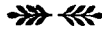


- Ha nem tudsz válaszolni, nézd meg S14-et!
- S6 A keletkezett vegyület pozitív kalciumból és negatív szulfát-atomcsoportból áll. Így már könnyen fel tudod írni a nevét. Ha nem vagy biztos benne, nézd meg S7-et!
- S7 A keletkezett vegyület neve: kalcium-szulfát.  
Folytasd a programot a 6. feladatnál!
- S8 A helyes egyenlet:  $\text{Ca} + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{H}_2$ .  
Folytasd a programot 7.-nél!
- S9 A vegyület képlete:  $\text{CaCl}_2$ .  
Alkotórészei: pozitív kalcium és negatív klorid-savmaradék.  
Így már könnyű felírni a vegyület nevét, ha mégsem sikerül, segít S10.
- S10 A vegyület neve: kalcium-klorid.  
Haladj tovább a programban, a 8. jön.
- S11 Majdnem jó, de gondoldj az ammónium-kloridra, amelynek molekulájában a pozitív alkotórész nem fém, hanem ammónium-atomcsoport. Próbálj újra válaszolni!
- S12 Helyes, de nézd meg még egyszer, van más hasonlóság is!  
Ha megtaláltad, válaszolj újra!
- S13 Nagyszerűen válaszoltál! Már meg is tanultad egy új vegyületcsoport, a *sók* általános összetételét.  
Folytasd a programot a 9. pontnál!
- S14 Mert a kalcium erősebben pozitív jellemű, mint a hidrogén, így képes a sav hidrogénjét felszabadítani. Folytasd a programot 5.-nél!



KOVÁCS IVÁN és ISKY LÁSZLÓ

Szeged, Tanárképző Főiskola

## A kézilabdázás labda nélküli mozgásainak biomechanikai elemzése

### I.

A kézilabdázás technikai elemeinek gazdaságos, célszerű végrehajtása több évtizedes gyakorlati tapasztalat alapján csiszolódott, nyerte el mai, „tökéletesnek” mondott formáját. Az oktatásnál, gyakoroltatásnál azonban sohasem gondolnak arra, hogy tulajdonképpen végrehajtás közben alapvető fizikai törvényszerűségek érvényesüljenek. A játékosok általában minden külön figyelemztetés nélkül is rájönnek arra, hogy egy-egy végrehajtási forma sokkal eredményesebb lehet, de ennek csak a gyakorlati oldalát tekintik és eszükbe sem jut, hogy egy fizikai törvénynek teremtettek kedvezőbb érvényesülési formát.

A fizikai törvények valamennyi sportágban, így a kézilabdázásban is nagy jelentőséggel érvényesülnek. Ezen törvények megállapítása, felhasználása, tudatos alkalmazása jobb teljesítmények, nagyobb eredmények elérését teszik lehetővé. Különösen szembeötlő ez néhány sportágban, pl. az atlétikánál, elsősorban annak dobó- és ugrószámainál, valamint az úszásnál, evezésnél stb. A mozgás sebességének fokozása vagy annak kellő időben történő lassítása, a test súlypontjának tökéletes elhelyezése, annak célszerű kimozdítása, a fizikai törvények által megszabott keretek között az eredmények változását, ésszerűen azok javulását eredményezi.

A fizikai törvények nagy általánosságban meghatározzák azonban a testi felépítettséget is, azt, hogy egyes versenyszámokban milyen morfológiai adottságokkal rendelkező versenyzők érhetnek el jobb eredményt. Így a dobószámokban a hajtás törvénye értelmében egy magas versenyző előnyben van az alacsonyabbal szemben, de a mozgástörvények értelmében a nagyobb tömeggel rendelkező versenyző nagyobb sebességre tudja felgyorsítani a szert, mint egy kisebb tömegű.

A fizikai törvények különös mértékben hatnak a kézilabdázásban, mivel ebben a sportágban rendkívül sokrétű mozgás, mozgáskombinációk találhatók. Ezek a törvények azonban még a legmagasabb képzettségi fokon is elsősorban ösztönösen hatnak. Tudatos alkalmazásukra csak akkor kerülhet sor, ha a technikai összetevőket alaposan kielemezzük, mechanikailag értékeljük és esetenként már a játékosnevelés kezdeti fázisában is tudatosítjuk.

