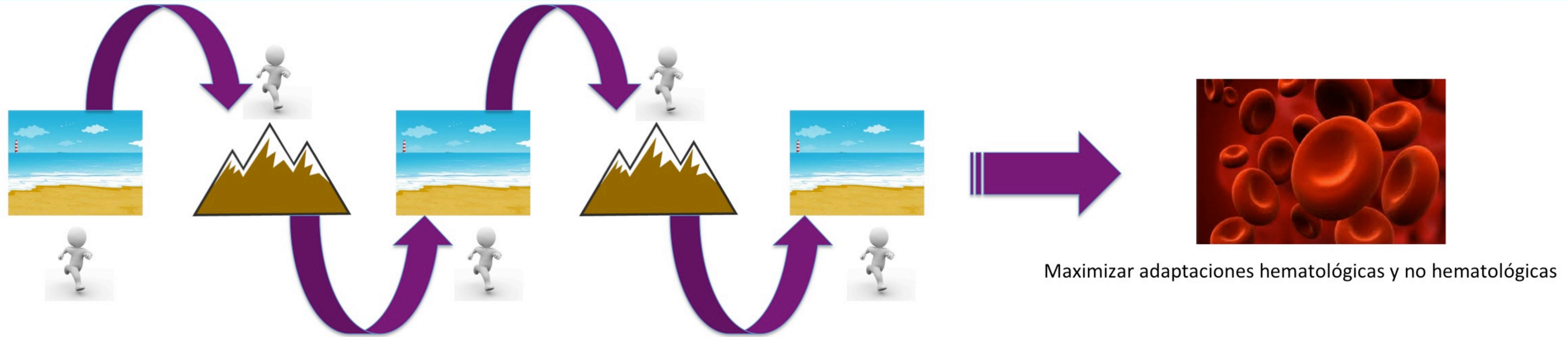


PERIODIZACIÓN CONTEMPORÁNEA DEL ENTRENAMIENTO EN ALTITUD PARA DEPORTISTAS DE ÉLITE DE RESISTENCIA



- ✓ Lejos de competición, altos volúmenes a intensidad baja / moderada
- ✓ Equilibrio entre períodos de altitud / nivel del mar para eliminar fatiga
- ✓ Volumen e intensidad dependientes de modalidad y experiencia del deportista
- ✓ Un modelo polarizado en altitud optimiza adaptaciones y rendimiento
- ✓ Modelo LHTH en atletas expertos que repiten concentraciones constantemente
- ✓ 7-10 días de aclimatación son recomendables para adaptarse al entorno



≥8 semanas entre concentraciones



Se ha observado que modelo Live High – Train High/Low ↑ rendimiento (1-2%)

- ✓ El rendimiento tras altitud depende de factores como la ↓ Hb, viaje/jetlag al evento, fatiga generada en concentración...
- ✓ Monitorizar carga interna y externa
- ✓ Facilitar aclimatación con hipoxia artificial
- ✓ Uso de hipoxia normobárica al regresar a nivel del mar antes de competir

CREADO POR SANTIAGO SANZ

Fisiólogo del ejercicio

contact@santiago-sanz.com



@santirun



wingsoffreedom80



Mujika I, Sharma AP, & Stellingwerff T. Contemporary periodization of altitude training for elite endurance athletes: a narrative review. *Sports Medicine*. (2019). 49(11): 1651-1669.

BAJA ALTITUD SUPLEMENTADA CON HIPOXIA NORMOBÁRICA EN MUJERES CICLISTAS DE ÉLITE

DISEÑO EXPERIMENTAL

GRUPO HIPOXIA NORMOBÁRICA (NH)
n = 4 ciclistas ruta + 4 ciclistas pista élite



DUERMEN 13 HORAS AL DÍA a 2200 M ALTITUD SIMULADA. $FiO_2 = 17,5 \%$



GRUPO BAJA ALTITUD (LA)
n = 4 ciclistas ruta + 3 ciclistas pista élite



DUERMEN EN HABITACIÓN DE HIPOXIA PERO SE APLICA UN PLACEBO



GRUPO CONTROL (CON)
n = 3 ciclistas ruta + 4 ciclistas pista élite



ENTRENAN A 700 – 1050 M Y DUERMEN A 900 M DE ALTITUD



TEST
(6 A 2 DÍAS PRE-ALTITUD)

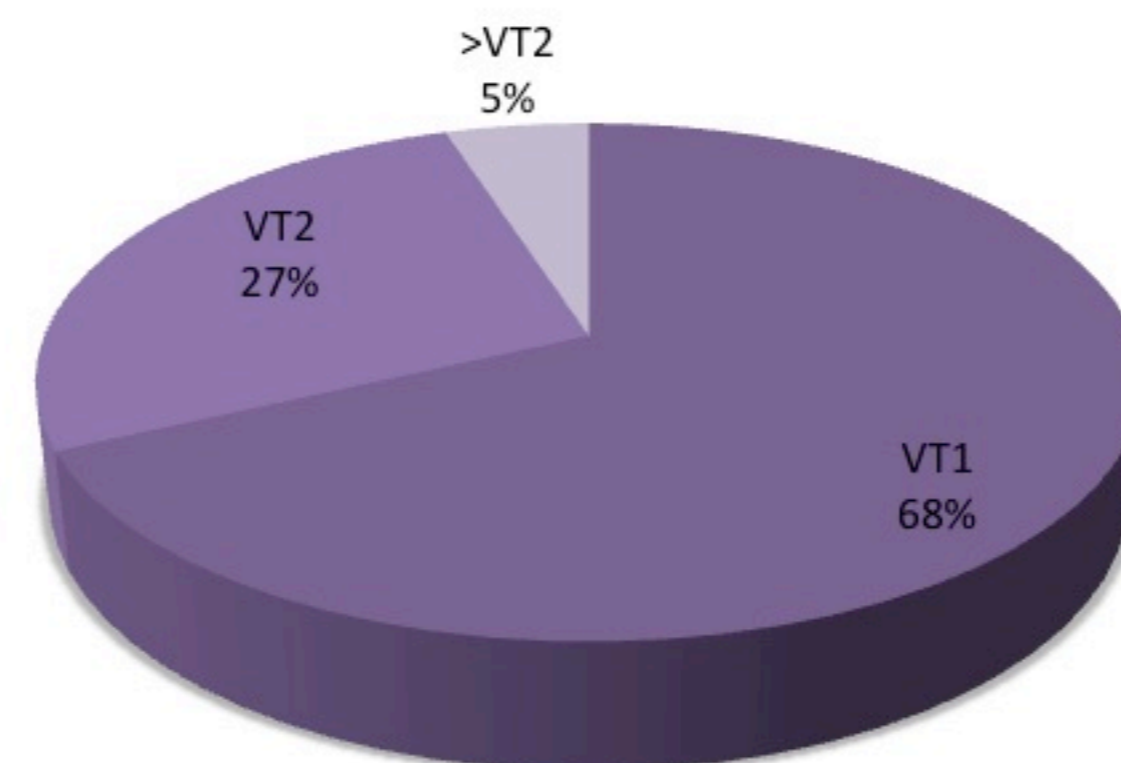
ESTANCIA DE 3 SEMANAS ENTRENANDO 700 – 1100 M
HOTEL A 900 M EN TODOS LOS GRUPS

TEST
(13 A 15 DÍAS POST-ALTITUD)



- ✓ 4 – 5 sesiones semanales continuas
- ✓ 2 sesiones semanales interválicas
- ✓ 1 – 2 sesiones de gimnasio (pistards)
- ✓ 1 – 2 sesiones fuerza en ruta (carretera)

DISTRIBUCIÓN CARGA DE ENTRENAMIENTO



CONCLUSIÓN

La baja altitud puede ser un estímulo eficaz para mejorar parámetros hematológicos y de rendimiento en mujeres ciclistas de élite

OBSERVACIONES

- ✓ Correlación entre valores iniciales de Hb_{mass} y su aumento ($r = -0,53$; $p = 0,012$)
- ✓ Correlación entre valores iniciales de potencia generada a $4 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ de lactato (PAT4) y su aumento ($r = -0,65$; $p = 0,001$)
- ✓ Correlación entre valores iniciales de potencia máxima generada (P_{max}) y su aumento ($r = -0,53$; $p = 0,01$)
- ✓ Se observó una correlación positiva entre el cambio en Hb_{mass} y PAT4 ($r = 0,50$; $p = 0,017$)
- ✓ Todos los grupos mejoraron Hb_{mass} , PAT4 y P_{max} pero el grupo NH no obtuvo mejoras adicionales.

CREADO POR SANTIAGO SANZ

Fisiólogo del Ejercicio del Comité Paralímpico Español



Sitkowski D, Szygula Z, Surata O, Orysiak J, Zdanowicz R, Pokrywka A, Starczewski M, and Malczewska-Lenczowska J. Hematological status and endurance performance predictors after low-altitude training supported by normobaric hypoxia: a double-blind, placebo controlled study. *Biology of Sport*. (2019);36(4):341-349.

CARDIOPROTECCIÓN EN ANDINOS RESIDENTES EN GRAN ALTITUD

ANTECEDENTES

- ◆ LOWLANDERS EXPUESTOS A AMBIENTES POCOS EN O_2 ↑ ARRITMIAS
- ◆ LOWLANDERS A 5050 m DE ALTITUD, PRESENTAN ARRITMIAS EN APNEA
- ◆ LOS SHERPAS PRESENTAN MECANISMOS DE CARDIOPROTECCIÓN
- ◆ SE DESCONOCE SI ESTO OCURRE EN ANDINOS
- ◆ ANDINOS HAN VIVIDO MENOS TIEMPO EN ALTITUD QUE OTROS HIGHLANDERS

PARTICIPANTES

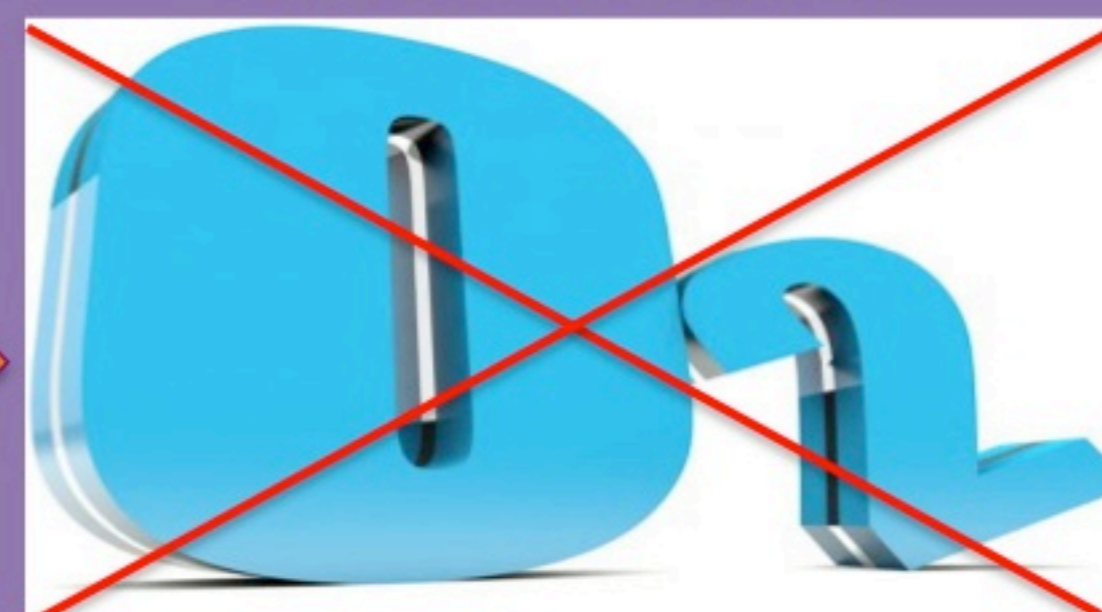


- ◇ n = 17 ANDINOS RESIDENTES A ~4300 m ALTITUD
- ◇ n = 8 PRESENTAN MAL CRÓNICO DE MONTAÑA (CMS+)
- ◇ n = 9 NO PRESENTAN CMS (CMS-)
- ◇ CMS+ EXCESIVA ERITROCITOSIS ($hb > 21 \text{ g} \cdot \text{dL}^{-1}$)
- ◇ n = 13 RESIDENTES DE BAJA ALTITUD (LOW)

DISEÑO DE ESTUDIO

10 MIN ECG REPOSO

APNEA ESPIRATORIA
MÁXIMA FORZADA



- ✓ FRECUENCIA CARDÍACA (FC)
- ✓ PRESIÓN ARTERIAL
- ✓ MEDIA (MAP)
- ✓ SISTÓLICA (SP)
- ✓ DIASTÓLICA (DP)
- ✓ SO_2



- ✓ SE IDENTIFICAN ANORMALIDADES DE LAS ONDAS DEL ECG EN LOS 3 LATIDOS PREVIOS Y POSTERIORES AL FINAL DE LA APNEA

HALLAZGOS Y COCLUSIÓN

- ① FC DE REPOSO SIMILAR ENTRE CMS- Y CMS+ (69 ± 8 vs. 62 ± 11 LATIDOS \cdot MIN⁻¹).
- ② FC DE REPOSO ↑ (P < 0,05) EN LOW COMPARADA A CMS+ (62 ± 11 LATIDOS \cdot MIN⁻¹).
- ③ SO_2 DE REPOSO SIMILAR ENTRE CMS-, CMS+ Y LOW (80 ± 5 vs. 82 ± 1 vs. 82 ± 1 %).
- ④ ECG MOSTRÓ SIMILAR ONDA P DEL ECG ENTRE CMS- Y CMS+, MIENTRAS EN LOW FUE MÁS CORTA COMPARADA A CMS- (161 ± 23 vs. 239 ± 103 ms; P < 0,05).
- ⑤ LA DURACIÓN DE LA APNEA FUE SIMILAR ENTRE CMS- Y CMS+, PERO EN LOW SE OBSERVARON REGISTROS MÁS CORTOS (P < 0.01) COMPARADO A CMS-/+ (23 ± 8 vs. 33 ± 21 vs. 13 ± 3 s).
- ⑥ SO_2 EN APNEA FUE SIMILAR ENTRE CMS-/+ Y LOW (78 ± 3 vs. 74 ± 5 vs. 79 ± 4 %).
- ⑦ CMS-/+ TUVIERON MENOR MAP, SP Y DP EN REPOSO COMPARADO A LOW (P < 0,05).
- ⑧ CMS-/+ Y LOW ↑ MAP, SP Y DP (P < 0,05) EN APEA COMPARADO A REPOSO. EN LOW FUE ↑ (P < 0,05) COMPARADA A CMS-/+ . NO HUBO DIFERENCIAS EN DP ENTRE LOW Y CMS-.
- ⑨ LOW MOSTRÓ BRADICARDIA ANTES DEL FINAL DE APNEA (-32 LATIDOS \cdot MIN⁻¹)
- ⑩ n = 1 EN CMS- vs. n = 8 EN LOW DESARROLLARON EPISODIOS ARRÍTMICOS.

¡LOWLANDERS PRESENTAN UN MAYOR RIESGO DE DESARROLLAR ANORMALIDADES DE CONDUCCIÓN CARDÍACA EN ALTITUD COMPARADO A NATIVOS RESIDENTES EN ALTITUD!



