

Part III: Llançaments - Tema 10

P E S

Els condicionants del llançament de pes, contràriament a l'opinió generalitzada que diu que és una disciplina fàcil, exigeixen a l'atleta un alt grau de perfeccionament físic-tècnic per assolir resultats rellevants. El principal problema per als llançadors de pes d'alt nivell, especialment tenint en compte les seves característiques antropomètriques, és la realització l'exercici competitiu en el reduït espai que representen els set peus del diàmetre del cercle (2.135 m).



*Figura 1. Manuel Martínez
(1.85 m/132 Kg) 21.47 m al 2002.*

1. HISTÒRIA

El llançament de pes té l'origen en les activitats de força en el marc folklòric-esportiu de països com Escòcia i Irlanda, inicialment amb el llançament de la pedra cúbica. Amb l'aparició de l'artilleria, els soldats es divertien llançant les bales de canó que finalment substituïrien les pedres. De fet, a Hispanoamèrica i Suïssa encara avui es denomina a la prova "Llançament de la bala".

La prova va començar a adoptar la seva forma actual a mitjans del segle XIX, practicant-se en els col·legis anglesos. El 1860 es fixa el pes de l'artefacte en 16 lliures (7 Kg i 257 g). Fins 1908 es llançava des d'un quadrat de 7 peus (2.135 m) de costat i, en les competicions importants, elevat del terra 5 cm; En aquestes condicions el primer atleta que va superar els 11 i els 12 m va ser el britànic John Stone (Taula 1). Els nord-americans preferien llançar des d'un cercle amb el mateix diàmetre de 7 peus, que en definitiva va ser adoptat universalment. El contenidor (límit en forma de peralt semicircular destinat a mantenir el peu a l'interior del cercle) es va començar a utilitzar el 1909.

En l'actualitat, el reglament diu que l'artefacte ha d'estar construït de ferro massís o un altre metall tan dur com el llautó (pot ser de llautó farcit de plom), ha de ser esfèric (homes: 110-130 mm de diàmetre / dones: 95-110 mm) i de superfície llisa. Per als homes ha de tenir un pes de 7,260 Kg i, per a les dones, de 4 kg.

Pel que fa a l'evolució tècnica, podem ressenyar que fins 1865 es llançava a dues mans i, a partir de llavors, amb una sola mà des de l'espatlla. El llançament, inicialment, es realitzava des d'aturat i de costat a la zona de caiguda traslladant el pes del cos des de la cama dreta cap a l'esquerra (Fig. 2), a partir de finals del segle XIX amb desplaçament des de la part posterior del cercle, creuant la cama dreta mitjançant un salt ras (Fig. 3).

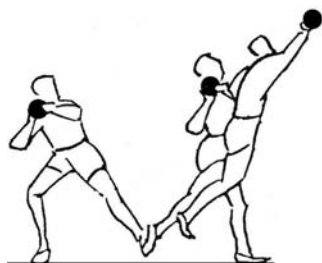


Figura 2: Llançament des d'aturat.

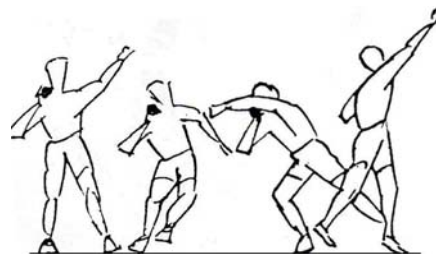


Figura 3: Llançament amb desplaçament lateral.



Figura 4: George Gray.

Aquesta última tècnica va ser utilitzada inicialment per George Gray (CAN, 1.77/85, 14.32 m al 1892) considerat com el primer llançador de pes modern, amb el pas del temps es va denominar tècnica "Ortodoxa". A poc a poc va anar perfeccionant-se (primer amb la introducció de la flexió lateral del tronc i, després, amb la torsió lateral) i va perdurar fins a la dècada dels anys 50 del segle XX.

El 1909 Ralf Ross (USA, 1.99/125) va introduir la flexió lateral del tronc i va llançar 15.54 m, primer rècord oficial de la IAAF que va perdurar 19 anys. El 1934 Jack Torrance (USA, 1.95/136) va llançar 17.40 m incorporant a la tècnica ortodoxa la torsió del tronc permetent així un major camí d'acceleració de l'artefacte.

El bicampió olímpic a Hèlsinki-52 i Melbourne-56, Parry O'Brien (USA, 1.90/110) que amb la tècnica ortodoxa llançava 16.24 m, és el creador de la tècnica que porta el seu nom o "tècnica lineal", base de la tècnica actual. Consistia en iniciar d'esquena a la direcció del llançament, amb la cama dreta molt flexionada abans del desplaçament i un final de llançament amb estirament de les cames gairebé en salt. La tècnica O'Brien va permetre una millora qualitativa en les marques de l'època a causa d'un augment de l'impuls mecànic en tenir l'artefacte un major recorregut d'acceleració i una posada en joc de forces de rotació. O'Brien també va ser sotscampió a Roma-60 i va batre el rècord mundial amb la seva nova tècnica en 10 ocasions, el primer el 1953 amb 18.00 m i l'últim el 1960 amb 19.30 m.

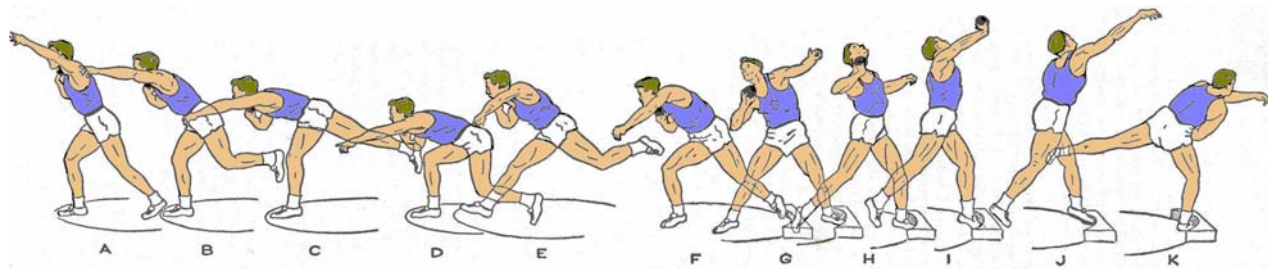


Figura 5: Parry O'Brien i la seva tècnica lineal (o dorsal).

Al 1972 amb ocasió d'una trobada amistosa entre la República Federal d'Alemanya i la URSS, un atleta soviètic, Alexander Barischnikov (1.99/122) va utilitzar una nova tècnica amb la qual imprimia al pes un moviment giratori semblant a l'utilitzat en el llançament de disc, buscant un major recorregut per l'artefacte. Amb ella Barischnikov va batre el rècord del món al 1976 amb 22.00 m.

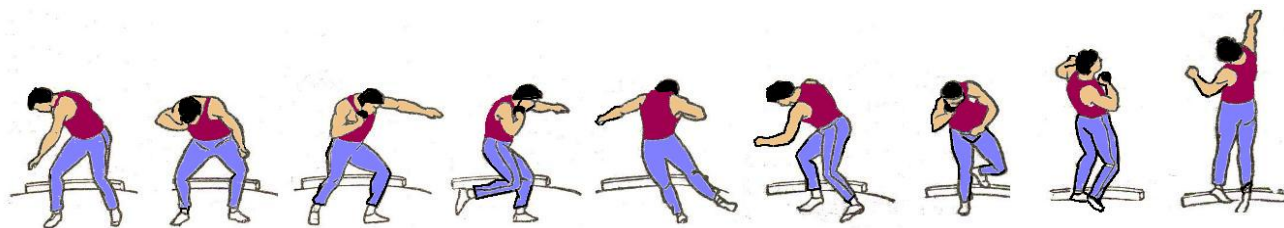


Figura 6: Alexander Barischnikov i la seva tècnica rotatòria.

Fins la darrera dècada del segle XX van ser pocs els atletes que van llançar amb la tècnica rotatòria, possiblement per la seva difícil interpretació. Estudis recents han demostrat que és la més rendible, això ha portat a un increment dels atletes que la utilitzen, sobretot, en competicions d'alt nivell. A la Taula 1 podem veure part de l'evolució de la prova amb els atletes que van anar trencant les diferents barreres del rècord mundial dels homes.

Taula 1: Els atletes que van batre les diferents barreres en el llançament de pes.

	Tècnica	Marca	Any	Atleta	País	Alçada/Pes	Observacions
11,0 m		11,12	1867	John Stone	GBR		
12,0 m		12,44	1870				
13,0 m		13,08	1882	George Ross	GBR		
14,0 m	Ortodoxa	14,32	1892	George Gray	CAN	1,77 / 85	
15,0 m	Ortodoxa	15,09	1904	Wesley Coe	USA	1,78 / 95	
15,5 m	Ortodoxa	15,54	1909	Ralph Rose	USA	1,97 / 125	1r WR IAAF (19 anys)
16,0 m	Ortodoxa	16,04	1928	Emil Hirschfeld	GER	1,89 / 100	
16,5 m	Ortodoxa	16,80	1934	Jack Torrance	USA	1,95 / 136	(14 anys)
17,0 m	Ortodoxa	17,40					
17,5 m	Ortodoxa	17,68	1948	Charles Fonville	USA	1,88 / 136	Torsió interior tronc
18,0 m	Linial	18,00	1953	Parry O'Brien	USA	1,90 / 111	10 x WR
19,0 m	Linial	19,30	1959				
19,5 m	Linial	19,67	1960	Dallas Long	USA	1,93 / 118	
20,0 m	Linial	20,06	1960	Bill Nieder	USA	1,90 / 102	
20,5 m	Linial	20,68	1964	Dallas Long	USA	1,93 / 118	
21,0 m	Linial	21,05	1965	Randy Matson	USA	1,99 / 118	
21,5 m	Linial	21,52					
22,0 m	Linial	22,11	1975	Brian Oldfield	USA	1,95 / 120	professional (marques no reconegudes IAAF)
22,5 m	Rotatòria	22,86					
	Rotatòria	22,00	1976	Aleksandr Barishnikov	URS	1,99 / 122	
	Linial	22,62	1985	Ulf Timmermann	DDR	1,94 / 120	
23,0 m	Linial	23,06	1988				

El llançament de pes masculí és olímpic des d'Atenes-1896 (Taula 2), mentre que la prova femenina es va incorporar en els XIV Jocs (Londres-1948). En les dues primeres edicions dels Jocs moderns (Atenes-1896 i Paris-1900) es va llançar des del quadrat de 7 peus i a partir de Sant Louis-1904 s'ha llançant des del cercle.

Taula 2: Els campions olímpics en llançament de pes.