A kézilabda-játék két fő technikai komponense a labda nélküli és a labdával végrehajtott mozgások. A játékosnevelés kezdeti fázisában döntően az első összetevőnek kell érvényesülni, mivel elsősorban ennek helyes elsajátítása, beidegzése határozza meg a későbbi technikai-taktikai tudásszintet. Nagy jelentősége van az alapállásnak, alapmozgásnak és a futásnak, melynek irányát, ütemét és ritmusát állandóan változtatni kell. Ez az állandó változás megköveteli a játékostól a gyors és jó testsúlyáthelyezést, mely nemcsak az alapmozgás és futás közben érvényesül, de jelentkezik a felugrásoknál és leérkezéseknél is. Tudni kell a játékosnak, hogy mikor lesz a helyzet által megkövetelt ugrása eredményes, szükség van-e erőteljes kitámasztásra, vagy nincs. Leérkezéskor ügyelni kell a sima, zökkenésmentes talajfogásra és arra, hogy abból azonnal újabb mozgást lehessen kezdeni bármilyen irányba.

A fenti megállapítások értelmében az oktatóknak, edzőknek legalább alapfokon ismerni kell a fizikai-mechanikai törvényeket, azok matematikai megfogalmazását, levezetését. Feltétlenül tudni kell, hogy az egyes technikai elemekhez milyen fizikai törvények tartoznak és nagyvonalakban azt is ismerni kell, hogy a törvények felhasználásával miként lehet fokozni a technikai elemek végrehajtásának eredményességét, végső fokon a jobb játékeredményt. Az ilyen irányú ismeretek lehetővé teszik a célszerű, időben történő hibajavítást, de megkönnyítik a rossz szul beidegzett mozgások korrigálását is.

A következőkben a labda nélküli technikai elemek legfontosabb fizikai-mechanikai alapelveit ismertetjük, melyek útmutatással szolgálnak a helyes végrehajtásra, végső soron meghatározói lehetnek a későbbi – magas színvonalú – játéktudásnak is.

## II. LABDA NÉLKÜLI TECHNIKAI ELEMELK

1. Alapállás, alapmozgás.
2. Megindulás, megállás.
3. Futás, irányváltoztatás.
4. Felugrás – leérkezés.
5. Cselezés (labda nélküli cselek).

A kézilabdázás komplex tudásszintjét döntően meghatározza az alapállás, alapmozgás, megindulás, megállás, felugrás és leérkezés. Ezért elsősorban ezekkel, a gyakorlati ismeretek szempontjából legfontosabb technikai elemek ismertetésével, fizikai-mechanikai értékelésével foglalkozunk.

## III. ALAPÁLLÁS, ALAPMOZGÁS

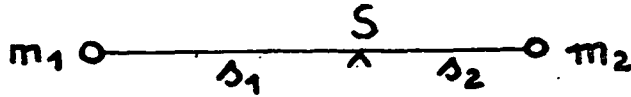
A játékosokkal szemben támasztott alapvető követelmény a pályán az a helyzet, állási mód, amelyből a legrövidebb időn belül bekapcsolódhat az aktív játékba. Tehát olyan helyzetet kell elfoglalni, amely biztosítja az összes technikai elem leggyorsabb és legcélszerűbb végrehajtásának feltételeit. Ennek a feltételnek a biztos egyensúlyi helyzetet jelentő kézilabda alapállás felel meg a legjobban. Az alapállás technikája – támadásban és védekezésben – meghatározó fontosságú!

A következőkben a védőmozgás szempontjából elsőrendű fontosságú alaphelyzet fizikai-mechanikai elemzésével foglalkozunk.

A játékos a technikailag helyes alapállásban oldalharánt terpeszállásban áll. Ennek kivitelezése akkor jó, ha tökéletes egyensúlyi helyzetet biztosít, lehetővé teszi a bármilyen irányú gyors indulást, laza, és felesleges izommunkát nem igényel. Alapvető követelmény tehát a biztos egyensúlyi helyzet. A terpeszállás nagyságát centiméterekben meghatározni nem lehet. Függvénye a játékosok testi felépítettségének, – testmagasság, testsúly, izomzat, – de mindenkori függvénye a pillanatnyi játéksituációnak is.

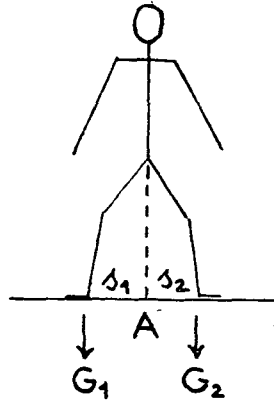
A fentiek realizálása érdekében tekintünk át először a súlypont fogalmát. Köztudott, hogy a föld vonzóereje testünkre  $G_T = mg$  súlyerővel hat. Ez a hatás a testek legparányibb részére külön-külön is érvényesül. A mozgások vizsgálatánál sok problémát okozna ez a tény, ezért egyszerűsíthető a kérdés, ha a mozgások szempontjából találunk a testeken egy olyan pontot, mely úgy fogható fel, mintha a föld vonzóereje csak ezen a helyen hatna. Ilyen képzeletbeli pont a súlypont, amely az emberi test esetén kb. a medencében található. A testrészek helyzetének változtatásával azonban a súlypont is változtatja helyét, mely tény a sportolóknak célszerűen kell kihasználni.