CREADO POR SANTIAGO SANZ

fisiólogo del Ejercicio del Comité Paralímpico Español



Busch SA, van Diepen S, Steele AR, Meah VL, Simpson LL, Figueroa-Mujica RJ et al. Global REACH: Assessment of brady-arrhythmias in Andeans and Lowlanders during apnea at 4330 m. *Frontiers in Physiology*. (2020);10:1603.

Doi: 10.3389/fphys.2019.01603

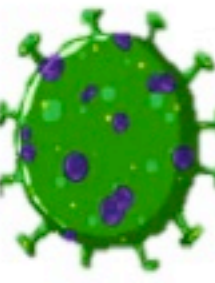


SINTOMATOLOGÍA DE LA HIPOXEMIA E INFLAMACIÓN INDUCIDA POR EL COVID-19

- ✓ Diversas lesiones pulmonares
- ✓ Síndrome de distrés respiratorio agudo
- ✓ Puede conllevar a fallos agudos respiratorios

REACCIONES FISIOLÓGICAS AL LLEGAR A ALTITUD

- ✓ ↑ Estrés pulmonar, cardiovascular y renal
- ✓ Inmunosupresión
- ✓ ↑ Susceptibilidad de contraer COVID-19



ANTES DE VIAJAR A ALTITUD

- ✓ Test COVID-19
- ✓ Examen médico (evaluación cardiológica, pulmonar y en atletas que hayan pasado el COVID-19 examen de las secuelas infecciosas sistémicas)
- ✓ Analítica (serie blanca, ferritina, marcadores inflamación)
- ✓ Test incremental maximal midiendo SO_2 , FC y respuesta ventilatoria.
- ✓ Test de ejercicio en hipoxia ideal (reparar infografía Test de Richalet)

DURANTE EL VIAJE Y CONCENTRACIÓN

- ✓ Ser precavidos durante viaje y estancia (guantes, máscaras,...)
- ✓ Incremento gradual volumen/intensidad
- ✓ Cambios bruscos en SO_2 y FC reflejarán respuestas desadaptativas
- ✓ Evaluar diariamente T^a , gusto y tacto (síntomas COVID-19)

AL REGRESAR DE ALTITUD

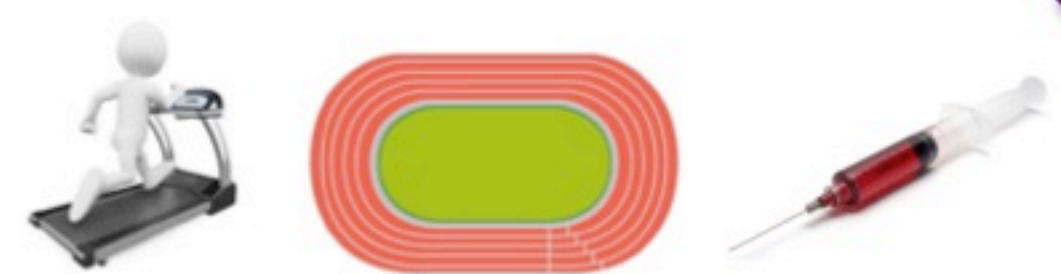
- ✓ Nuevo examen médico
- ✓ Evitar entrenamiento grupal
- ✓ Tapering

DEFINIENDO LA DOSIS DE ENTRENAMIENTO EN ALTITUD. A QUÉ ALTITUD VIVIR PARA UN INCREMENTO ÓPTIMO DEL RENDIMIENTO A NIVEL DEL MAR



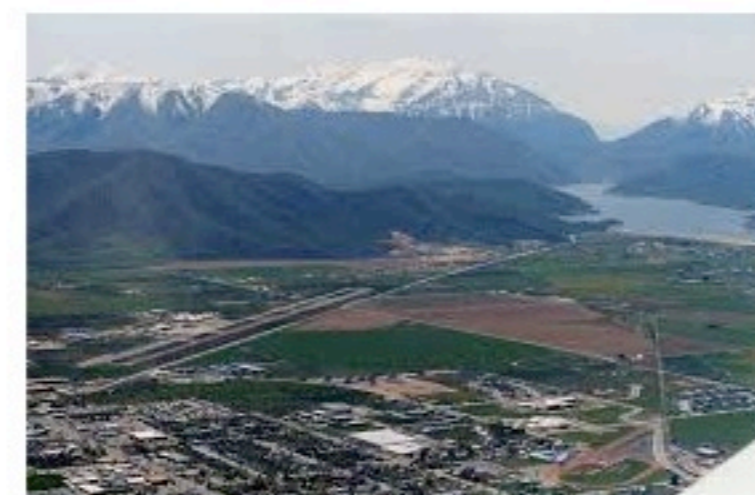
n = 32 HOMBRES (H) y 16 MUJERES (M)
ATLETAS DE PISTA Y CROSS

4 SEMANAS EN DALLAS
131 M ALTITUD

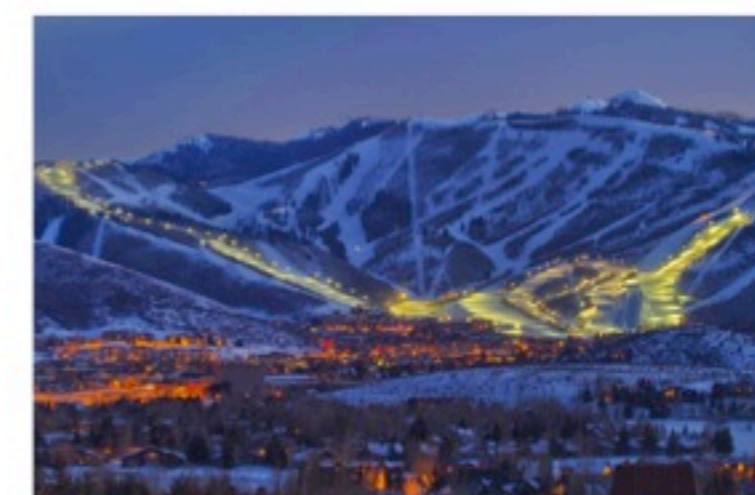


TEST INCREMENTAL
TEST 3000 M
ANÁLISIS DE SANGRE

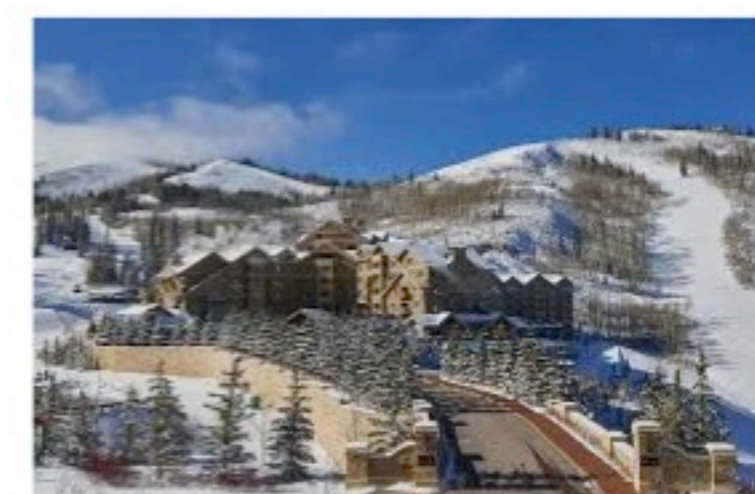
GRUPO 1780 M
n = 6 H + 4 M
HEBER CITY



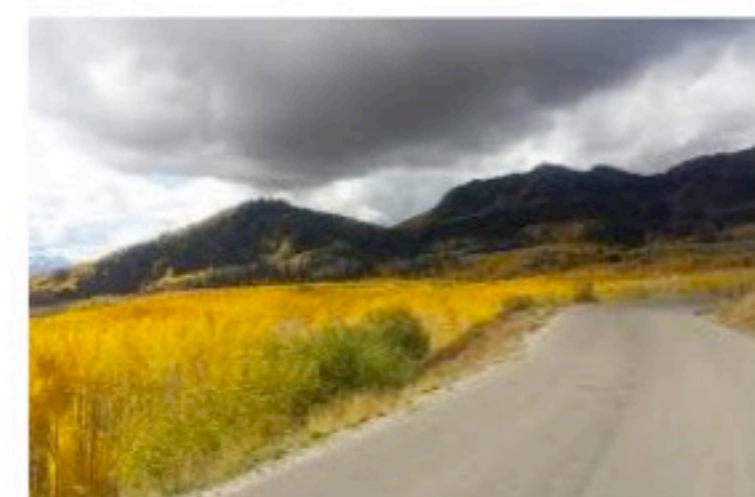
GRUPO 2085 M
n = 7 H + 4 M
PARK CITY



GRUPO 2454 M
n = 8 H + 4 M
DEER VALLEY



GRUPO 2800 M
n = 8 H + 4 M
PASO DE
GUARDSMAN



4 SEMANAS MODELO HIGH-HIGH-LOW
VOLUMEN 370 ± 80 KM



SALT LAKE CITY
1250 M

SESIONES INTENSAS

RESTO DE SESIONES
1780 – 3000 M ALTITUD

OBSERVACIONES AL REGRESAR A DALLAS COMPARADAS A PRE-ALTITUD

GRUPO	VO ₂ MAX	3000 M	VENTILACIÓN	FREC. CARD.
1780 M	↔	↔ (0,9 %)	↓	↓
2085 M	↑	↓ (2 %)	↔	↓
2454 M	↑	↓ (2,8 %)	↑	↓
2800 M	↔	↔ (0,1 %)	↔	↔

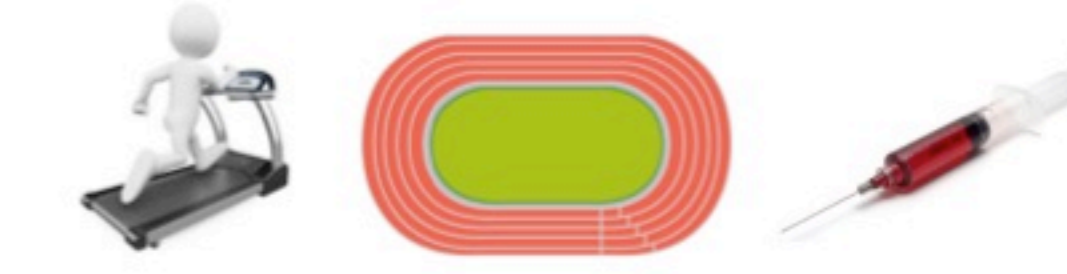
P < 0.05

CAMBIOS EN EPO RESPECTO A PRE-ALTITUD

GRUPO	24 H	48 H	72 H	24 H POST
1780 M	↑	↑	↔	↓
2085 M	↑	↑	↑	↓↓*
2454 M	↑	↑	↑	↓
2800 M	↑	↑	↑	↓↓*

P < 0.05 * Diferencia respecto a 1780 m y 2454 m

3 SEMANAS EN DALLAS



TEST INCREMENTAL
TEST 3000 M
ANÁLISIS DE SANGRE

1. TODOS LOS GRUPOS ↑ SU VOLUMEN ERITROCITARIO
2. A LAS 2 SEMANAS ESE AUMENTO YA NO SE OBSERVÓ
3. EL RANGO 2085 – 2454 M OBTUVO MEJORAS POR UN MENOR DESAJUSTE VENTILATORIO AL REGRESAR A NIVEL DEL MAR



CREADO POR SANTIAGO SANZ

Fisiólogo del Ejercicio del Comité Paralímpico Español



Chapman RF, Karlsten T, Resaland GK, Ge RL, Harber MP, Witkowski S, Stray-Gundersen J, and Levine BD. Defining the “dose” of altitude training: how high to live for optimal sea level performance enhancement. *Journal of Applied Physiology.* (2014);116(6):595-603.

ESTIMACIÓN INDIRECTA DEL VO_{2MAX} A 2600 M DE ALTITUD

TEST INCREMENTAL



n = 64 ADULTOS DE BOGOTÁ (2600 M ALTITUD)
(34 HOMBRES Y 30 MUJERES)

VALORES ESTIMATIVOS VO_{2MAX} TEST LÉGER ADULTOS >18 AÑOS

VELOCIDAD KM · H ⁻¹	VO _{2MAX} MK · KG ⁻¹ · MIN ⁻¹
8,5	23,6
9,0	23,6
9,5	29,6
10,0	32,6
10,5	35,6
11,0	38,6
11,5	41,6
12,0	44,6



TEST 2 KM



TEST INCREMENTAL LÉGER
CONOS A 20 M
INICIO 8,5 KM / H
INCREMENTOS 0,5 KM / MIN



CUESTIONARIO
PFA-PAR



RESULTADOS ESTIMACIÓN VO_{2MAX}

TEST INCREMENTAL	TEST LÉGER	TEST 2 KM	CUESTIONARIO PFA-PAR
37 ± 6,7	38,7 ± 6,8	37,7 ± 7,5	36,4 ± 5,9



HALLAZGOS

- ✓ EL TEST DE LÉGER ESTIMÓ EL VO_{2MAX} DE FORMA PRECISA (r = 0,80)
- ✓ EL TEST DE 2 KM Y EL CUESTIONARIO PFA-PAR FUERON MENOS PRECISOS (r = 0,69) Y (r = 0,72) RESPECTIVAMENTE
- ✓ EL TEST LÉGER PARECE UNA HERRAMIENTA FIABLE PARA ESTIMAR EL VO_{2MAX} EN ALTITUD CUANDO NO SE DISPONEN DE RECURSOS PARA ESTIMACIONES DIRECTAS



CREADO POR SANTIAGO SANZ

Fisiólogo del Ejercicio del Comité Paralímpico Español



Duperly J, Serrato M, Forero N¹, Jiménez-Mora MA, Mendivil CO, & Lobelo F. Validation of maximal, submaximal, and nonexercise indirect VO_{2max} estimations at 2600 m altitude. *High Altitude Medicine & Biology*. (2020);21(2): 135-143.