11.22 m	Robert S. Garret	USA	I - ATENES - 1896	
14.10 m	Richard Sheldon	USA	II - PARIS - 1900	
56 lliures	10.46 m	Etienne Desmarteau	CAN	III - SANT LOUIS - 1904
14.81 m	Ralph W. Rose	USA		
14.21 m				
Dues mans	27.70 m	Ralph W. Rose	USA	V - ESTOCOLM - 1912
	15.34 m	Patrick J. McDonald	USA	
I Guerra Mundial				VI - BERLÍN - 1916
56 lliures	11.26 m	Patrick J. McDonald	USA	VII - ANVERS - 1920
	14.81 m	Wille Pörhölä	FIN	
	14.99 m	Clarence Houser	USA	VIII - PARIS - 1924
	15.87 m	John H. Kuck	USA	IX - AMSTERDAM - 1928
	16.00 m	Leo Sexton	USA	X - LOS ANGELES - 1932
	16.20 m	Hans Woellke	GER	XI - BERLÍN - 1936
II Guerra Mundial				XII - HELSINKI - 1940
				XIII - LONDRES - 1944
	17.12 m	Wilbur M. Thompson	USA	XIV - LONDRES - 1948
	17.41 m	William Parry O'Brien	USA	
	18.57 m			
	19.68 m	William Henry Nieder	USA	XVII - ROMA - 1960
	20.33 m	Dallas Crutcher Long	USA	XVIII - TÒQUIO - 1964
	20.54 m	James Randel Matson	USA	XIX - MEXIC - 1968
	21.18 m	Wladyslaw Komar	POL	XX - MUNIC - 1972
	21.05 m	Udo Beyer	DDR	XXI - MONTREAL - 1976
	21.35 m	Vladimir Kiselyov	URS	XXII - MOSCOU - 1980
	21.26 m	Alessandro Andrei	ITA	XXIII - LOS ANGELES - 1984
	22.47 m	Ulf Timmermann	DDR	XXIV - SEÜL - 1988
	21.70 m	Michael Stulce	USA	XXV - BARCELONA - 1992
	21.62 m	Randy Barnes	USA	XXVI - ATLANTA - 1996
	21.29 m	Arsi Harju	FIN	XXVII - SYDNEY - 2000
	21.16 m	Yurij Bilonog	UKR	XXVIII - ATENES - 2004
	21.51 m	Tomasz Majewski	POL	XXIX - PEQUÍN - 2008
	13.95 m	Micheline O.M. Ostermeyer	FRA	
	15.28 m	Galina I. Zybina	URS	
	16.59 m	Tamara Tyschkevich	URS	
	17.32 m	Tamara Press	URS	
	18.14 m			
	19.61 m	Margitta Helmboldt / Gummel	DDR	
	21.03 m	Nadezhda Chizhova	URS	
	21.16 m	Ivanka Khristova	BUL	
	22.41 m	Ilona Schocknecht / Slupianek	DDR	
	20.48 m	Claudia Losch	FRG	
	22.24 m	Natalya Lisovskaya	URS	
	21.06 m	Svetlana Krivelyova	EUN	
	20.56 m	Astrid Kumbernuss	GER	
	20.56 m	Yanina Korolchik	BLR	
	19.59 m	Yumileidi Cumbá	CUB	
	20.56 m	Valerie Vili	NZL	

En els V-Jocs (Estocolm-1912) es van disputar dues competicions de llançament de pes (igual que en disc i javelina): el llançament “normal” amb una sola mà, i el llançament “doble” on es sumaven les marques obtingudes amb una i altra mà.

A Sant Louis-1904 i Anvers-1920 a més del pes “normal”, es va llançar el pes de 56 lliures (25.4 kg) que des del punt de vista tècnic té més relació amb el llançament de martell.

Taula 3: Rècords actuals del llançament de pes

MÓN	23.12 m	RANDY BARNES	USA	1990	22.63 m	NATALYA LISOVSKAYA	RUS	1987
EUROPA	23.06 m	ULF TIMMERMANN	DDR	1988				
ESPANYA	21.47 m	MANUEL MARTÍNEZ	C-L	2002	18.20 m	IRACHE QUINTANAL	T	2007
CATALUNYA	18.56 m	CARLES GERONÈS	G	1997				

2. CARACTERÍSTIQUES DELS LLANÇADORS DE PES.

El rendiment en aquesta prova ve determinat en part per tres factors relacionats íntimament amb les característiques morfològiques i físic-tècniques dels atletes:

a) Velocitat del sistema (atleta - artefacte) i velocitat de descàrrega:

La velocitat del sistema s'evidencia en el primer tram del llançament (Fig. 7, segment AB); es pot dir que aquí el pes és arrossegat i depèn molt de la força i de la tècnica de l'atleta. La velocitat de descàrrega de l'artefacte supera en els millors atletes els 14 m/s i depèn de les característiques físico-tècniques del llançador. En el segment BC l'atleta imprimeix una acceleració al pes (el pes és empenyat), primer a través de les cames, després del tronc i, finalment del braç. En el punt C, el pes s'allibera de la mà.

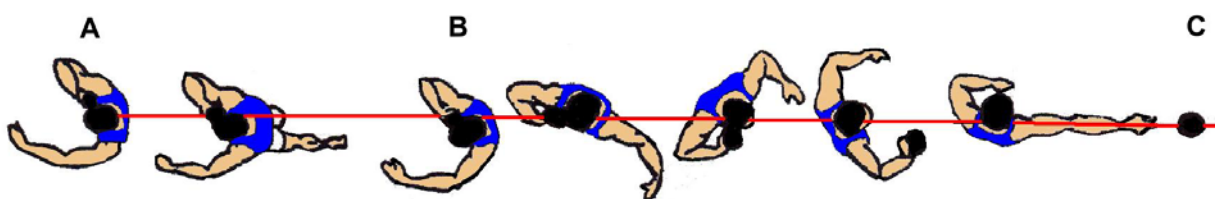


Figura 7: Vista zenital del llançament lineal del pes.

b) Angle de sortida de l'artefacte (α):

El seu valor es troba normalment entre 38 i 41 °. Està influenciat per la trajectòria que ha seguit el pes des de la posició de força fins al seu alliberament i per la rotació de l'atleta. A la Fig. 8 es pot observar la trajectòria del pes durant les diferents fases del llançament. El pes ha de seguir una trajectòria òptima per garantir la major longitud possible.

El pes passa de A a A' sotmès només a l'acció de la gravetat, una línia totalment vertical no seria de cap utilitat.

La línia del desplaçament deu ser el més rectilínia possible, ja que les variacions angulars de l'artefacte van en detriment de la seva acceleració. D'aquesta manera el treball muscular es manifesta en un espai més llarg amb un temps que ha de ser el més breu possible, el que conclou amb una major força explosiva.

Taula 4: Edat i característiques antropomètriques dels 50 millors llançadors de pes.

	Edat (anys)	Alçada (cm)	Pes (Kg)	Ind. M.C. (Kg/m ²)
Homes	27 ± 3	193 ± 6	127 ± 9	34 ± 3
Dones	27 ± 4	179 ± 6	91 ± 9	28 ± 3

La trajectòria descrita pel pes es compon de la fase inicial AB i de la final BC. En la moderna tècnica lineal, la primera és més curta que la segona, el que afavoreix el desenvolupament d'una acceleració més gran. A aquesta observació en diem ritme "curt-llarg" i és una característica important dels llançadors de pes moderns.

La possibilitat de realitzar la part final amb una gran intervenció muscular, depèn en gran mesura de les característiques constitucionals de l'atleta. En qualsevol cas, la longitud d'aquesta part final no ha de ser inferior a 1.50 m.

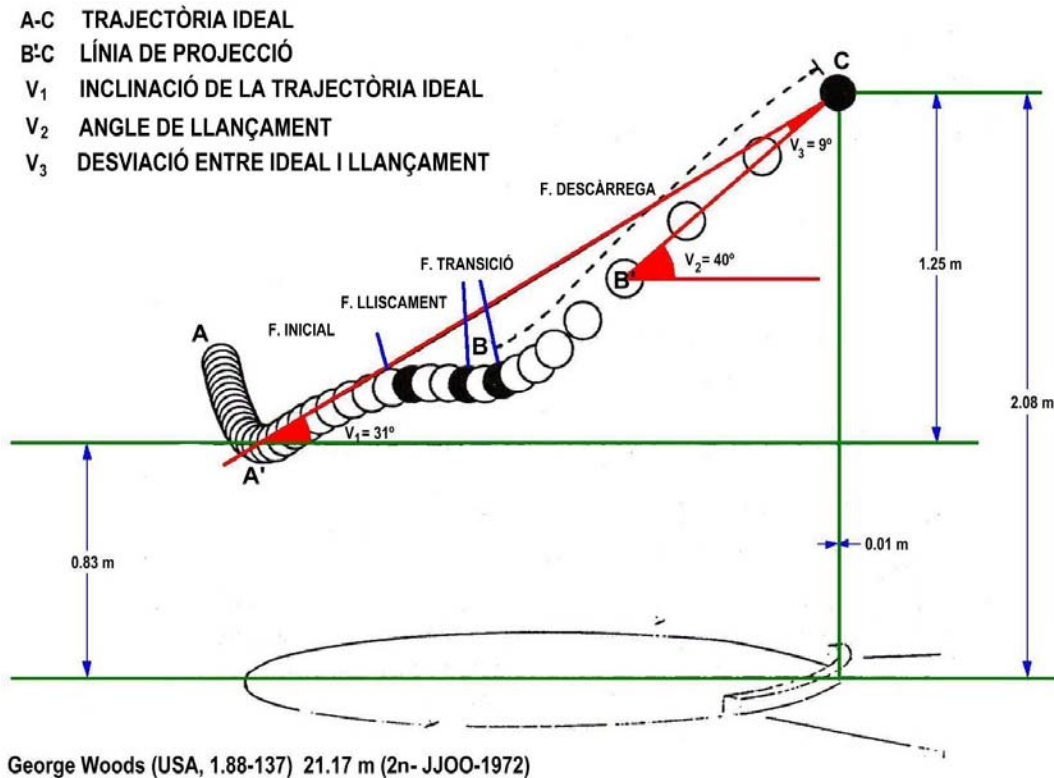


Figura 8: Trajectòria del pes en les diferents fases del llançament.

c) L'alçada inicial del llançament:

Que depèn d'una banda de la morfologia de l'atleta i l'altra de la seva capacitat d'extensió de les cames. Ha de ser el més gran possible respectant sempre un angle de sortida ideal. Per a això s'ha de posar especial atenció a la col·locació del peu esquerre al final (Fig. 9). Si el peu esquerre arriba de taló esmorteït part de la velocitat, es produeix una menor propulsió dels malucs, creant un pla inclinat del llançador respecte a la vertical que dificulta la formació d'un angle de sortida α òptim.

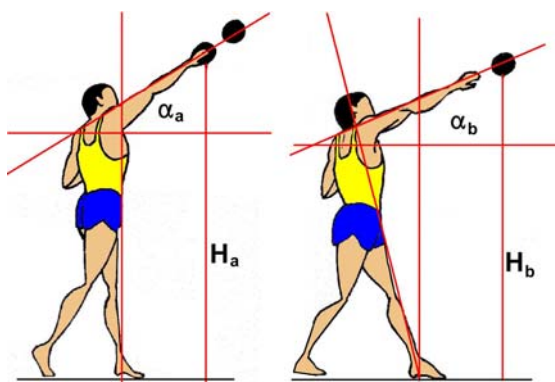
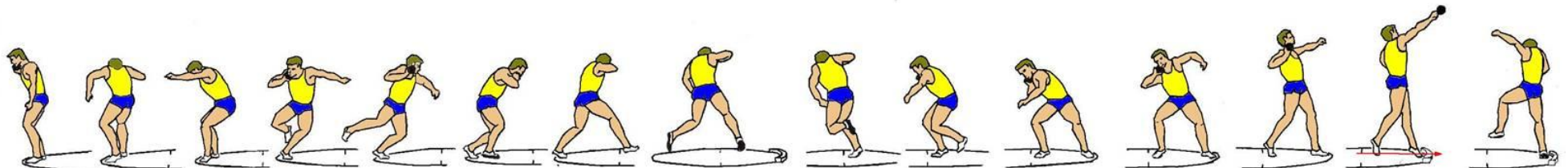
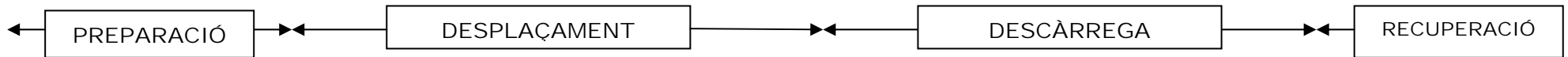
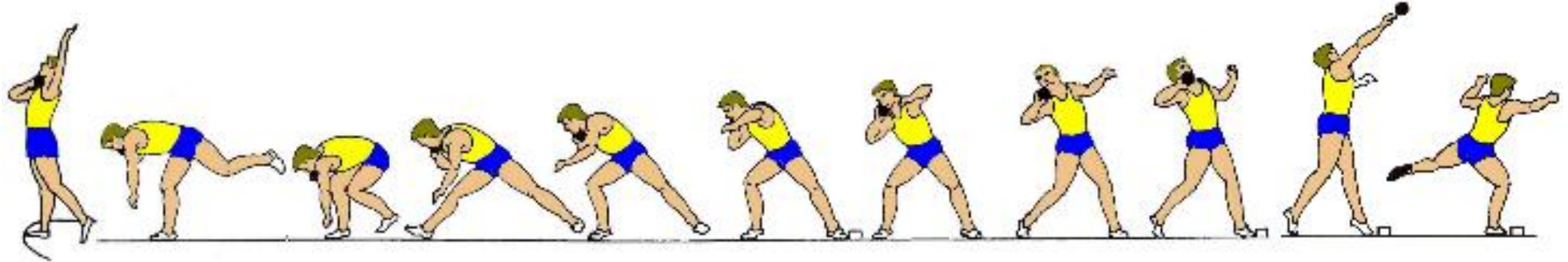


Figura 9: Col·locació del peu esquerre (a: correcta, b: errònia).