Az alapállás vizsgálatakor tudni kell, hogy a testek súlypontjukban alátámasztva egyensúlyi helyzetben maradnak. Legyen a test az  $m_1$  és  $m_2$  pontokba sűrítve, melyeket egy súlytalanná idealizált merev rúd köt össze (1. ábra).



1. ábra

A súlypontban alátámasztva a két pontból álló rendszer egyensúlyban marad, mivel az ellentétes forgatóhatások egyenlők. Ebből következnek:  $m_1 : m_2 = s_2 : s_1$ , azaz a tömegek fordítottan arányosak az alátámasztáson mért távolságukkal. Az alapállásban álló sportoló lábai  $G_1$ , illetve  $G_2$  súlyerővel nyomják a talajt. ( $G_1 + G_2 = G$ ). A súlypontból a talajra húzott függőleges vonal az A pontban metszi a talajt. Erre is érvényes:  $G_1 : G_2 = s_2 : s_1$ , melyből következik, hogy a sportoló csak akkor tud stabilan megállni, ha az A pont az alátámasztási lapra esik. Ha valamelyik lábunkra nagyobb súlyt helyezünk, melyet izomérzéssel érzünk, akkor az A pont az adott láb irányába közelít, vagyis a súlypont változtatja a helyét (2. ábra).



2. ábra

Fizikai értelemben a testek egyensúlyi helyzete lehet:

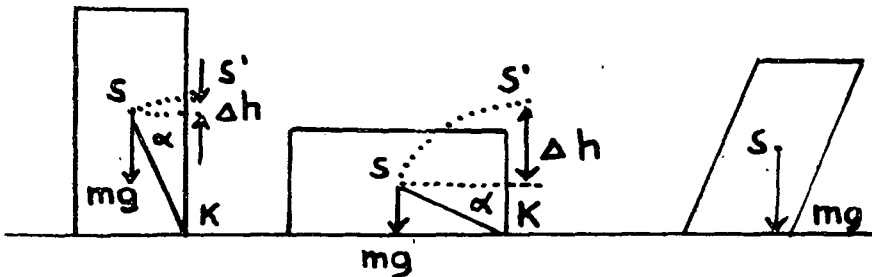
1. Stabil (biztos).
2. Labilis (bizonytalan).
3. Indifferens (közömbös).

A mechanikai energiatételnek eleget tevő rendszerek akkor vannak stabilis egyensúlyi helyzetben, ha ebben a rendszer potenciális energiájának minimuma van.

A nehézségi erő hatásának alávetett testek egyensúlyát nem egyetlen pontban való felátámasztással valósítjuk meg, hanem úgy, hogy a testet több pontján, vagy pedig kiterjedt felületen támasztjuk meg. Ilyen alátámasztás esetén már metastabil egyensúlyi helyzetről beszélünk.

A testek egyensúlyi helyzetének vizsgálatához szükség van az álló szilárdság fogalmára. Vizsgáljuk az állásszilárdságot hasábokon.

Egy hasáb állásszilárdságának mértékéül szolgálhat az a szög, amellyel a hasábot meg lehet dönteni anélkül, hogy az még eldőlné, illetve az a szög, amellyel a hasábot el kell dönteni ahhoz, hogy egyensúlyi helyzetébe az ne térjen vissza (3. ábra).



3. ábra

A három felrajzolt esetből a legbiztosabb egyensúlyi helyzete a középsőnek van. Míg a súlypontból húzott merőleges keresztülmegy az alátámasztási felületen, addig a test egyensúlyi helyzetben marad. A három eset közül a középsőnél kell legnagyobb szöggel elfordítani a testet ahhoz, hogy egyensúlyi helyzetébe ne térjen vissza. A súlypont itt a legalacsonyabb, tehát döntéskor ennek kell a leghosszabb úton emelkednie.

Az előbb vázolt esetekből azt a következtetést vonhatjuk le, hogy az egyensúlyi helyzet annál biztosabb, minél nagyobb a test súlya, minél alacsonyabban van a súlypontja és minél szélesebb alapon támaszkodik.

Hogyan érvényesülnek ezek a tételek a kézilabda alapállásnál?

Mivel mindkét lábon egyenlő mértékben kell támaszkodni, a súlypontból a talajra húzott képzeletbeli merőlegesnek a talpak közötti területet középen kell döfni.

