



Altuera-jauziaren teknika hobetzeko metodo berriak

Juan Carlos Alcalde Valverde eta Xabier Pérez Sarasola*

1894an Pierre de Coubertin baroiak joko olinpikoetako izpiritua berreskuratzea proposatu zuenetik, teknikaren hobekuntzarekiko interesa handiagotuz joan da kirolaren arlo guztietan eta, ondorioz, munduko errekor-markak urtero gaintitzen dira.

Atleten prestakuntza-teknikak erabat aldatu dira. Lehen goi-mailako atleten imitazioa zen teknika nagusia; gaur egun sistema konplexuagoak erabiltzen dira: froga mediko eta psikologikoak, elikaduraren azterketak, analisi biomekanikoak,...

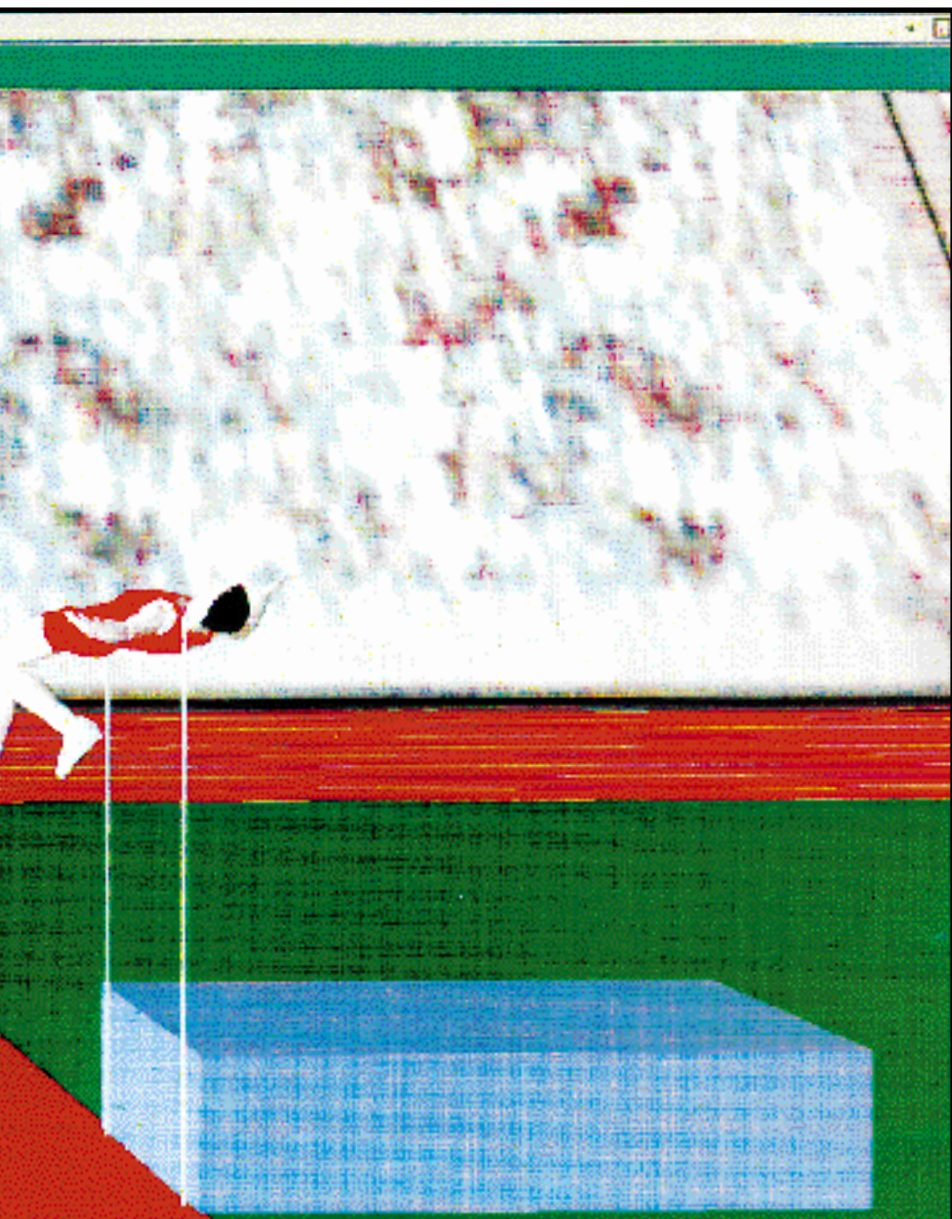
Jakina denez, biomekanikak gorputzaren mugimendua aztertzen du mekanikaren oinarrizko legeen bidez eta Leonardo da Vinci eta Galileo, XV. eta XVI. mendetako zientzilari ospetsuak, hartzen dira gaur egungo biomekanikaren aitzindaritzat. Kirol desberdinei erantzun nahian eta ordenadoreen aurrerapenen ondorioz, zientzia hau nabarmen garatu da eta atletaren trebetasunean eta teknikan eragiten duten faktoreak aurkitzeko ezinbesteko tresna bilakatu da.