Com hem anat veient, les característiques morfològiques i condicionals dels llançadors de pes intervenen en els paràmetres de la descàrrega de l'artefacte (velocitat, angle i alçada).

Des del punt de vista morfològic, els llançadors de pes d'alt nivell, comparant-los amb els altres especialistes de l'atletisme, són individus molt "grans" amb un extraordinari desenvolupament muscular (Taula 4). Entre les capacitats condicionals de fonamental incidència per aconseguir resultats d'alt nivell en aquesta disciplina es troben la força màxima, la força explosiva, la velocitat gestual així com un gran desenvolupament tant de la coordinació com del sentit del ritme.



Rànquing Mundial de tots els temps
tancat el 31-DES-10

PES homes

		<u>Atleta</u>	<u>Pais</u>	<u>Naix.</u>	<u>Lloc</u>	<u>Data</u>	<u>Edat</u>	<u>Alçada</u>	<u>Pes</u>	<u>Índ. M.C.</u>	<u>Disc</u>	<u>Altres</u>
1	23,12 WR	Randy Barnes @	USA	16/06/1966	Westwood	20-may-90	23,9	1,94	137	36,40	61,18	
2	23,06 WR	Ulf Timmermann	DDR	01/11/1962	Hania	22-may-88	25,6	1,95	118	31,03	52,68	
3	22,91 WR	Alessandro Andrei	ITA	03/01/1959	Viareggio	12-ago-87	28,6	1,91	118	32,35	47,54	
4	22,86	Brian Oldfield	USA	01/06/1945	El Paso	10-may-75	30,0	1,96	120	31,24	62,26	
5	22,75	Werner Günthör	SUI	01/06/1961	Bern	23-ago-88	27,2	2,00	130	32,50	54,48	J-74,88
6	22,67	Kevin Toth @	USA	29/12/1967	Lawrence	19-abr-03	35,3	1,93	134	35,97		
7	22,64 WR	Udo Beyer	DDR	09/08/1955	Berlín	20-ago-86	31,1	1,94	140	37,20		
8	22,54	Christian Cantwell	USA	30/09/1980	Gresham	5-jun-04	23,7	1,98	132	33,67	59,32	M-57,18
9	22,52	John Brenner	USA	04/01/1961	Walnut	26-abr-87	26,3	1,92	127	34,45	66,62	
10	22,51	Adam Nelson	USA	07/07/1975	Gresham	18-may-02	26,9	1,81	115	35,10	56,18	
11	22,43	Reese Hoffa	USA	08/10/1977	Londres	3-ago-07	29,8	1,82	133	40,15		
12	22,24	Sergey Smirnov	RUS	17/09/1960	Tallinn	21-jun-86	25,8	1,92	126	34,18		
13	22,20	John Godina	USA	31/05/1972	Carson	22-may-05	33,0	1,93	129	34,63	69,91	
14	22,10	Sergey Gavryushin	RUS	27/06/1959	Tbilisi	31-ago-86	27,2	1,92	125	33,91		
	22,10	Cory Martin	USA	22/05/1985	Tucson	23-may-10	25,0	1,96	125	32,54	58,59	M-75,06
16	22,09	Sergey Kasnauskas	BLR	20/04/1961	Stayki	23-ago-84	23,4	1,96	108	28,11		
	22,09 i	Mika Halvari	FIN	13/02/1970	Tampere	7-feb-00	30,0	1,91	135	37,01	47,72	M-42,16
	22,09	Andrei Mikhnevich @	BLR	12/07/1976	Minks	14-jul-10	34,0	2,02	135	33,08		
19	22,02 i	George Woods	USA	11/02/1943	Inglewood	8-feb-74	31,0	1,88	136	38,48		
	22,02	Dave Laut	USA	21/12/1956	Koblentz	25-ago-82	25,7	1,93	118	31,68		
21	22,00 WR	Aleksandr Baryshnikov	RUS	11/11/1948	Colombes	10-jul-76	27,7	1,98	130	33,16		
22	21,98	Gregg Tافرalis @	USA	09/04/1958	Los Gatos	13-jun-92	34,2	1,83	129	38,52	62,38	
23	21,97	Janus Robberts	RSA	10/03/1979	Eugene	2-jun-01	22,2	1,96	130	33,84	62,37	
	21,97	Ryan Whiting	USA	24/11/1986	Eugene	12-jun-10	23,6	1,90	116	32,13	61,11	
25	21,96	Mikhail Kostin	RUS	10/05/1959	Vitebsk	20-jul-86	27,2	1,94	120	31,88		
26	21,95	Tomasz Majewski	POL	30/08/1981	Stockholm	30-jul-09	27,9	2,04	136	32,68	51,79	
27	21,93	Remigius Machura @	CZE	03/07/1960	Praga	23-ago-87	27,2	1,87	118	33,74		
28	21,92	Carl Myerscough @	GBR	21/10/1979	Sacramento	13-jun-03	23,7	2,09	149	34,11	63,14	
29	21,87	Cottrell J. Hunter @	USA	14/12/1968	Sacramento	15-jul-00	31,6	1,86	149	43,07	53,08	
30	21,85 WR	Terry Albritton	USA	14/01/1955	Honolulu	21-feb-76	21,1	1,94	115	30,56		
31	21,83 i	Aleksandr Bagach @	UKR	21/11/1966	Brovary	21-feb-99	32,3	1,94	135	35,87		
32	21,82 WR	Al Feuerbach	USA	14/01/1948	San José	5-may-73	25,3	1,86	120	34,69		
	21,82	Andy Bloom	USA	11/08/1973	Doha	5-oct-00	27,2	1,85	125	36,52	68,46	
34	21,81	Yuriy Belonog	UKR	09/03/1974	Kiev	3-jul-03	29,3	2,00	125	31,25	65,32	
35	21,78 WR	Randy Matson	USA	05/03/1945	College Station	22-abr-67	22,1	1,99	118	29,80	65,16	
	21,78	Dan Taylor	USA	12/05/1982	Tucson	23-may-09	27,0	1,98	145	36,99	59,00	M-69,35
37	21,77 i	Mike Stulce @	USA	21/07/1969	Birmingham	13-feb-93	23,6	1,91	123	33,72		
	21,77	Dragan Peric	YUG	08/05/1964	Bar	25-abr-98	34,0	1,86	115	33,24	61,94	
39	21,76	Mike Carter	USA	29/10/1960	Eugene	2-jun-84	23,6	1,89	120	33,59		
40	21,74	Janis Bojars	LAT	12/05/1956	Riga	14-jul-84	28,2	1,85	127	37,11		
41	21,73	Augie Wolf @	USA	03/09/1961	Leverkusen	12-abr-84	22,6	2,01	122	30,20		
42	21,69	Reijo Stahlberg	FIN	21/09/1952	Fresno	5-may-79	26,6	1,94	130	34,54		
43	21,68	Geoff Capes	GBR	23/08/1949	Cwmbrân	18-may-80	30,8	1,95	134	35,24		
	21,68	Edward Sarul	POL	16/11/1958	Sopot	31-jul-83	24,7	1,95	112	29,45		
45	21,67	Hartmut Briesenick	DDR	17/03/1949	Potsdam	1-sep-73	24,5					
46	21,63 i	Joachim Olsen	DEN	31/05/1977	Tallinn	25-feb-04	26,8	1,84	120	35,44	60,67	
	21,63	Marius Urtans	LAT	09/02/1981	Beograd	19-jun-10	29,4	1,88	123	34,80	53,72	
48	21,62	Rutger Smith	NED	09/07/1981	Leiden	10-jun-06	24,9	1,97	120	30,92		
49	21,61	Kevin Akins	USA	27/01/1960	Modesto	14-may-83	23,3	1,96	136	35,40		
50	21,60	Jim Doehring @	USA	27/01/1962	Los Gatos	13-jun-92	30,4	1,83	118	35,24		
22,06							Promitjos 50	27,3	1,93	127	34	
0,41							Desviació estàndard 50	3,6	0,06	9	3	
21,04							Màxim	35,3	2,09	149	43	
20,58							Mínim	21,1	1,81	108	28	
20,21							300°					

