



体操动作的力学知识



楊紹虞編著



人民体育出版社

体操动作的力学知識

楊紹虞 編著

人民体育出版社

統一書号：7015·560

体操动作的力学知識

楊紹虞編著

*

人民体育出版社出版

北京体育学院

《北京市书刊出版业营业登记证出字第〇四九號》

冶金工业出版社印刷厂印刷

新华书店发行

*

787×1092 1/32 57千字 印張 $2\frac{28}{32}$

1958年2月第1版

1958年2月第1次印刷

印数：1—6,000册

定 价 [10] 0.38 元

責任編輯：王培元 封面設計：喜 棟

写在前面的几句话

在竞技体操教学和訓練上，由于各个人的身体条件和身体訓練程度不同，在实际練習中，从感觉和認識上常有不同的說法和看法，在学习相同动作的时候，若是从动作形像和美的观点上来审視动作，事实上不能要求人人完全做成一模一样的姿势。因为，每一个人身体的發育具有不同的特点。不过从做法上講則是一致的，任何人都應該做成一样的，因为各种不同类型动作的基本原理是一样的。

体操动作的研究，在于以身体最小的力量和最高的灵巧性来完成复杂的动作，从鍛煉中有效地提高身体素質和技术。所以，凡是一个动作，尽管用許多不同方法都能够完成它，但在多种做法中一定有些是錯誤的，有一个是正确的。

在体操的發展过程中常有这种情况，某一时期大家公認為正确的动作做法，在實踐中又被另一种新的做法否定或代替，这种改变就是由于教师和学习的人們在實踐中發展和創造的結果。因此，在訓練中有关动作做法上就不一定拘泥成規，墨守旧法，需要因人施教。

人是一个复杂的有机体，具有高度的自动性，用物理学来解釋人体的动作是否相宜，許多人都有不同的見解和看法，一种是同意用力学来解釋人体的动作；另一种意見則完全相反。我个人傾向于前者。

人固然是一个有机的整体，任何部位的运动都与它相邻部位的肌肉和骨骼有着密切的关系；这种密切的关系就是由中枢神经所传导出来的有关运动的神經反射，而引起肌肉的活动，並且促使肌肉間协调一致。就是最简单的动作，也不是專賴某一束肌肉完成的。在这一点上就不能机械地看待，但从动作的现象看，用力学来解释它並沒有錯誤，而且必須应用力学的原理才能更好地改进动作的做法，因为这样既省力，又美观。在工作中体验这样做对訓練和教学工作是有益处的，因为从力的解释中，能让学生更清楚地明白为什么这样或那样做的道理，克服一味盲目練習的思想和作风，而且能引导学生多思考和深入地鑽研問題。不过在应用当中决不要忘了人的特点——人是自动的，而且有个人差异和心理、生理上的不同。

体操力学知識就是根据力学和人体結構来说明动作的方法，它能帮助我们清楚地知道在动作中如何用力——指力的方向、大小和作用点，以及身体各部分正确运动的时间、顺序和方法。教师或指导員理解了这些道理，在講解、示范和訓練中进行观察和改正錯誤的工作上就有了依据；运动员在練習中也能充分利用思考、鑽研和体验动作的方法，因而就有可能减少錯誤动作的出现，从而提高学习效率。不过这里还需要着重说明一下，人像一部活机器，但不完全等于机械，我們仅是用力学来解释体操动作的做法，说明应该怎样做和为什么这样做，以作为人体运动和技术改进的依据。同时，不能忽视內在还潜藏着丰富的运动能量，这远非机械所能比拟的。

这本小册子在力学知識方面談得較多，对人体生理上的問題談得很少。只是按照不同类型的动作，簡要地介紹了一些基本方法，供大家練習和指导时的参考。另外，編写的方式和內容定有不少缺点与錯誤，希望大家多提出意見。

楊紹虞

目 录

写在前面的几句话	1
一 体操中应用的力学知識	4
(一) 运动和运动的速度	4
(二) 慣性	8
(三) 反作用力	10
(四) 位能与动能	12
(五) 合力与分力	16
(六) 拋物綫	20
(七) 槓桿	22
(八) 重心	27
(九) 平衡	29
(十) 力矩	31
(十一) 向心力与离心力	33
(十二) 力偶	36
(十三) 角速度与角加速度	38
(十四) 轉动慣量	41
二 体操动作的基本原理	43
(一) 摆振动作	43
(二) 身体经过屈伸前上	50
(三) 后上和翻上	54
(四) 回环动作	58
(五) 轉体动作	68
(六) 翻騰动作	72
(七) 用力慢起动作	79
(八) 支撑跳躍	83