ESTRATEGIAS NUTRICIONALES MARATONIANO EN SILLA DE RUEDAS DURANTE UNA CONCENTRACIÓN A 3900-M DE ALTITUD

CRONOLOGÍA DEL ESTUDIO

TEST INCREMENTAL



3000 M PISTA CUBIERTA



SEMANA PREVIA A NIVEL DEL MAR (B_N)



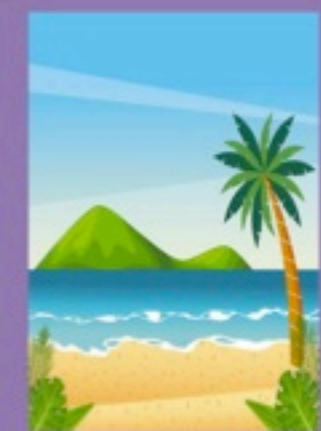
SEMANA ACLIMATACIÓN ALTITUD (B_H)



4 SEMANAS ENTRENAMIENTO ESPEÍFICO (W₁ W₂ W₃ W₄)



POST



11 Y 12 DÍAS TRAS ALTITUD



11 DÍAS PREVIOS ALTITUD 10 DÍAS PREVIOS ALTITUD

PARA MINIMIZAR EFECTOS DE JET LAG Y ALTITUD, MISMAS SESIONES DE INTENSIDAD (<VT1) EN B_N B_H Y POST

PRESCRIPCIÓN ENTRENAMIENTO POR HRV

L y M DÍAS DE RENDIMIENTO VUELO TEST

OBJETIVOS Y CARACTERÍSTICAS DEL PROGRAMA NUTRICIONAL

1. INTENTA MANTENER LA MASA CORPORAL (BM) EN ALTITUD.
2. MINIMIZAR DÉFICITS DE RENDIMIENTO EN ALTITUD COMPARADOS A NORMOXIA.
3. FACILITAR LA RECUPERACIÓN INTRA-SESIÓN (Ej. RESTABLECIMIENTO GLUCÓGENO MUSCULAR).
4. MANTENER LA CALIDAD DE SESIONES ALTA DEMANDA FISIOLÓGICA EN ALTITUD.
5. LA INGESYA ENERGÉTICA DIARIA ↑ ~20 % DE NIVEL DEL MAR A ALTITUD, PARA EVITAR ↓ DE BM POR ↑ TASA METABÓLICA BASAL.
6. UN MENÚ ESPECÍFICO PARA CADA TIPO DE ENTRENAMIENTO (7 MENÚS).
7. ALCANZAR MÍNIMO 8 g · kg⁻¹ (BM) DE CARBOHIDRATOS (CHO), 2,4 g · kg⁻¹ (BM) DE PROTEINA Y 1 g · kg⁻¹ (BM) DE LÍPIDOS EN ALTITUD.
8. EN RODAJES/INTERVALS LA INGESTA DE CHO FUE 0,5 A 1 g · kg⁻¹ (BM).
9. PARA ACELERAR ~25 % LA RESÍNTESIS DE GLUCÓGENO MUSCULAR, COINGESTA DE 0,5 g · kg⁻¹ (BM) CHO + 30 g PROTEINA DE SUERO.
10. 6 SEMANAS ANTES Y DURANTE LA ESTANCIA EN ALTITUD, INGESTA DIARIA DE 105 mg FeSO₄ PARA MANTENER RESERVAS DE HIERRO, LIGADAS A ERITROPOYESIS.

¿CÓMO SE EVITÓ LA PÉRDIDA DE MASA MUSCULAR?



¡EL PROGRAMA NUTRICIONAL AYUDÓ A MANTENER BM, MINIMIZÓ LA PERTURBACIÓN DEL RENDIMIENTO EN ALTITUD Y FACILITÓ LA RECUPERACIÓN!

CREADO POR SANTIAGO SANZ

fisiólogo del Ejercicio del Comité Paralímpico Español



Sanz-Quinto S, Moya-Ramón M, Brizuela G, Rice I, Urbán T, and, López-Grueso R. Nutritional strategies in an elite wheelchair marathoner at 3900 m altitude: a case report. *Journal of the International Society of Sports Nutrition.* (2019);16:51. Doi: 10.1186/s12970-019-0321-8

SUMMARY

The Altitude Collection

CLINICAL DIAGNOSIS OF CHRONIC MOUNTAIN SICKNESS AMONG INHABITANTS FROM LA RINCONADA AT 5100 M ALTITUDE

PUNO (3860 m, PERU)



n = 25 males (CMS; n = 8) (NOCMS; n = 17)

Qinghai score to define CMS
 → 0 – 5 NOCMS
 → ≥6 CMS

LA RINCONADA (5100 m, PERU)



n = 36 males (CMS; n = 24) (NOCMS; n = 12)

Inhabitants from La Rinconada with CMS and NOCMS excessive erythrocytosis, not observed in Puno inhabitants

LIMA (0 m, PERU)



n = 17 males; NOCMS

HEMATOLOGICAL CHARACTERISTICS FROM NON CMS POPULATIONS

	NOCMS La Rinconada	NOCMS Puno	NOCMS Lima
SO ₂ %	83 (80-86)	↑*	↑**
EPO mIU · ml ⁻¹	21.7 (16.0 – 36.6)	↓*	↓**
Hematocrit %	69.5 (64.0 – 76.2)	↓*	↓**
RBCV ml · kg ⁻¹	72.3 (58.7 – 95.6)	↓*	↓**
PV ml · kg ⁻¹	28.9 (25.5 – 34.7)	↔	↑**
BV ml · kg ⁻¹	100.2 (90.2 – 120.4)	↓*	↓**
Hb _{mass} g · kg ⁻¹	22.5 (18.8 – 30.6)	↓*	↓**
Hb g · dl ⁻¹	22.3 (20.0 – 23.9)	↓*	↓**

CLINICAL SYMPTOMS FROM LA RINCONADA INHABITANTS

	CMS	NOCMS
Breathlessness	ABSENT	~75 %
Sleep disturbance	~20 %	~65 %
Cyanosis	~80 %	~90 %
Dilatation of veins	~30 %	~50 %
Paresthesia	~10 %	~60 %
Headache	~40 %	~90 %
Tinnitus	~20 %	~75 %



CONCLUSIONS

- ✓ No differences in RBCV between NOCMS and CMS from La Rinconada inhabitants
- ✓ Cyanosis and headache are a common feature at both groups in La Rinconada
- ✓ PV contraction at high altitude (>3500 m) will increase blood viscosity reported in CMS



The role of elevated hematocrit as the principal determinant of thrombotic risk is under question



* Differences with NOCMS La Rinconada p<0.05; ** Differences with NOCMS La Rinconada p<0.05

CREATED BY SANTIAGO SANZ

Exercise Physiologist

contact@santiago-sanz.com



Oberholzer L, Lundby C, Stauffer E, Ulliel-Roche M, Hancoo I, Pichon A, Lundby AK, Villafuerte F, Verges S, & Robach P. Re-evaluation of excessive erythrocytosis in diagnosing chronic mountain sickness in men from the world's highest city. *Blood*. (2020).

GUÍA CLÍNICA PARA ENTRENAR EN ALTITUD PARA UN RENDIMIENTO ÓPTIMO A NIVEL DEL MAR

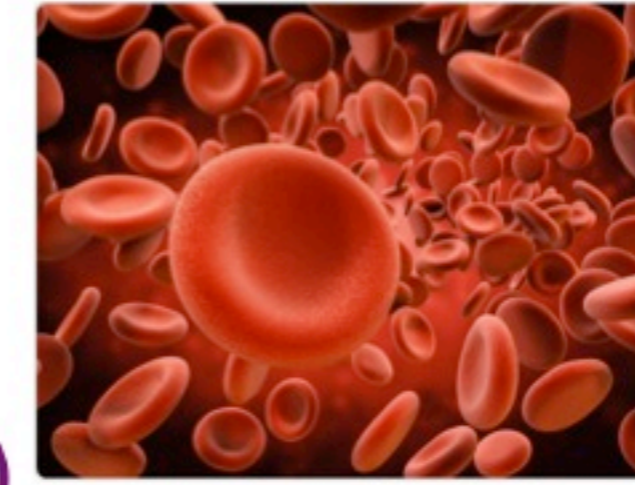
DESENCADENANTES ALTITUD TERRESTRE



ESTIMULACIÓN ERITOPOYETICA

↑ VOLUMEN CÉLULAS ROJAS (RCV)

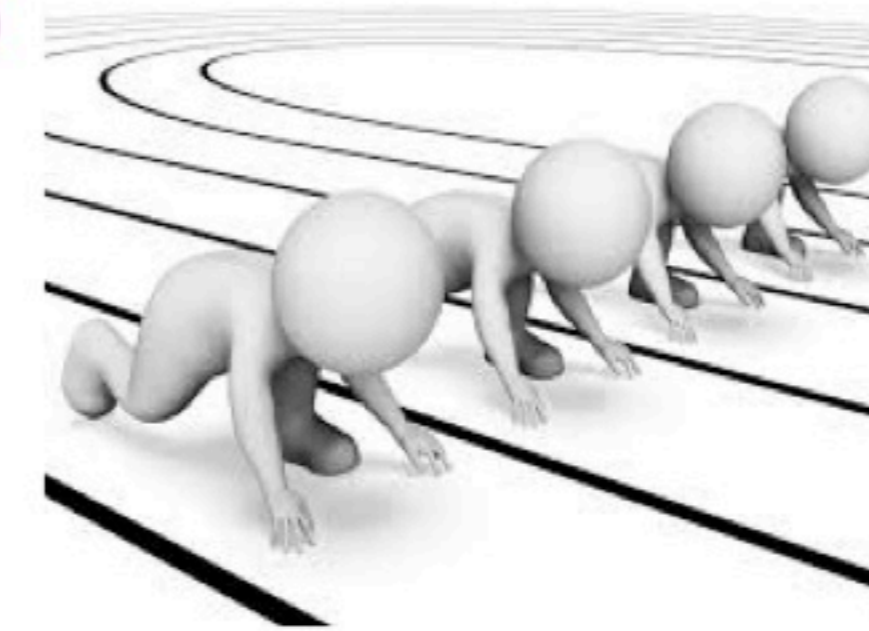
↑ MASA TOTAL HEMOGLOBINA (HB_{MASS})



↑ VO_{2MAX}



MEJORA CAPACIDAD BUFFERING



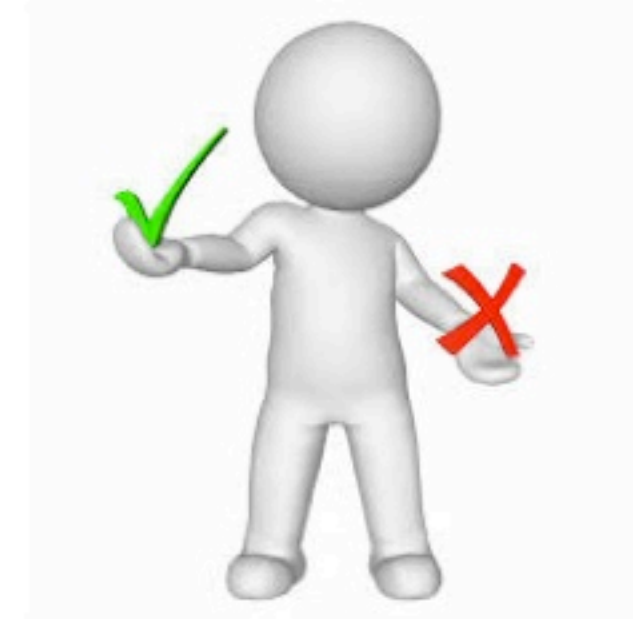
MODELO LIVE-HIGH, TRAIN-HIGH AND LOW

- ✓ ENTRENAMIENTO <VT1 – VT1 A 2000 – 3000 M
- ✓ ENTRENAMIENTO VT2 – VO_{2MAX} A BAJA ALTITUD ≤1250 M



A TENER EN CUENTA AL VIAJAR A ALTITUD

- ✓ LESIONES O ENFERMEDAD INHIBIRÁN EL INCREMENTO DE HB_{MASS}
- ✓ EVITAR ANTES DEL VIAJE ACÚMULO DE FATIGA
- ✓ NORMALIZAR NIVELES DE FERRITINA EN LAS SEMANAS PREVIAS
- ✓ 105 A 210 MG DE SULFATO FERROSO AL DÍA ANTES Y EN ALTITUD
- ✓ RANGO IDEAL ELEVACIÓN 2000 M A 2500 M
- ✓ DE LOS 21 A LOS 28 DÍAS RCV INCREMENTA EXPONENCIALMENTE
- ✓ EL MÁXIMO INCREMENTO DE HB_{MASS} PARECE SER 7,7 %
- ✓ 20-22 HORAS AL DÍA DE ESTANCIA “ARRIBA” SON NECESARIAS
- ✓ CON HIPOXIA NORMOBÁRICA MÍNIMO 12-16 HORAS AL DÍA Y 2500 – 3000 M
- ✓ PARA RENDIR AL REGRESAR IDEAL A LAS 48 – 72 HORAS Y TRAS 14 DÍAS
- ✓ EN EJERCICIO MUY INTENSO A NIVEL DEL MAR, SI $SAO_2 < 92\%$, MAYOR ACLIMATACIÓN
- ✓ FACTORES LIMITANTES A NIVEL DEL MAR: 1) DESCENSO HEMATOLÓGICO, 2) DESAJUSTE VENTILATORO Y 3) ADAPTACIONES NEUROMUSCULARES



LUGAR	ALTITUD (M)	BAJA ALTITUD (M)	TIEMPO ENTRE TRAYECTOS (MIN)
SIERRA NEVADA	2320	690	40
FLAGSTAFF, EEUU	2100	950	60
MAMMOUTH LAKES, EEUU	2400	1250	45
BIG BEAR LAKE, EEUU	2100	<300	75
CLOUDCROFT, EEUU	2644	1300	30

