

MODELOS DE ENTRENAMIENTO A 3900 M DE ALTITUDE Y RESPUESTA FISIOLÓGICA Y DE RENDIMIENTO EN UN MARATONIANO EN SILLA DE RUEDAS DE ÉLITE

PARTICIPANTE

- ✓ EDAD = 36 AÑOS, ALTURA = 1,76 m
- ✓ MASA CORPORAL = 50,0 ± 0,81 Kg
- ✓ POTENCIA GENERADA EN VT2 = 62 W
- ✓ VO_{2MAX} = 52 ml · kg⁻¹ · min⁻¹
- ✓ VO_2 RELATIVO EN VT2 = 45 ml · kg⁻¹ · min⁻¹
- ✓ VO_2 % EN VT2 = 87 % VO_{2MAX}
- ✓ FRECUENCIA CARDÍACA VT2 = 166 PP · min⁻¹
- ✓ 4^a MEJOR MARCA MARATÓN EN CLASE T52 (TETRAPRESIA) (1h:42min:05s)



ESCENARIO EN ALTITUD



- ✓ ELEVACIÓN DE RESIDENCIA = 3860 m (PUNO, PERÚ)
- ✓ ELEVACIÓN DE ENTRENAMIENTO = 3860 - 4090 m
- ✓ LIVE HIGH - TRAIN HIGH (LHTH)
- ✓ 2 ESTANCIAS DE 35-DÍAS EN 2 AÑOS CONSECUTIVOS
- ✓ OBJETIVO CONCENTRACIONES: ENTRENAMIENTO DE BASE PARA LA MARATONES DE BOSTON (10 SEMANAS TRAS REGRESAR DE ALTITUD)
- ✓ ENERO - FEBRERO 2015; INFLEXIBLE-BLOQUES (IP)
- ✓ ENERO - FEBRERO 2016; FLEXIBLE-GUIADO POR HRV (FP)

CUANTIFICACIÓN DEL ENTRENAMIENTO Y EXPOSICIÓN A ALTITUD DE LAS CINCO SEMANAS PREVIAS AL ESTUDIO

TEMPORADA	2010	2011	2012	2013	2014
VOLUMEN (km)	7124	8150	8600	8410	9173
SESIONES	410	456	451	440	510

TEMPORADA	2010	2011	2012	2013	2014	TOTAL
ALTITUD TERRESTRE (DÍAS)	78	82	101	79	62	402
HIPOXIA NORMOBARICA (HORAS/DÍA)						
ELEVACIÓN SIMULADA ~2900 A ~4700 m	1846/77	602/25	1064/44	198/8	702/29	4412/183
FiO ₂ (%) = 0.146 TO 0.117						

TABLA 1. VOLUMEN DE ENTRENAMIENTO Y NÚMERO DE SESIONES DE ENTRENAMIENTO EN LAS 5 TEMPORADAS PREVIAS AL ESTUDIO.

TABLA 2. EXPOSICIÓN A ALTITUDE MODERADA (1655-2926 m) E HIPOXIA NORMOBÁRICA EN LAS 5 TEMPORADAS PREVIAS AL ESTUDIO.

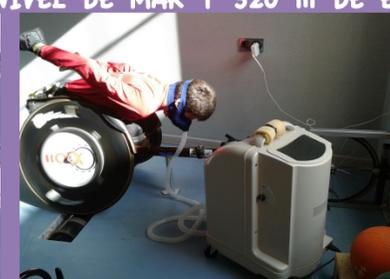
QUÉ SE PUBLICÓ Y QUÉ NO FUE PUBLICADO EN EL JOURNAL OF STRENGTH AND CONDITIONING RESEARCH

PUBLICADO

NO PUBLICADO

7 SEMANAS (9 SI SI INCLUYEN LOS TEST PREVIOS Y AL REGRESAR DE ALTITUD)

8 SEMANAS LIVE HIGH - TRAIN LOW EN ESPAÑA Y SNELLVILLE (EEUU), TRAS LOS TESTS DE RENDIMIENTO AL REGRESAR A NIVEL DEL MAR. DUERME ~13 HORAS · DÍA⁻¹ A ~4200 m ALTITUD SIMULADA (HIGHER PEAK MAG-10), Y ENTRENA A NIVEL DE MAR Y 320 m DE ELEVACIÓN



PREVIO ALTITUD

VIAJE ESPAÑA -PERÚ

5 SEMANAS EN PUNO A ~4000 m

VIAJE REGRESO ESPAÑA

POST-ALTITUD

VIAJE ESPAÑA-ATLANTA

ESTANCIA EN

1^o 2015

5 SEMANAS TRAS ALTITUD SNELLVILLE, GA, EEUU 1^o 2016

CREADO POR SANTIAGO SANZ

fisiólogo del Ejercicio del Comité Paralímpico Español



Sanz-Quinto S, López-Grueso R, Brizuela G, Flatt AA, and Moya-Ramón M. Influence of training models at 3,900-M on physiological response and performance of a professional wheelchair athlete: a case study. *Journal of Strength and Conditioning Research.* (2019);33(6):1714-1722.