写在前面的几句话

在竞技体操教学和訓練上，由于各个人的身体条件和身体訓練程度不同，在实际練習中，从感觉和認識上常有不同的說法和看法，在學習相同动作的时候，若是从动作形像和美的观点上来审視动作，事实上不能要求人人完全做成一模一样的姿势。因为，每一个人身体的發育具有不同的特点。不过从做法上講則是一致的，任何人都應該做成一样的，因为各种不同类型动作的基本原理是一样的。

体操动作的研究，在于以身体最小的力量和最高的灵巧性来完成复杂的动作，从鍛煉中有效地提高身体素質和技术。所以，凡是一个动作，尽管用許多不同方法都能够完成它，但在多种做法中一定有些是錯誤的，有一个是正确的。

在体操的發展过程中常有这种情况，某一时期大家公認為正确的动作做法，在實踐中又被另一种新的做法否定或代替，这种改变就是由于教师和學習的人們在實踐中發展和創造的結果。因此，在訓練中有关动作做法上就不一定拘泥成規，墨守旧法，需要因人施教。

人是一个复杂的有机体，具有高度的自动性，用物理学来解釋人体的动作是否相宜，許多人都有不同的見解和看法，一种是同意用力学来解釋人体的动作；另一种意見則完全相反。我个人傾向于前者。

人固然是一个有机的整体，任何部位的运动都与它相邻部位的肌肉和骨骼有着密切的关系；这种密切的关系就是由中枢神经所传导出来的有关运动的神經反射，而引起肌肉的活动，并且促使肌肉間协调一致。就是最简单的动作，也不是專賴某一束肌肉完成的。在这一点上就不能机械地看待，但从动作的现象看，用力学来解释它並沒有錯誤，而且必須应用力学的原理才能更好地改进动作的做法，因为这样既省力，又美观。在工作中体验这样做对訓練和教学工作是有益处的，因为从力的解释中，能让学生更清楚地明白为什么这样或那样做的道理，克服一味盲目練習的思想和作风，而且能引导学生多思考和深入地鑽研問題。不过在应用当中决不要忘了人的特点——人是自动的，而且有个人的差異和心理、生理上的不同。

体操力学知識就是根据力学和人体結構來說明动作的方法，它能帮助我們清楚地知道在动作中如何用力——指力的方向、大小和作用点，以及身体各部分正确运动的时间、順序和方法。教师或指导員理解了这些道理，在講解、示范和訓練中进行观察和改正錯誤的工作上就有了依据；运动员在練習中也能充分利用思考、鑽研和体验动作的方法，因而就有可能减少錯誤动作的出現，从而提高学习效率。不过这里还需要着重說明一下，人像一部活机器，但不完全等于机械，我們仅是应用力学来解释体操动作的做法，說明应该怎样做和为什么这样做，以作为人体运动和技术改进的依据。同时，不能忽視內在还潜藏着丰富的运动能量，这远非机械所能比拟的。

这本小册子在力学知識方面談得較多，对人体生理上的問題談得很少。只是按照不同类型的动作，簡要地介紹了一些基本方法，供大家練習和指导时的参考。另外，編写的方式和內容定有不少缺点与錯誤，希望大家多提出意見。

楊紹虞

一 体操中应用的力学知識

(一) 運動和運動的速度

运动和靜止是相对的而不是絕對的，因为在自然界中沒有根本固定不变的东西。譬如說：房屋、树木等等，我們認為是固定不动的，这只是由于我們挑选了以地球做为固定不动，做計算系統的緣故。实际上是怎么样呢？地球本身不仅是在飞快地轉动，同时还繞着太陽旋轉；那么，房屋和树木是依附在地球上面的，当然它也無法例外，必須隨着地球轉动；如果我們站在另外一个星球上来观察这种运动的現象，就很明显了。再从日常生活里我們接触的事物來說：如坐在汽車上的人，对运动着的汽車來說是靜止的，他也会有这种感觉和認識；可是由一个站在馬路上的人来看，坐在汽車上的人是隨着汽車运动的方向与同样速度在前进着。我們可以回忆一下，当汽車急停时，坐在車內的人常常由于慣性作用向前傾跌。这一現象就足以說明，人虽然是靜止的坐在車上，但实际上是在隨着汽車运动。所以我們說，运动和靜止是相对的。