Ha a főfóspont a talpak közötti terület elé vagy mögé kerül, akkor a test kimozdul egyensúlyi helyzetéből és az eldőlést csak izommunkával, illetve utánlépéssel lehet megakadályozni. A biztos egyensúlyi helyzetből való kimozdulás minden esetben kedvező pozíciót teremt az ellenfél játékosai számára mind támadásában, mind védekezésben. Ezt a célt szolgálják egyébként a különböző cselek is.

A tétel szerint alapvető fontosságú a minél szélesebb alapon való nyugvás. Ez igaz, de csak addig, amíg az alapállás szélessége nem megy a gyors mozgás rovására. Tehát az alapállás szélességét csak az ésszerűség határáig növelhetjük. A korábbiakban említett testi felépítettséget tekintve legmegfelelőbbnek a csipőszélességű alapállás látszik, mivel biztonságos és ebből bármilyen irányú mozgás könnyen indítható. Ez az állás azonban csak egy középhelyzetnek tekinthető, mivel a pillanatnyi játéksituáció ezt a helyzetet lényegesen módosíthatja. Növelni kell az alapállás szélességét kitámadáskor, az ellenféllel történő közvetlen érintkezéskor (testközelségben), viszont csökkenthető az alapállás szélessége, ha „játékon kívül”, esetleg indulásra készen áll a játékos.

A test súlyát a kézilabdázás alapállásánál nem szükséges túlságosan figyelembe venni, mivel a játék közben az esetleges nagyobb súlykülönbségek is kiegyenlíthetők az alapállás összetevőinek helyes, célszerű alkalmazásával.

Az alapállás biztonságát döntően befolyásolja a súlypont magassága. Mint a fizikai tétel is megállapította, minél alacsonyabban van a test súlypontja, annál biztosabb az egyensúlyi helyzet.

A súlypont süllyesztését elsősorban a térdek hajlításával érhetjük el. Itt is meg kell azonban állapítani, hogy a súlypont átlagos mélységének a célszerűség határai között kell mozogni. Az állandó mély súlyponti helyzet nem ésszerű, mivel a fokozott térdhajlítás erős izomtónust idéz elő, ami korábbi fáradást, lassúbb mozgásindítást eredményezhet.

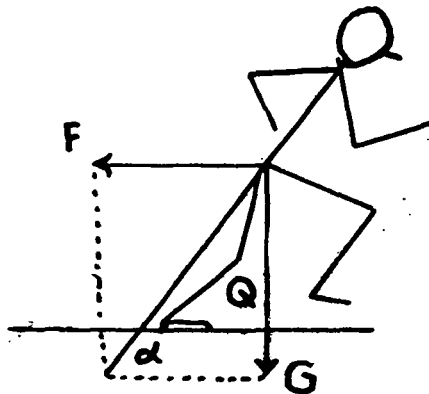
Az alapállás biztonságát meghatározó fizikai törvények jelentős szerepet játszanak az alapállásban történő mozgásoknál is. Itt azonban lényegesek már a mozgástörvények is, melyek közül Newton első törvénye kimondja, hogy minden test megtartja nyugalmi állapotát, vagy egyenes vonalú mozgását mindaddig, amíg valamilyen külső hatás mozgási állapotának megváltoztatására nem kényszeríti. Ez tulajdonképpen a testek tehetetlenségi törvénye. A vonatkoztatási rendszerek taglalásától itt eltekintünk. E törvény értelmében tehát minden test, így az emberi test is tehetetlen. Az élő test izomtevékenységével azonban képes mozgások végzésére, azaz mozgásba tud lendülni, irányt tud változtatni. Ehhez azonban az szükséges, hogy a test érintkezzen a talajjal, mivel a levegőben tartózkodó emberi test izommunkájával sem képes súlypontjának útján változtatni. A kézilabda játékban ez a törvény a támadó és a védőjátékos munkájában egyaránt érvényesül. Ha bármelyikük sokáig tartózkodik a levegőben, illetve nincs stabil egyensúlyi helyzetben, akkor nem képes megfelelően alkalmazkodni az ellenfél mozgásához, a kialakult játéksituációhoz. Az alapmozgás végzésében ez úgy konkretizálódik, hogy a mozgást mindenkor a mozgásirányban levő lábbal kell kezdeni és a másikat utánahúzni. Az utánahúzás olyan mértékű lehet, hogy közelítse meg az „induló” lábat, de ne érje azt utól, és semmi esetre se keresztezze, mert ez az egyensúlyi helyzet teljes labilitását jelentené. A mozgás, a lábak közelítése egyébként is a stabilitás rovására megy, melyet a súlypont fokozott süllyesztésével lehet és kell ellensúlyozni.