U.S.A. 24 atletes
Rússia - DDR 4
BLR - FIN - POL - GBR - UKR - LAT 2

Rànquing Mundial de tots els temps
tancat el 31-DES-10

PES dones

	<u>Atleta</u>	<u>Pais</u>	<u>Naix.</u>	<u>Lloc</u>	<u>Data</u>	<u>Edat</u>	<u>Alçada</u>	<u>Pes</u>	<u>Índ. M.C.</u>	<u>Disc</u>	<u>Altres</u>
1	22,63 WR	Natalya Lisovskaya	RUS	16/07/1962	Moscou	7-jun-87	24,9	1,86	100	28,91	63,44
2	22,50 i	Helena Fibingerová	CZE	13/07/1949	Jablonec	19-feb-77	27,6	1,79	99	30,90	
3	22,45 WR	Iлона Slupianek @	DDR	24/09/1956	Potsdam	11-may-80	23,6	1,80	90	27,78	
4	22,19	Claudia Losch	FRG	10/01/1960	Hainfeld	23-ago-87	27,6	1,81	84	25,64	63,12
5	21,89 WR	Ivanka Khristova	BUL	19/11/1941	Belmeken	4-jul-76	34,6				
6	21,86	Marianne Adam	DDR	19/09/1951	Leipzig	23-jun-79	27,8	1,83	85	25,38	
7	21,76	Li Meisu	CHN	17/04/1959	Shijiazhuang	23-abr-88	29,0	1,76	90	29,05	
8	21,73	Natalya Akhrimenko	RUS	12/05/1955	Leselidze	21-may-88	33,0	1,80	90	27,78	64,60
9	21,70 i	Nadezhda Ostapchuk	BLR	12/10/1980	Magilev	12-feb-10	29,4	1,80	90	27,78	
10	21,69	Viktoriya Pavlysh @	UKR	15/01/1969	Budapest	20-ago-98	29,6	1,74	85	28,08	
11	21,66	Sui Xinmei @	CHN	29/01/1965	Beijing	9-jun-90	25,4	1,72	90	30,42	
12	21,61	Verzhinia Veselinova	BUL	18/11/1957	Sofia	21-ago-82	24,8	1,70	95	32,87	
13	21,60 i	Valentina Fedyushina	UKR	18/02/1965	Simferopol	28-dic-91	26,9	1,90	92	25,48	
14	21,58	Margitta Droese / Pufe	DDR	10/09/1952	Erfurt	28-may-78	25,7	1,80	90	27,78	68,64
15	21,57	Ines Müller	DDR	02/01/1959	Atenas	16-may-88	29,4	1,82	90	27,17	66,40
16	21,53	Nunu Abashidze @	UKR	27/03/1955	Kiev	20-jun-84	29,3	1,68	105	37,20	
17	21,52	Huang Zhihong	CHN	07/05/1965	Beijing	27-jun-90	25,2	1,74	100	33,03	
18	21,46	Larisa Peleshenko @	RUS	29/02/1964	Moscou	26-ago-00	36,5	1,87	95	27,17	
19	21,45 WR	Nadezhda Chizhova	RUS	29/09/1945	Varna	29-sep-73	28,0	1,74	90	29,73	
20	21,43	Eva Wilms	FRG	28/07/1952	Munic	17-jun-77	24,9	1,80	83	25,62	59,42
21	21,42	Svetlana Krachevskaya	RUS	23/11/1944	Moscou	24-jul-80	35,7	1,73	83	27,73	
22	21,31	Heike Hartwig	DDR	30/12/1962	Atenas	16-may-88	25,4	1,80	95	29,32	
23	21,27	Liane Schmuhl	DDR	29/06/1961	Cottbus	26-jun-82	21,0	1,85	85	24,84	
24	21,22	Astrid Kumbernuss	GER	05/02/1970	Göteborg	5-ago-95	25,5	1,86	90	26,01	
25	21,21	Kathrin Neimke	DDR	18/07/1966	Roma	5-sep-87	21,1	1,80	90	27,78	58,82
26	21,19	Helma Knorscheidt	DDR	31/12/1956	Berlin	24-may-84	27,4	1,76	90	29,05	
27	21,15 i	Irina Korzhanenko @	RUS	16/05/1974	Moscou	18-feb-99	24,8	1,78	85	26,83	
28	21,10	Heidi Krieger	DDR	20/07/1965	Stuttgart	26-ago-86	21,1	1,87	95	27,17	
29	21,07	Valerie Adams - Vili	NZL	06/10/1984	Thessaloniki	13-sep-09	25,0	1,93	123	33,02	58,12 M-58,75
30	21,06	Svetlana Krivelyova	RUS	13/06/1969	Barcelona	7-ago-92	23,2	1,84	94	27,76	
31	21,05	Zdenka Silhavá @	CZE	15/06/1954	Praga	23-jul-83	29,1	1,78	85	26,83	74,56
32	21,01	Ivanka Petrova-Stoycheva	BUL	03/02/1951	Sofia	28-jul-79	28,5	1,74	78	25,76	
33	21,00	Mihaela Loghin	ROM	01/06/1952	Formia	30-jun-84	32,1	1,70	78	26,99	
	21,00	Cordula Schulze	DDR	11/09/1959	Potsdam	21-jul-84	24,9	1,89	95	26,60	
35	20,96	Belsy Laza	CUB	05/06/1967	Mèxic	2-may-92	24,9	1,74	96	31,71	
36	20,95	Elena Stoyanova @	BUL	23/01/1952	Sofia	14-jun-80	28,4	1,72	90	30,42	
37	20,91	Svetla Mitkova	BUL	17/06/1964	Sofia	24-may-87	22,9	1,78	96	30,30	69,72
38	20,80	Sona Vasícková	CZE	14/03/1962	Praga	2-jun-88	26,2	1,74	78	25,76	
39	20,72	Grit Haupt / Hammer	DDR	04/06/1966	Neubrandenburg	11-jun-87	21,0	1,80	93	28,70	
40	20,70	Natalia Miknevich	BLR	25/05/1982	Grodno	8-jul-08	26,1	1,80	85	26,23	
41	20,61	María Elena Sarría	CUB	14/09/1954	La Habana	22-jul-82	27,9	1,83	110	32,85	
	20,61	Yanina Korolchik @	BLR	26/12/1976	Edmonton	5-ago-01	24,6	1,86	87	25,15	59,90
43	20,60	Marina Antonyuk	RUS	12/05/1962	Chelyabinsk	10-ago-88	26,3	1,83	105	31,35	60,24
44	20,54	Zhang Lihong	CHN	16/01/1969	Beijing	5-jun-94	25,4	1,81	86	26,25	
45	20,53	Iris Plotitzka	FRG	07/01/1966	Colonia	21-ago-88	22,6	1,81	82	25,03	
46	20,50 i	Christa Wiese	DDR	25/12/1967	Senftenberg	12-feb-89	21,2	1,81	90	27,47	
47	20,47	Nina Isayeva	RUS	06/07/1950	Bryansk	28-ago-82	32,2	1,78	105	33,14	
	20,47	Cong Yuzhen	CHN	22/01/1963	Tianjin	3-sep-88	25,6	1,75	85	27,76	
49	20,44	Tatyana Orlova	BLR	19/07/1955	Staiki	28-may-83	27,9				
50	20,40	Zhou Tianhua @	CHN	10/04/1966	Beijing	5-sep-91	25,4	1,72	94	31,77	
	21,24		Promitjos				26,7	1,79	91	28,49	
	0,56		Desviació estàndard				3,6	0,06	9	2,73	
	19,63	100°			Màxim	36,5	1,93	123	37,20		
	18,74	200°			Mínim	21,0	1,68	78	24,84		
	18,05	300°									

Alemanya 16 atletes
Rússia 9
Xina 6
Bulgària 5

3. MODEL TÈCNIC LINIAL

Per al seu estudi, el llançament de pes pot dividir-se en les següents fases:

- 1) Posició inicial
- 2) Fase de desplaçament
- 3) Fase de descàrrega
- 4) Fase de recuperació.

3.1. POSICIÓ INICIAL I FORMA D'AGAFAR EL PES

El pes es recolza sobre els dits i la base dels mateixos. Els dits han d'estar gairebé paral·lels i lleugerament separats darrere del pes. El pes també es recolza entre el coll i la mandíbula amb el dit polze sota l'artefacte i sobre la clavícula. El colze formant un angle d'uns 45 ° respecte al tronc i oposant-se al pes (Fig. 12).

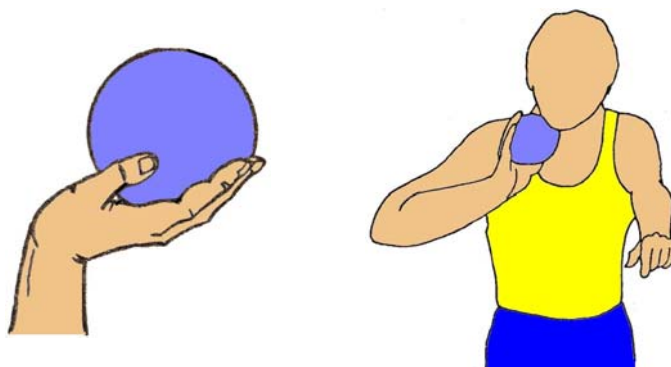


Figura 12: Forma d'agafar i col·locar el pes.

Tot i que la posició inicial no és comú a tots els llançadors, les dues formes més utilitzades pels llançadors d'alt nivell són la "posició T" i la "posició bípeda".

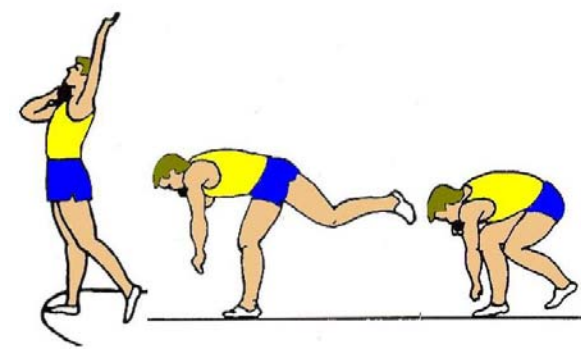


Figura 13: Posició T.

Posició T: el pes del cos es troba sobre la cama dreta que està estesa amb la planta del peu recolzada amb tota la seva superfície. El peu esquerre recolzat sobre la punta a uns 30-40 cm darrere del dret. El tronc vertical i el braç lliure estès endavant-a dalt (Fig. 13).

Aquesta posició té com a avantatges una anticipació en l'extensió de la cama esquerra (cama oscil·lant), el que permet introduir-se en un bon ritme de llançament. A més facilita l'extensió de la cama dreta que després de l'extensió de la cama esquerra suportarà menys càrrega. Malgrat tot,

donats els nivells de força dels llançadors actuals, tots aquests avantatges no afecten en res en l'alt nivell, encara que si s'ha de recomanar la seva utilització als joves i principiants.

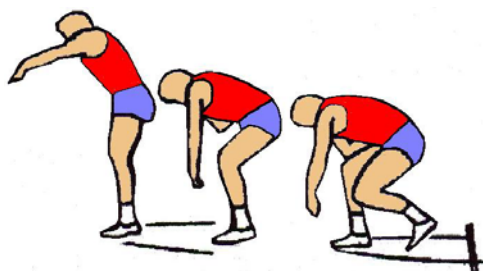


Figura 14: Posició bípeda

Posició bípeda: des de la bipedestació, el tronc s'inclina cap endavant i la cama esquerra es flexiona apropant-se a la cama de recolzament (Fig. 14). La seva principal avantatge és la de proporcionar major seguretat i equilibri.

Utilitzant qualsevol de les dues variants de posició inicial, s'arriba una mateixa posició, anomenada "assegada" amb el tronc gairebé paral·lel al terra.

3.2. FASE DE DESPLAÇAMENT

L'objectiu de la fase de desplaçament és iniciar l'acceleració del sistema atleta-artefacte i preparar la fase de descàrrega. S'aconsegueix aquí una velocitat essencialment horitzontal, superior als 2 m / s mantenint una col·locació del cos que assegura per a la fase de descàrrega una veritable posada en tensió de la musculatura i un llarg camí d'acceleració de l'artefacte.

Des de la posició de "assegada" en què genoll esquerre passa pel costat del panxell dret i el tronc es troba inclinat cap endavant, la cama esquerra realitza un moviment actiu d'extensió horitzontal cap enrere, buscant el contenidor, tirant fortament de la pelvis i de tot el sistema cap avall i enrere (Fig. 15). Aquesta acció ha de ser molt activa i està afavorida per la força de la gravetat.

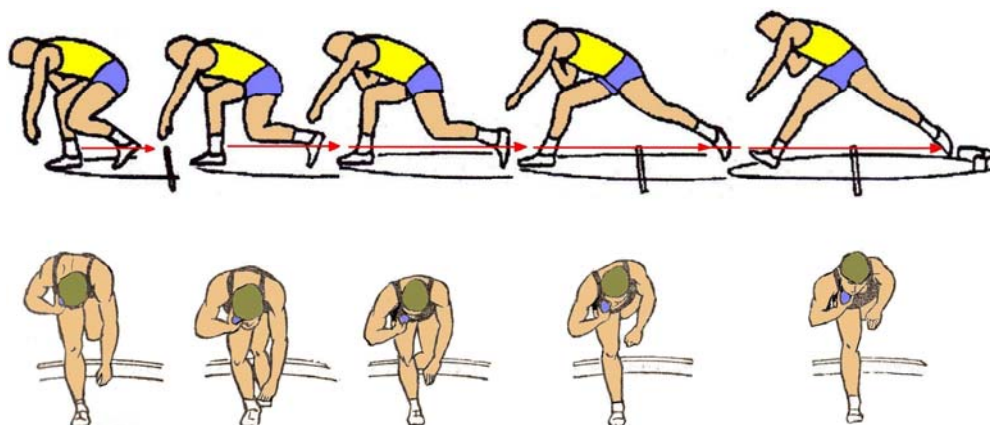


Figura 15: Fase de desplaçament.

Alhora, la cama dreta (cama lliscant), com a conseqüència del desplaçament del centre de masses, estarà sense càrrega i, després de rodar el peu cap al taló, s'estén combinant la seva acció amb la cama esquerra. En aquest moment s'arriba altra posició T, aquesta vegada inclinada cap al contenidor pel fet que la cama dreta abandona al terra de taló, i que s'anomena "posició A" (Fig. 15).

