل جزء من كتلة الجسم من محور الدوران ومن ثم استعمال الصيغة غير عملي بشكل واضح.

ففي التمرين تستخدم الطرق الرياضية لحساب قوة القصور الذاتي لأجسام بأشكال هندسية منظمة ومعروفة الإبعاد ولان جسم الانسان مقسم باشكال غير نظامية وكتل مختلفة التوزيع، فأما الطرق التجريبية او تستخدم الاشكال الرياضية لتقريب قيم قوى القصور الذاتي لاقسام جسم فرد معين وللجسم بشكل عام وفي مواقع مختلفة.

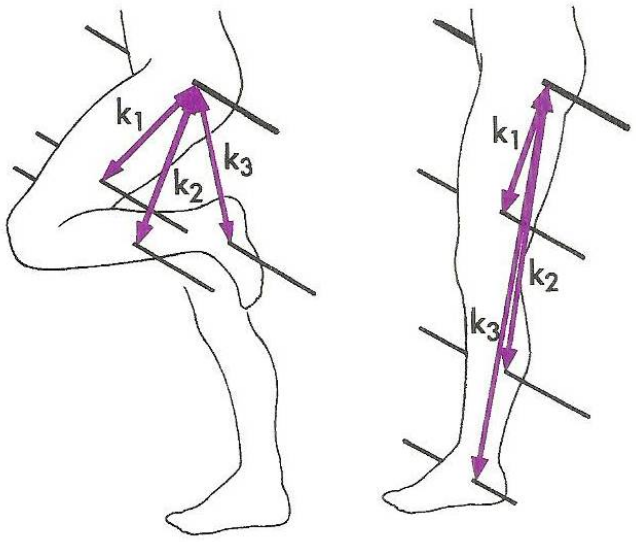
ان قوة القصور الذاتي لجسم البشر واجزاءه قربت باستخدام معدل قياسات عن دراساتcadaver،فقياس تعجيل ساق المرجحه باستخدام الطرق الفوتوغرافية ،واستخدام النموذج الرياضي و قيمت قوة القصور الذاتي للجسم لكتلة معلومة، بالقيمة او المقدار الذي يمكن ان يعرف باستخدام الصيغة التالية:

$$I=MK2$$

في هذه الصيغة I هي القصور الذاتي .وتشير M الى كتلة الجسم الكلية يشيرK الى المسافة المعلومة وهي نصف قطر الدوران حول المحور يشير نصف قطر دوران المحور الى توزيع كتلة المادة بالنسبة لمحور دوران معين هو المسافة من محور الدوران حتى النقطة التي تتركز فيها كتلة الجسم دون تغير الخصائص القصورية للجسم الدائر وهذه النقطة ليست شبيهه بالمركز الجزئي للجاذبية(شكل 4-12)

✓ يكون نصف القطر محور الدوران اطول من نصف قطر الدوران المسافة الى مركز الثقل الجزئي.

يتغير طول نصف قطر محور الدوران الكلي فعندما يتغير محور الدوران وكما ذكر انفا فان من السهل مرجحة مضرب البيسبول عندما يمسك من نهاية المضرب منه من مسكة من القبضة فعندما يمسك المضرب من النهاية تكون K وهي مسافة نصف قطر محور الدوران اقصر منها عندما يمسك المضرب من القبضة لان اكبر كتلة ستكون قريبة الى محور الدوران وبنفس الشكل فان نصف القطر محور الدوران لقيم من الجسم كالذراع الامامية اكبر بالنسبة الى المعصم منها الى المرفق.




(شكل 4-12) تاثر زاوية الركبة على قوة القصور الذاتي لرجل متأرجحة مع الورك بسبب التغيرات في نصف القطر الدوران K للساق السفلى والقدم

ان نصف قطر محور الدوران هو حصيلة نافعه لقوة القصور الذاتي عند مناقشة الدوران بالنسبة لمقاومة جسم معين في محاور مختلفة واخيرا فان وحدات القصور الذاتي موازية لتعريف الكمية ولهذا تكون وحدات كتلة مضروبة بوحدات طول مربعه Kg .m2

## قوة القصور الذاتي لجسم الإنسان

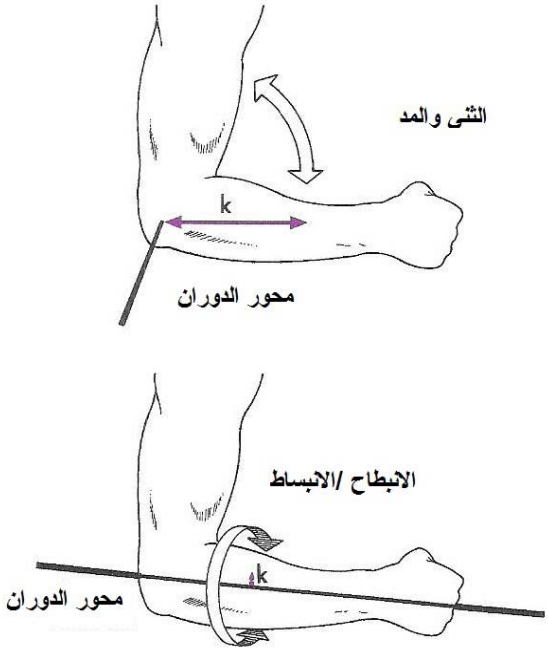
## Human Body Moment of Inertia

بالإمكان معرفة قوة القصور الذاتي بالاعتماد على محور محدد للدوران فمحور الدوران لقسم او جزء من الجسم في حركات المستويين المائل والأمامي هو محور يمر من خلال مركز المفصل الاقرب لجزء الجسم ،فعندما يدور جزء من الجسم حول محور الطولي ستكون قوة قصوره الذاتي مختلفة تماما عن قوة قصوره الذاتي عند الثني او المد او الحركات التقريب او الإبعاد ولهذا فان قوة قصوره الذاتي تختلق بشكل ملحوظ فيما يتعلق بمحور الدوران (الشكل 5-12)

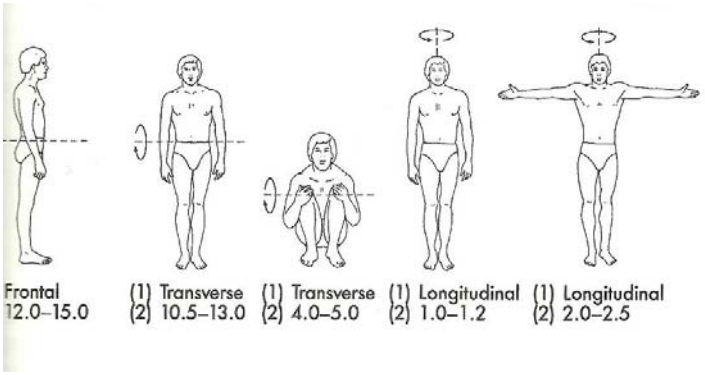
الاختلاف في اطوال انصاف اقطار محور الدوران للذراع الأمامية(الساعد)بالنسبة لمحاور الدوران الطولية المستعرضة.