DISEÑO EXPERIMENTAL PROGRAMA INFLEXIBLE (IP) Y FLEXIBLE (FP)

TEST INCREMENTAL



3000 M PISTA CUBIERTA



SEMANA PREVIA A NIVEL DEL MAR (B_N)



SEMANA ACLIMATACIÓN ALTITUD (B_H)



4 SEMANAS DE ENTRENAMIENTO (W₁ W₂ W₃ W₄)



11 Y 12 DÍAS POST TRAS ALTITUD



11 DÍAS PREVIOS ALTITUD 10 DÍAS PREVIOS ALTITUD
11 DÍAS TRAS ALTITUD 12 DÍAS TRAS ALTITUD

MISMO ENTRENAMIENTO EN SEMANAS B_N, B_H Y POST-ALTITUD (POST)

- ✓ LUNES Y MARTES: DESCANSO
- ✓ X A V AM: 20 km <VT1 PM: 16 km <VT1
- ✓ S 20 km <VT1

(VIAJE ESPAÑA-PERÚ LLEGANDO LA MAÑANA DEL DOMINGO EN B_N.
DESCANSO EN B_H Y POST)
✓ DOMINGOS DESCANSO

ESTIMACIÓN DEL VALOR REFERENCIAL DE LA HRV (RV)

- ✓ EN FP SE CALCULÓ EL RV, PARA REALIZAR SESIONES DE ALTA DEMANDA FISIOLÓGICA DE W₁ A W₄
- ✓ $RV_{rMSSD} = MEDIA\ rMSSD\ EN\ B_H - 1 \times DE\ (VESTERINEN\ ET\ AL.\ 2016)$

CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV) DE rMSSD

$$rMSSD_{CV} = (DE/MEDIA) \times 100 \text{ (FLATT \& ESCO, 2016)}$$

SI SE ALCANZABA EL RV EN FP

- ✓ SESIÓN A AM: 8 KM <VT1 + 1 x (20 x 400 m VT2), RECUPERACIÓN: 75 s. SESIÓN INTERVÁLICA REALIZADA A 4090 m DE ELEVACIÓN; PM: DESCANSO
- ✓ SESIÓN B: AM: 2 HORAS A VT1 EN RANGO DE ELEVACIÓN (3860 - 4090 m); PM: DESCANSO
- ✓ SESIÓN C: AM: 8 KM <VT1 + 1 x (6 x 2000 m VT2), RECUPERACIÓN: 120 s. SESIÓN INTERVÁLICA REALIZADA A 4090 m ELEVACIÓN; PM: DESCANSO

SI NO SE ALCANZABA EL RV EN FP

- ✓ AM: 20 KM <VT1; PM: 16 KM <VT1

¿QUÉ CONVERGE EN IP Y FP?

- ✓ L y J: AM SESIÓN FUERZA MÁXIMA (4 x 8 REPS 80 % 1 RM)
- ✓ L y J: PM 12 km <VT1
- ✓ DOMINGOS: DESCANSO

MODELO DE BLOQUES EN IP

- ✓ M AM: SESIÓN A
- ✓ M PM: 16 km <VT1
- ✓ X y S AM: SESIÓN B
- ✓ X y S PM: 12 km <VT1
- ✓ V AM: SESIÓN C
- ✓ V PM: 12 km <VT1

L y M TEST
DÍAS DE RENDIMIENTO
VUELO

OTRAS VARIABLES MEDIDAS

- SATURACIÓN DE OXÍGENO ARTERIAL (SO₂) AL LEVANTARSE
- EN FP, PRESIÓN ARTERIAL SISTÓLICA (SP) Y DIASTÓLICA (BP) AL LEVANTARSE
- POTENCIA GENERADA EN TEST INCREMENTAL EN ERGÓMETRO MONITORIZADO
- 3000 M PISTA CUBIERTA
- COMPARACIÓN DE REPETICIONES DE 2000 M EN VT2, EN NORMOXIA VS. HIPOXIA



Sanz-Quinto S, López-Grueso R, Brizuela G, Flatt AA, and Moya-Ramón M. Influence of training models at 3,900-M on physiological response and performance of a professional wheelchair athlete: a case study. *Journal of Strength and Conditioning Research.* (2019);33(6):1714-1722.