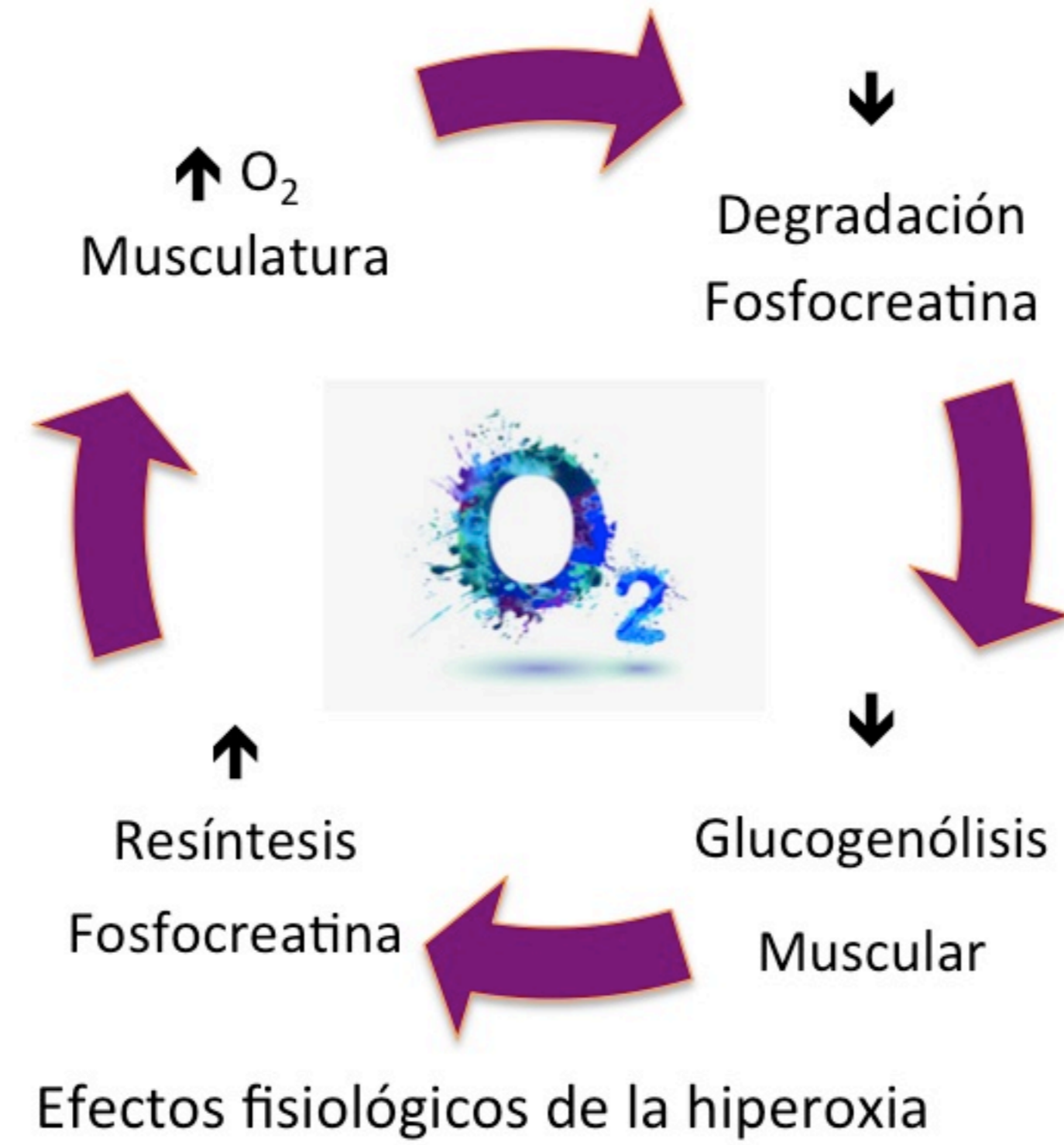
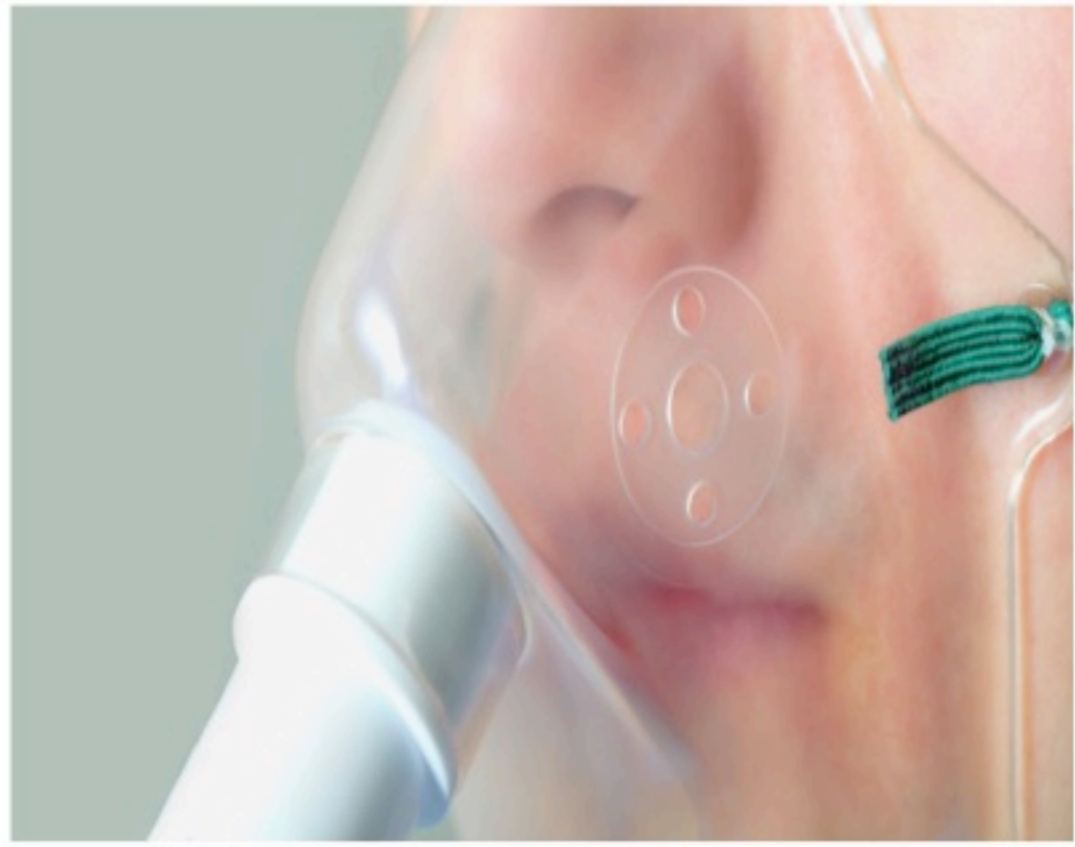
CREADO POR SANTIAGO SANZ

Fisiólogo del Ejercicio del Comité Paralímpico Español



Constantini K, Wilhite DP, and Chapman RF. A clinician guide to altitude training for optimal endurance-exercise performance at sea level. *High Altitude Medicine & Biology*. (2017);18(2):93-101.

EFFECTOS DE LA HIPEROXIA SOBRE LA RESISTENCIA MUSCULAR DINÁMICA



Tipo de Estudio

- ✓ Ciego
- ✓ Contrabalanceado
- ✓ Alternativo
- N = 25 adultos

- ✓ Sesión preliminar 1 en normoxia (FiO₂ = 0,21) con mediciones previas a entrenamiento
- ✓ Mínimo 4 días de descanso
- ✓ Sesión preliminar 2 en normoxia (FiO₂ = 0,21)
- ✓ 6 a 8 días de descanso
- ✓ Entrenamiento 1 (30 min de exposición + 1 min calentamiento +Curl bíceps 30 % R.M. hasta extenuación) en hiperoxia (HOX) (FiO₂ = 0,30) o normoxia (NOX)
- ✓ 6 días de descanso
- ✓ Entrenamiento 2. Condición opuesta al entrenamiento 1.
- ✓ ~1 semana de descanso
- ✓ Mediciones posteriores a intervención



- ✓ Mayor Nº de repeticiones en HOX que en NOX
- ✓ La señal electromiográfica* mayor en las últimas repeticiones en NOX
- ✓ No hubo diferencias en la concentración* de oxihemoglobina (O₂Hb), dioxihemoglobina (HHb) y hemoglobina total (cHb) en la primera mitad del ejercicio entre HOX y HOX
- ✓ O₂Hb y cHb fueron menores en las últimas repeticiones en NOX
- ✓ No hubo diferencias en la FC entre HOX y NOX en la primera mitad del ejercicio
- ✓ LA FC fue mayor en las últimas repeticiones en HOX
- ✓ La acumulación de ácido láctico aumentó en HOX y NOX pero no hubo diferencias entre condiciones
- ✓ El porcentaje de cambio en número de repeticiones en HOX y NOX correlacionó con VO_{2max}

*Medido en bíceps braquial

- ✓ HOX mejoró de forma aguda la resistencia muscular dinámica a baja intensidad
- ✓ El grado de mejora correlacionó positivamente con VO_{2max}
- ✓ El desarrollo de fatiga se retrasó más en HOX



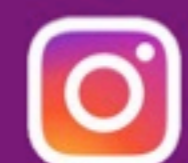
CREADO POR SANTIAGO SANZ

Fisiólogo del ejercicio

contact@santiago-sanz.com



@santirun



wingsoffreedom80



Kojima Y, Fukusaki C, & Ishii N. Effects of hyperoxia on dynamic muscular endurance are associated with individual whole-body endurance capacity. *PLoS One*. (2020). 15(4).



PARTICIPANTES



2 HOMBRES Y 2 MUJERES (TRIATLETAS DE ÉLITE)
N = 7 RESPUESTAS INDIVIDUALES A ESTANCIAS EN ALTITUD
NO SE INCLUYEN DATOS DE UN TRIATLETA EN UNA ESTANCIA

VARIABLES MEDIDAS

- ✓ FRECUENCIA CARDÍACA (FC) Y HRV MEDIDAS AL LEVANTARSE, TENDIDO SUPINO Y EN AYUNAS
- ✓ rMSSD VARIABLE PRINCIPAL A ANALIZAR, LA CUAL, SE MANTIENE SUPRIMIDA EN ALTITUD
- ✓ COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV) DE LA rMSSD, CALCULADO COMO $CV = (MEDIA/DE) \times 100$. SI INCREMENTA SE CONSIDERA UN MARCADOR DE LA PERTURBACIÓN HOMEOSTÁTICA DEL CONTROL CARDÍACO VAGAL
- ✓ DISTANCIA EN RODAJES EN CARRERA, MONITORIZADA CON GPS
- ✓ POTENCIÓMETROS PARA LOS RODAJES EN BICICLETA
- ✓ **COCIENTE VELOCIDAD/FC (VE/FC) COMO MARCADOR DE ADAPTACIÓN A LA ALTITUD (MENOR DURANTE LA ACLIMATACIÓN, POR INCREMENTO DE LA FC)**
- ✓ MÍNIMO CAMBIO DETECTABLE (SWC) DE VE/FC, CALCULADO COMO EL 30 % DE LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR (DE) VE/FC PARA DETERMINAR QUE TRIATLETA ES RESPONDER (R) O NON-RESPONDER (NR) A LA ALTITUD
- ✓ LOS INVESTIGADORES COMPARARON DATOS DE LAS DOS PREVIAS A ALTITUD, CON 10 PRIMEROS DÍAS EN ALTITUD Y ÚLTIMA SEMANA

ESCENARIO EN ALTITUD



- ✓ ELEVACIÓN = 1655 m (NAMIBIA)
- ✓ 2 CONCENTRACIONES DE 23 DÍAS
- ✓ ENERO 2019 Y ENERO 2020
- ✓ LIVE HIGH - TRAIN HIGH

RESULTADOS

- ✓ LA FC DE REPOSO FUE SIGNIFICATIVAMENTE MÁS ALTA EN LA 1ª SEMANA EN ALTITUD EN NR COMPARADO A R (+4,6 VS. +0,5 LATIDOS · MIN⁻¹, p = 0,023)
- ✓ CV rMSSD AUMENTÓ MÁS EN NR (+10 %) COMPARADO A NR (-3 %) EN ALTITUD (p = 0,015)
- ✓ NR rMSSD DISMINUYÓ EN LA 1ª SEMANA EN ALTITUD (-10 ms). SIN EMBARGO, FUE 6 ms MAYOR EN R, DE CUALQUIER FORMA NO SE OBSERVARON DIFERENCIAS ENTRE GRUPOS (p = 0,036)
- ✓ **VE/FC FUE SIGNIFICATIVAMENTE MAYOR DURANTE LA ÚLTIMA SEMANA EN ALTITUD, COMPARADO A LA PRIMERA SEMANA EN R, NO SE OBSERVARON DIFERENCIAS EN NR.**



HALLAZGOS

1. MENOR INCREMENTO DE LA FC DE REPOSO EN R QUE NR CUANDO SE VIAJA DE NIVEL DEL MAR A ALTITUD EN TRIATLETAS DE ÉLITE.
2. NR MOSTRÓ UNA MAYOR REDUCCIÓN DE LA rMSSD Y UN MAYOR INCREMENTO DEL CV rMSSD EN ALTITUD, A DIFERENCIA DE R.
3. CV rMSSD FUE MÁS SENSIBLE QUE rMSSD.



INFLUENCIA DE LA HIPOBARIA SOBRE LA VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDÍACA (HRV) EN HIPOXIA Y NORMOXIA

HIPOXIA / NORMOXIA MEDIOAMBIENTAL

1. HIPOXIA NORMOBÁRICA (NH) = ($\downarrow P_{iO_2}^{**}$)
2. HIPOXIA HIPOBÁRICA (HH) = ($\downarrow P_B^{**}$)
3. NORMOXIA HIPOBÁRICA (NH) = ($\downarrow P_B \uparrow P_{iO_2}^{***}$)
4. NORMOXIA NORMOBÁRICA (NN) = ($P_B \sim 700 \text{ mmHg}$, $P_{iO_2} = 20,9 \%$)

* Fracción inspirada de oxígeno; ** Presión barométrica; *** Pilotos de avión

MUESTRA DE ESTUDIO



"Comparamos los efectos sobre la HRV de estas condiciones"

1. NN ($P_B = 726 \pm 5 \text{ mmHg}$; $P_{iO_2} \approx 20,9 \%$)
2. NH ($P_B = 725 \pm 4 \text{ mmHg}$; $P_{iO_2} \approx 11 \%$)
3. HH (3000 m y 5000 m altitud terrestre)
4. HN ($P_B = 380 \pm 6 \text{ mmHg}$; $P_{iO_2} \approx 40 \%$)

DISEÑO EXPERIMENTAL EN CÁMARA HIPOBÁRICA

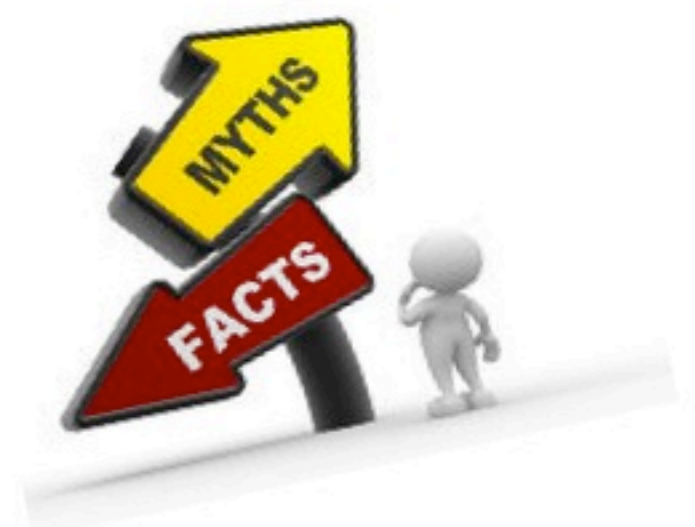


5 Min aclimatación + 6 Min Medición sentado HRV (Análisis 4 min finales)

HALLAZGOS

VARIABLE	NN	HN	NH	HH3000m	HH5500m
FRECUENCIA CARDÍACA			↑↑	↑	↑↑↑↑
rMSSD			↓↓	↓	↓↓
HF					↓
LF/HF		↓			↑↑
TOTAL POWER (LF + HF)			↓↓	↓	↓↓
SO ₂			↓↓	↓	↓

↑↓ en referencia a NN; ↑↓ en referencia a HN; ↑↓ en referencia a NH; ↑↓ en referencia a HH 3000m



- LOS AUTORES OBSERVARON UNA RELACIÓN POTENCIAL ENTRE HRV Y SO₂ EN LOS PRIMEROS 10 MIN DE EXPOSICIÓN HIPÓXICA (EXPOSICIÓN AGUDA)
- LA HIPOBARIA PER SE, NO PROVOCA CAMBIO SUSTANCIAL ALGUNO EN LA HRV, SIN EMBARGO, LA HIPOXIA DESENCADENA UNA SUPRESIÓN DE MARCADORES VAGALES DE LA HRV

CREADO POR SANTIAGO SANZ

Fisiólogo del Ejercicio del Comité Paralímpico Español



Æbí MR, Bourdillon N, Bron D, and Millet GP. Minimal influence of hypobaría on heart rate variability in hypoxia and normoxia. *Frontiers in Physiology*. (2020). Doi: <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.01072>

EL EFECTO NEGATIVO DE LA INSUFICIENCIA DE HIERRO EN ALTITUD MODERADA SOBRE LA ERITROPOYESIS

DISEÑO ESTUDIO I SIN SUPLEMENTACIÓN



Altitud	150 m	Residen 2500 m Entrenan a 1250 – 3000m	150 m
Timing	1 semana	4 semanas (LHTL)	1 semana
Test Lab	✓	X	✓
Analítica	✓	X	✓