ان قوة القصور الذاتي لجسم الإنسان عموما تختلف كذلك بالنسبة لمحاور الدوران. فعندما يدور جسم الإنسان دون استناد فانه سيدور حول ثلاثة محاور رئيسيه المستعرض والأمامي الخلفي او المحور الطولي وكل منها يمر خلال مركز ثقل الجسم الكلي وتعرف قوه القصور الذاتي المرتبطة بواحد من هذه المحاور بـ (قوة القصور الذاتي الرئيسية) (الشكل6-12) يوضح التقديرات الكمية لقوى القصور الذاتي الرئيسية.

- ✓ المحاور الرئيسيةprincipal axes: عبارة عن ثلاثة محاور عمودية تمر خلال مركز الجاذبية تشير على التوالي الى المحاور المستعرض ،الخلفي الامامي والطولي.
- ✓ قوة القصور الذاتي الرئيسية principal moment of inertia: هي القوة الكلية للقصور الذاتي التي ترتبط بواحد من المحاور الرئيسية.




(شكل 5 –12) نصف قطر محور دوران الذراع الامامية لحركات المد والثني اطول كثيرا منه الى حركات الانبساط والانبطاح (انكفاء اليد)




(شكل 6–12) القوى النسبية للقصور الذاتي لجسم في مواقع مختلفه متصلة بمحاور رئسيه مختلفة

لجسم الإنسان في مواقع مختلفة .فعندما يتخذ الجسم وضع الانثناء خلال اللفة الهوائية فان قوة قصوره الذاتي الرئيسية ومقاومة الحركة الزاوية حول المحور المستعرض اقل بكثير عندما يكون الجسم في الوضع التشريحي .فالغطاسون يؤدون لف هوائي فيجتازون تغيرات كبيرة في القوة الرئيسية لعزم القصور الذاتي حول المحور المستعرض على نظام 15كغم .م2 الى 6,5 كغم، م2 بينما يتجه الجسم من الالتفاف نحو الوضع الرمحي او السهمي.

يمر الاطفال بمرحله الطفولة نحو المراهقة وباتجاه البلوغ تؤدي التغيرات التي تحصل في عملية النمو الى حدوث تغيرات نسب اطوال والكتل ونصف قطر محور الدوران الجسم وجميعها لها تاثير في قوة القصور الذاتي لجزء من الجسم.

ان قوة القصور الذاتي لجزء من الجسم تاثر على مقاومتة للدوران الزاوي وبالنتيجة القدرة على الاداء في انواع من الرياضة كالجمباز والغطس .

هنالك العديد من لاعبات الجمباز البارزات اللواتي حققن مراتب عالمية خلال سنين المراهقة تلاشت واضمحلت انجازاتهن فيما بعد هذه المرحلة قبل وصولهن عمر 20 عام نتيجة انخفاض امكانياتهن بشكل عام والتي تعزى الى تغيرات في نسب نمو الجسم فالتغيرات الجوهرية في قوة القصور الرئيسية لاقسام الجسم تحدث مع تقدم العمر وتتولد الاختلافات الفردية الكبيرة في اساليب وطرق قوى القصورالذاتي الرئيسية واعتمادا على (يانسن) فان التنبؤ الافضل لقيم ومقادير قوة القصور الذاتي بين الاطفال هو مجموع كتلة الجسم وارتفاع الجسم افضل من مقايس العمر ..

- ✓ ان نسب القوة العضلية وقابلية المجموعة العضلية على انتاج عزم تدوير حول المفصل للقوى الجزئية للقصور الذاتي مقاومة الدوران على المفصل هي مساهم رئيسي في فعاليات الجمناستك.
- ✓ الزخم الزاوية: هي مقدار الحركة الزاوية التي يمتلكها الجسم وتساوي ناتج قوة القصور الذاتي والسرعة الزاوية.

### الزخم الزاوي Angular Momentum

في وظيفتة كمؤشر للقصور الذاتي للحركة الدورانية فان قوة القصور الذاتي هي عنصر هام لكميات الكينتك الزاوية الاخرى ويشار الى كمية او مقدار الحركة التي تمتلكها المادة بزخم المادة.

اما بالنسبة للزخم المستقيم فهو حاصل الصفة القصورية المستقيمة(الكتلة) والسرعة المستقيمة ويعرف مقدار الحركة الزاويا للجسم

(والـزخم الـزاوي ) يرمـز اليـه بحـرف H وهـو حاصـلا لصـفة القصـورية الزاوية ومقدار القصور والسرعة الزاوية.

M=mv الحركة المستقيمة.

H=lGʊ الحركة الزاوية.

H=mk2Gʊ

تـؤثر هـذه العوامـل الثلاثـة علـى الـزخم الـزاوي للجسـم – كتلـه الجسـم m وتعنـي توزيـع كتلـة ذلـك الجسـم بالنسـبة لمحـور الـدوران k،وسرعة الجسم الزاويـة Gʊ فاذا لـم يمتلـك الجسم سرعة زوايـة فلـيس لـه زخـم زاوي .وعنـدما تـزداد السـرعة الزاويـة فـان الـزخم الـزاوي سـيزداد بالتناسـب والعامـل الاكثـر تـاثيرا علـى الـزخم الـزاوي هـو توزيـع الكتلـة بالنسـبة لمحـور الـدوران وذلـك لان الـزخم الـزاوي يتناسـب مـع مربـع نصـف قطر محور الدوران (شكل 7-12).

وحـدات الـزخم الـزاوي تنـتج مـن حاصـل ضـرب وحـدات الكتلـة × وحـدات الطـول المربعـه ،ووحـدات السـرعه الزاويـه وهـي Kg.m2/s لجسـم متعـدد الاقسـام مثـل جسـم الانسـان ،يكـون الـزخم الـزاوي لمحـور معـين للـدوران هـو عبـارة عـن القـوة الزاويـه لاجـزاء جسـم الفـرد ويكـون الـزخم الـزاوي لجـزء منفـرد المتصـل بمحـور المسـتعرض الرئيسـي للـدوران المـار فـي داخـل مركـز الثقـل الكلـي للجسـم يعتمـد علـى زخـم الجـزء الـزاوي حـول مركز ثقل الجزء زائدا زخمه الزاوي حول مركز الثقل الكلي للجسم :

H=lsGʊ + M r 2Gʊg

يشـير ls الـى قـوة القصـور الـذاتي للجـزء ويشـير رمـز Gʊs الـى السـرعه الزاويـه لجسـم وكلاهمـا يـرتبط بـالمحور المسـتعرض المـار بمركـز ثقـل الجـزء ذاتـه ويشـير m الـى كتلـه الجسم ويشـير r الـى المسـافة بـين

الجسم الكلي ومركز ثقله الجزئي ويشير رمز GΘg الى سرعته الزاوية لمركز الثقل الجزئي حول المحور الرئيسي المستعرض (شكل 8-12) يؤدي مقدار القوة الزاوية لاجزاء الجسم حول المحور الرئيسي الى احداث الزخم الزاوي الكلي للجسم حول ذلك المحور عند الارتقاء من القفاز المتحرك فيجب على السباح الغاطس ان يحقق زخم مستقيم كافي للوصول الى الارتفاع اللازم وان يأمن مسافة من اللوحة او منصة القفز والزخم الزاوي الكافي لتحقيق العدد المطلوب من الدورات.