什么是运动呢？运动就是位置的改变（有位移）。靜止則恰恰相反，所謂靜止，就是位置沒有改变（無位移）的意思。

运动按軌跡來說，有直綫运动和曲綫运动。一个人由甲点开始跑，一直跑到乙点，称为直綫运动。在器械上由支撑

或懸垂姿勢，所做的各種擺振動作或者在支撐跳躍中，身體重心所經過的路綫則屬屈綫運動。

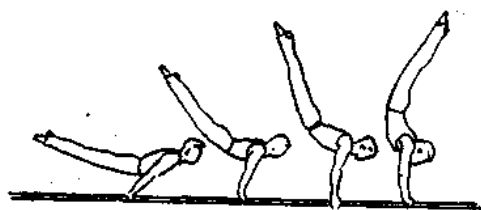
在運動中，從外表上看人體的活動，有直綫運動，例如：兩臂前（側）平舉向左（右）側（或前、後）走，這時手指或兩臂就是直綫運動，不過在走的當中身體必須保持平穩。也有曲綫運動，作用在體內的完全是曲綫運動，例如：肘關節的屈伸，當屈肘的時候，肱二頭肌牽引小臂，伸肘的時候則由肱三頭肌牽引；在屈伸中小臂都是環繞着肘關節運動，所以說它是曲綫運動。在體操的動作中，絕大部分都屬於曲綫運動。

運動的速度，是指一個運動着的物體經過的路程對所需時間之比。要確定一個物體的速度，必須度量出這個運動物體所經過的路程和經過這段路程所需的時間，然後以時間去除距離，就是該物體運動的速度。

在運動速度中又有勻速運動和非勻速運動（變速運動）。什麼是勻速運動呢？就是物體在任何相等的时间間隔內，經過相等的路程的運動。在競技體操中，身體做勻速運動的機會很少，只有在慢起的用力動作中才能表現出來。不過勻速運動的物體，在開始階段也不是一下子就達到的，它從靜止轉到勻速運動的時候，也需要經過一段加速運動的過程，雖然這個過程很短，但却是必由之路。

若是自由運動物體做勻速運動時，不需要在力的作用之下，它就會沿着一定的方向和速度不停的前進；若是加有另外的力量，作用的力量就會使已經運動着的物體繼續增加新的速度，那麼，這個物體就不會進行勻速運動了。可是運動

着的物体在有摩擦力和阻力情况下运动时，要想使它有一定的不变速度，就需要加上一个一定不变的力量；不过这个力量不是为了加快运动的速度，而是用来克服阻力。我們在双槓上做直臂挺身慢起手倒立时（圖一），就需要繼續不斷的应用內在力量，以克服重力作用。这样才能使身体很均匀地升起至手倒立部位。



圖一 直臂水平支撐接做挺身慢起手倒立

· 非匀速运动，就是物体在相等的時間間隔內所經過的路程是不相等的（或者是相等的路程，而在不同的時間內經過）运动。例如：在支撐跳躍中开始助跑时，由慢而后逐渐变快的跑，其中任何一段時間所經過的路程是不相等的；回环动作也是一样，假如專指一次回环來說，前半环的速度与后半环的速度很明显是不一样的。再进一步看，無論在前一半或后一半，身体在器械水平面以上和在水平面以下运动的速度也不完全相同，那么，回环本身應該确認為是一种非匀速的运动了。假若以回环一周为一段路程，与第二周回环相比較，並且兩周的力量大小振幅都相等，則速度和时间就会相同，因为兩周的路程是一样的，这样就又成为匀速运动了。例如鞍馬中的双腿全旋等。

在競技體操中，凡是屬於擺振的動作，或者是上升和落下的動作，都是非勻速運動，不過這種度量需要用很短暫的時間做為計算單位，才能精確。因為擺振的距離有限，而且時間非常短促。

在同樣長、短的各段時間內，身體所經過的距離比前一刻所經過的距離為大——瞬時速度^①增大了，這樣的運動叫做加速運動。再說清楚一點：加速度就是速度的變更率，也可以說是速度變更的快慢。如果反過來說：就是在同樣長、短的各段時間內，身體所經過的距離，比前一刻所經過的距離為小，這就叫減速運動。

在競技體操中，經常使用加速和減速的方法來完成動作，特別是在擺振動作中，經常有加大動量^②和運用動量階段。在加大動量前總是先取得較大的位能，使身體升高，重心遠離轉軸，隨著身體向下降落，動能逐漸增大；這種增大就表示出落下的身體在相等的時間內和所經過的路程，始終以相等的速度而增加。經過垂綫後，動能逐漸消失，位能又相對的增大，這就是加速和減速運動。不過有時為了完成特殊形式（回環、翻轉等）的動作，在運用動量階段，就需要內在力量來克服減速（重力）的阻礙，因而又一次形成了加速運動，不過實際上所獲得的速度，往往不如前一階段的大。