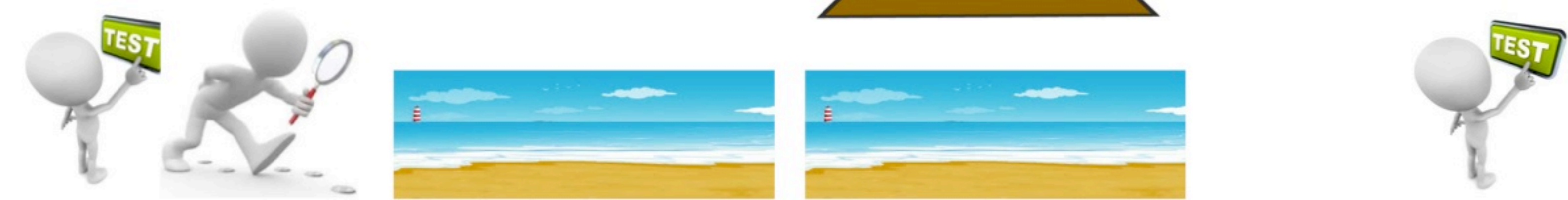
➔ Antes de altitud el 38 % de hombres y 67 % mujeres presentaban bajos niveles de ferritina y menor hemoglobina (Hb)

➔ Tras altitud la ferritina disminuyó

➔ En atletas con niveles normales de ferritina, la Hb y el volumen de células rojas (RCV) aumentó tras altitud

➔ No hubo incremento de Hb y RCV en atletas con bajos niveles de ferritina

DISEÑO ESTUDIO II



Altitud	150 m	150 m	Grupo LHTL 1250 -3000m (n = 26) Grupo nivel del mar (SL) (n = 13)	
Timing	2 semanas observación	4 semanas entrenamiento	4 semanas	3 semanas
Test Lab	✓	✓	X	✓
Analítica	✓✓	✓✓	✓✓✓	✓
Suplementación	Desde 2ª semana 1 a 3 tomas diarias disuelto en zumo de naranja 44 a 264 mg diarios sulfato ferroso Hombres $\leq 30 \text{ ng} \cdot \text{mL}^{-1}$ y mujeres $\leq 20 \text{ ng} \cdot \text{mL}^{-1}$ 44 a 396 mg diarios			

➔ Antes de altitud el 44 % de hombres y 67 % mujeres presentaban bajos niveles de ferritina

➔ Al inicio del entrenamiento en altitud o nivel de mar, todos los atletas presentaban valores normales de ferritina

➔ En LHTL los niveles de ferritina permanecieron inalterables y aumentaron en SL

¿QUÉ OCURRIÓ AL REGRESAR DE ALTITUD?
✓ ↑ Hb (8,8 %), RCV (5,5 %) y $\text{VO}_{2\text{max}}$ (11 %)

La suplementación con hierro oral antes y durante una estancia en altitud, garantizará las reservas de ferritina y preservarán el estímulo eritropoyético



CREADO POR SANTIAGO SANZ

Fisiólogo del Ejercicio del Comité Paralímpico Español



Okazaki K, Stray-Gundersen J, Chapman RF, & Levine BD. Iron insufficiency diminishes the erythropoietic response to moderate altitude exposure. *Journal of Applied Physiology*. (2019);127(6):1569-1578.

LOAD MANAGEMENT IN ELITE DISTANCE RUNNERS AT MODERATE ALTITUDE TRAINING CAMP



- ✓ 9 (7 M & 2 F) Middle and Long-Distance athletes
- ✓ Members of the German National Team



Staying 3-weeks at 2100 m altitude in Flagstaff, AZ USA



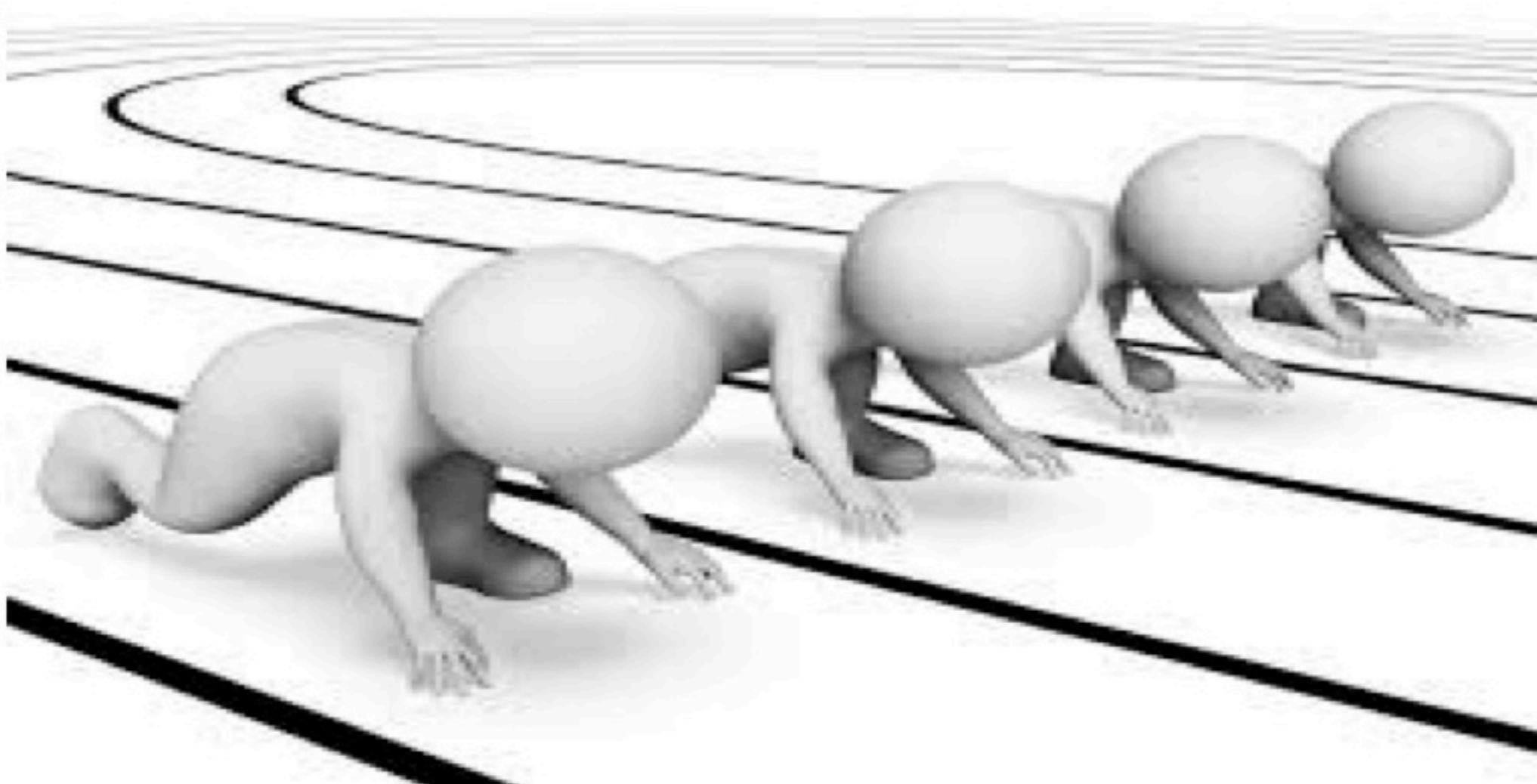
YOU GOTTA PLAN

7-9 AM in a fasted state

- ✓ SaO_2
- ✓ HR_{rest}
- ✓ Body Mass
- ✓ Sleep Perception
- ✓ CK

Every other day

- ✓ Urea
- ✓ Hb and Hematocrit



On days 4th and 21st at altitude an incremental 4 x 2000 m test to assess speed at $3 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ (V_3)

Volume and or intensity ↓ when 2 or more markers were abnormal for an athlete



	WEEK 1	WEEK 2	WEEK 3
Training Days	6	7	7
Number of sessions	10	11	11
Volume (km)	91.5	146	112
Number of Interval sessions	1	2	2

PROS | CONS

- ✓ V_3 increased from day 4 to day 21 (4.4 ± 0.3 to $4.6 \pm 0.3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)
- ✓ Body mass loss was not observed
- ✓ No overtraining symptoms were reported
- ✓ Several athletes complained of impaired sleep
- ✓ No changes were observed in hemoglobin and red blood cells



CREATED BY SANTIAGO SANZ

Exercise Physiologist

contact@santiago-sanz.com



@santirun



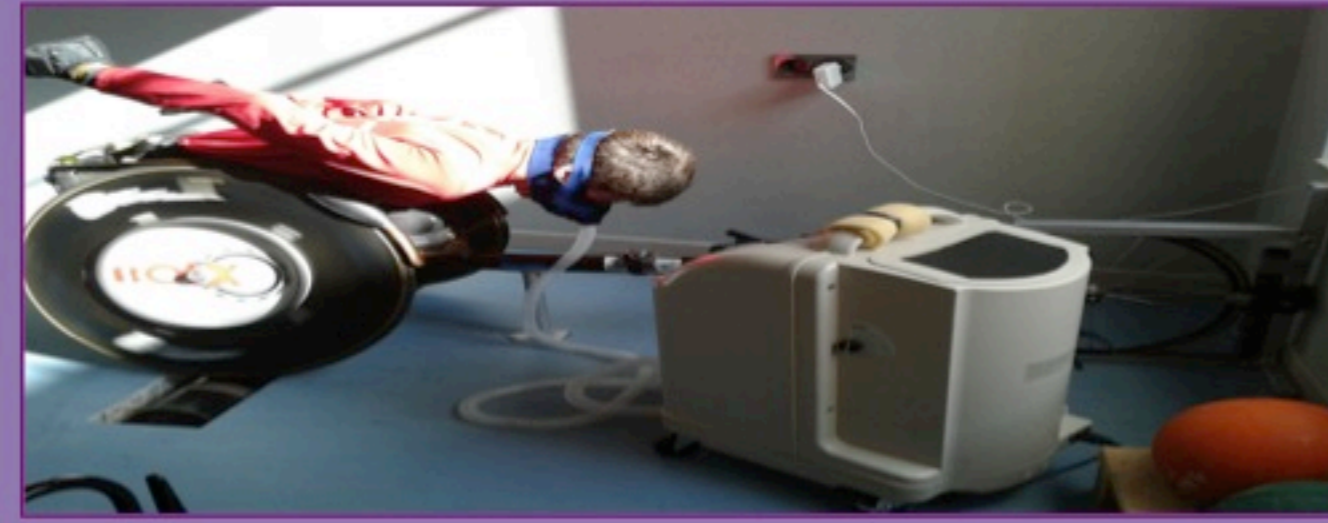
wingsoffreedom80

Sperllich B, Achtzehn S, de Marées M, von Papen H, & Mester J. Load management in elite German distance-runners during 3-weeks of high-altitude training. *Physiological Reports*. (2016);4(12):e12845.

ACTIVE MODALITIES

SYSTEMIC HYPOXIA

CONTINUOUS HYPOXIC TRAINING (CHT)
INTERVAL HYPOXIC TRAINING (IHT)



CHT, low intensity aiming an improvement in endurance-based performance



- ✓ IHT interval sessions at 2500 – 3500 m simulated altitude up to 5500 m
- ✓ During high – intensity bouts (HR > 70 % HRmax)



No evidence to enhance performance for both methods

SPRINT INTERVAL TRAINING IN HIPOXIA (SIH)



↑ cardiac output, VO_{2max} , ↑ muscle mitochondrial content and up-regulate glycolitic pathway



- ✓ 20 – 30 s All – Out sprints
- ✓ Active/Passive recovery (3 – 5 min)



Increase performance at sea level and altitude



REPEATED SPRINT TRAINING IN HYPOXIA (RSH)



Main target is to increase metabolic strain generated by IHT



- ✓ < 30 s All – Out sprint repetitions
- ✓ Incomplete recovery (<60 s)



Improvement (1 – 5 %) repeated – sprint ability in normoxia

VOLUNTARY HYPOVENTILATION AT A LOW LUNG VOLUME (VHL)



Trying to up-regulate glycolitic pathway and improve repeated – sprint ability



hypoxemia – induced not using hypoxic generators or hypobaric chambers



- ✓ 6 – 8 s apnea ALL – Out sprints preceded by a ~6 s exhalation
- ✓ 2 – 3 sets of 6 – 10 reps Recovery 30 s – 5 min



Rugby Players ↑ (60 %) more sprints in an open loop test



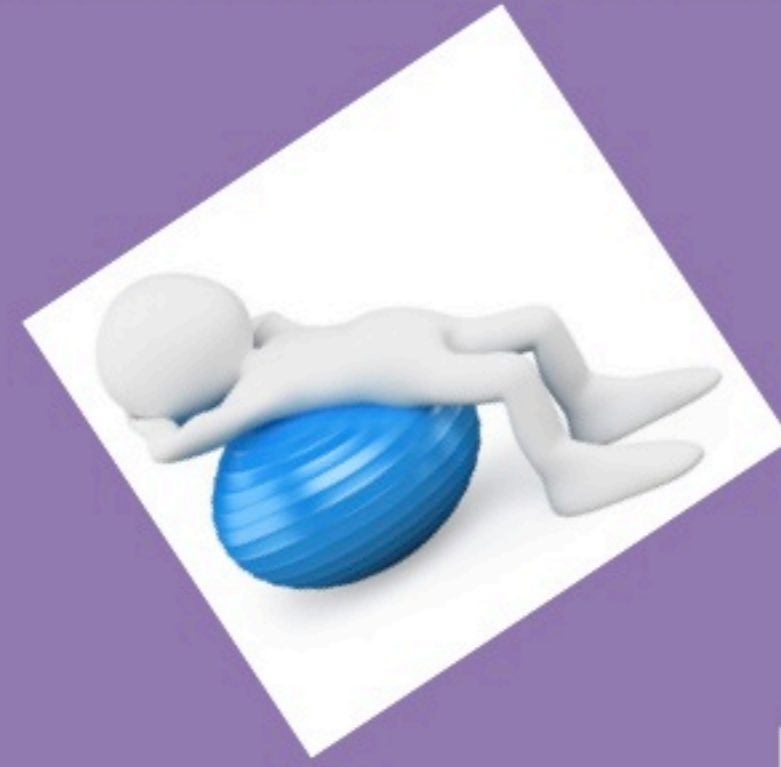
RESISTANCE TRAINING IN HYPOXIA (RSH)



- ✓ ↑ Muscle Strength
- ✓ ↑ Force Production



AN UPDATED REVIEW OF "LIVING LOW - TRAINING HIGH" METHODS MYTH VS. SCIENCE EVIDENCE



PASSIVE MODALITIES



LOCAL HYPOXIA

ISCHEMIC PRE-CONDITIONING (IPC)



SYSTEMIC HYPOXIA

INTERMITTENT HYPOXIC EXPOSURE (IHE)



Evokes tissue ischemia via compression of limb(s) followed by reperfusion



- ✓ 3-4 x 5 min circulatory occlusion + reperfusion
- ✓ 30 – 45 min prior to a given exercise



It has been used for high altitude expeditions to reduce the acclimatization time



- ✓ 30 min to 5 hours
- ✓ 3-6 min (2800 – 5500 m simulated altitude) + similar duration resting episodes



Improvement (1 – 5 %) in time-trial performance



It seems does not increase sea-level performance

LOCAL HYPOXIA

BLOOD FLOW RESTRICTION (BFR)