الزخم الزاوي المتولد عند الارتفاع سيزداد عندما تزداد متطلبات الغطس الدورانية سجلت قيم الزخم الزاوي بقدر 66 كغم .م2 /ت و70 كغم .م2 /ت لصاحب الميداليات الذهبية GregLouganis اثناء غطساته للخلف اثنان ونصف وغطساته إماما ثلاثة ونصف بالتتابع.

عندما يندمج الالتواء باتجاه غطس هوائي فسيزداد الزخم الزاوي المطلوب . ان تضمين اللف خلال الغطس الامامي لمره ونصف من قفاز متحرك يرتبط بالزخم الزاوي الزائد عند الارتفاع من 6 % الى 19%.

## المحافظة على الزخم الزاوي

## Conservation of Angular Momentum

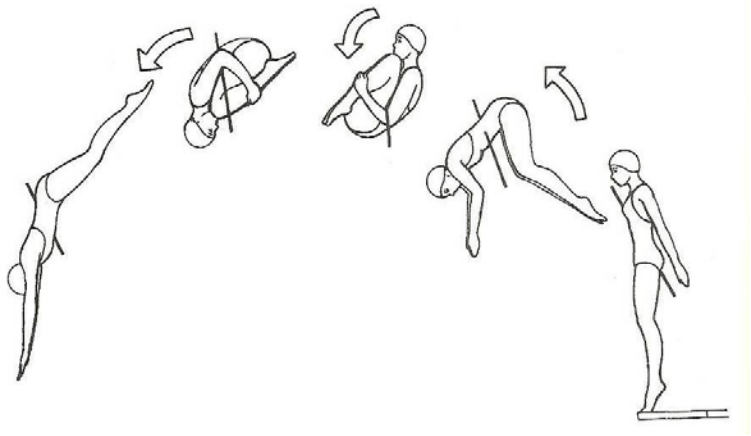
عندما تكون الجاذبيه هي القوه الخارجية الوحيدة ألمؤثره ،فسيدخر الزخم الزاوي وبهدف احداث الحركة الزاوية فيمكن ان يحدد مبدا المحافظة على الزخم كالأتي ان الزخم الزاوي الكلي لجسم معين يبقى ثابتا عند غياب عزوم التدوير الخارجية

ان قوة الجاذبية التي تؤثر على مركز ثقل الجسم لا تؤدي الى توليد عزم تدوير وذلك لان d1 المسافة العمودية تساوي صفر وهذا لن يتغير في مقدار الزخم الزاوي.

ان مبدأ الاحتفاظ بالزخم الزاوي مفيد بشكل استثنائي في التحليل الحركي لفعاليات الغطس وسباقات الترامبولين والجمباز والتي يمر فيها جسم الإنسان بحركات الدوران عن الطيران في الهواء .عند الغطس بعد قلبة هوائية ونصف اماما يترك السباح المنصه المتحركة بمقدار ثابت من العزم الزاوي استناد الى مبدا الاحتفاظ بالزخم الزاوي فان مقدار الزخم الزاوي الموجود عند الخط الارتفاع يبقى ثابتا على طول مسار الغطس وبينما يتجه السباح الغاطس من وضع المد نحو اللف فان نصف قطر الدوران سينخفض ولهذا سينخفض عزم القصور الذاتي الرئيسي للجسم حول المحور المستعرض ولان الزخم الزاوي يبقى ثابتا فان الزيادة التعويضية في السرعة الزاوية يجب ان تصاحب الانخفاض في عزم القصور الذاتي (شكل9-12) ان اقوى حركة ثني للغطاس تعني السرعة الزاوية الاكبر فمرة تكون القلبة الهوائية كاملة يمتد الغطاس باتجاه وضع المد الكامل بالنتيجة زيادة القوة الكلية للقصور الذاتي،واخرى لان الزخم الزاوي يبقى ثابتا فسيحدث انخفاضا مساوي في

السـرعة الزاويـة ولاجـل دخـول الغطـاس بشـكل عمـودي تمامـا فـان السـرعة الزاوية تكون مطلوبه في هذه الحاله.

ولان كتلـة الجسـم لا تتغيـر عـن حركـة معينـة فـان التغيـرات فـي السـرعة الزاويـة عنـد عـدم وجـود عـزوم تـدوير فيجـب مكافئـة للتغيـرات فـي تكـوين جـزء الجسـم الـذي ينـتج مـن تغيـرات فـي قـوة القصـور الـذاتي لاعـب الجمبـاز المبتـديء يـؤدي حركـة القلبـة الهوائيـة لـزخم الـزاوي غيـر كـافي يحتـاج للمحافظـه علـى وضـع الثنـي فـي الطريـق نحـو الهبـوط ليجتـاز ازاحـة زاوية كافية وذلك ليتجنب الهبوط على ظهره.



(شكل 9–12) عندما يحفظ الزخم الزاوي فان التغيرات في شكل الجسم تنتج بين عزم القصور والسرعة الزاوية

هنالـك امثلـة اخـرى للمحافظـة علـى الـزخم الـزاوي عنـدما يكـون الـزخم الـزاوي للمنفـذ فـي الهـواء يسـاوي صـفر والحركـة العنيفـة مثـل حركـة الكـبس (السـبايل) فـي لعبـة الكـرة الطـائرة ،فعنـدما ينفـذ اللاعـب الحركـة بتحريـك الـذراع الضـاربة بسـرعة زاويـة عاليـة وبـزخم زاوي كبيـر هنالـك

دوران يساوي لتوليد اسفل الجسم مقدار مساوي للزخم الزاوي بالاتجاه المقابل

شكل (10-12)عند تنفيذ الطيران للكبس في الكرة الطائره فان الدوران المكافئ للطرف السفلي يوازن ذراع المرجحة بشكل كبير وذلك يحتفظ الجسم لزخمه الزاوي الكلي.

حيث ان قوة القصور الذاتي للساقين بالنسبة للورك اكبر منه لذراع ضرب الكره (الكبس) المرتبطة بالكتف، فان السرعة الزاوية المتولدة للساقين لحساب الزخم الزاوي لذراع المرجحة هي اكبر بكثير من السرعة الزاوية لذراع الضربة (الذراع الكابسة)

على الرغم ان الزخم الزاوي يبقى ثابتا بغياب عزوم الدوران الخارجية فان نقل السرعة الزاوية على الاقل جزئيا من محور دوران رئيسي الى اخر يكون ممكن وهذا يحدث عنما يغير الغاطس حركة دوران القلبة الهوائية الاولي واخرى يحدث فيها التفاف اولي رئيسي والعكس بالعكس.

عامل السرعة الزاوية للمنفذ من حالة الطيران لا يحدث بالضرورة بنفس الاتجاه كعامل الزخم الزاوي فمن الممكن للزخم الزاوي لجسم عند اداء القلبة الهوائية والزخم الزاوي لالتواءه ان يتغير في منتصف الطيران بالرغم من ان مجموع الاثنين (الزخم الزاوي الكلي ) يبقى ثابتا في المقدار والاتجاه.