Nazioarteko Batzorde Olinpikoaren koordinaziopean, CEIT-ek eta nazioarteko beste ikerketa-zentru batzuek, 1992ko Bartzelonako Joko Olinpikoetan parte hartu zuten zenbait kirolariren analisi biomekanikoak egin dituzte. Analsiak burutzeko informazioa, hiru bideokamera bidez lortu zen. Segidan, mugimendua ordenadorean simulatzeko kalkulu matematikoak egin ziren eta, ondorioz, zenbait kirolen mekanikan sakontzeaz gain, animazio ikusgarriak lortu ziren. I. irudian munduko errekorren jabe den Javier Sotomayorrek egindako jauzietako bat ikus daiteke. Artikulu hau orduan egindako ikerketen segidatzat har daiteke eta, horrez gain, mota honetako kalkuluak nola egiten diren ikusteko lagungarri ere izan nahi du. Horretarako,



I. irudia. Munduko errekorren jabe den Javier Sotomayorrek egindako jauzietako baten simulazioa.

altuera-jauziaren analsia burutzeko eredu sinple bat garatuko dugu. Eredu horrek gorputzaren zenbait zatiren mugimenduek, muskuluen dinamikak eta erlazio neuromuskularrek elkarrekiko duten erlazioek era optimo eta koordinatuan, mugimendu konplikatuak egiteko aukera eskaintzen digutela azaltzen digu.



-zentruak duen altuera da. Hegaldiko altuera (H_2), grabitate-zentruak lortzen duen altuera maximoaren eta eraso-altueraren arteko diferentzia da. Hegaldiko altuera eraso ondoren atletak lortzen duen abiadura bertikalaren menpe dago soilik. Azkenik, altuera askea (H_3), listoiaren eta grabitate-zentruak lortzen duen altuera maximoaren arteko diferentzia da. Altuera askearen balioa, bestalde, atleta ia bertikala den eraso-posiziotik ia horizontala izango den listoi gaineko posiziora daraman errotazio-abiaduraren menpe dago, baita listoia bota gabe pasatzeko atletak egin behar dituen mugimenduen menpe ere. Beraz, altuera askea atletak jauzia egiteko duen estiloaren menpe dago.

Altuera-jauziaren teknikaren garapenean estilo desberdinak bereiz daitezke: guraizea, sabela, Fosbury, etab. Esperientziak frogatu duenez "Fosbury"-estiloa da eraginkorrena eta gaur egungo atletek nagusiki erabiltzen dutena. Beraz, horixe izango da artikulua honetan aztertuko duguna.

Eredu biomekanikoa

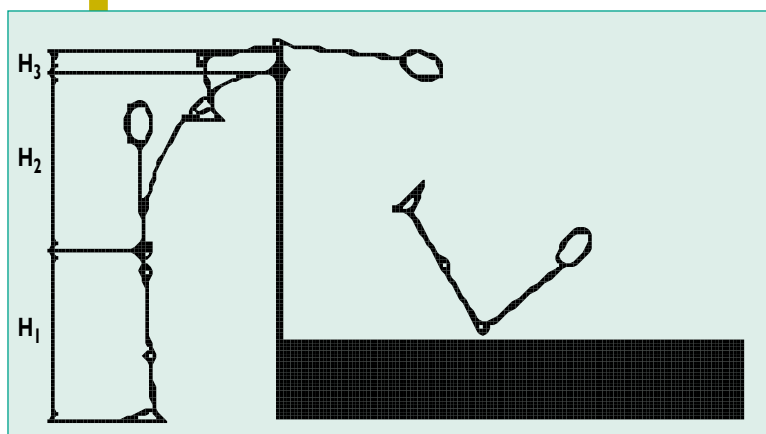
Jauzia egiteko unean atletak egiten duen mugimendua oso kon-

Altuera-jauzia: teknikaren oinarriak

Atletismoko edozein frogatan bezala, altuera-jauzian ere naturaren indarrak –grabitatearena kasu honetan– garaitu behar dira eta altuera batera dagoen barra horizontala gainditzeko egin behar den mugimendu-sekuentzia burutzean datza.