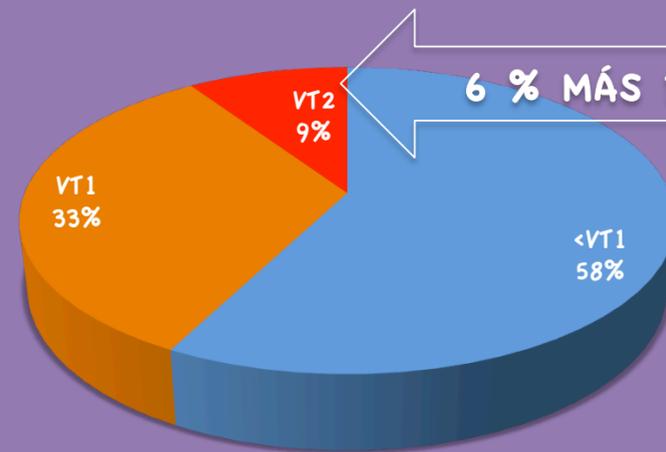




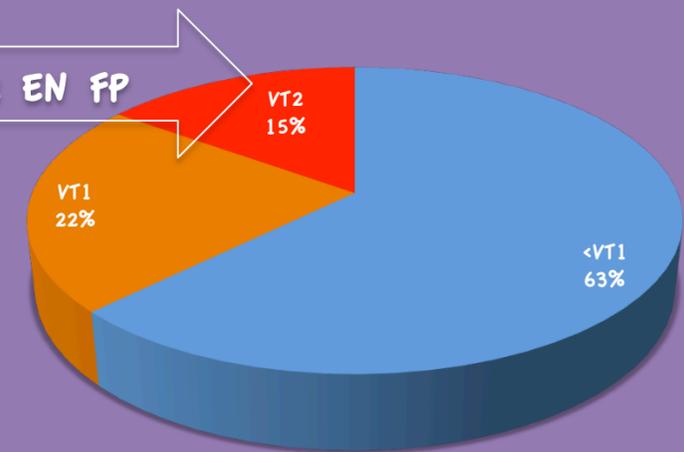
	IP	FP	W ₁	W ₂	W ₃	W ₄
VOLUMEN (km)	806	538,3 Δ % (-33,2)				
Km · SEMANA ⁻¹ IP	201,5					
Km · SEMANA ⁻¹ FP		134,6 Δ % (-33,2)				
Km · W _{1,2,3,4} IP			214,8	204,8	192,8	193,8
Km · W _{1,2,3,4} FP			146,7 Δ % (-31,7)	135,6 Δ % (-33,8)	140,6 Δ % (-27,1)	116,8 Δ % (-39,7)
NÚMERO SESIONES	44	33 Δ % (-25)				
SESIONES · SEMANA ⁻¹ IP	11					
SESIONES · SEMANA ⁻¹ FP		8,25 Δ % (-25)				
SESIONES EN VT1	8	4 Δ % (-50)				
SESIONES EN VT2	4	8				
VOLUMEN (km) <VT1	464	339,5 Δ % (-26,8)				
VOLUMEN (km) VT1	266	118,8 Δ % (-55,3)				
VOLUMEN (km) VT2	76	80 Δ % (+5)				

DISTRIBUCIÓN VOLUMEN ENTRENAMIENTO IP

DISTRIBUCIÓN VOLUMEN ENTRENAMIENTO FP



6 % MÁS DE VOLUMEN EN VT2 EN FP



HALLAZGOS Y CONCLUSIONES

- ✓ NUESTRO PARTICIPANTE RESIDIÓ MÁS DE UN AÑO EN ALTITUD MODERADA, EN LOS 5 AÑOS PREVIOS AL ESTUDIO Y SE EXPUSO DURANTE MEDIO AÑO A ALTA-ALTITUD Y ALTITUD MODERADA SIMULADA, USANDO GENERADORES DE HIPOXIA NORMOBARICA EN ESPAÑA Y ATLANTA, LUGAR EN EL QUE RESIDÍA 4-5 MESES POR TEMPORADA. A 4090 m DE ELEVACIÓN, LAS REPETICIONES DE 2000 M EN VT2 FUERON SOLO UN 3 % MÁS LENTAS QUE A NIVEL DEL MAR. BUSKIRK ET AL., (1967) REPORTARON TIEMPOS 20-24 % MÁS LENTOS EN REPETICIONES DE 1 Y 2 MILLAS EN ATLETAS A 4000 m DE ALTITUD.
- ✓ IP Y FP MEJORARON EL RENDIMIENTO TRAS REGRESAR A NIVEL DEL MAR, COMPARADO AL RENDIMIENTO PREVIO A ALTITUD. CABE DESTACAR QUE LA MEJORA FUE MAYOR EN FP: TEST 3000 m (-1,5 VS. -3,4 %) Y POTENCIA GENERADA (+6,5 VS. +13,7 %).
- ✓ SO₂ % FUE RESTABLECIDA ANTES EN FP Y ↑ DESDE B_H A W₄ (88,3 A 92,6 %). MIENTRAS EN IP ↓ DE W₃ A W₄ (86,29 A 92,8).
- ✓ rMSSD_{CV} ↑ DE W₃ A W₄ EN IP, INDICANDO UNA MAYOR PERTURBACIÓN HOMEOSTÁTICA DEL CONTROL AUTONÓMICO CARDÍACO VAGAL AL FINALIZAR LA CONCENTRACIÓN.
- ✓ rMSSD_{CV} ↑ LIGERAMENTE DE W₂ A W₃ EN FP (3,3 A 3,7 %), PERO ↑ SIGNIFICATIVAMENTE EN IP DE W₂ A W₄ (4,6 A 5,9; 5,9 A 7,3 %). LA SP ↑ DE B_N A B_H (-111 A 125 mmHg), ALCANZANDO SU MÁXIMO EN W₂ (132.4), SEMANA CON MÁS SESIONES DE MAYOR INTENSIDAD (2 x A + 1 x C)