لاحظ الباحثون عده طرق لتغير محاور الدوران الكلي للجسم (9,14,16 ) ان حركات الذراع غير المتناسقة ودوران الورك(hula) يمكن ان بدفع محور الدوران بعيدا عن المستوى الاصلي للحركة. ان قواعد حركات مرجحة الذراع في حالة ميل محور الدوران مطلوبة وتشمل عملية بدء مرجحة الذراع في النقطة التي يكون عندها سرعة الدوران في الهواء في اعلى ارتفاع لها.

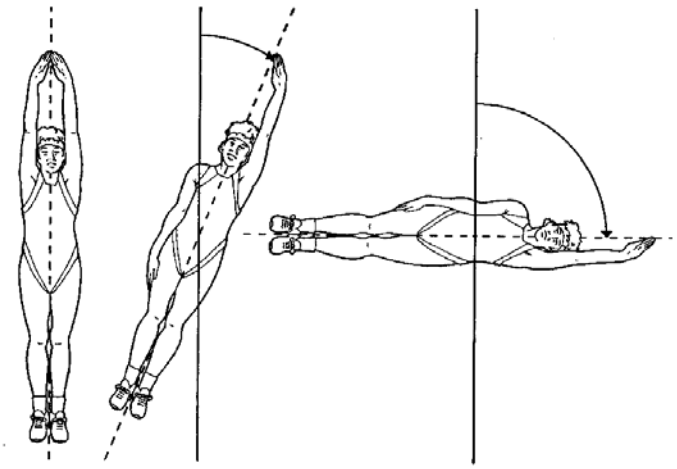
باستعمال السرعة العليا لذراع المرجحة على طول المحور الطولي للجسم وزيادة الكتله المنقولة بواسطة ذراع المرجحة بواسطة رفع الكتف بحركه الذراع (شكل11-12)

ان الاستخدام القليل لحركة hula يمكن ان يؤدي الى احداث ميل المحور الرئيسي للدوران عندما يكون الجسم بوضع رمحي في اداء القلبة الهوائية .

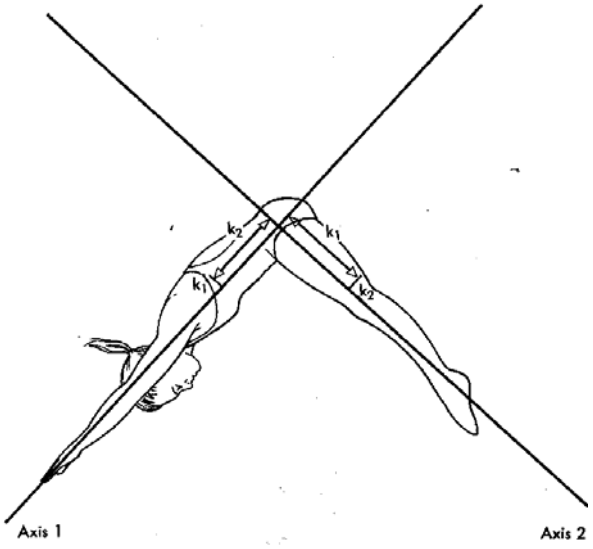
حتى عندما يكون الزخم الزاوي صفر يكون عملية توليد الثني او الالتواء في منتصف الطيران ممكنا باستخدام التعامل البارع للجسم المتكون على الاقل من قسمين من خلال مراقبة سقوط القطة على اقدامها فلا مشكلة في موضوع من أي مكان تسقط.

كما يبدو فقد درس العلماء التناقض الظاهر لمبدأ المحافظة على الزخم الزاوي فلاعبو الجمباز والغطاسون يمكنهم استخدام هذه الطريقة بالاشاره الى دوران القطط دون التجاوز على الاحتفاظ بالزخم الزاوي.

يكون دوران القطط بعملية ذات مرحلتين فهي تودى بفاعلية اكبر عندما يكون جزئي الجسم بزاوية 90 بوضع رمحي لكي يكون نصف قطر محور الدوران جزء واحد في اقصاه بالارتباط مع محور الدوران الطولي للجزء الاخر (شكل 12-12 ) وتتكون المرحلة الاولى من الدوران المتولد داخليا من الجزء 1 حول محور الطولي



(شكل 11-12) التغير الايزمتري لموقع الذراع المرتبط بمحور الزخم الزاوي يمكن ان يغير محور الدوران




(شكل 12-12) يمكن ان يدور المنفذ الماهر 180 او اكثر في الهواء بزخم زاوي صفر وذلك لان هنالك عند الوضع الرمحي يكون قلة التواء او ثني كبير بين نصف قطر محور الدوران للطرفين العلوي والسفلي بالاتصال مع المحاور الطولية لقسمي الجسم الكبيرين

ولان الزخم الزاوي يمكن ان يكون مخزونا ويحتفظ به فسيكون هنالك دوران معادل في الجزء (2) بالاتجاه المضاد حول المحور الطولي للجزء (1) واضافة الى ذلك فان الدوران الناتج يكون بسرعة صغيرة نسبيا.

وذلك لان K للجزء الثاني تكون كبيرة نسبيا في المحور (1) اما المرحلة الثانية فتتالف من دورات الجزء (2) حول محوره الطولي في نفس الاتجاه عن طريق الجزء او القسم (1).

بـالترافق مـع هـذه الحركـة يكـون الـدوران المعـادل بالاتجـاه المضـاد حـول المحـور (2) ومـره اخـرى تكـون السـرعة1 الزاويـة صـغيره نسـبيا وذلـك لان k للقسم او الجزء (1) كبيره نسبيا مـع المحـور (2) باسـتخدام هذه الطريقـة يمكـن للسـباح الغـاطس ان يبـدا بالالتفـاف فـي الهـواء ويـدور 450 درجة.

يـدور القـط حـول محـوره الطـولي لقسـمي جسـمه فمـن السـهل بـدء الـدوران حـول المحـور الطـولي مـن بـدء الـدوران حـول المحـور المسـتعرض والمحـور الامـامي الخلفـي وذلـك لان قـوة القصـور الـذاتي الكليـة المرتبطـة بـالمحور الطـولي اقـل بكثيـر مـن قـوة القصـور الـذاتي المرتبطـة بـالمحورين الاخرين.

## التغير في الزخم الزاوي Change in Angular Momentum

عنـدما تـؤثر قـوة عـزم التـدوير الخارجيـة فانهـا تغيـر مقـدار الـزخم الـزاوي الموجـود فـي الجسـم بشـكل متوقـع فقـط عنـد التغيـرات فـي الـزخم المسـتقيم فـان التغيـرات فـي الـزخم الـزاوي لا يعتمـد فقـط علـى كميـة واتجـاه عـزوم التـدوير الخارجيـة المـؤثره ولكـن تعتمـد كـذلك علـى طـول الفتـرة الزمنية التي تؤثر فيها عزم الدوران.