ACTIVE MODALITIES



Using an inflatable cuff around a limb to limit the blood supply to and return from muscle



- ✓ Implementing strength sessions 20 – 30 % of 1RM
- ✓ Implementing cycling sessions at 50 – 70 % HRmax
- ✓ Implementing All – Out sprints at 40 – 60 % of maximal occlusion pressure



- ↑ Hypertrophy
- ↑ ↑ strength levels
- ↑ ↑ blood flow in active muscles

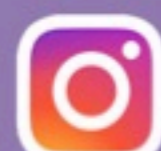
CREATED BY SANTIAGO SANZ



@santirun

PhD. in Exercise Physiology

contact@santiago-sanz.com



wingsoffreedom80



Girard O, Brocherie F, Goods PSR, & Millet GP. An updated panorama of "Living Low - Training High" altitude-/hypoxic methods. *Frontiers in Sports and Active Living*. (2020):2. Doi: <https://doi.org/10.3389/fspor.2020.00026>

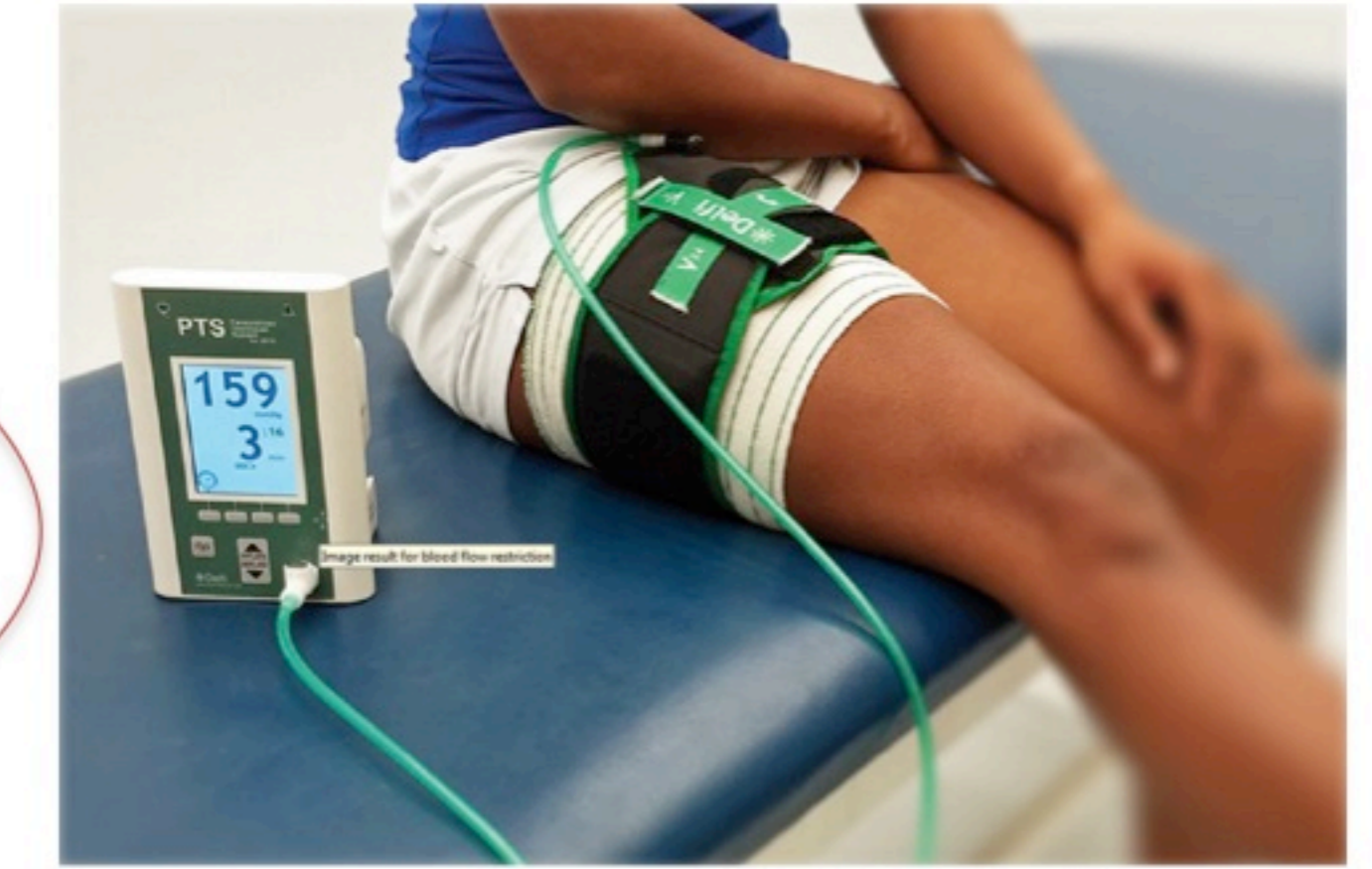
EL PRECONDICIONAMIENTO ISQUÉMICO MEJORA EL RENDIMIENTO DE LA FUERZA RESISTENCIA CON ALTA CARGAS



La influencia del preconditionamiento isquémico (IPC) sobre la fuerza resistencia, podría deberse a:

- 1) Atenuación del descenso de pH intracelular durante el ejercicio
- 2) Mayor pH al inicio del ejercicio
- 3) Mayor fosfocreatina antes del inicio de las contracciones musculares

¡OBSERVA LAS MEJORAS EN FUERZA RESISTENCIA A ALTAS CARGAS CON IPC DE ESTE ESTUDIO!



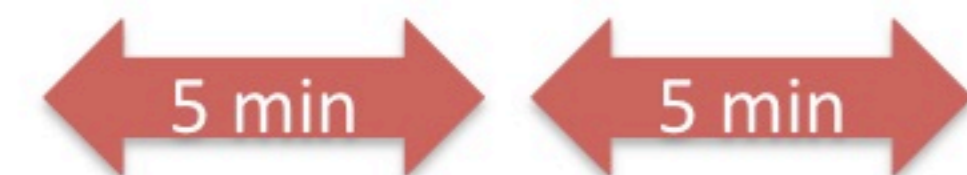
DOS SITUACIONES POR LAS QUE PASAN LOS 10 PARTICIPANTES



30 min descanso



Extensión de rodilla
pierna dominante
Máximo número de reps al 85 % 1RM



- ◆ El inflable se coloca en la parte superior del muslo
- ◆ Se alterna en cada ciclo de isquemia una pierna
- ◆ Tumbado decúbito supino

* Grupo placebo

¿QUÉ SE COMPARA ENTRE SITUACIONES?

- ✓ Número de repeticiones al 85 % 1 RM
- ✓ Respuesta electromiográfica vasto lateral
- ✓ Magnitud de cambio ácido láctico (Δ La)



- ➔ 3,9 repeticiones (~20 %) más en IPC que placebo
- ➔ No hay cambios en la actividad electromiográfica
- ➔ No se observan diferencias en Δ La
- ➔ Individuos que ejecutan más repeticiones en placebo, muestran un mayor aumento en el número de repeticiones en IPC ($r = 0,74$; $p = 0,01$)

CREADO POR SANTIAGO SANZ

Fisiólogo del Ejercicio del Comité Paralímpico Español



Carvalho L & Barroso R. Ischemic preconditioning improves strength endurance performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. (2019);33(12):3332-3337.



ESTUDIO REALIZADO EN CERRO DE PASCO (PERÚ) 4340 m ALTITUD



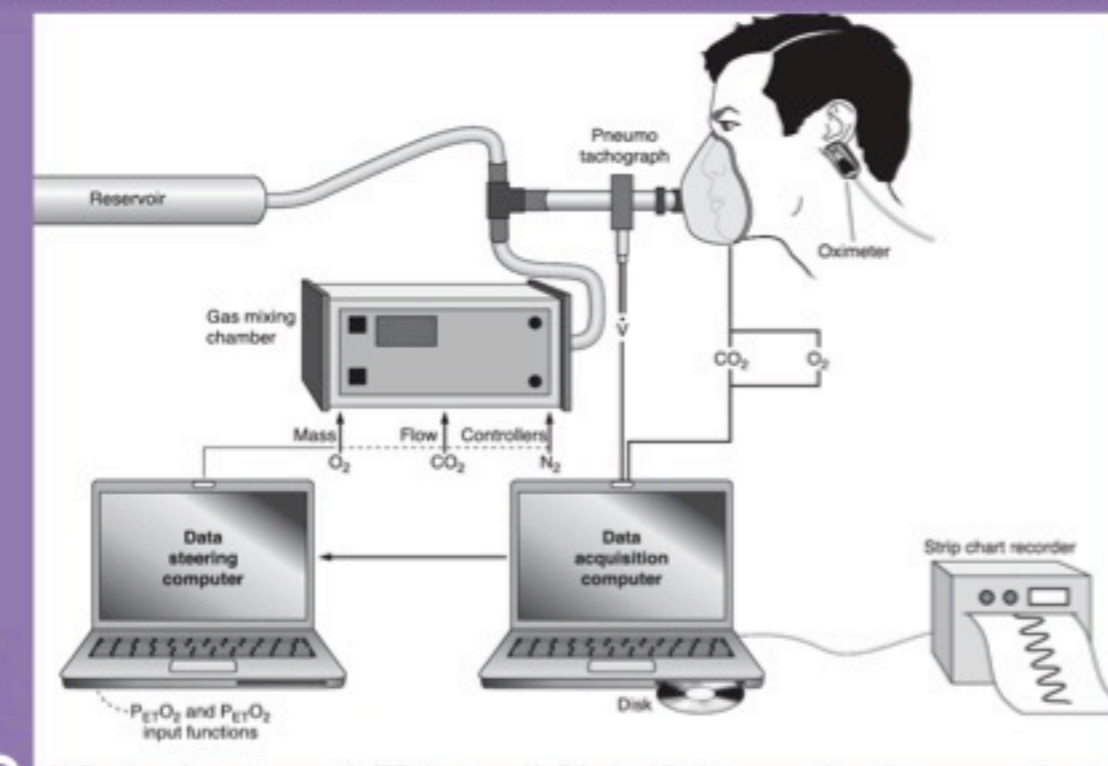
PARTICIPANTES

- ✓ 63 HOMBRES (H) Y 46 MUJERES (M)
 - ✓ RESIDENTES DE POR VIDA EN CERRO DE PASCO
 - ✓ EDAD = 43,0 ± 12,9 H; 40,1 ± 13,5 M
 - ✓ 3 GENERACIONES PREVIAS VIVIENDO A >2500 m
 - ✓ ASCENDENCIA ANDINA
 - ✓ ERITROCITOSIS EXCESIVA HTC* = ≥63 H; ≥57 M
- * Hematocrito



MEDICIÓN RESPUESTA HIPÓXICA VENTILATORIA (HVR) ISOCÁPNICA

1. 0 A 5 MIN: RESPIRAN AIRE DE HABITACIÓN A 4340 m ALTITUD (F1)
 2. 5 A 15 MIN: HIPEROXIA LEVE (30-40 % FiO₂ A NIVEL DEL MAR), INTENTANDO ↓ HVR DE PARTICIPANTES POR HIPOXEMIA DE ALTITUD
 3. 15 A 20 MIN: RESPIRAN MEZCLA DE GAS NORMÓXICO (159 mmHg; FiO₂ = 21 %) ↑ SO₂ SOBRE NIVELES BASALES EN F1 PARA DETERMINAR HVR
 4. 20 A 25 MIN: RESPIRAN GAS HIPÓXICO (ÚLTIMOS 3 MIN SO₂ 80-85 %)
 5. 25 A 30 MIN: RESPIRAN (159 mmHg PO₂ CON PET_{CO2} 5 mmHg MAYOR QUE EL VALOR PREVIO ISOCÁPNICO), PARA DETERMINAR LA RESPUESTA VENTILATORIA AL CO₂ (RESPUESTA HIPERCÁPNICA VENTILATORIA O HCVR).
- ✓ 30 A 35 MIN: HIPOXIA ISOCÁPNICA CON SO₂ = 80-85 %



MONITORIZACIÓN SUEÑO



- ✓ PRESIÓN NASAL
- ✓ PULSIOXIMETRÍA
- ✓ BANDAS DE ESFUERZO ABDOMINAL Y TORÁCICAS
- ✓ ELECTROOCULOGRAMA
- ✓ ELECTROENCEFALOGRAMA
- ✓ ELECTROMIOGRAMA
- ✓ TONOMETRÍA ARTERIAL

HALLAZGOS

1. UNA BAJA SO₂ DIURNA CORRELACIONÓ CON UN ELEVADO HTC EN H Y M.
2. UNA BAJA SO₂ DIURNA CORRELACIONÓ SOLO EN H CON ALTOS NIVELES DE MAL CRÓNICO DE MONTAÑA (CMS), MEDIDOS CON LA ESCALA QINGHAI.
3. LAS M POSTMENOPÁUSICAS PRESENTARON MENOR HVR Y SO₂ QUE LAS MUJERES PREMENOPAUSICAS.
4. PET_{CO2}, UN MARCADOR DE LA VENTILACIÓN BASAL ALVEOLAR, CORRELACIONÓ CON HTC Y CMS EN H, PERO NO EN MUJERES.
5. H Y M MOSTRARON UNA MENOR MEDIA Y MÁXIMA SO₂ DURMIENDO QUE DESPIERTO.
6. H Y M CON MAYOR HTC MOSTRARON MENOR MEDIA Y MÁXIMA SO₂ DURANTE LA NOCHE Y UN MAYOR TIEMPO DURMIENDO CON SO₂ <80 %.
7. PARTICIPANTES CON MENOR SO₂ DURMIENDO TUVIERON MAYOR CMS.
8. LOS PARÁMETROS VENTILATORIOS QUIMIOREFLEJOS NO PREDIJERON HTC.
9. H CON MAYOR HVR_S MANTUVIERON UNA MEDIA DIURNA SO₂ MÁS ELEVADA.
10. UNA HCVR ELEVADA SE ASOCIÓ CON UN AUMENTO DE SO₂ EN H Y M.
11. H CON MENOR HTC TUVIERON UNA MAYOR RFC A LA HIPOXIA AGUDA.
12. H CON MAYOR HTC TUVIERON MUY BAJA O NINGUNA RFC A LA HIPOXIA.
13. LA RFC A LA HIPOXIA DISMINUYÓ SIGNIFICATIVAMENTE CON LA EDAD EN M.
14. LA RFC A LA HIPOXIA FUE MENOR EN MUJERES POSTMENOPÁUSICAS.
15. NO SE ENCONTRÓ RELACIÓN ENTRE RFC CON CO₂, HTC O SO₂ EN H O M.