Jauzian lortzen duen altuera maximoa hirutan bana daiteke: eraso-altuera, hegalaldiko altuera eta altuera askea (ikus 2. irudia). Eraso-altuera (H_1), erasotzeko unean atletaren grabitate-

2. irudia. Altuera-jauziaren eredu eskematikoa.



plexua da eta, ondorioz, interpretatzeko zaila. Beraz, mugimendua sinplifikatu egin behar da hobeto landu ahal izateko. Baina, bestalde, mugimenduaren ezauzgarri garrantzitsuenak ere mantendu egin behar dira emaitza zuzena izan dadin.

Kasu honetan atleta bi artikulaziotan (belauna eta aldaka) elkar-tzen diren hiru elementu zurrunez (hankaz, izterraz eta enborraz) osaturiko sistemaren bidez irudikatzen da eta atletaren mugimendua sei muskulu-taldek eragiten dute.

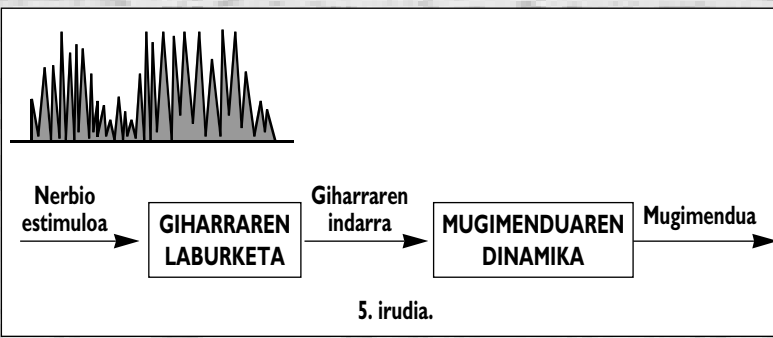
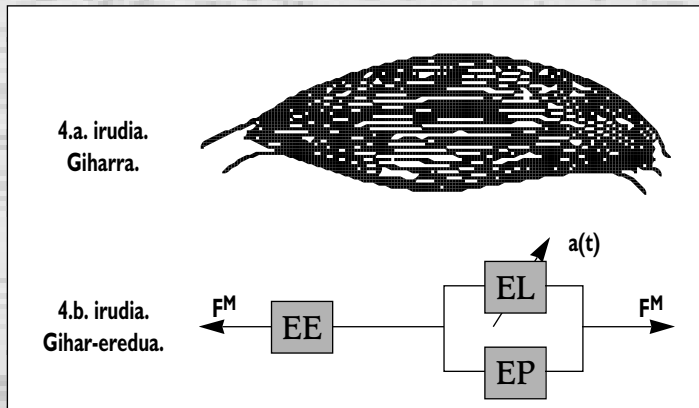
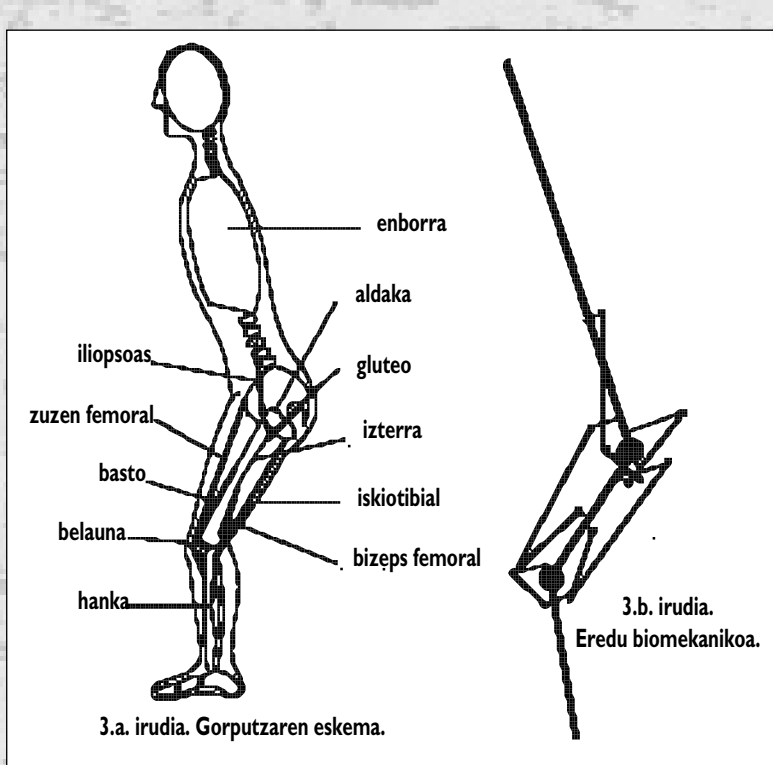
Erabiliko den eredu mekanikoari dagozkion ekuazioak, berriz, analisi dinamikoan ohiz erabiltzen diren metodoen bidez lor daitezke: Newtonen ekuazioak, lan birtualen metodoak, etab.