#### IV. MEGINDULÁS, MEGÁLLÁS

A megindulás kérdésének mechanikai vizsgálatánál abból indulunk ki, hogy alapállásban a súlypont helyzete viszonylag mély és függőlegese az alátámasztási lap közepét döfi. Amennyiben a játék alakulása előrelátható mozgást követel meg, akkor célszerű a súlypontot úgy elmozdítani, hogy az az alátámasztási felület szélére essen, a mozgás irányának megfelelően. Ez az állás nem stabil, de a megindulás szempontjából előnyös, hiszen az induló láb emelésével a súlypont függőleges vetülete kívül kerül az alátámasztás lapjáról és tovább folytatja útját a

lábemelés irányába. Az aktív izomtevékenység és a föld vonzerejének együttes következményeként a test megkapja az induláshoz szükséges dőlést. A dőlésszög nagyságát az induló játékosra ható  $G$  súlyerő és az  $F$  vízintesen ható erő által létrehozott  $Q$  eredő erő határozza meg. ( $F$ : a gyorsulás miatt fellépő tehetetlenségi ellenállás, súrlódási és légellenállás.)

E  $Q$  erőt a sportoló saját izomerejével győzi le, így minél nagyobb  $Q$ -t képes legyőzni, annál nagyobb lehet az  $F$  erő, vagyis annál nagyobb a létesíthető gyorsulás. A sportoló egyéni tulajdonságait jelző  $G$  és  $Q$  együttesen határozzák meg a dőlés szögét, melyet a  $\sin \alpha = \frac{Q}{G}$  összefüggés is mutat (4. ábra).



4. ábra

A törtben csak a nevezőben szereplő  $Q$  érték változtatható, amelynek növelésével a tört értéke csökken, s mivel  $\sin 90=1$  a legnagyobb lehetséges sinus érték, ez  $G=Q$  esetén áll fent csak, így bármely  $Q > G$  esetén  $\alpha < 90$ , tehát a testnek  $Q$ -tól függően előre kell dőlni. A gyorsuláskor jelentkező  $F$  értéket az  $F=Q \cos \alpha$  összefüggés adja. A  $\cos \alpha$  értéke a szög csökkentésével nő, és a  $G$ -nél nagyobb  $Q$ -val való szorzata is nő, mely növeli  $F$  értékét, azaz a létesíthető gyorsulás egyre nagyobb.

A megálláskor és részben az irányváltoztatások végzésekor a súlypont süllyesztésével végzett kitámasztás a megindulással ellentétesen játszódik le. A mozgó test tehetetlenségi és súlyereje által létrehozott eredő vektor iránya szabja meg a kitámasztás mértékét. Természetesen a megállás szempontjából lényeges az is, hogy milyen minőségű talajon folyik a játék, a súrlódási erők milyen mértékű befolyásoló szerepe érvényesül.

## V. FELUGRÁS

Játék közben a magas labdák elfogása, sánc átlövése, felugrásos lövések elleni sáncolás érdekében gyakran kell a játékosoknak felugrani. A felugrás helyes technikájának elsajátítása mind a védő-, mind a támadójáték szempontjából alapvető jelentőségű.

A felugrás elsődleges célja, hogy a játékos a talajtól minél magasabbra emelkedjék, bár az atlétikai mozgásokhoz viszonyítva itt több zavaró tényező is jelentkezik.

A felugrás történhet helyből és előzetes lendületszerzéssel (futásból, kilépéssel, kitámasztás után stb.). A lendületből, futásból történő felugrás általában akkor helyes, ha minél kisebb a sodródás és minél magasabb a függőleges emelkedés. Legeredményesebb az ugrás ebben az értelemben akkor, ha minél inkább megközelíti a 90 fokos szöveget.

A felugró játékos súlypontjára három erő hat:

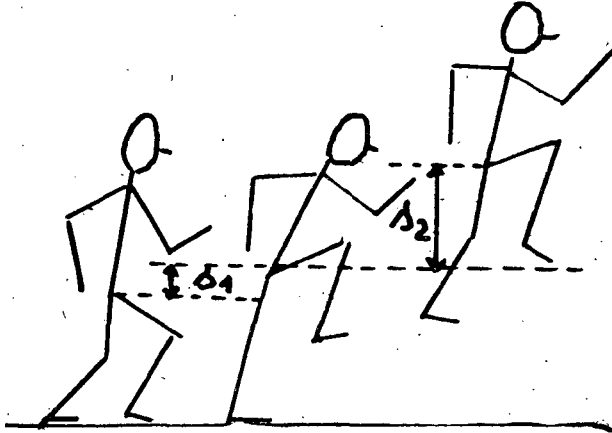
1. A futással szerzett lendület
2. Az elrugaszkodó erő
3. A lendítő erők.