在運用動量階段，用身體重心接近轉軸的辦法以加大身

① 當時間間段一直減短到我們的儀器指出運動是勻速度，這樣量度所得到的平均速度，叫做瞬時速度。

② 動量是指物體運動的量，要用物體的質量與速度的乘積來測定。

体运动的速度，对顺利完成动作有着很大意义。例如：双槓的前振上，当由掛臂支撑前摆，身体经过垂綫时，脚掌运动的速度約 11 公尺/秒；此后若不弯屈髖关节，加做兩腿前振的动作，就会因重力作用大大降低身体运动的速度。因为髖关节用力弯屈，髖关节的角速增加，而加大了脚掌运动的速度，同时，由于髖关节的弯屈，也使身体長度縮短，也增加了以支点为軸的角速度，所以使身体有条件繼續向上摆起。否則，臀部就不容易升至槓上較高的位置。兩腿接近水平面时，脚掌运动的速度約为 7 公尺/秒，这就說明身体运动的速度在逐漸降低。回环动作也是一样，若是在后半环中，不使身体重心接近轉軸（縮短半徑），不增加角速度，由于动量逐漸消失，就無法完成动作了。

(二) 慣 性

任何物体都有慣性，所謂慣性就是不願改变的意思。簡單的說：就是物体在靜止状态时，沒有外力的作用，自己不会运动，永远保持着靜止的状态；另一方面，如果正在运动中的物体，沒有外力的作用，自己也不会停止，或者是改变运动的速率、方向，它永远保持着匀速的直綫运动。也就是說，要使一个靜止的物体开始运动，或者是使已經运动着的物体停止运动及改变速率或方向，都需要借助于外力。

慣性影响于人生的地方很多，如我們乘坐的車輛，当开动的时候，身体就向后仰；在开动中急停的时候，身体就要向前倒。前者由于車輛开动时身体依然保持着靜止状态，致

使身体發生向后傾跌的現象；后者由于車輛急停的时候，身体仍在繼續向前运动的緣故。

在运动中我們广泛地利用运动慣性从事身体的操練，但是，有时也会由于慣性作用引起局部关节的扭伤。例如：單槓中的大摆振向后回环成正撑时，往往由于身体翻轉的动作較迟，不能正确停止在槓上，而是迅速由上向后墜下。在墜下的过程中由于兩臂積極用力，使身体停止在悬垂部位，但头部仍按原来的方向在运动着，这种身体突然停止而引起的头部急速后仰，常会把頸部扭痛。

在体操操練中，看来只是适当地运用肌肉力量，其实另外还应该使用慣性、反作用力和重力。例如：做屈臂屈体慢起手倒立时，髖关节完全伸直对伸直肘关节就有很大的作用。若是在髖关节完全伸直以前，开始伸直肘关节，借兩腿向上运动的慣性及产生的反作用力，兩臂就不会化費很多力气，輕而易举地就能把肘关节伸直。否則，等到髖关节完全伸直以后再伸直兩肘，就需要很大力量才能完成动作，因为那时兩臂所担负的力量是身体全部的重量，所以伸直困难。

怎样运用慣性呢？在靜止的平衡姿勢中，主要是防止局部肌肉的干扰。例如：做手倒立时，当身体处在靜止状态中，如果用力抬一下头，使胸、腹部肌肉張力扩大，就会牽动身体向前落下，所以在靜止的平衡动作中，要求各部分肌肉协调和共济。在摆振动作中又不同了，要改变身体运动的速度或方向时，一方面需要肌肉的伸縮，同时还要結合着关节的屈伸，才能符合动作的需要。在运动中那怕發生最小的一点形变，也会發生某些作用和影响的。例如：單槓的向后

騰空翻跳下，当身体向前摆动脫手后，身体沿圓周的切綫向前上方飞去，这时若不加以外力来控制，必然会仰面跌下。为了使身体在空中翻轉，应用抬头、挺胸的动作使身体形成体后屈的姿势，讓轉动慣量減小，以便借助于原有的慣性把身体翻轉过来。

在运动中我們时常要“克服慣性”，这就是要使一个靜止的物体得到一定的速度进行运动，就需要一定的時間。因为不管力量怎样大，物体的質量如何小，也不能使物体立刻达到需要的速度。使运动着的身体停止时也是一样，必須經過一定的時間才能把速度減低到完全靜止；身体的运动就更明显了，任何情况下都不可能把运动着的身体立刻停下来。在体操中，有时需要把摆振很快的身体減慢下来，有时又需要把靜止或摆振較慢的身体加快，以便更好地接做下面的动作，这种变换或調节身体运动的速率就叫“克服慣性”。

(三) 反作用力

作用力等于反作用力，这是牛頓第三定律，它的意思是：在宇宙間一切的力都是成对的，凡是每一次表現有力作用的时候，一定有一个受力的和一个施力的物体；这两个力作用在兩点之間，使两个物体接近或离开。像这样的力作用在同一直綫上，它的力量总是相等而方向又是相反。例如：划船运动员用槳向后撥水，水即以相等的力量把船身向前推进；另外，在放槍时由于火藥的爆發，瓦斯就推动子彈从槍口冲出，同时也推着槍身向后退，这都是一些很显著的例子。