$$\ddot{\theta} = f(\theta, \dot{\theta}, F^G, F^M) \quad (1)$$

Non θ , $\dot{\theta}$, $\ddot{\theta}$ sistema deskribatzen duten koordinatuen posizio-, abiadura- eta azelerazio-bektoreak, F^G grabitate-indarrak eragiten duen bektorea eta F^M muskuluen indarraren bektorea diren.

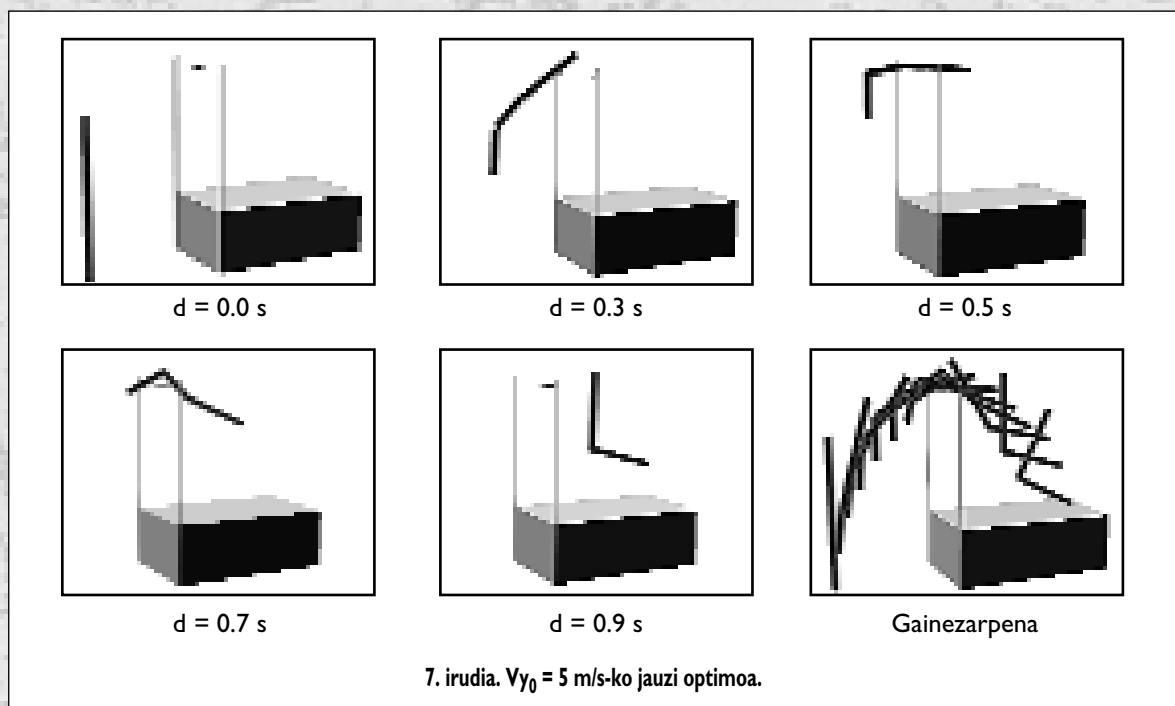
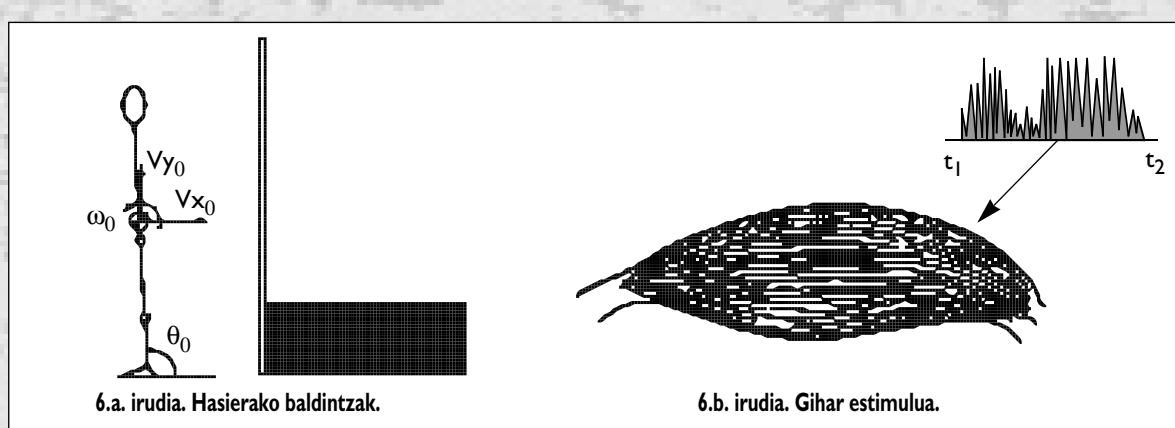
Muskulu bakoitza hiru elementuz osatutako sistema batez ordezkatzen da. Muskulua berez, paraleloki lan egiten duten elementu laburgarri (EL) batek eta elementu pasibo (EP) batek osatzen dute. Muskuluak egin dezakeen indarra bere luzera, laburtze-abiadura eta nerbioek eragindako aktibitate muskularraren menpe dago. Elementu laburgarriak erlazio hauek guztiak hartzen ditu kontutan; elementu pasiboak, berriz, egoera lasaian muskulua dituen ezaugarri elastikoak adierazten ditu. Gure kasuan, muskulua tendoia adierazten duen eta linealki elastikoa den elementuarekin (EE) seriean aurkitzen da (ikus 4. irudia).