Ezen erők eredőjének iránya adja a súlypont elmozdulásának irányát. A futásból származó lendületi erőt a súlypont süllyesztését követő kitámasztással visszük át a felugrásba. Ehhez kapcsolódik a felugrás nagyságát döntően meghatározó elugró erő, valamint a karok és a másik láb lendítő ereje, amelyekkel igyekszünk a súlypontot függőleges irányba emelni.

A felugrások vizsgálatánál mechanikai szempontból az a szakasz a döntő, amíg a sportoló súlypontját a talajra támaszkodva emelni, gyorsítani tudja, a már említett erők felhasználásával. Amikor az elugró láb nyújtott helyzetbe kerül a súlypont további emelkedése izomerővel már nem befolyásolható. A talajtól való elrugaszkodás pillanatában tehát minél nagyobb sebesség elérése a cél, mert az emelkedés mértéke döntően ettől függ. Energetikai szempontból azt látjuk, hogy a súlypont emelkedéssel nő a sportoló helyzeti energiája. Ez addig tart, míg mozgási energiája teljesen át nem alakul, azaz  $\frac{1}{2}mv^2 = mgs_2$

$$E_m = \frac{1}{2}mv^2, \quad E_h = mgs_2.$$

Ebből kiolvasható, hogy minél nagyobb az elrugaszkodás  $s_1$  útja alatt elért  $v$  sebesség, annál nagyobb lesz az emelkedés  $s_2$  magassága is (5. ábra). A sportoló felugrás alatt végzett munkája az  $L = mg(s_1 + s_2)$  összefüggés alapján számítható ki. ( $s_1$  alatt történt a súlypont gyorsítása,  $s_2$  magasságig emelkedett a súlypont a láb teljes kinyúlása után.)



5. ábra

Mekkora lesz az egyes felugrásoknál végzett munka, illetve a szervezet igénybevételét jobban jellemző teljesítmény?

Számításunk alapja legyen egy 70 kp súlyú játékos, aki kb. 15 cm-es úton gyorsítja súlypontját, és a súlypont emelkedése 50 cm.

A végzett munka

$$L = mg(s_1 + s_2) = G(s_1 + s_2)$$

$$L = 70 \text{ kp} \cdot 0,65 \text{ m} = 45,5 \text{ mkp}$$

A teljesítmény kiszámításához szükséges a munkavégzés ideje is. Ha sportolónk  $s_1$  szakaszon  $a$  gyorsítással éri el a felfelé irányuló  $v$  sebességet, akkor  $e$  sebességre érvényes a  $v^2 = 2as_1$  összefüggés. Mivel a testek feldobási (az ugrást itt felfoghatjuk egy felfelé történő dobásnak) és visszaérkezési sebessége egyenlő, ezért úgy is felfoghatjuk a  $v$  sebességet, hogy a test  $s_2$  magasságból szabadesséssel esik vissza ( $s_1$  és  $s_2$  közös pontjáig).

Ekkor  $v^2 = 2gs_2$  ezért  $2as_1 = 2gs_2$

amiből

$$a = \frac{gs_2}{s_1},$$

mivel a gyorsítást egyenletesnek tekinthetjük, ezért igaz az

$$s_1 = \frac{a}{2}t^2 \text{ összefüggés,}$$

amiből

$$s_1 = \frac{gs_2}{2s_1}t^2 \text{ és } t = s_1 \sqrt{\frac{2}{gs_2}}.$$

Példánkban:

$$t = 15 \sqrt{\frac{2}{981 \cdot 50}} = 0,095$$

$$t \approx 0,1 \text{ mp.}$$

Így a felugrás alatt végzett teljesítmény:  $\frac{45,5}{0,1 \cdot 75} \approx 6$  lóerő.

Miután látjuk, hogy egy mérkőzés alatt, bár igen rövid ideig tartó, de óriási teljesítményt kell sportolóinknak többször is teljesítenie, adódik, hogy különös gondot kell fordítanunk a megfelelő ugróerő növelésére.

Mekkora erővel kell sportolóinknak elugrania, hogy súlypontját 50 cm-el emelje?

Az előbb már láttuk, hogy  $a = \frac{gs_2}{s_1}$  gyorsulást ért el.

$$\text{Ebből: } s = \frac{g50}{15} = 3,3 \text{ g.}$$

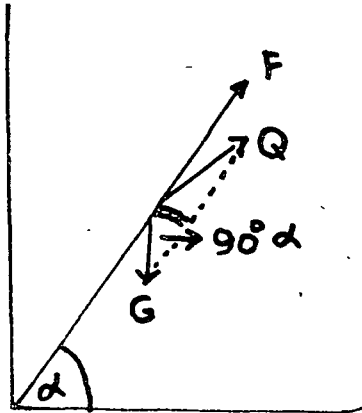
Tehát az elugró erő 3,3-szer nagyobb sebességre gyorsítja fel a testet, mint amekkora a föld vonzereje szabadesésnél. Az  $a = 3,3 \text{ g}$  egyenlőség továbbra is fent áll, ha mindkét oldalt beszorozzuk m-el.