الحافز المستقيم=f t

الحافز الزاوي =T t

عنـدما يـؤثر الحـافز الـزاوي علـى جسـم فـان النتيجـة سـتكون هـي التغيـر فـي الـزخم الـزاوي لجسـم . ان علاقـة الـزخم _الحـافز للكميـات الزاوية يمكن التعبير عنها كالاتي :

$$T\,t = \Delta H$$

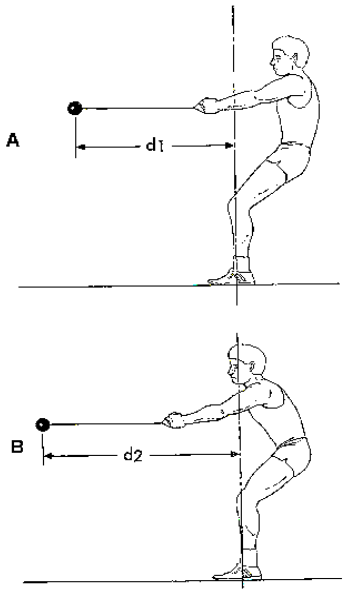
$$T\,t = (IG2) - IG1)$$

ومثلما ذكر سابقا فان الرمز T تشير الى الوقت والرمز t يشير الى العزم التدوير والرمز H يشير الى الزخم الزاوي و I يشير الى عزم القصو الذاتي ويشير G الى السرعة الزاوية ويشير 1,2 يشير الى الاوقات الاول والثاني والنهائي ولان الدافع او الحافز الزاوي هو مجموع عزم الدوران والزمن فيمكن ان يؤدي الى حصول تغيرات هامة في الزخم الزاوي للجسم من تأثير عزم تدوير كبير لفترة زمنية صغيرة او من تأثير عزم تدوير صغير لفترة زمنية كبيرة وبما ان عزم التدوير هو مجموع مقدار القوة والمسافة العمودية لمحور الدوران فان كلا هذين العاملين يؤثر على الحافز الزاوي.

في فعاليات الرمي في الساحة والميدان ،فالموضوع يعني زيادة الخافز والدافع الزاوي الذي يسلط على الالة قبل ان ان تنطلق بغرض زيادة زخمها والمسافة الافقية النهائية التي تتبع عملية الرمي.

كما نوقش في الفصل ترتبط السرعة المستقيمة بشكل مباشر بالسرعة الزاوية بنصف قطر دوران يؤدي دور عامل التناسب وطالما بقيت قوة القصور الذاتي mk2 لدوران الجسم ثابتة فان الزخم الزاوي المتزايد ينتقل بشكل مباشر الى الزخم المستقيم المتزايد عند رمي الجسم في الهواء وهذه الفكرة هي دليل واثبات استثنائي وتتضح في فعالية رمي المطرقة والتي يمرجح الرياضي المطرقة اولا مرتين اوثلاث حول الجسم باقدام ثابتة متبوعة بثلاثة اواربعة دورات كلية حول الجسم تؤدي من قبل الرياضي قبل اطلاق المطرقة وبعض رماة المطرقة يستخدمون الطريقة الاولى او دورانين كبيرين للجذع في ثني خفيف(مقابل الورك)

ولهذا تعمل على الوصول الى ابعد نقطة لليدين(شكل 13-12)، وهذا التكتل يساعد في زيادة نصف قطر دوران ولهذا فان كمية القصور الذاتي للمطرقة ترتبط بمحور الدوران حتى تكون السرعة الزاوية غير قليلة وان يكون الزخم الزاويللرامي والمطرقة في حالة زيادة ولغرض اداء هذه الستراتيجيه تكتمل الدورات النهائية بانحناء كامل للجسم بعيدا عن الرامي واستنادا الى (دابندا) و (سكدونالد) فعلى الرغم من امكانية الانحناء يجب ان تعمل على زيادة الزخم الزاوي المنقول الى المطرقة،فان العوامل مثل الميل الطبيعي للوقاية من الضغوط الفقرية الزائدة او تحديد قوة الكتف ربما تحمي الرامي من اتمام هذا التكنيك.




شكل 13-12 يجب ان يقاوم رمي المطرقه القوه المركزيه للمطرقه ليتجنب الارتفاع بعيدا عن دائرة الرمي

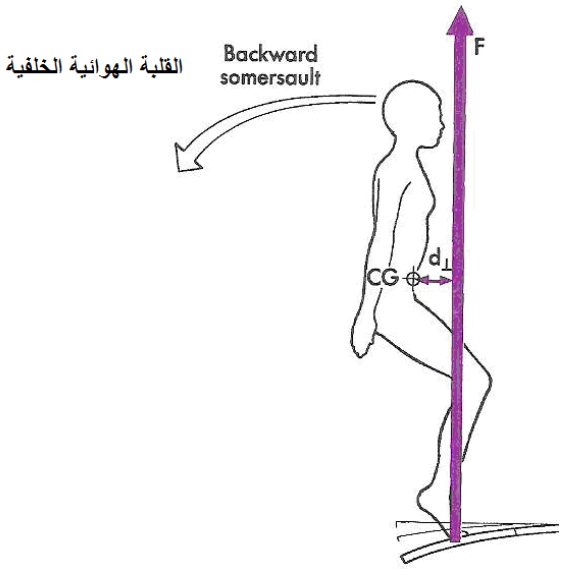
أ) المقاومة بالاكتاف

ب)المقاومة بالورك

يكـون الـزخم الـزاوي المطلـوب لاداء حركـات دوران الجسـم التـي تنفـذ خـلال المهـارات الهوائيـه صـادره بشـكل اساسـي مـن الـدافع الـزاوي المتولد عن طريق قوة رد فعل لسطح الاسناد خلال الارتقاء.

عنـد الغطـس الخلفـي مـن منصـه يتولـد الـدافع الـزاوي الاكبـر تحميـل الـوزن النهـائي للمنصـة عنـدما ينـدفع الغـاطس مـن وضـع الجثـو باتجـاه المـد فـي الـورك ،الركبـة ،ومفصـل الكاحـل ويـؤدي مرجحـة ذراعـين قويـة ومتزامنـة، ان المركبـة العاموديـة لقـوه رد فعـل المنصـة العموديـة التـي تـؤثر امـام مركـز ثقـل السـباح الغـاطس تـؤدي الـى توليـد معظـم الـزخم الـزاوي الى الخلف(شكل14-12)

تحـدد حركـات اجـزاء الجسـم عنـد الارتقـاء مقـدار واتجـاه قـوة رد الفعـل التـي تعمـل علـى توليـد الـدوافع الزاويـة والمسـتقيمة اضـافة الـى ذلـك ففـي كـلا لـوحتي الغطـس الثابتـة والمتحركـة تسـاهم حركـة دوران الاذرع عنـد الارتفـاع فـي الـزخم الـزاوي اكثـر مـن أي قسـم اخـر حيـث يـؤدي الغطاسـون المهـرة حركـة مرجحـة الـذراعين بمـد كامـل للـذراعين وبالنتيجـة يحصـلون علـى زيـادة فـي قـوه القصـور الـذاتي للـذراعين والـزخم الـزاوي المتولد.




(شكل14–12 ) ناتج قوة رد فعل للوحة الارتقاء المتحركة F وقوة الذراع المتصلة بمركز السباح dt يولد عزم التدوير الذي الدافع الزاوي الذي يولد الزخم الزاوي عند الارتقاء.