*HVR Y HCVR CALCULADAS COMO EL CAMBIO EN VENTILACIÓN POR DESCENSO EN SO₂
 **HCVR CALCULADA COMO EL CAMBIO EN VENTILACIÓN POR INCREMENTO EN mmHg PET_{CO2}
 ***LA RESPUESTA DE LA FRECUENCIA CARDÍACA (RFC) CALCULADA COMO EL CAMBIO EN FC POR DESCENSO EN SPO₂



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



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



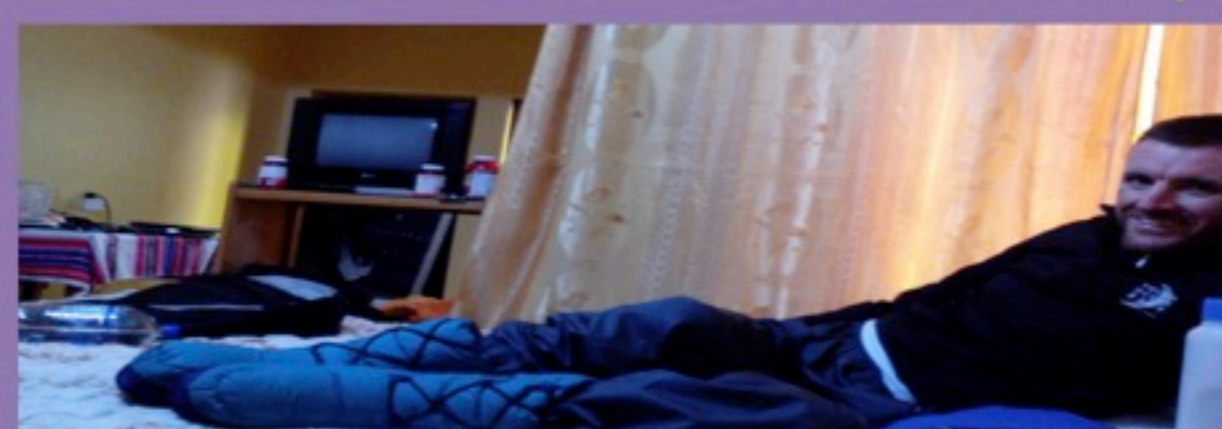
3000 M PISTA CUBIERTA



SEMANA PREVIA A NIVEL DEL MAR (B_N)



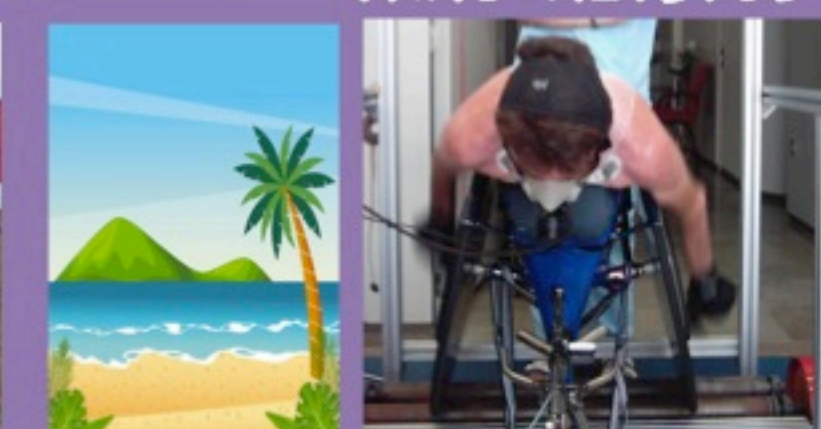
SEMANA ACLIMATACIÓN ALTITUD (B_H)



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



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



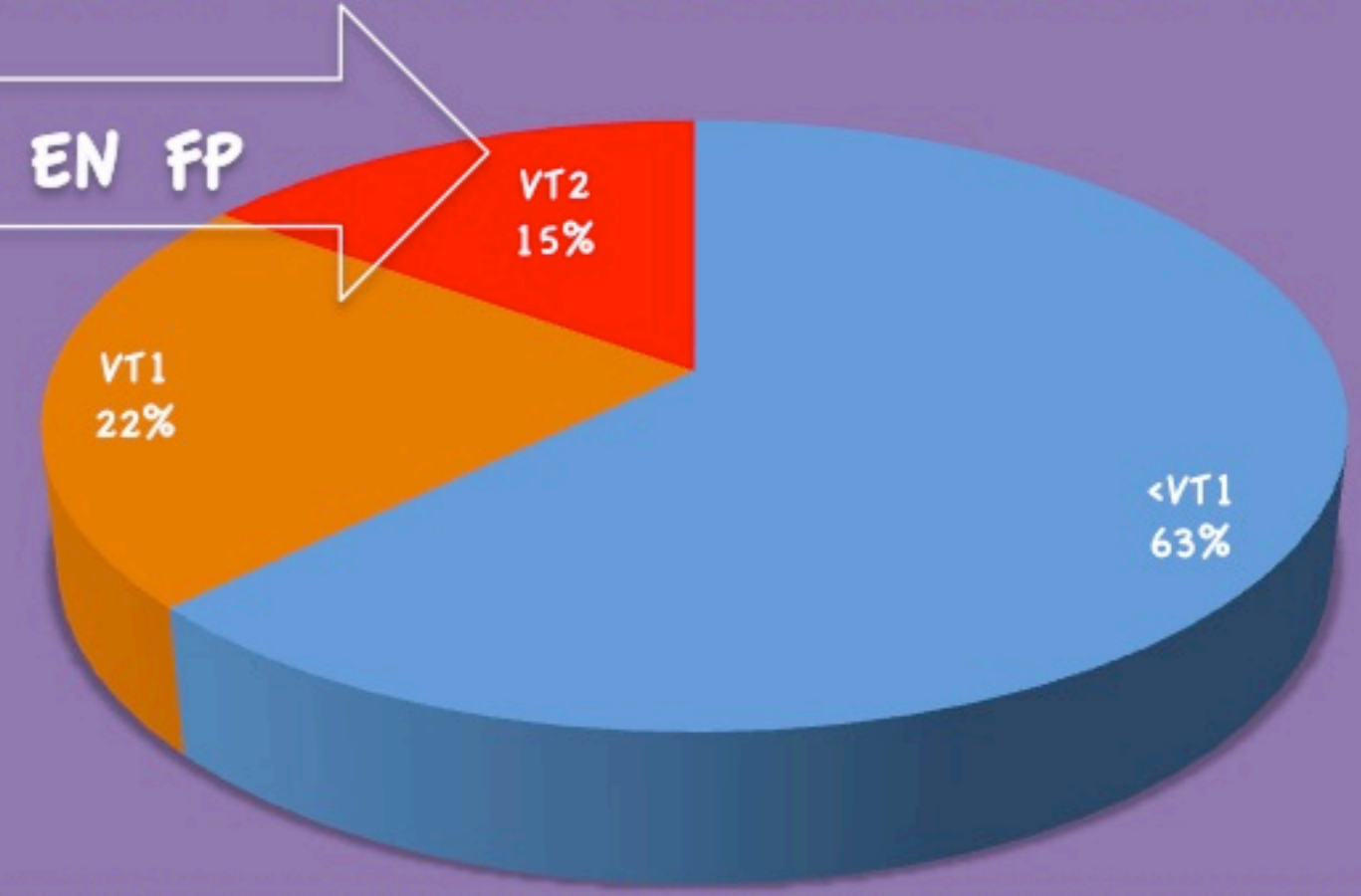
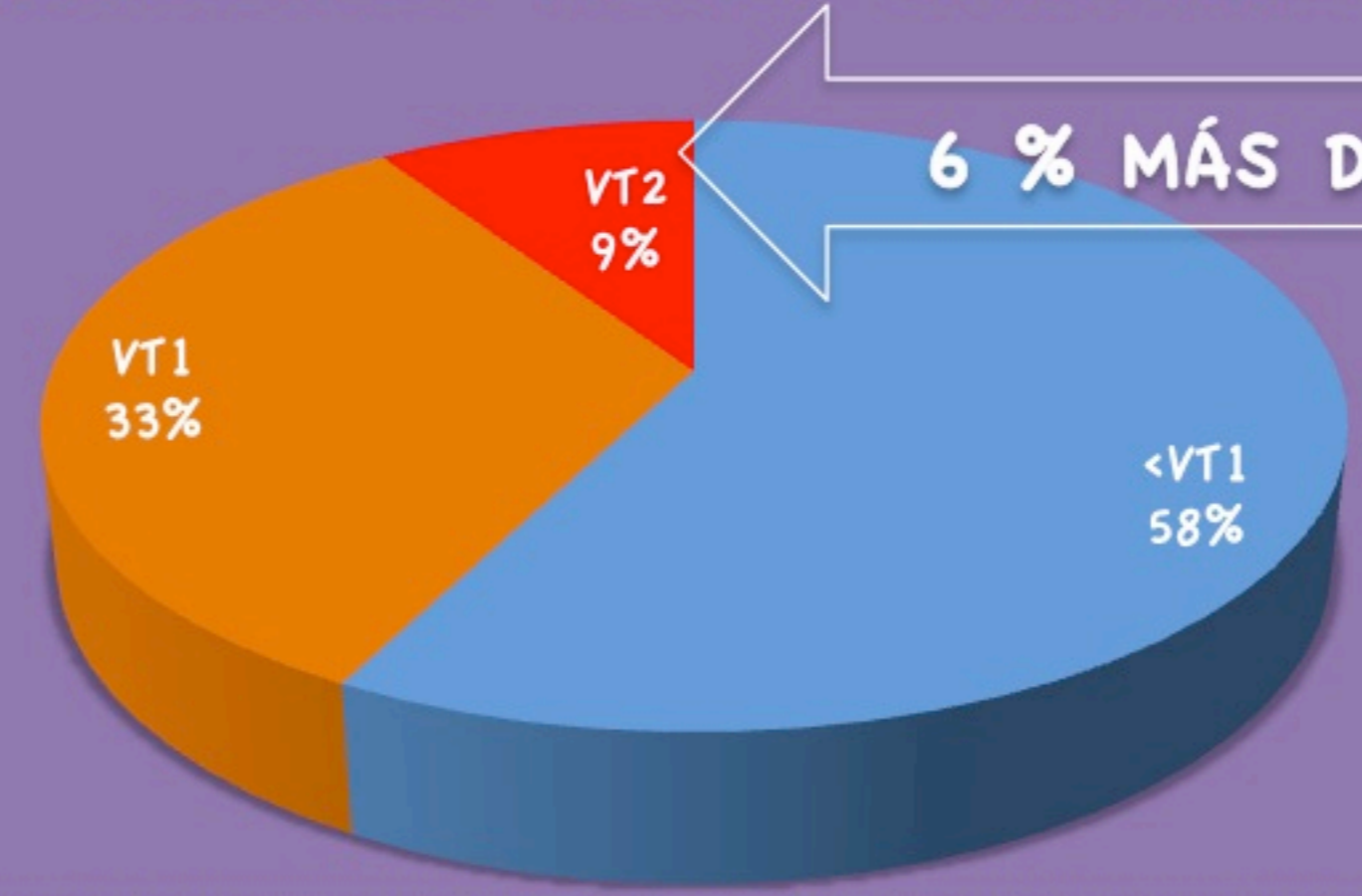


	IP	FP	
VOLUMEN (km)	806	538,3	Δ % (-33,2)
Km · SEMANA ⁻¹ IP	201,5		
Km · SEMANA ⁻¹ FP		134,6	Δ % (-33,2)
Km · W _{1,2,3,4} IP			
Km · W _{1,2,3,4} FP			
NÚMERO SESIONES	44	33	Δ % (-25)
SESIONES · SEMANA ⁻¹ IP	11		
SESIONES · SEMANA ⁻¹ FP		8,25	Δ % (-25)
SESIONES EN VT1	8	4	Δ % (-50)
SESIONES EN VT2	4	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)

	W ₁	W ₂	W ₃	W ₄
	214,8	204,8	192,8	193,8
	146,7	135,6	140,6	116,8
	Δ % (-31,7)	Δ % (-33,8)	Δ % (-27,1)	Δ % (-39,7)

DISTRIBUCIÓN VOLUMEN ENTRENAMIENTO IP

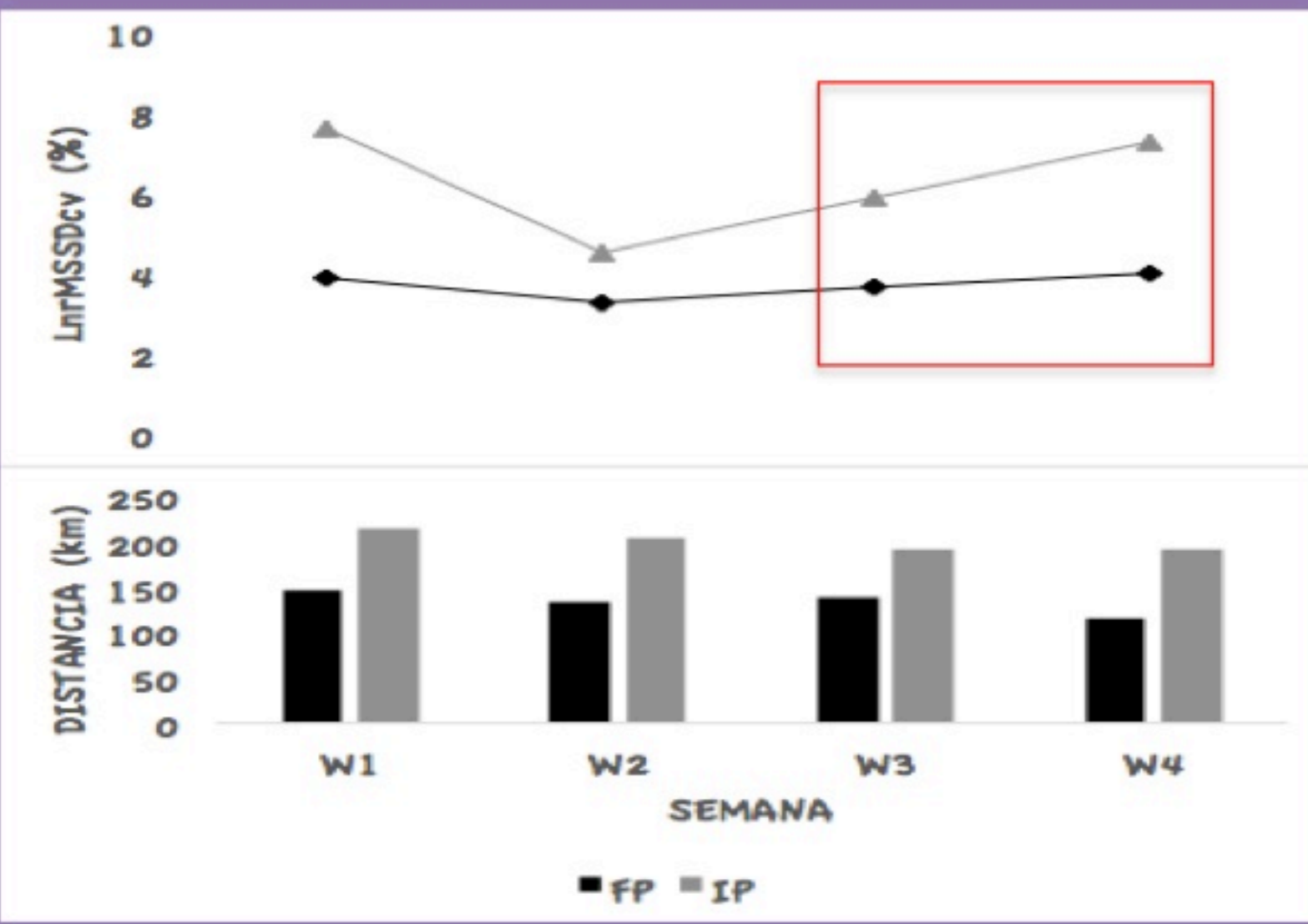
DISTRIBUCIÓN VOLUMEN ENTRENAMIENTO FP



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)