Honela egiteak nahikoa sinplifikatzen du mugimendua eta, gainera, mugimenduaren dinamika, muskuluen dinamika eta erlazio



neuromuskularraren arteko el-karmenpeketasuna hartzen dira kontutan. Aldagai horien arteko erlazioa 5. irudian ikus daiteke. Eredu honen sarrera-parametroa denboran zehar nerbio-estimulua da eta elektromiografiako (EMG) teknikak erabiliz neur daiteke

esperimentalki. Muskuluetako gainazalean elektrodoak ipiniz lor daiteke aktibazio muskularreri dagozkien seinale elektrikoaren irudi-grafikoa. Kasu honetan, atletaren mugimendua bat-batekoak direla kontutan hartuz, muskuluek denbora-tarte labu-



rreran estimulu handia hartzen dutela suposatzen da.

Formulazioa

Aukeratutako eredia aztertuz gero, atletaren jauzian bi eratako aldagaiek hartzen dutela parte oihartuko gara:

Hasierako baldintzak: gorpuztak lurrarekiko hasieran duen angelua θ_0 , abiadura horizontala V_{x0} , abiadura bertikala V_{y0} eta abiadura anguluarra ω_0 , guztiak eraso-unean neurtuak. Aldagai hauen balioak mugatu egin behar dira, giza ahalmenaren neurrikoak izan daitezzen.

Muskuluen kitzikapena denboran zehar: nerbio-estimuluak

denbora-tarte batean kokatu behar dira, t_1 estimuluaren hasiera eta t_2 bukaera artean. Ondorioz, lortzen duen altuera honela adieraz daiteke:

$$h = f(\theta_0, V_{x0}, V_{y0}, \omega_0, t_1^i, t_2^i) \quad (2)$$

$$i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$$

Aldagai hauei guztiei jauzi bati dagozkion balio errealak ematen badizkiegu, jauziaren simulazioa lor daiteke ordenadorearen laguntzaz eta gauditutako altueraren balioa ere kalkula daiteke. Bestalde, matematikazko optimizazio-tekniken laguntzaz, atletaren posibilitateen barruan dauden hasierako baldintzetarako eta nerbio-estimuluetarako balio optimoak atera daitezke.