تستخدم قوة رد فعل السطح عن طريق الراقص لتوليد الزخم الزاوي عند الارتقاء في حركة (تورجت Tourjete)

اما الغطاسون الاقل مستوى فغالبا ما يستخدموا حركة الثني في المرفق لتقليل قوة القصور الذاتي للذراعين حول الاكتاف حتى تستكمل مرجحه الذراعين في الوقت المحدد وبالمقابل لحركة الارتقاء وخلال الغطس خلال الارتقاء للقلبات الهوائية الارضية التي تودى في العاب الجمباز فان المد القوي للساقين يساهم كثيرا في الزخم الزاوي ان الحافز الزاوي المتولد خلال قوة رد فعل السطح عامل مهم ايضا عند اداء حركة (تورجت (Tourjete ) وهي حركة رقص تتالف من قفز كامل بدوران 180 درجة مع هبوط الراقص على القدم المقابله لقدم الارتقاء عندما تنجز الحركة بصورة صحيحة يظهر الراقص كانه يرتفع عاليا بشكل مستقيم ومن ثم يدور حول المحور العمودي في الهواء وحقيقة ان القفز يجب ان ينفذ وذلك لكي تتولد قوة عزم تدوير مضادة عن طريق الارض تولد الساق المحدوده عند بدء القفز قوة قصور ذاتي كبيرة نسبيا ترتبط بمحور الدوران ولهذا تؤدي الى توليد سرعة زاوية الجسم واطئه نسبيا وفي ذروة القفز فان ساقي الراقص تجتاز محور الدوران وترتفع الذراعين فوق الراس بنفس الوقت من محور الدوران واخيرا فان هذه الحركات تعمل وبشكل دراماتيكي على تقليل قوة عزم التدوير وبالنتيجة زيادة السرعة الزاوية.

- ✓ عندما تكون قوة رد فعل السطح باتجاه مركز ثقل المنفذ فسيتولد الدفع المستقيم لا الدفع الزاوي.

## ANGULAR ANALOGUES OF NEWTONS LAWS OF MOTION

تعرض القائمه 1-12 كميات الكينتك الزاوية والمستقيمة في شكل متوازي ،والتوازي المتعدد بين الحركات الزاوية والمستقيمة فليس بالغريب ان تكون قوانين نيوتن محددة في مصطلحات الحركة الزاوية ومن الضروري ان تذكر بان عزم التدوير وقوة القصور الذاتي هي معادلات زاوية للقوه والكتلة في التعويض عن المصطلحات .

### قانون نيوتن الاول Newton's First Law

يمكن تحديد الترجمة الزاوية لقانون نيوتن الاول.

يحافظ الجسم الدائر على حالة الحركة الزاوية الثابتة مالم يتأثر بعزم تدوير خارجي ، وعند تحليل حركة الانسان التي تبقى عندها الكتلة ثابتة فالتشابه الزاوي يشكل الاسس لمبدأ الاحتفاظ بالزخم الزاوي ولان السرعة الزاوية يمكن ان تغير لتعويض التغيرات الحاصلة في قوة القصور الذاتي الناتجة من التغيرات في نصف قطر محور الدوران فالمقدار الذي سيبقى ثابتا بغياب عزم الدوران الخارجية هو الزخم الزاوي.

## قانون نيوتن الثاني Newton's second Law

يمكن ان يحدد قانون نيوتن الثاني بالعبارات التالية جبريا .

$$I=Ia$$

تعمل محصلة عزم التدوير على توليد تعجيل زاوي جسم معين ويتناسب طرديا مع مقدار عزم الدوران بنفس الاتجاه ويتناسب عكسيا مع قوه عزم القصور الذاتي للجسم واستنادا الى قانون نيوتن الثاني للحركة الزاوية فالتعجيل الزاوي للذراع الاماميه يتناسب طرديا مع مقدار محصلة عزم الدوران في المرفق وفي اتجاه وحدة عزم الدوران للمرفق ومن جانب اخر فان اكبر قوه للقصور الذاتي لمحور الدوران في المرفق هي الاقل تعجيلا زاويا.

## قانون نيوتن الثالث Newton's third Law

يمكن ان يحدد قانون رد الفعل بصيغه زاويه كالاتي :

لكل عزم دوران مسلط بواسطة جسم على اخره هنالك عزم دوران مساو بالمقدار ومعاكس بالاتجاه مسلط من الجسم الثاني على الجسم الاول .

فعندما يمرجح لاعب البيسبول المضرب بقوه دوران كتلة الجسم العلوي فان عزم الدوران سيتولد حول المحور الطولي للاعب فاذا لم يثبت اللاعب اقدامه بقوه فان الجزء العلوي من الجسم سيميل الى الدوران حول المحور الطولي بالاتجاه المعاكس .وبما ان الاقدام تثبت عادة فان عزم الدوران المتولد بواسطة الجسم العلوي سينتقل الى الارض

فـي المنطقـة التـي تقـوم فيهـا الارض بتوليـد عـزم دوران مسـاو فـي المقـدار ومعاكس بالاتجاه على حافظة حذاء اللاعب.

## القوى الجاذبية والقوى الطاردة

## CENTRIPETAL AND CENRIFUGAL FORCES

ان الاجسـام التـي تتعـرض الـى الحركـه دورانيـه حـول محـور ثابـت تخضـع كـذلك لقـوه مسـتقيمه فعنـدما تكـون المـاده المتصـلة بخـط تتحـرك بمسـار دورانـي ثـم تقـذف فستتوقف عـن الطيـران فـي المسـار الـذي يشـكل مماسـا مـع المسـار الـدوراني الـذي يـاتي فـي النقطـة التـي تنطلـق عنـدها وتعمـل القـوة الجاذبيـة المركزيـة علـى توليـد مركبـة قطريـه لتعجيـل الجسـم المتحـرك علـى مسـار منحنـي والصـيغة التاليـة لمقـدار قـوة الجـذب المركزيـة في مصطلحات السرعة المستقيمة المماسية للجسم الدائر.

(شـكل 15-12 ) كـره تـدور فـي دائـره ثـم تنطلـق، ستسـير بطريـق مسـتقيم ماسـي للمنحنـي مـن نقطـة الانطـلاق حيـث ان اتجـاه الحركـة فـي نقطـة الانطـلاق، فـي شـكل 15-12 تحـافظ القـوه المركزيـه الجاذبـة علـى الجسـم الـدائر مـن تـرك مسـار الـدائره بينمـا يحصـل الـدوران حـول المحـور الثابت.

يكـون اتجـاه القـوه المركزيـة الجاذبـة دائمـا باتجـاه مركـز الـدوران التـي تكـون السـبب وتعـرف كـذلك (قـوة المركـز) تولـد القـوة الجاذبـة المركزيـة مركبـة محيطـة لتعجيـل الجسـم المتحـرك علـى ممـاس منحنـي . الصـيغه التاليـه لمقـدار قـوة المركزيـة الجاذبيـة فـي مصـطلحات السـرعة المسـتقيمة المماسية للجسم الدائر.

$Fc = mv2\r$

فـي هـذه الصـيغة (Fc) تشـير الـى قـوه الجاذبيـة المركزيـة ويشـير (m) الـى الكتلـة وتشـير v الـى السـرعة الخاصـة المماسـية لجسـم دائـر فـي فتـرة معينـة ويشـير حـرف r الـى نصـف قطـر المحـور الـدوران ويمكـن ان تعرف القوه الجاذبية المركزية بمصطلحات السرعة الزاوية.