Ekkor  $ma = 3,3 \text{ mg}$ .

Ebből már pontosan látszik, hogy az 50 cm-es felugráshoz saját súlyerejénél 3,3-szer nagyobb erőt kell kifejtenie. Az így elért felugrási sebessége pedig:

$$v^2 = 2gs_2\text{-ből} \quad v = 3,1 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

Miután a kézilabda játékokban a felugrások ritkán függőlegesek, ezért nézzük meg azt is, hogy milyen összefüggés van a tényleges felugrást adó erő és az ugrási szög között (6. ábra).



6. ábra

G: súlyerő legyen az egység

F: hatóerő  $3,3 + 1$  súlyegység

(a sportoló saját súlyerejét is számításba kell venni)

Q: a ténylegesen ható erő

$$Q = \sqrt{F^2 + G^2 - 2FG \cos(90^\circ - \alpha)}$$

de:

$$\cos(90^\circ - \alpha) = \sin \alpha$$

ezért:

$$Q = \sqrt{F^2 + G^2 - 2FG \cdot \sin \alpha}$$

például 60°-os felugrás esetén

$$Q = 3,47 \text{ súlyegység}$$

$$Q = 243 \text{ kp}$$

Tehát a  $v$  sebességet létrehozó  $Q$  erő nagysága valóban függ az elugrás szögétől.

A felugrásoknál az ugrás nagyságát segítő lendítő erőknél a karok emelő szerepe akkor a legnagyobb, amikor a lendítés nyújtott karral történik. Ez a fizika forgatónyomaték tételéből adódik. A forgató-nyomaték tétel kimondja, hogy a  $P$  pontban támadó  $F$  erőnek valamely  $O$  pontra vonatkozó forgatónyomatékán az  $M = rF$  szorzatot értjük.

$r$ : a forgásponttól az erő hatásáig mért távolság

$F$ : a hatóerő

$M$ : a forgatónyomaték.

Az összefüggés szerint a forgatónyomaték nagysága egyenesen arányos az erő nagyságával és az erő hatáspontjának a forgásponttól mért távolságával.

A forgáspont a vállban van, az erő a kéznél hat. Minél nyújtottabb tehát a kar, annál nagyobb az erő sugara és egyben a forgatónyomaték, ami az emelkedést szolgáló erő összetevőjeként is szolgál.

Az egy lábás ugrásoknál a láb lendítőerejének kihasználása hasonló fizikai törvényszerűségeken alapul.

A gyakorlati tapasztalatok alapján megállapítható, hogy a felugrás végrehajtása a különböző játéksituációkban nem felelhet meg teljesen a fent ismertetett fizikai törvényszerűségeknél. A felugrást, lendítéseket alapvetően akadályozza az ellenfél közelsége, de a gyors végrehajtás érdekében gyakran célszerűbb a mechanikailag kisebb határfokú mozgásokkal történő felugrás. A felugrásoknál végzett térdhajlítás mértéke sem lehet tetszőleges, bár mechanikailag mélyebb helyzetből hosszabb úton történhetne a gyorsítás, ami nagyobb végső sebességet eredményezne. Az ugrás gyakorlatában azonban ez nem így van. Mély guggolás helyzetében az izmok működési feltételei rosszabbak, mint hajlított helyzetben, tehát kedvezőtlenebb lesz az elrugasztás.

Meg kell még említeni, hogy a beugrások lövéseknél kisebb mértékű lelapulás és kitérítés szükséges, mint a meredek emelkedést igénylő felugrásoknál.

## VI. LEÉRKEZÉS

Az emelkedésről, felugrásról beszélve elengedhetetlen a leérkezés tárgyalása, hiszen a felugrást természetszerűen követi a leérkezés. A leérkezés akkor jó, ha zökkenőmentes és biztos egyensúlyi helyzetet eredményez, amelyből bármilyen irányú gyors mozgás kezdhető. Leérkezéskor a játékos a talp első részére érkezik és a boka, térd- és csípőizületben történő hajlítással fokozatosan fékezze az erős lendületet.