Gràcies a aquesta rapidíssima intervenció de les cames i el pas final pel taló, es produeix una obertura de l'angle entre les dues cames, alhora que el tronc es veu arrossegat al costat del artefacte mentre que els malucs romanen paral·leles a terra, evitant així variacions angulars brusques en la seva trajectòria que produirien una desacceleració.

El braç lliure ha de romandre davant del cos, garantint així una posició tancada del tronc i que la

línia de les espatlles segueixi darrere de la pelvis i perpendicular a la direcció de llançament. Fins aquí el sistema pateix una acceleració dirigida cap amunt que enllaça amb una fase intermèdia o de transició des de la qual l'atleta arribarà a la posició de força (Fig. 16 y 17).



Figura 16: Arribada a la posició de força.



Figura 17: Vista posterior.

La cama dreta arribarà al centre del cercle de metatars gràcies a una ràpida flexió de la mateixa. Gairebé simultàniament el peu esquerre arribarà al costat del contenidor, evitant així pèrdues de velocitat, recolzant-se sobre el metatars i el bord intern.

Després del desplaçament el sistema es trobarà òptimament col·locat al centre del cercle alhora que hi haurà accelerat entre 2 i 3 m/s².

Alhora que succeeix tot el descrit fins aquí, s'aconsegueix que la pelvis giri fins que el seu eix de malucs apunti a la direcció del llançament per contracció de la musculatura obliqua dreta del tronc i estirament del costat esquerre en romandre tancat el braç lliure.

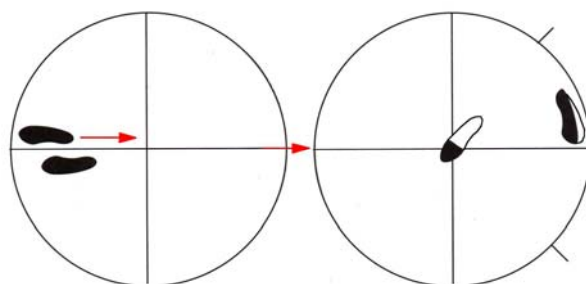


Figura 18: Col·locació dels peus al cercle.

3.3. FASE DE DESCÀRREGA

L'objectiu de la fase de descàrrega és, primer, mantenir la velocitat del pes i, després, iniciar l'acceleració principal.

En arribar al centre del cercle, la cama dreta actua frenant la massa corporal després del vol i a causa del canvi de direcció que es produeix, la musculatura d'aquesta cama pateix una petita amortiguació. Aquest desplaçament cap avall, característic dels millors llançadors, afavoreix la rotació d'aquesta cama que comença des del peu. Aquesta acció serà més ràpida com més veloç sigui el recolzament del peu esquerre que és qui realment guia el moviment.

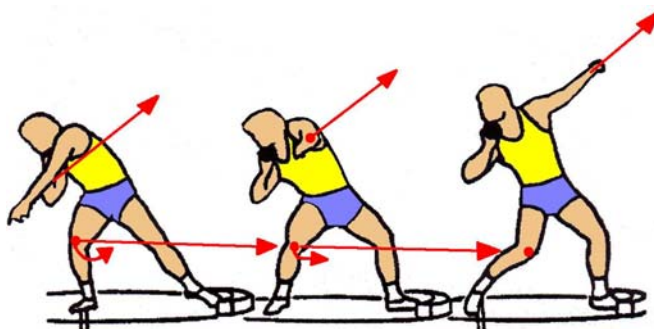


Figura 19: Arribada a la posició lateral.



Figura 20: posició lateral.

El moviment, durant el qual descendeixen tant el genoll com el maluc drets, mentre que l'artefacte segueix en la mateixa línia, contribueix a l'avanç dels malucs i així s'arriba a l'anomenada "posició lateral" (Fig. 19). Aquesta posició és molt breu i es caracteritza per la posició paral·lela de la línia d'espatlles, els braços (llançador i lliure) i panxell dret (Fig. 20).

És a partir d'aquesta posició quan comença a alliberar-se l'energia elàstica acumulada en la musculatura obliqua i abdominal per la torsió prèvia entre l'eix de malucs i l'eix d'espatlles que es mantenia endarrerit.

El bloqueig del braç lliure es produirà en el moment que els malucs i la línia d'espatlles estiguin mirant a la direcció del llançament, aconseguint la "posició frontal" (Fig. 21). Aquesta brusca aturada del costat esquerre afavoreix l'estirament de la musculatura pectoral a banda de ser una acceleració addicional del costat contrari.

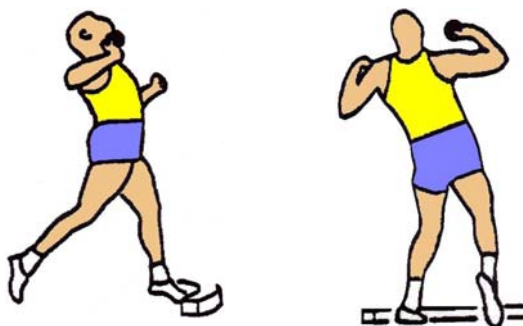


Figura 21: Posició frontal.

Després l'extensió cap amunt del cos succeeix l'extensió del braç llançador, el colze se situa ara a l'alçada de l'espatlla, garantint d'aquesta manera que tot el cos romandrà darrere de l'artefacte durant tota la descàrrega. La posició alta del colze també afavoreix una flexió en el pla horitzontal del canell al final del llançament.

El final és el resultat d'una rotació interna i extensió de la cama dreta (peu-genoll-maluc) que determina els estiraments relatius i augmenta d'aquesta manera la velocitat de sortida del pes (13-14 m/s); l'extensió determina l'alçada de sortida del pes.

En l'extensió final, pràcticament la totalitat dels llançadors actuals acaben el llançament en suspensió (Fig. 22), i encara que el cos ha de compensar la reacció del braç, sembla demostrat que aquest desavantatge està més que compensat per l'extensió de cames i la alçada inicial del llançament, en les dones això últim no és tan evident.

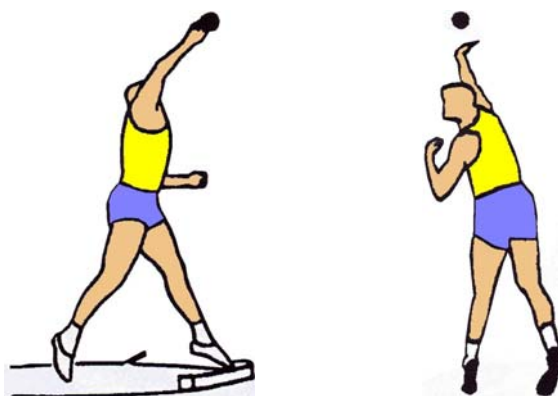


Figura 22: Moviment final del braç.

Com ja s'ha dit més amunt l'ordre d'intervenció muscular i, per tant, segmentària, per a l'assoliment de la major velocitat de descàrrega implica que l'atleta li doni una acceleració al pes, primer a través de les cames, després del tronc i, finalment del braç i la mà (coordinació dels impulsos parcials ordenada seqüencialment, Fig. 22).

3.3. FASE DE RECUPERACIÓ

L'objectiu de la fase de recuperació és establir l'atleta perquè no realitzi un llançament nul. Per evitar la sortida del cercle després d'alliberar el pes, es produeix un canvi dels recolzaments, passant la cama dreta flexionada cap endavant al costat del contenidor, mentre que l'esquerra oscil·la cap enrere i el tronc es flexiona cap endavant amb la vista cap avall vigilant el contenidor per evitar el nul (Fig. 24).

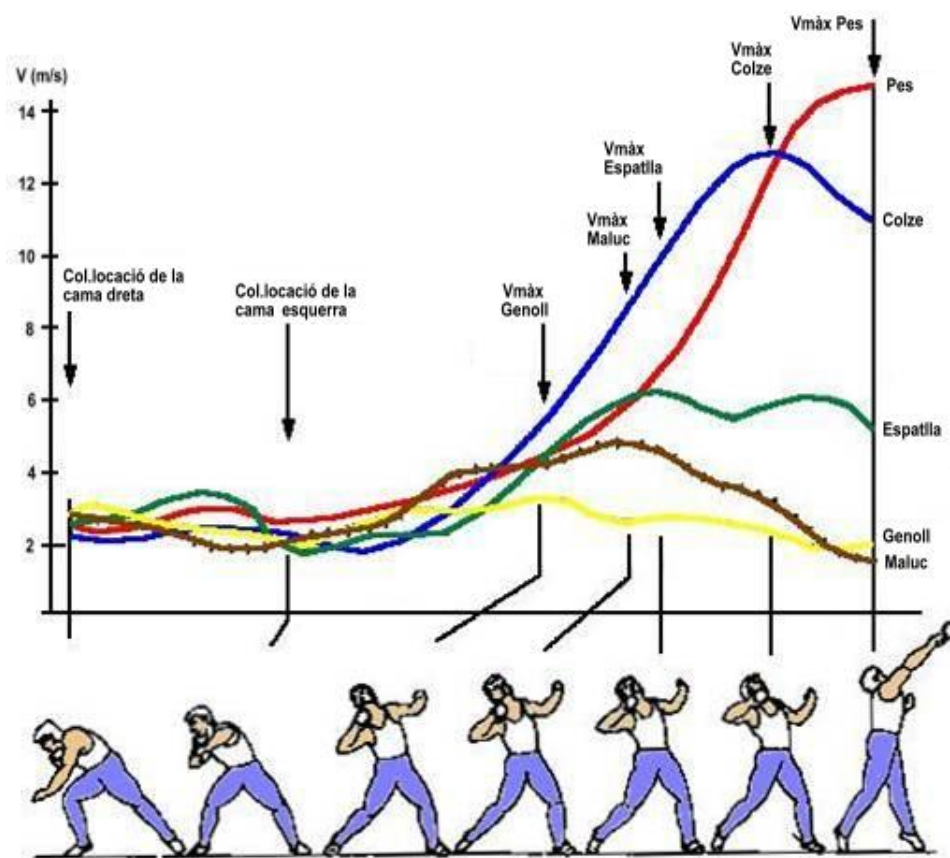


Figura 23: Impulsos parcials en el llançament linial del pes.

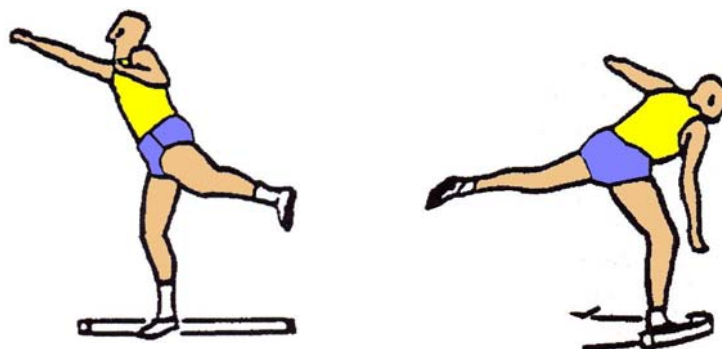


Figura 24: Fase de recuperació.

4. MODEL TÈCNIC ROTATORI

Per al seu estudi, el llançament de pes pot dividir-se en les següents fases:

- 1) Posició i moviment inicial
- 2) Fase de gir i absència de recolzament
- 3) Fase de descàrrega
- 4) Fase de recuperació.

4.1. POSICIÓ I MOVIMENT INICIAL

En la posició inicial l'atleta es troba a la part posterior del cercle, d'esquena a la direcció de llançament, amb els peus paral·lels i separats aproximadament l'amplada de les espatlles (Fig. 26) i el pes corporal sobre els metatarsos. L'artefacte es sosté recolzat en el coll una mica més enrere que en la tècnica linial i també amb el colze una mica més alt que per aquesta.