$Fc = mr \omega 2$

ومثلمـا يتضـح مـن كـلا المعـادلتين ،فـان سـرعه الـدوران هـي العامـل الاكثـر تـاثير علـى كميـة قـوة الجـذب المركزيـة لان قـوه الجـذب المركزيـة تتناسب مع مربع السرعة او السرعة الزاوية.

واسـتنادا الـى قـانون نيـوتن الثالـث فهنالـك قـوه مسـاويه بالمقـدار ومعاكسـة بالاتجـاه تتولـد كـرد فعـل للقـوة الجاذبيـة المركزيـة وتسـمى هـذه القـوة قـوة الطـرد المركـزي ولان قـوه الطـرد المركزيـة توجـد فقـط فـي صـيغة رد الفعـل فـان القـوة الطـاردة المركزيـة وقـوه الجـذب المركزيـه تـاثر دائمـا علـى الاجسـام المختلفـة فعنـدما تتـارجح كـرة بسـلك فـي دائـرة فـان للسـلك قـوه جـذب مركزيـة علـى الكـرة تسـبب البقـاء علـى مسـارها الـدائري وتسـلط الكـره قـوه طـرد مركزيـه علـى السـلك ، تحـافظ علـى بقـاءه متـوترا (شـكل 16-12) فـاذا انقطـع السـلك وتوقـف طيـران الكـرة علـى ممـاس مسـارها الدائري فسيختفي حدوث كلا القوتين الجاذبة والطاردة المركزية.

- ✓ قوه الجذب المركزية centripetal force : عبارة عن قوة باتجاه مركز الدوران لاي جسم دائري .

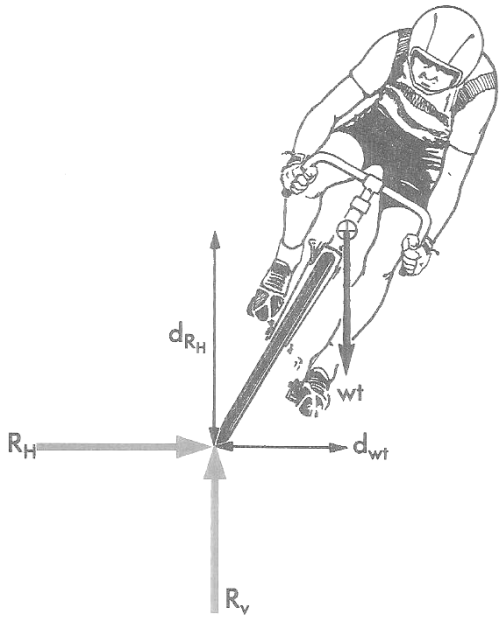
✓ قوة الطرد المركزيه centrifugal force: وهي عباره قوة رد الفعل مساوية في المقدار وفعالة في الاتجاه لقوه الجذب المركزي.

شكل 16-12 عندما يدور رامي المطرقة

عندما تدور المطرقة فان اللاعب الرامي سيسلط قوه جذب مركزية على المطرقة وبالمقابل تسلط المطرقه قوه طرد مركزية مساوية في المقدار ومعاكسة بالاتجاه على الرامي.

ان تاثير قوى الجذب المركزية وقوى الطرد المركزية بالنشاطات والفعاليات الرياضية تاثير كبير فعندما يمرجح اللاعب مضرب التنس في الهواء بمسار زاوي فان اليد القابضة على المضرب تمنح قوة جذب مركزية تحافظ على حركة المضرب بمسار الزاوي اما المضرب فيسلط قوة طرد مركزية على اليد ،اما عندما تكون الالة المتارجحة ضخمة مثلما في رمي المطرقة فان مقادير قوة الجذب المركزي وقوة الطرد المركزية ستزداد تناسبيا كي تجعل الرياضي ينحني بعيدا عن المطرقة الدائرة ليتجنب فقدان التوازن عن طريق قوة الطرد المركزيه بنفس الطريقة فان لاعب الجمباز الاثقل الذي يؤدي مرجحة كبيره على العارضة يحتاج الى قوة قبضة كبيرة لمقاومة القوة المركزية الطارده التي

يسلطها الجسم الدائر على العارضه اما عندما يدور متسابق الدرجات بشكل منحني فستسلط الارض قوة مركزيه جاذبه على اطارات الدراجه اما القوى المؤثره على الدراجة وجسم المتسابق فهي الوزن وقوة رد فعل الارض (شكل17–12) المركبة الافقية لقوة رد فعل الارض (قوة الجذب المركزية) تولد عزم تدوير حول الدراجة ومركز ثقل الدراج وللمحافظه على الدوران باتجاه خارج المنحني فيجب على الدراج ان ينحني الى داخل المنحني وذلك لكي يكون ذراع القوة لوزن الجسم مقارنة بنقطة الاتصال بالارض كبيره وكافية لتوليد عزم دوران معاكس بالاتجاه ومساوي بالمقدار.




(شكل 17–12 ) مخطط حر لجسم دراج على منحني يشير RH الى قوة الجذب المركزية عندما يكون الدراج متوازنا $(R_H)\ (D_{RH}) = (dwt)\ (Wt)$

## الملخص SUMMARY

بينما تتناسب مقاومة الجسم لتعجيله المستقيم مع كتلة الجسم فان مقاومتة للتعجيل الزاوي تكون مرتبطة بكل من الكتلة وتوزيع الكتلة بالنسبة لمحور الدوران . تعرف مقاومة التعجيل الزاوي بقوه القصور الذاتي الكمية التي تجمع كل من مقدار الكتلة وتوزيعها بالنسبة لمركز الدوران ومثلما يكون الزخم الخطي محصلة الخاصية القصورية الخطية والكتلة والسرعة الخطية فسيكون الزخم الزاوي محصلة قوة القصور الذاتي والسرعة الزاوية.

اما في حالة عدم وجود عزوم دوران خارجية فيمكن الحفاظ على الزخم الزاوي ، ويمكن ان يغير جسم الانسان في الهواء السرعة الزاوية الكلية للجسم عن طريق التعامل ببراعة مع قوة القصور الذاتي عند حدوث تغييرات في وضع الجسم بالنسبة للمحور الرئيسي الذي يحدث حوله الدوران ويمكن ان يغير الرياضي الماهر محور الدوران ويبدا بالدوران عندما لا يكون الزخم الزاوي موجودا خلال الطيران ويستند مبدا الاحتفاظ بالزخم الزاوي على الرؤية الزاوية لقانون نيوتن الاول ويمكن ان يعبر عن القانونين الاول والثاني بمصطلحات زاوية عن طريق تبديل قوة القصور الذاتي بالنسبة الى الكتلة وعزم الدوران بالنسبة الى قوة والتعجيل الزاوي بالنسبة للتعجيل المستقيم.

ان القوه المستقيمة التي تؤثر على الاجسام الدائرة هي عبارة عن قوة الجذب المركزية والتي تكون على الدوام متجهه باتجاه مركز الدوران وتعتمد مقدار قوة الجذب المركزية على الكتلة والسرعة او نصف قطر الجسم الدائر وتكون قوة الطرد المركزية والتي تكون موجوده فقط على

شــكل قــوة رد فعــل مســاوية لقــوة الجــذب المركزيــة بالمقــدار وتعاكســها بالاتجاه.