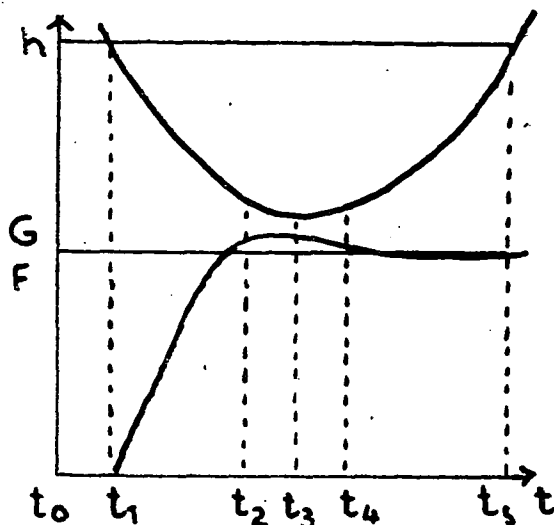
A leérkezés történhet páros, vagy egy lábba. A páros lábbal történő talajfogás biztonságosabb, jobb a játékos egyensúlyi helyzete, míg az egy lábba való érkezésnél megmarad a lendület, folyamatosan következhet a futómozgás.

A leérkezésnél két tömeg – a föld és a játékos tömege – hat közvetlenül egymásra, ütközés lép fel. Tehát az itt jelentkező, fizikai értelemben rugalmatlan ütközést kell játékosunknak sérülésmentesen úgy végrehajtani, hogy a talajra érkezés után azonnal további mozgást végezhesen. A talaj ütőhatását a láb izületeiben, izomerővel kell úgy átalakítani, hogy a test esési sebességének a fékezése minél hosszabb úton történjék. A megfelelő pillanatban végzett erőteljes karlendítés lefelé, szintén hozzájárul a lendület lefogásának időbeni elnyújtásához. Az alábbi grafikonon nyomon követhetjük a nyomóerő csökkenés alakulását. (A játék gyakorlatában az ilyen leérkezést rugalmas talajraérésnek nevezzük. A fizikai meghatározás eltér, fordítottja a köznap életben használatnak.)

A felső görbe a súlypont útját jelzi, míg az alsó a talajra ható nyomóerőt. A leérkező sportoló lába  $t_1$  pillanatban éri el a talajt. Az eső test súlyereje az izületekben hajlítást eredményez, melyet izomerővel kell fokozatosan lefékezni, mely az ábra szerinti  $t_3$  pillanatban történik meg. A súlypont itt éri el a legmélyebb pontját, útja ettől kezdve  $t_4$ -ig fokozatosan gyorsulva, majd  $t_5$ -ig egyenletesen emelkedik tovább, míg eléri alapállásbeli helyzetét. (7. ábra).

A súlyerő változásánál azt látjuk, hogy  $t_1$ -től  $t_2$ -ig fokozatosan nő, maximumát  $t_2$ -ben érve el, majd fokozatosan csökkenve  $t_4$ -re eléri a sportolót jellemző  $G$  értéket. A lábakra  $t_2$  pillanatban nehezedő max. nyomóerőt csökkenthetjük az ekkor végzett lefelé történő erőteljes karlendítéssel, melynek ellenható ereje a súlypontra mint emelő erő fejt ki hatását.





7. ábra

## VII.

A labda nélküli technikai elemekre egyaránt érvényesek a fizikai-mechanikai törvényszerűségek. (Természetesen közvetett úton hatnak a labdával végzett technikai elemekre is, sőt gyakran alapvető, meghatározó tényezői is lehetnek.) Minden esetben döntően meghatározó tényező a biztos egyensúlyi helyzet, a stabilist legalább megközelítő pozíció. Szükséges ennek tudatosítása, tudatos alkalmazása minden esetben, nemcsak azoknál a technikai elemeknél, amikor a játékos szoros kapcsolatban van a talajjal, hanem a különböző felugrások és leérkezések oktatásánál is. A biztos talajfogás, a jó egyensúlyi helyzetbe való érkezés meghatározója a játékos folyamatos teljesítményének. Különösen érvényes ez a védekező tevékenységre, ahol a pillanatnyi egyensúlyvesztés, vagy a helytelen súlypontelhelyezés miatt a védő nem képes időben reagálni a támadó játékos mozgására. A fizikai törvények ésszerű alkalmazása biztosítja a folyamatos támadójátéknak is. A labdát birtokló támadójátékos kimozdítása az egyensúlyi helyzetből a játék folyamatosságának megszakítását, de legalább annak tördelését, lassítását eredményezi. A fizikailag helyes lábmunkát alkalmazó támadójátékosok támadásépítése általában folyamatos, lendületüket megtörni nehéz, végső fokon lényegesen nagyobb labdabiztonsággal rendelkeznek, ami a játék eredményessége szempontjából elsődleges.

Összefoglalva a fentieket, a játék eredményessége szempontjából az egyensúlyi helyzetek, állászilárdság, a súlypont fizikai ismerete nélkülözhetetlen. Ezek helyes alkalmazása már a mozgástanítás kezdeti fázisában döntő meghatározói lehetnek a későbbi, magas szintű technikai-taktikai tudásnak.