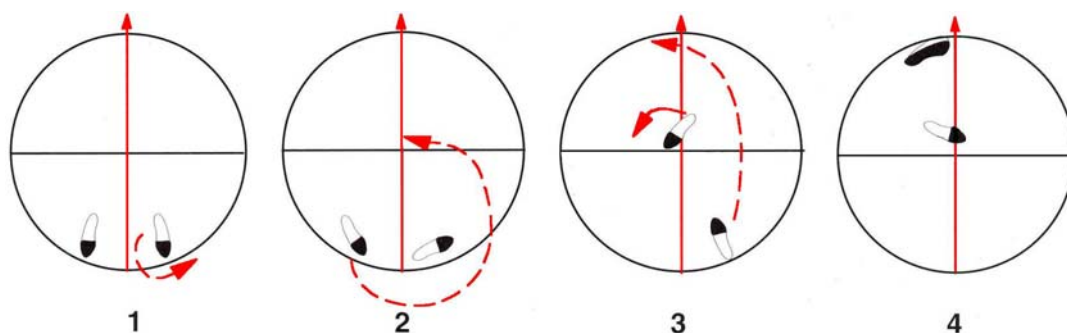


Figura 25: Posició dels peus en el llançament de pes amb tècnica rotatòria.

El moviment inicial consisteix en un quart de gir de la part superior del cos cap a la dreta i el seu objectiu és assumir una col·locació òptima pre-tensant la musculatura com a preparació per a la fase de gir. Les cames es troben més o menys flexionades segons els atletes, variant també la inclinació cap endavant del tronc. La fase de gir (cap a l'esquerra) s'inicia quan el colze dret apunta a la direcció del llançament.



Figura 26: Posició i moviment inicials.

4.2. FASE DE GIR

L'objectiu de la fase de gir és accelerar el sistema format per atleta i artefacte, a més de preparar la fase de descàrrega.

El gir s'inicia amb l'empenta metatarsià del peu dret (el pes del cos es transfereix cap a la cama esquerra) i la rotació cap a l'esquerra simultània del peu esquerre, genoll esquerre flexionat i el braç esquerre estès. Després de girar la cama esquerra més de 90 ° en direcció al llançament, la cama dreta oscil·la des del terra cap la subfase sense recolzament, ajudant activament en l'impuls de la cama esquerra amb un moviment ampli d'escombrat cap endavant, més enllà del centre del cercle. Les espatlles han de romandre paral·lels a terra. Aquest moviment inicial cap a la direcció del llançament és lent i controlat. En aquest instant, el moment de força introduït pel moviment inicial està virtualment desfet, però, la línia d'espatlles no ha de sobrepassar la línia de malucs.

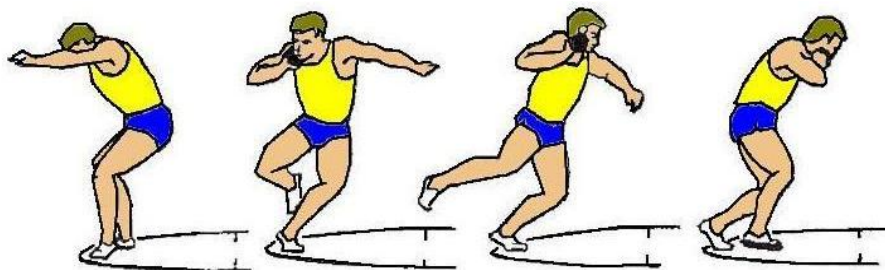


Figura 27: Primera part de la fase de gir.

El peu esquerre abandona el terra quan, després de tres quarts de gir, el colze dret i, per tant, les línies d'espatlles i malucs apunten en direcció al llançament. En l'impuls, la cama esquerra no s'estén del tot, el salt ha de ser ras (cap endavant, no a dalt). La caiguda és sobre el metatars del peu dret més enllà del centre del cercle, amb el taló alt (subfase de transició). A continuació, segueix una amortiguació ja que la cama dreta continua rotant sobre el metatars i la cama esquerra es col·loca ràpidament propera i per darrere de la cama dreta cap al contenidor. El tronc flexionat per a la caiguda.

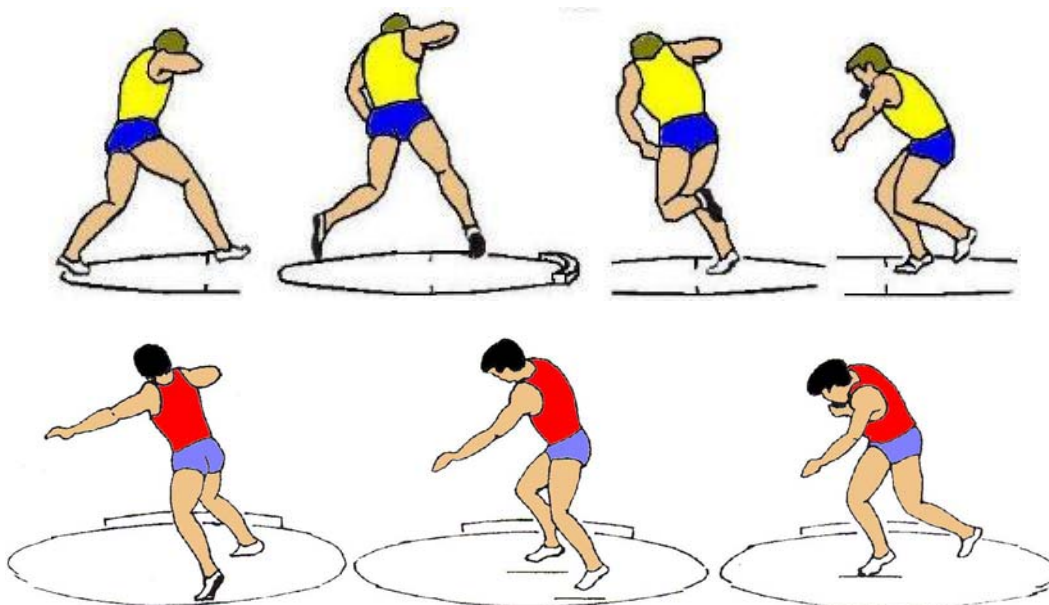


Figura 28: Segona part de la fase de gir.

El ràpid moviment de la cama esquerra i la part inferior del tronc, i el manteniment cap enrere de l'espatlla llançadora creen un considerable moment de força. El braç esquerre que estava estès a la primera part del gir, s'acosta al cos durant la subfase sense recolzament i apunta en direcció contrària al llançament tancant la línia d'espatlles.

4.3. FASE DE DESCÀRREGA

L'objectiu d'aquesta fase és transferir velocitat des l'atleta cap al artefacte.



Fig. 29: Posició de Força.

La posició de força s'aconsegueix quan la cama esquerra flexionada es recolza en el contenidor. En aquesta posició de força els peus es troben més propers entre si i el tronc més vertical que en la tècnica lineal.

El pes del cos recau principalment sobre el metatars del peu dret, el genoll d'aquesta cama flexionada. El metatars del peu dret i el taló del peu esquerre estan col·locats en línia. Eix de malucs avançat respecte a l'eix d'espatlles. Cap i espatlles per darrere i el colze llançador formant aproximadament 90 ° amb el tronc.

La descàrrega comença amb la rotació interna i extensió de la cama dreta el que permet que l'eix de malucs quedi frontalment a la part anterior del cercle. La cama esquerra es fixa fortament i funciona com una palanca contra la rotació d'alta velocitat de la part superior del cos i les espatlles, i s'estén creant una descàrrega en "salt" (influint en l'angle de llançament). El bloqueig del braç esquerre i l'espatlla també desaccelera el moviment de torsió del tronc. El colze del braç llançador està girat i elevat darrere de l'artefacte en la direcció del llançament.

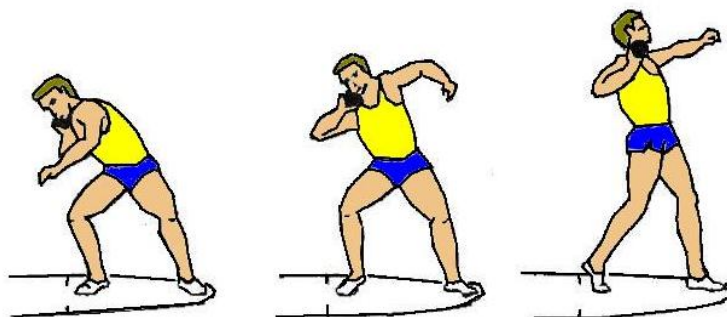


Fig. 30: Fase de descàrrega: acceleració principal.

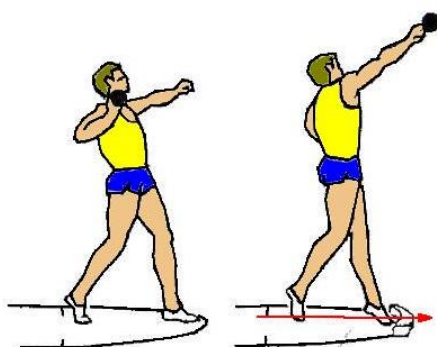


Fig. 31: Fase de descàrrega: moviment final del braç.

L'extensió del braç llançador comença abans que les cames estiguin totalment esteses i continua explosivament quan les dues cames han abandonat el terra. El braç esquerre es flexiona i fixa prop del tronc. L'acceleració continua per mitjà del canell pre-estès (els dits giren cap a fora després de la descàrrega). L'alliberament de l'artefacte es produeix immediatament després de la pèrdua de contacte amb el terra.

4. 4. FASE DE RECUPERACIÓ

L'objectiu de la fase de recuperació consisteix en estabilitzar l'atleta i evitar que realitzi un llançament nul.

Té lloc sobre la cama dreta flexionada pel genoll (el que fa descendir el cos) mentre continua la rotació.

5. ASPECTES BIOMECÀNICS

El llançament de pes segueix les lleis mecàniques del tir parabòlic (Fig. 32). La distància llançada és la suma de la distància de descàrrega i la distància de vol de l'artefacte. Aquesta última, igual que succeeix en els salts depèn de l'alçada de descàrrega (H_0), la velocitat de descàrrega (V_0) i l'angle de descàrrega (α_0). La resistència que ofereix l'aire al moviment de l'artefacte també pot afectar la distància de llançament.

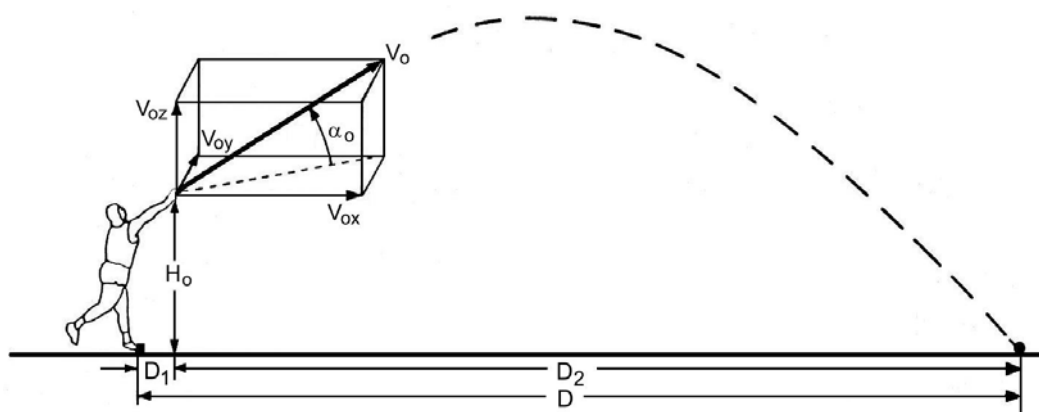


Fig. 32: Trajectòria parabòlica del pes. D : distància llançada, D_1 : distància de descàrrega, D_2 : distància de descàrrega, H_0 : altura de descàrrega, α_0 : angle de descàrrega, V_0 : velocitat de descàrrega, V_{0z} : velocitat de descàrrega vertical, V_{0x} : velocitat de descàrrega horitzontal (longitudinal) i V_{0y} : velocitat de descàrrega horitzontal (transversal).