Informazio hau oso baliagarria da atletarentzat eta, nola ez, baita entrenatzailearentzat ere. Tresna honetaz baliatuz, atletak, zuzendu behar dituen ezaugarriak zeintzuk diren ikusteaz gain, jauzi optimoa lortzeko egin beharreko muskulu-indarren konbinazioa ezagutu dezake.

Emaitzak

7. irudian goi-mailako altuera-jauzilarien batezbesteko ezaugarriak dituen ereduaren jauzi optimizatuaren simulazioa ikus daiteke. 1,9 metroko altuera eta 75 kg-ko pisua duen atleta da eta eraso-unean 5 m/s-ko abiadura bertikala du. Simulazioa grafikoki

	Altuera (m)	Portzentaia (%)
Eraso-altuera	1,08	44,6
Hegaldiko altuera	1,28	52,9
Altuera askea	0,06	2,5
Altuera osoa	2,42	100

1. taula.

ikusteko moduan adierazten badugu, goi-mailako altuera-jauzilariak errealitatean egiten dutenarekin antzekotasun handia duela ikusiko dugu.

Atletak 2,42 m-ko altuera gaindituko du. Goiko taulan biltzen dira altueraren zati desberdinak.

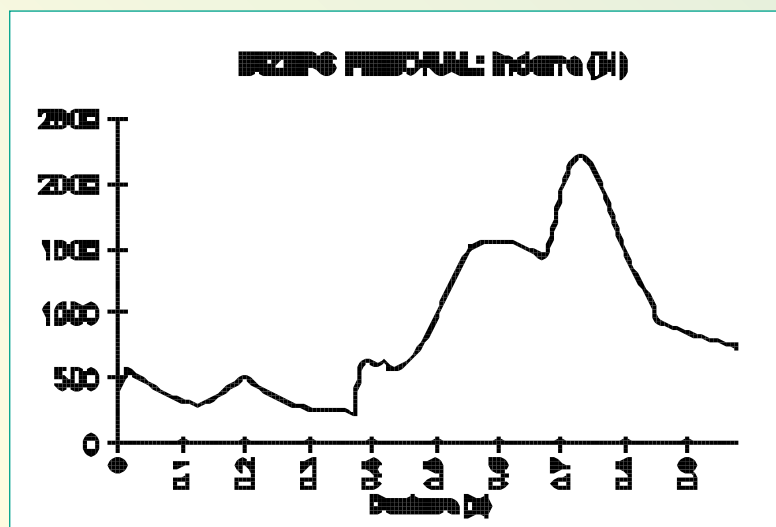
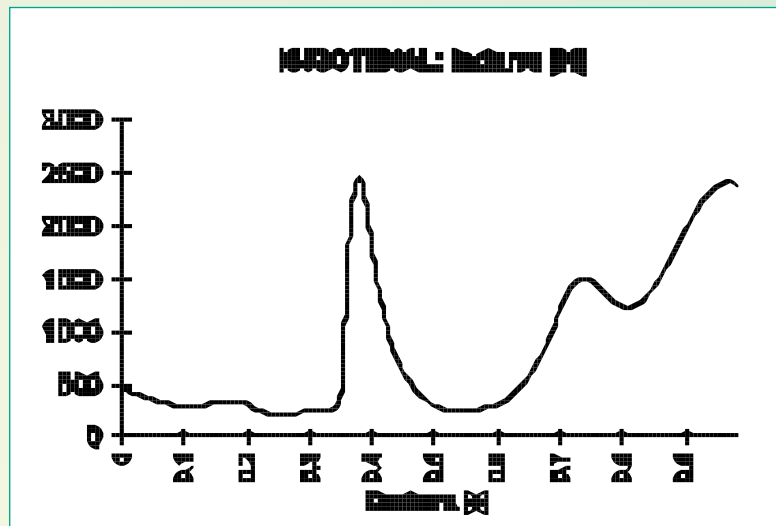
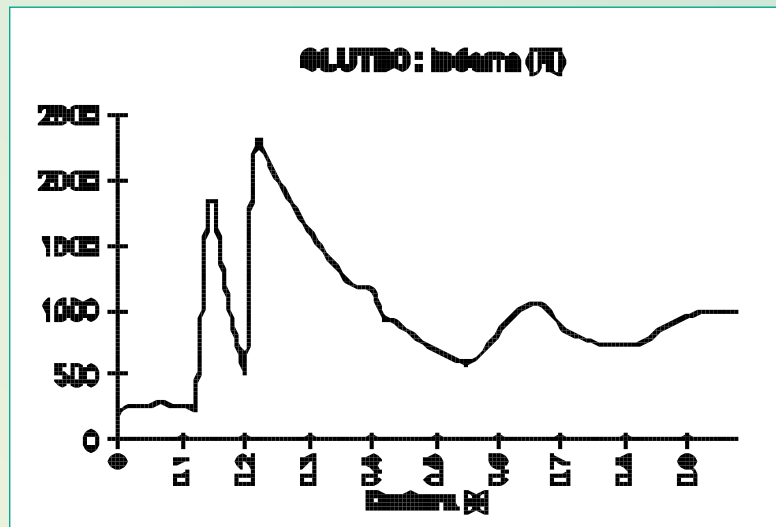
Hasierako baldintzen azterketa: altuera askea altuera osoaren % 2,5 dela jakinik, altueraren osagai hau arbuia daiteke. Hau da, gainditu duen altuera osoa eta atletaren grabitate-zentruak lortutakoa berdintsuak direla suposatuz, atletak gainditu duen altuerara jaurtiketa parabolikoaren formularen bidez hurbil gintezke:

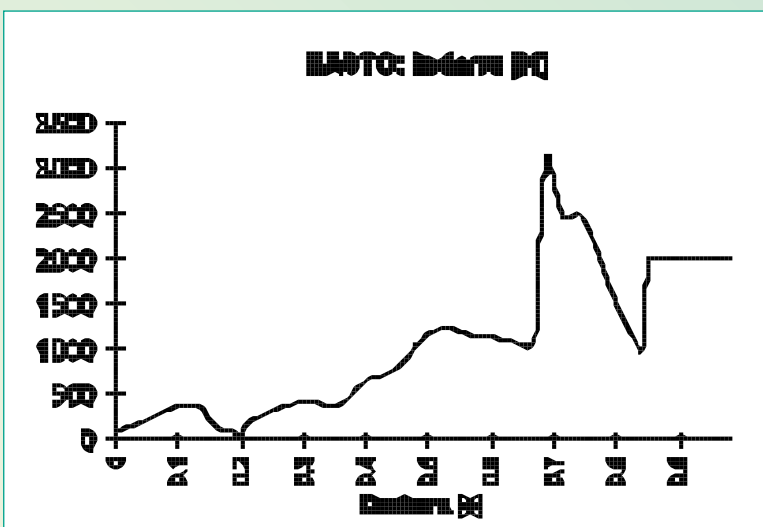
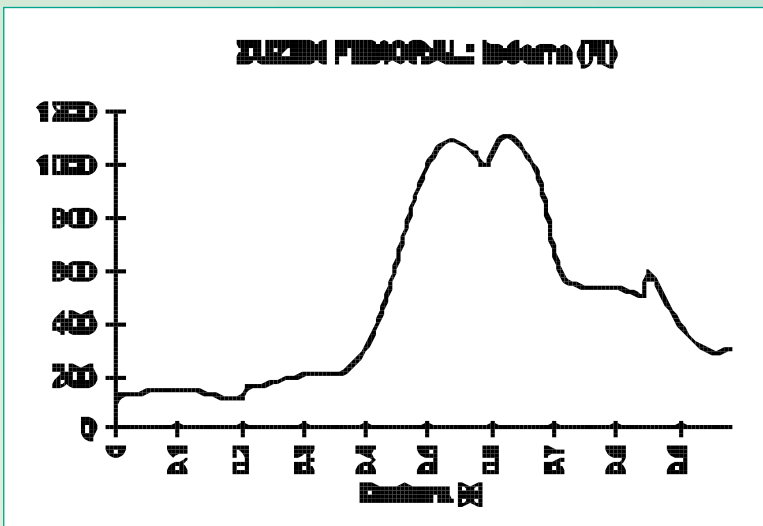
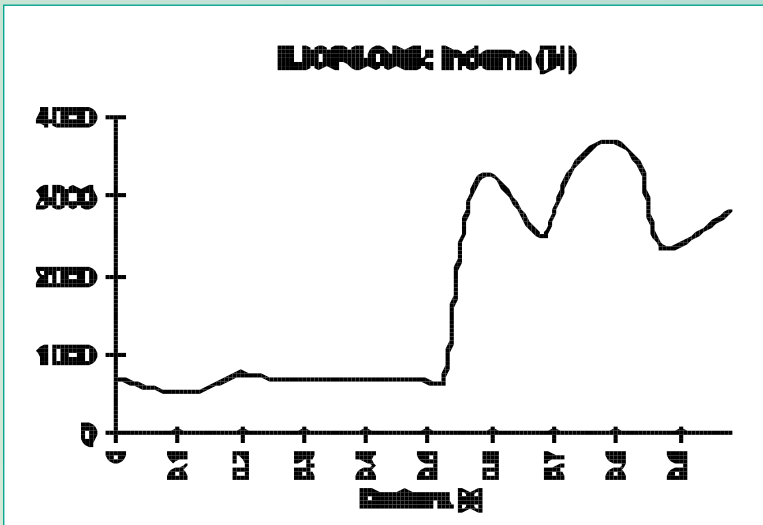
$$h_{\max} = y_{G0} + \frac{Vy_0^2}{2g} \quad (3)$$