**اختبر معلوماتك**

1.اختر ثلاثه ادوات رياضيه او الات تستعمل في الحياة اليومية وضح الطرق التي يمكنك فيها تحوير قوه القصور الذاتي لكل اله بالنسبة الى محور الدوران.

2.اكتب قائمه توضح الوحدات الشائعة لقاس كل من الكميات المستقيمة والزاوية للخاصية القصورية الزخم والحافز.

3.وضح لماذا يكون ناتج كتلة الجسم ومربع ارتفاع الجسم مؤشر جيد لقوه القصور الذاتي للجسم .

4.مضرب يزن 1,1 كغم له كميه من القصور الذاتي حول محور دوران القبضة 0.4 كغم .م2 فما هو مقدار نصف قطر الدوران حول المحورالجواب (0,6 م)

5.مامقدر الدافع الزاوي الذي يجب ان تعطيه اوتار الركبة لمرجحة الساق في 8 نق /ث للوقوف اذا علمت ان قوة القصور الذاتي للساق هو 0,7 كغم ،م2 ؟ الجواب 5,6 كغم .م2 /ث )

6.بوجود قوة القصور الذاتي لمحور مستعرض رئيسي وسرع زاوية،احسب الزخم الزاوي للاعبي الجمباز ادناه ماهي اشكال الجسم التي تمثلها قوى القصور التالية.

| | Icg (Kg.m2 | rad\s |
|---|---|---|
| A | 3.5 | 20.00 |
| B | 7.0 | 10.00 |
| C | 15.0 | 4.67 |

الجواب / أ=70 كغم .م3 ث

ب= كغم،م2 /ث

ج= 70كغم .م2 /ث

7.ذراع لاعب طائره تزن 3,8 تتحرك بمعدل سرعه زاويه 15 نق /ث في حركه الضرب الساحق فاذا كان معدل قوة القصور الذاتي لذراع الممدوده 45 ،0 كغم /م2 فما هو معدل نصف القطر بمحور الدوران للذراع عند الضرب الساحق (الجواب 35,0 م

8. سباح غطس يزن 50 كغم بوضع مد كامل ونصف قطر كلي للجسم يتناسب مع محورها الرئيسي المستعرض ويساوي 0.45م يترك لوحه الارتقاء بسرعه زاويه 6 نق فما هي السرعة الزاوية للسباحة عندما تتخذ وضع الانطواء خافضة من نصف قطر محور دوران الى 25,0 م2 (الجواب 19,4 نق)

9. في حالة تسليط قوة جذب مركزية على مضرب متارجح للتنس بواسطه يد لاعب وقدارها 40 نيوتن احسب قوة الطرد المركزية المسلطة على اللاعب عن طريق المضرب ؟(الجواب 40نيوتن)

10.نصف قطر محور دوران ساق بالنسبة لمحور الدوران مستعرض على الورك هو 45% من طول الجزء كتله الساق هي 10.5% من كتله الجسم الجسم الكليه الساق هو 23,2 % من طول الجسم الكلي ماهي كميه القصور الذاتي للساق ب النسبة لورك للاناث لكتل الجسم والاطوال التالية.

| | الكتله (كغم) | الطول |
|---|---|---|
| أ. | 60 | 1.6 |
| ب. | 60 | 1.8 |
| ج. | 70 | 1.6 |
| ء. | 70 | 1.8 |

الجواب :

أ) = 0,25 كغم .م2

ب) = 0,32 كغم .م2

ج) = 0,30 كغم ،م2

ء) = 0,37 كغم. م2

11. اذا توجب عليك ان تصمم شكل انسان مركب من مجسمات هندسيه بشكل كامل فما هو الشكل المجسم الذي ستختاره باستخدام حافة مستقيمة ارسم شكل الاساسي الذي يجمع الاشكال المجسمة التي اخترتها.

12. كرة تنس تزن 0,68 كغم 2074 ×10 كغم .م2 عندما تضرب بواسطة المضرب فعندما يكون نصف قطر محور دورانها هو2سم.ما هي سرعتها الزاوية؟(الجواب /10نق /ث ).

13. ثقل يزن 7.27 كغم يدور سبعة دورات كاملة عند الثانية 2,5 من طيرانة ففي حالة كان نصف قطر محور دورانه 2,54 سم فما هو زخمه الزاوي ؟ (الجواب 0.0817 كغم .م2 /ث )

14. ماهو التعجيل الزاوي الناتج ليد ذراع امامية تزن 1,7 كغم (الساعد) تزن1,7 كغم فعند انثناء الذراع الامامية مقتربة 3سم من محور الدوران في المرفق يولد شد بوزن 10 نيوتن الزاويه هي 90 درجه في المرفق والذراع الامامية ونصف قطر محور دوران اليد 20 سم ؟ ( الجواب 4,41 نق /ث2 )

15. يتصل وتر عظم الرضفه بعظم الضنبوب بزاوية 20 درجه 3سم من محور الدوران في الركبة فاذا كان توتر الوتر400نيوتن فما هو التعجيل الناتج في الساق السفلي والقدم يوزن 4,2 كغم المذكور نصف قطر محور الدوران وهو 25 سم للساق السفلى/القدم المرتبطة بمحور الدوران في الركبة؟( الجواب 15,6 نق /ث2 )

16- مطرقه تزن 7,27 كغم في سلك طوله(ام) تنطلق بسرعه مستقيمه 28م/ث ماهي قوة الطرد المركزيه التي تسلط على الرامي بواسطه المطرقه في لحظة ماقبل الانطلاق ؟ (الجواب 5,7)

17.ناقش تاثير انحدار منحني على ساحة سباق اكتب مخطط لجسم لدعم تحليلك

18.باستخدام البيانات في الملخص (ء) احسب مواقع نصف قطر الدوران لجميع اقسام الجسم بالنسبة لمركز المفصل القريب لطول 1,7 م ؟

19.شاهد اما في الفيدو او من خلال الانجازات اليوميه لرميات تؤدي من قبل منفذ ماهر ومن غير ماهر نسبيا فسر الاختلافات التي تلاحظها في مصطلحات للافكار الموجوده في الفصل.

20. شاهد من خلال الفيديو او من خلال الانجاز اليومي لحركة غطس تجمع الوضع الرمحي للطفر الطويل من مشهد جانبي وضح حركات ذراع القافز وساقيه في الافكار الموجود في هذا الفصل.

21. شاهد فديو او الانجاز اليومي لغطاس مزدوجه لقلبات هوائيه من مشهد جانبي وضح حركات ذراعي الغاطس وساقيه الافكار الموجوده في هذا الفصل.

22. قف على منصه دائرة لذراعين تبعدان 90 درجه مع شريك يدورك بسرعه زاويه معتدله اترك رفيقك وبسرعه لثني ذراعيك من جانب الى اخر امام الصدر كن حذرا كي لاتفقد توازنك اكتب فقره موضحا فيها التغير في السرعه فهل سيكون يكون الزخم الزاوي في الحاله ثابتا.

23. قف على منصه دوراه واستخدم حركه (الهيلاهوب) في الورك لتوليد الدوران وضح كيف سيتولد دوران الجسم الكلي؟