Per examinar amb més detall els factors biomecànics determinants del rendiment en el llançament de pes, val la pena recordar les fases tècniques que el componen:

- F₁ – Moviments inicials.
- F₂ – Fase de desplaçament (o rotació) i preparació de la descàrrega.
- F₃ – Fase de descàrrega:
 - Posició de força,
 - Acceleració principal,
 - Moviment final del braç
- F₄ – Fase de recuperació.

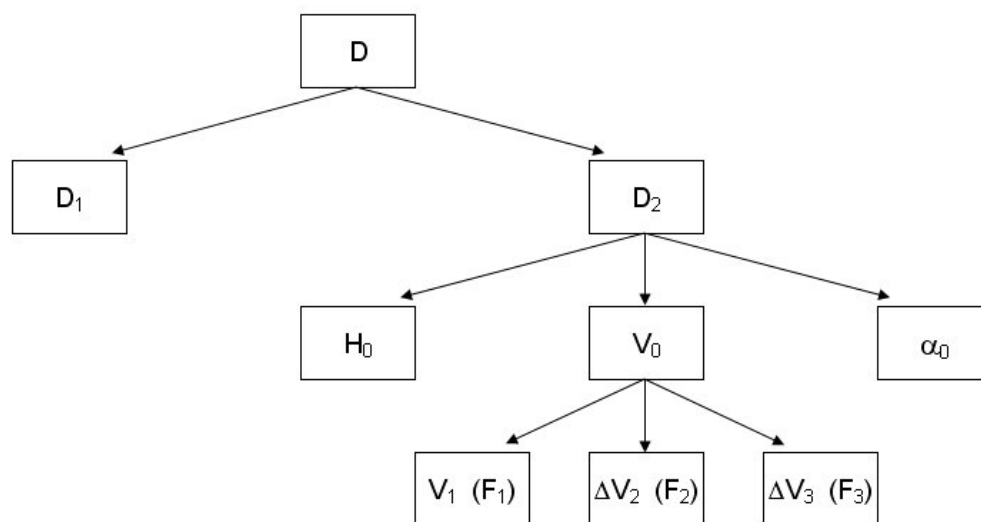


Fig. 33: Factors determinants del rendiment en el llançament de pes. V1: velocitat del pes al final de la fase-1, ΔV₂ i ΔV₃ canvis en la velocitat del pes en les fases 2 i 3 respectivament.

La distància de descàrrega (D₁) o abast més enllà de la vertical a la vora anterior del cercle és igual o menor a l'1% de la distància llançada per la tècnica lineal. En els llançaments amb tècnica rotatòria D₁ és més gran, amb valors entre l'1 i el 2% de la distància llançada.

La distància de vol (D₂) de l'artefacte es pot calcular mitjançant la fórmula:

$$D_2 = \frac{V_0^2 \cos \alpha_0}{g} \left[\sin \alpha_0 + \sqrt{\sin^2 \alpha_0 + \frac{2H_0 g}{V_0^2}} \right]$$

La **velocitat de descàrrega** és el factor de rendiment més important perquè es troba elevat al quadrat. Un increment de la velocitat de descàrrega de 0.1 m / s proporciona una millora de 25 a 30 cm a la distància aconseguida per llançaments entre 17 i 22 m si l'angle de descàrrega i l'alçada de descàrrega no varien.

El guany en distància aconseguida per l'increment de la velocitat de descàrrega en 1 m/s (mantenint una alçada de descàrrega de 2.10 m) es mostra a la Taula 5.

Taula 5: Millora de la distància en funció de la velocitat de descàrrega (Tutjowizsch, 1982).

Canvi en V ₀	Canvi en D	Δ D
de 10 a 11 m/s	de 12.10 a 14.27 m	2.17 m
de 11 a 12 m/s	de 14.27 a 16.64 m	2.37 m
de 12 a 13 m/s	de 16.64 a 19.20 m	2.56 m
de 13 a 14 m/s	de 19.20 a 21.97 m	2.77 m

La investigació biomecànica ha demostrat que en els atletes que aconseguen alts nivells de velocitat de descàrrega, el 75% d'aquesta s'aconsegueix en la fase de descàrrega i només el 25% en les fases anteriors d'inici i desplaçament. Les grans marques que tenen aquests atletes en el llançament des d'aturat són una mostra evident d'això (Figura 34).

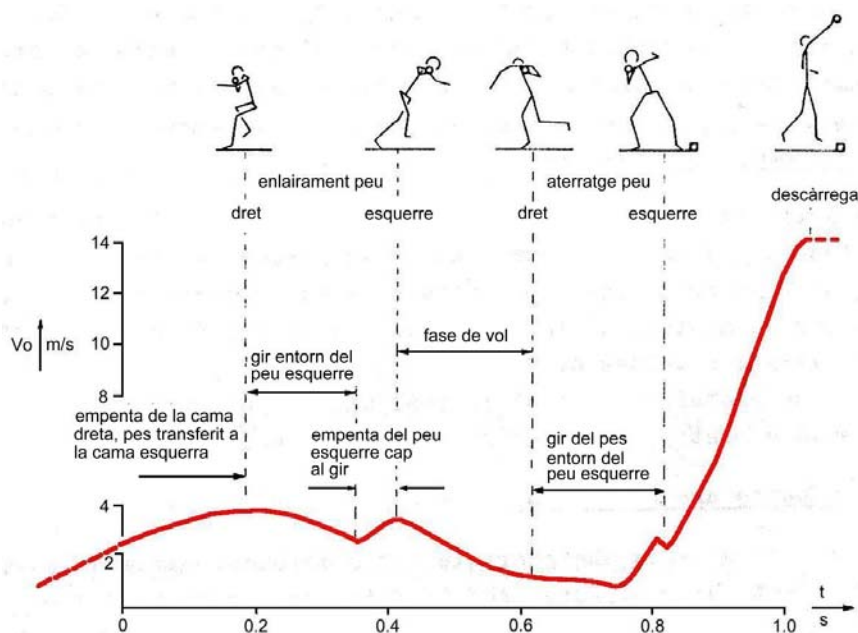


Fig. 34: Velocitat del pes en relació al temps en un llançament amb tècnica rotatòria de Dave Laut (USA, 1.93/118) de 21.56 m (Bartonietz, 1990).

L'evolució tècnica del llançament de pes al llarg de la seva història, des del llançament de parat, passant per la tècnica ortodoxa fins a la linial i, finalment, la rotatòria és una conseqüència de l'intent d'optimitzar la trajectòria d'acceleració del pes.

La trajectòria del pes ha de ser el més llarga possible i rectilínia (o com a molt presentar una única corba no ondulant). A la pràctica, per a diferents nivells de rendiment, s'han observat dues tendències de trajectòria per a la tècnica de llançament linial que es poden veure a la Figura 35.

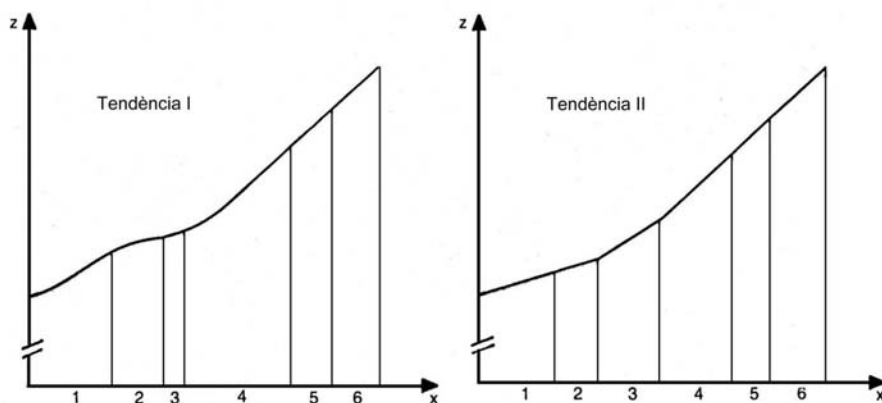
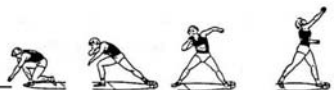


Fig. 35: Trajectòries característiques del pes amb tècnica linial: forma de "s" (tendència I) i rectilínia (tendència II) (Ballreich / Kuhlow, 1986).

Ambdues trajectòries acceleren bé el pes (veure també "Angle de descàrrega" a la pàg. 5 i Fig. 8). La tendència I s'utilitza més freqüentment presentant una alta velocitat horitzontal inicial (fins a 2.5 m/s), una relativament baixa velocitat vertical (al voltant d'1 m/s) i un suau descens del CM després del desplaçament. Les investigacions també evidencien que, malgrat les notables diferències entre nivells (llançaments entre 15 i 19 m), les trajectòries que recorren els pesos en les fases són gairebé les mateixes: al voltant d'1 m per a la fase-1 (inicial) i la fase-2 (desplaçament), i al voltant de 0.70 m per a la fase-3 (descàrrega). Les tècniques linial i rotatòria es diferencien molt tant en les proporcions del desplaçament / rotació com en l'amplitud de la posició de força (Figura 36).



atleta		MMP m	100%		m	% de alçària
Tècnica lineal	Timmermann	23.06	40	60	1.30	67 (per a 22.62 m)
	Günthör	22.75	43	57	1.20	60
	Briesenick	22.45	40	60	1.45	80 (per a 22.45 m)
	Lissovskaia	22.63	40	60	1.30	70
	Oldfield	21.25	44	56	1.10	56
			tot en %			
Tècnica rotatòria	Oldfield	22.02	60	40	0.90	46
	Barysnikov	22.00	55	45	0.95	48
	Laut	22.02	55	45	0.90	49 (per a 21.56 m)
	Barnes	22.45			aprox. 0.6-0.7	36

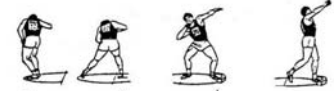


Fig. 36: Amplitud del pas i de la posició de força en m i % (Bartoniets, 1990).

Des d'una perspectiva zenital el pes pot seguir normalment tres trajectòries durant la fase de descàrrega (Fig. 37) que revelen clares diferències especialment en la rectitud del moviment i ofereix una important observació per a l'optimització de la fase principal del moviment (per aquesta raó s'ha de filmar l'entrenament en vídeo amb més freqüència des de la part posterior):

Tendència I:

Mostra la trajectòria típica del pes en llançaments tècnicament erronis. En ells la desviació lateral és gran, per tant, el pes no pot ser empès totalment.

Tendència II:

També mostra una desviació lateral però està bastant a prop de la direcció "normal" de l'artefacte, el que fa possible una acceleració final efectiva.

Tendència III:

Es caracteritza per una lleugera desviació lateral, a més el moviment cap a l'esquerra perllonga la trajectòria d'acceleració del pes en aquesta fase final creant d'aquesta manera el requisit per a una bona distància de llançament. Les trajectòries típiques per a la tècnica de llançament rotacional mostren característiques similars a aquesta tendència.