Beraz, kasu honetan lortutako altuera grabitate-zentruaren hasierako altueraren eta abiadura bertikalaren funtzioan egongo da. Egin diren froga guztietan, jauzia optimizatu ondoren baieztatu ahal izan denez, altuera-jauzilariak lor dezakeen abiadura bertikal handiena erabiltzen du jauzian. Emaitza hau logikoa da, izan ere (2) ekuazioak erakusten duenez, abiadura bertikala da gainditutako altueran parametrerik eraginkorrena. Grabitate-zentruaren hasierako altuerarekiko menpekotasunak ere eragin zuzena du, horregatik egiten da $\theta_0 = 90^\circ$. Abiadura horizontala eta bertikala, bestalde, ez dira hain eraginkorrak. Lehenak ez du ia eraginik lortutako altueran eta bere balioa erasoan lurrarekin ematen den elkarrekintzaz emana dago, abia-

dura bertikalaren 0,5-0,6 bezala kontsideratzen delarik. Abiadura angeluarraren balioak, berriz, al-

tuera-jauzilariak listoiaren gainean posizio horizontala lortzeko adinakoa izan behar du.





orduko, atletak beratu aurkako alderantz okertuko du bat-batean, izterra gora igoz. Zangoaren atzealdea barratik hurbil dagoenean, berriz, hankak luzatuko ditu. Aldaka okertzeak eta belaua luzatzeak atletaren segurtasuna ziurtatzen dute lurreratzerakoan, "L" itxurako posizioa hartuz. Kontutan hartu diren muskulutalde desberdinek egiten duten indarren bilakaera 8. irudiko grafikoetan ikus daitezke.

Ondorioak

Artikulu honetan aurkeztu diren giza mugimenduaren azterketa-metodoak etorkizuneko ikerketak baldintzatuko ditu, oinarri berria finkatuz. Orain arteko ikerketa gehienek eskeletuaren dinamika baino ez zuten kontutan hartzen. Hemen, aldiz, muskuluen egitura konplexua eta erlazio neuromuskularrak ere hartu dira kontutan, mugimendu erreala zehaztasunez deskribatzen duen eredu simple eta praktikoa eratzuz. Ikerketen emaitzak aztertu ondoren, altuera-jauzia oso froga teknikoa dela esan daiteke. Gaintutako altuera, aireratze-unekeo abiadura mugatzen duen eraso-zangoaren bat-bateko indarraren menpe egoteaz gain, beste ezauzgarri batzuren eraginpean ere badago; gorputzaren egituraren, elastikotasunaren eta mugimenduen koordinazio-tekniken eraginpean, esaterako. Ondorioz, zera esan daiteke: indarra, muskuluen potentzia eta gorputzaren atal desberdinen arteko koordinazioaren prestaketa orokorra, beharrezkoak direla atletaren maila hobetzeko.

Amaitzeko esan, mota honetako planteamendu batek beste erabateko arazoei atea zabaltzen dizkiela; kirol nahiz errehabilitazio edo ortopedia arloko arazoei adibidez.



Mugimenduaren eta muskuluen azterketa: hasieran zuzen dagoen altuera-jauzilariaren biratzen

hasiko da; listoirantz hurbildu ahala, aldaka biratuko du eta belaua okertuko. Aldakak listoa gaintu

* CEIT