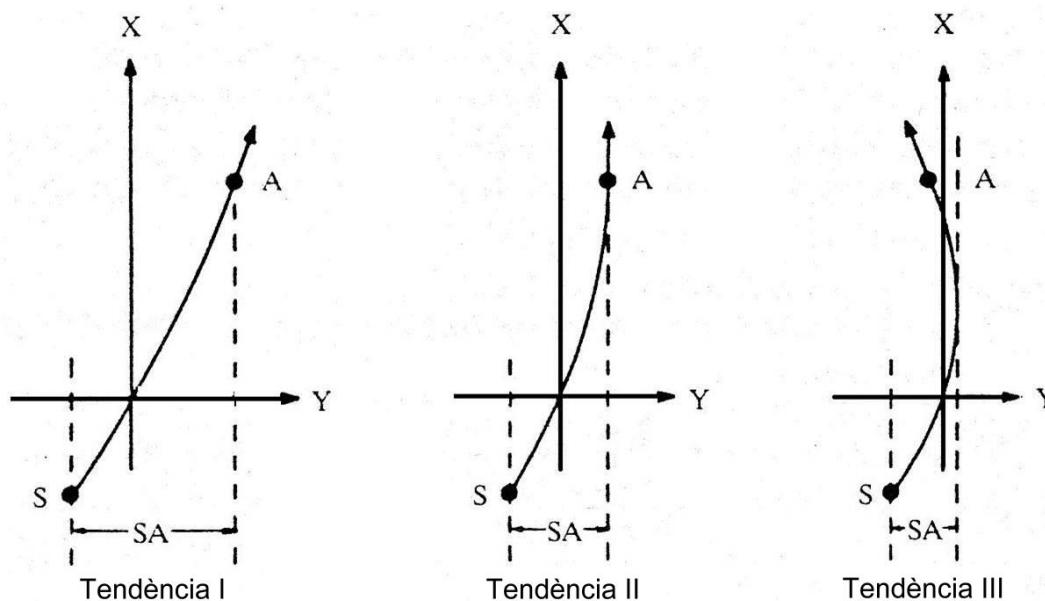


Fig. 37: Vista zenital de la trajectòria del pes durant la fase de descàrrega (Ballreich / Kuhlow, 1986).
 A: punt de descàrrega del pes.
 S: inici de la fase de descàrrega (doble recolzament)
 SA: amplitud de la desviació lateral del pes.

L'alçada de descàrrega té menor efecte sobre la distància de llançament. Està determinada fonamentalment per l'estatura de l'atleta i, per tant, no pot ser entrenada. No obstant això, una mala tècnica d'execució pot reduir l'alçada de descàrrega (pe: cames no totalment esteses en la descàrrega de l'artefacte).

Una reducció en l'alçada de descàrrega de 2.20 a 2.10 m (en llançaments on $V_0 = 12-14$ m/s i $\alpha_0 = 41^\circ$) redueix la distància del llançament en 9 cm.

Un augment de l'alçada de descàrrega de 2.20 a 2.30 m (en llançaments on $V_0 = 12-14$ m/s i $\alpha_0 = 41^\circ$) augmenta la distància del llançament en 17 cm.

L'angle de descàrrega òptim varia en relació amb el nivell del llançador. La Taula 6 mostra els angles de descàrrega òptims per a diferents distàncies a una alçada de descàrrega constant de 2.13 m.

D (m)	α òptim
7.60	37° 10'
9.12	38° 25'
10.64	39° 20'
12.16	40° 00'
13.68	40° 35'
15.20	41° 00'
16.72	41° 25'
18.24	41° 40'
19.76	41° 55'
21.28	42° 10'
22.80	42° 20'

Taula 6: Angle òptim de descàrrega en funció de la distància llançada (Ecker, 1976).

Si un atleta vol aconseguir la màxima distància de llançament, no serà suficient amb descarregar l'artefacte a la màxima velocitat, haurà d'alliberar-ho amb l'angle apropiat.

En el tir parabòlic, quan els punts de descàrrega i aterratge es troben a la mateixa alçada, l'angle de descàrrega òptim és 45° . Però en les quatre proves de llançaments els artefactes s'alliberen sempre a una alçada de descàrrega (H_0) per sobre del nivell d'aterratge, que té una repercussió en l'angle de descàrrega (Fig. 38). En realitat, l'angle de descàrrega òptim no només depèn de la velocitat de descàrrega, sinó també de l'alçada de descàrrega.

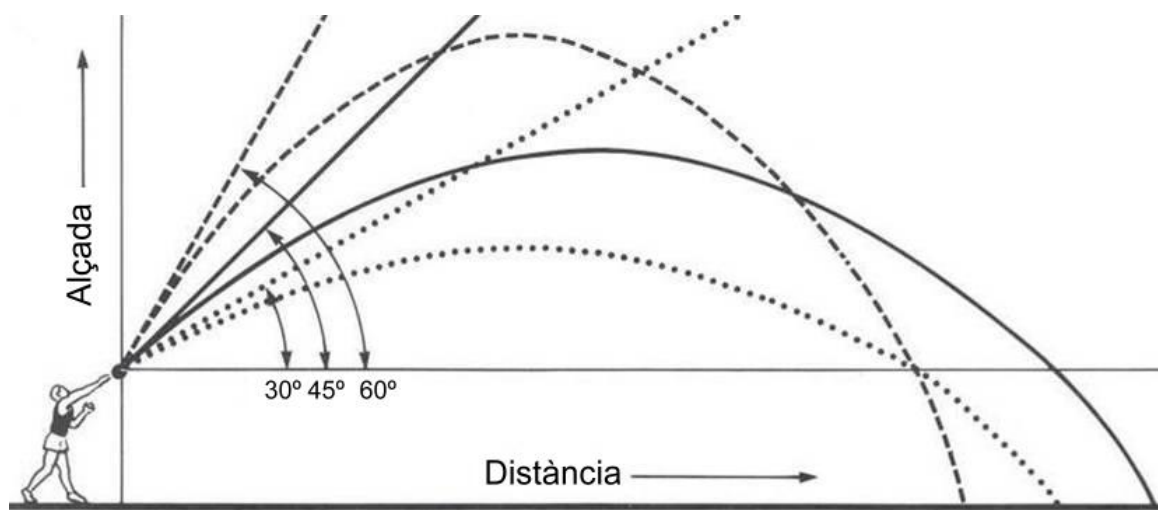


Fig. 38: La trajectòria parabòlica del vol del pes per a diferents angles de descàrrega.

Teòricament un artefacte llançat amb un angle de $41^\circ 40'$ caurà amb un angle de $48^\circ 20'$, és a dir, el seu angle complementari (Fig. 39) (havent estat llançat a 2.13 m del terra, a una velocitat de 12.60 m/s, per a una distància de 18.30 m mesurada horitzontalment des del punt de llançament).

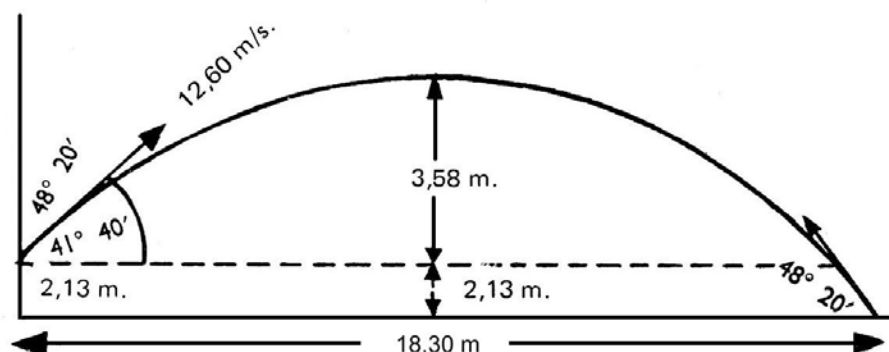


Fig. 39: Angles de descàrrega i aterratge en un llançament de pes.

A la Figura 40 apareix el càlcul aproximat de l'angle de descàrrega òptim per a la pràctica de l'entrenament: primer es traça la línia perpendicular a terra des de la mà en l'instant de l'alliberament de l'artefacte, després es traça una altra línia des de la mà fins al punt d'aterratge del pes a terra. A continuació, es traça la bisectriu de l'angle format per les dues línies. Finalment, l'angle de descàrrega òptim (α_0) és l'angle que forma la bisectriu amb l'horitzontal a terra (línia discontinua).

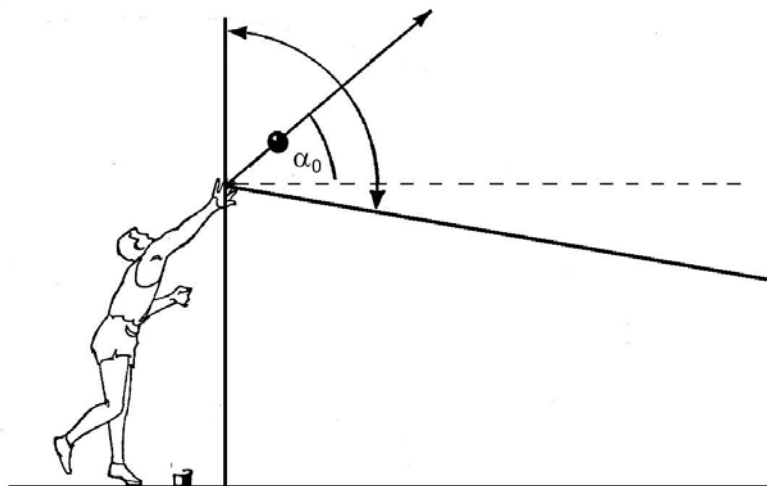


Fig. 40: Càlcul de l'angle de descàrrega òptim (Dyson, 1978).

Taula 7. Comparació dels paràmetres biomecànics entre les tècniques de llançament de pes per a atletes d'alt nivell. Dades de diferents investigacions.

	Tècnica Lineal	Tècnica Rotatòria
Longitud total de la trajectòria d'acceleració	2.6 m	4.8 m
Longitud de la fase d'acceleració prèvia	0.3 – 0.7 m	fins 3 m
Velocitat al final de la fase sense recolzament	3 m/s	4 m/s
Fase d'amortiguació (recolzament simple)	relativament breu	2.5 vegades més gran
Velocitat a l'inici de la posició de força	2.6 m/s	1.4 m/s
Velocitat en la fase d'acceleració principal	11.2 m/s	12.1 m/s
Longitud de la fase d'acceleració principal	1.5 – 1.8 m	fins 1.8 m
Amplitud de la posició de força	1.1 – 1.45 m	0.6 – 0.9 m
Alçada de descàrrega	No depèn de la tècnica utilitzada	
Velocitat de descàrrega	13.5 – 13.8 m/s	13.5 m/s
Angle de descàrrega	40.5 – 41.5°	39.5 – 42.5°
Distància horitzontal maluc-contenidor	0.44 m	0.22 m
Distància de descàrrega (Abast del pes)	0 – 0.26 m	0.32 – 0.44 m
Nombre d'intents vàlids	relativament alt	variable

Taula 8. Característiques biomecàniques en el llançament de pes del Campionat del Món Roma-1987

	Werner Günthör SUI 2.00 / 128	Alessandro Andrei ITA 1.91 / 118	John Brenner USA 1.92 / 127	Remigius Machura TCH 1.86 / 118	Ulf Timmermann DDR 1.94 / 118	Udo Beyer DDR 1.95 / 135	Klaus Bodenmüller AUT 1.94 / 110	Sergey Gavryushin URSS 1.92 / 125
Distància mesurada (D)	22,23	21,88	21,18	21,25	21,35	21,02	19,52	19,83
Distància de descàrrega (D_1)	0,08	0,09	0,08	0,17	0,10	0,13	0,08	-0,04
Distància de vol (D_2)	22,15	21,79	21,10	21,23	21,26	20,89	19,44	19,87
Alçada de descàrrega (H_0)	2,24	2,13	2,22	2,24	2,22	2,19	2,22	2,22
Angle de descàrrega (α_0)	35,5	35,5	39,8	38,0	35,8	34,1	39,3	41,0
Velocitat de descàrrega (V_0)	14,19	14,10	13,67	13,75	13,86	13,82	13,07	13,21