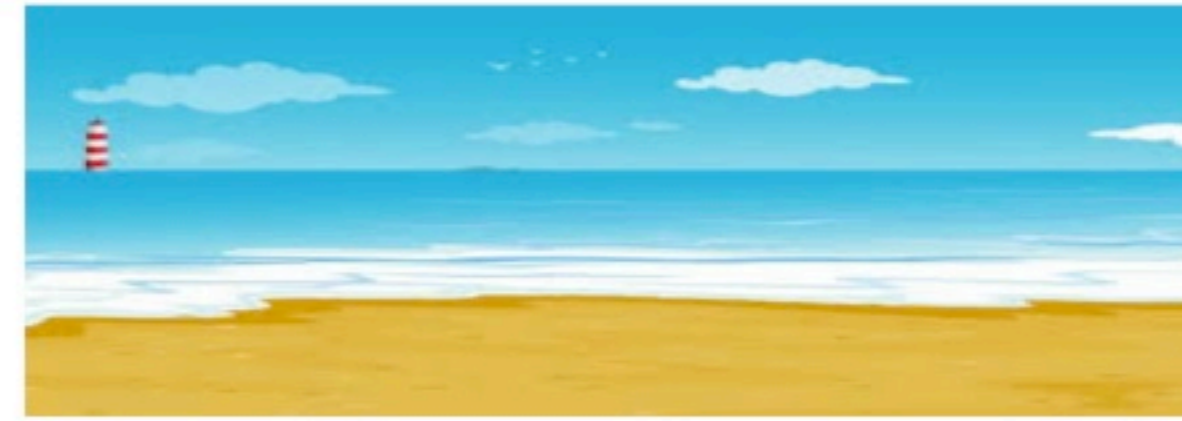


EFFECTIVIDAD DEL TEST DE EJERCICIO EN HIPOXIA COMO PREDICTOR DE RENDIMIENTO EN ALTITUD MODERADA



ENTRENAMIENTO DESDE TEST 1 A TEST 3

- ✓ 11 ± 1 sesiones de nado semanales
- ✓ 74 ± 9 km semanales
- ✓ 3 ± 1 sesiones de fuerza semanales



18 Nadadores de la selección francesa

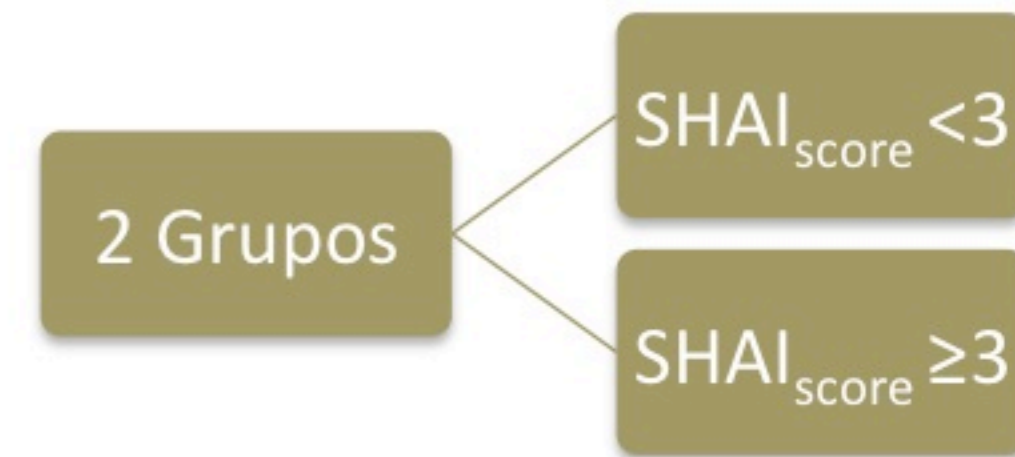
- ✓ Test de Richalet → protocolo de 4min de descanso en normoxia + 4 min en hipoxia ($FiO_2 = 0,115\%$) + alternar 4 min ejercicio* hipoxia + 4 min ejercicio en cicloergómetro en normoxia + 4 min ejercicio en hipoxia ajustando la potencia generada a la FC mantenida durante los 4 min de ejercicio en hipoxia.
- ✓ Se miden FC (FC_{test}), respuesta ventilatoria (HV_{test}) y SO_2 (SO_{2test})
- * Potencia al $\sim 30\%$ VO_{2max} en normoxia



ACTIVIDAD	TEST DE RICHALET	TEST 1 100 o 200 m	TEST 2 100 o 200 m	TEST 3 100 o 200 m
TIMING	SEMANA PREVIA ALTITUD	3 d ANTES DE ALTITUD	8º DÍA EN ALTITUD	3 d TRAS ALTITUD



- ✓ Se mide la SO_2 recién levantado en bipedestación con un pulsioxímetro
- ✓ Cuestionario Lake Louise (mal agudo montaña)
- ✓ Cuestionario GSQS (calidad sueño), ambos durante desayuno
- ✓ RPE con escala Borg 6-20 tras cada entrenamiento
- ✓ Cálculo del índice de riesgo de enfermar en altitud ($SHAI_{score}$) computando en una fórmula los factores (edad, género, historial de migrañas, entrenamiento de resistencia, FC_{test} , HV_{test} y SO_{2test}) (Richalet et al., 2012, 2015).



RESULTADOS

- ✓ $SHAI_{score} < 3$ ↓ rendimiento en Test 2 $0,98 \pm 1\%$ vs. $2,67 \pm 1,59\%$ en $SHAI_{score} \geq 3$
- ✓ A nivel del mar en Test 3 valores similares $0,17 \pm 0,18\%$ a Test 1 y sin diferencias entre grupos
- ✓ $SHAI_{score}$ y SO_{2test} parámetros que más correlacionaron ($r \geq 0,54$) con ↓ rendimiento en altitud
- ✓ FC_{test} y HV_{test} mostraron correlaciones negativas bajas
- ✓ $SHAI_{score}$ no correlaciona con Lake Louise ni GSQS



¡A CONSIDERAR POR ENTRENADORES!

- ✓ El test de Richalet es sensible al rendimiento de nadadores en altitud moderada y puede detectar a aquellos que encontrarán dificultades en tal escenario.

CREADO POR SANTIAGO SANZ

Fisiólogo del ejercicio del Comité Paralímpico Español



Fla R, Brocherie F, Le Garrec S, & Richalet JP. Effectiveness of the hypoxic exercise test to predict altitude illness and performance at moderate altitude in high-level swimmers. *Physiological reports*. (2020). 8(8).

SPRINTS REPETIDOS EN HIPOXIA EN UN CICLISTA DE RUTA PROFESIONAL

¿PORQUÉ USAR SPRINTS REPETIDOS EN HIPOXIA (RSH)?



- ❑ ESTRÉS HIPÓXICO ADICIONAL
- ❑ PROMUEVE ADAPTACIONES PERIFÉRICAS
- ❑ MÁXIMO RECLUTAMIENTO DE FIBRAS RÁPIDAS CON UNA EXTRACCIÓN SUPERIOR DE O₂ (↑HHb)
- ❑ GANANCIA ~2 % ADICIONAL PARA SPRINTS REPETIDOS COMPARADO A RS EN NORMOXIA (RSN)



PARTICIPANTE

- ✓ EDAD = 27 AÑOS
- ✓ MASA CORPORAL = 69 kg
- ✓ ALTURA = 1.79 m
- ✓ 7 AÑOS PROFESIONAL
- ✓ TEMPORADA PREVIA A ESTUDIO: 18,8 h DE ENTRENAMIENTO SEMANAL, >22000 km, >9000 km EN >60 DÍAS DE COMPETICIÓN



DISEÑO DEL ESTUDIO

BLOQUE DE 10 DÍAS RSH

1 SEMANA ANTES

(FiO₂ = ~14 %; PRESIÓN BAROMÉTRICA = 96,4 ± 1,4 mmHg; ALTITUD SIMULADA = 3300 ± 61 m)

RSH 1

RSH 2

RSH 3

RSH 4

RSH 5

L

M

X

J

V

S

D

L

M

X

J

V

S

D



SPRINT 6 s

POTENCIA REFERENCIA

- ✓ SESIONES DE 50 MIN RSH SEGUIDAS DE RODAJE (<VT1) DE 90 MIN
- ✓ SESIONES RSH: 12 MIN A 200 W + SPRINT 6 s + 4 x (7 x 6 s RECUPERACIÓN = 14 s)
- ✓ RECUPERACIÓN SERIES 1 A 2 Y 3 A 4 = 4 min 54 s A 200 W.
- ✓ RECUPERACIÓN SERIES 2 A 3 = 9 min 54 s CON NUEVO SPRINT 6 s

HALLAZGOS

1. ÁCIDO LÁCTICO ↑ HASTA UN 13 %
↑ CONTRIBUCIÓN GLUCÓLISIS ANAERÓBICA
 2. 6 % ↑ DEL TRABAJO TOTAL EN RSH 5 (354 W) vs. (334 W) EN RSH 1
 3. 11 % ↑ DE LA POTENCIA PICO A LOS 5-s EN RSH 5 (961 W) vs. (867 W) RSH 1
 4. ↑ EFICIENCIA, PUES LA FC MEDIA FUE LA MISMA (146 · MIN⁻¹) EN RSH 1 Y RSH 5
 5. 1,5 % ↑ SO₂ DURANTE EL CALENTAMIENTO EN RSH 5 (85 %) vs. (83,5 %) RSH 1
- ¡RSH PRESENTA RESULTADOS POSITIVOS EN LAS RESPUESTAS FISIOLÓGICAS Y DE RENDIMIENTO EN UN CICLISTA PROFESIONAL!**

CREADO POR SANTIAGO SANZ

fisiólogo del Ejercicio del Comité Paralímpico Español



Faiss R, and Billaut F. Repeated sprint training in hypoxia: case report of performance benefits in a professional cyclist. *Frontiers in Sports and Active Living*. (2020). Doi: 10.3389/fspor.2020.00035

EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA EN ALTITUD SIMULADA



N = 16
Grupo normoxia (NOR)



N = 16
Grupo hipoxia (HYP)

- ✓ Ambos grupos se ejercitan 3 veces / semana durante 7 semanas
- ✓ lunes, miércoles y viernes
- ✓ HYP se ejercita con una $FiO_2 = 13\%$ (4300 m altitud simulada)
- ✓ Press banca, curl bíceps, press francés, remo Pendlay y ½ sentadilla



HALLAZGOS

-7 días	7 semanas de entrenamiento		3 semanas sin entrenar (Rest)
Estimar 1RM	Duración media sesión 60 ± 5 min (Exposición HYP = 21 horas)		Estimar 1RM
Cineantropometría	Sesiones 1 – 7 (3 x hasta fallo al 65 % 1 RM) Rec. 90s Sesiones 8 – 14 (3 x hasta fallo al 75 % 1 RM) Rec. 90s Sesiones 15 – 21 (3 x hasta fallo al 80 % 1 RM) Rec. 90s		Cineantropometría
Hemoglobina (Hb) Hematocrito (Hct)	NOR 54863 repeticiones	HYP 52895 repeticiones	Hb y Hct

	HYP	NOR
% Masa muscular	↑↑↑	↑
% Masa grasa	↓↓↓↓	↑
Contorno proximal brazo	↑	↑
Contorno medial muslo	↑	↑
Contorno medial pantorrilla	↑	↑
Hb	×	×
Hct	↑(Rest)	↓(Rest)



- ✓ Las diferencias observadas en Hct podrían ser consecuencia de valores hemoconcentrados
- ✓ La masa muscular disminuyó menos en HYP tras Rest
- ✓ No hubieron diferencias entre los niveles de fuerza entre grupos
- ✓ HYP mejoró notoriamente su masa muscular y composición corporal



¡Está claro que estos resultados no aportan argumentos conviccentes sobre el entrenamiento de fuerza bajo hipoxia normobárica!

VARIABILIDAD DE LA MASA TOTAL DE HEMOGLOBINA A LAS CONCENTRACIONES EN ALTITUD

VARIABLES CLAVE PARA AUMENTAR Hb_{mass} EN ALTITUD

1. ELEVACIÓN (PRESIÓN PARCIAL DE O_2)
2. TIEMPO DE EXPOSICIÓN
3. ESTATUS DE HIDRATACIÓN
4. NIVELES DE Hb_{mass} PREVIOS A LA CONCENTRACIÓN
5. DEPÓSITOS DE HIERRO (FERRITINA)
6. INFLAMACIÓN
7. SEXO

RESULTADOS

- ✓ UN 56 % DE ATLETAS EN DIVERSAS CONCENTRACIONES (46 DE 82) INCREMENTÓ POR ENCIMA DEL ERROR DE MEDICIÓN (1,7 %) SU Hb_{mass} (Hbm+)
- ✓ UN 44 % (33 DE 82) NO CAMBIÓ O DISMINUYÓ SU Hb_{mass} (Hbm-)
- ✓ CONSIDERANDO SÓLO ELEVACIONES ≥ 2000 m EL PORCENTAJE DE AUMENTO DE Hb_{mass} LLEGÓ 65 %
- ✓ UN 69 % INCREMENTÓ SU Hb_{mass} CUANDO EL VALOR DE FERRITINA PREVIO A LA CONCENTRACIÓN FUE DE $30 \mu g \cdot l^{-1}$ Y EL DE LA PROTEÍNA C REACTIVA (PCR)* $< 3 mg \cdot l^{-1}$
- ✓ EN Hbm+ Hb_{mass} AUMENTÓ $4,6 \pm 2,8$ % (g) Y $5,0 \pm 2,3$ % ($g \cdot kg^{-1}$)
- ✓ EN Hbm+ LA FERRITINA $\downarrow 22,6 \pm 21,9$ %
- ✓ EN Hbm- LA FERRITINA $\uparrow 11,1 \pm 46,3$ %



ANÁLISIS DE LAS ESTANCIAS EN ALTITUD n = 27 H Y 32 M (EQUIPO OLÍMPICO FINÉS)

- ✓ 27 NADADORES
- ✓ 5 ESQUIADORES DE NÓRDICO
- ✓ 13 CORREDORES DE FONDO
- ✓ 3 MARCHADORES
- ✓ 1 CANOISTA
- ✓ 3 REMEROS
- ✓ 5 CORREDORES DE ORIENTACIÓN
- ✓ ELEVACIÓN 1350 A 2500 M
- ✓ DURACIÓN ESTANCIAS 16 A 42 DÍAS
- ✓ DOSIS DE HIPOXIA 730 – 1789 $KM \cdot H^{-1}$



HALLAZGOS

1. EL 60 % DE ATLETAS (9) CON MÚLTIPLES CONCENTRACIONES (15), OBTUVIERON RESPUESTAS OPUESTAS (INCREMENTOS Y DISMINUCIONES). EL 27 % OBTUVO SÓLO RESPUESTAS POSITIVAS Y EL 13 % SÓLO RESPUESTAS NEGATIVAS.
2. EL INCREMENTO DE Hb_{mass} FUE MAYOR EN HOMBRES ($13,1 \pm 1,2$ A $13,6 \pm 1,1 g \cdot kg^{-1}$) ($p = 0.001$) QUE EN MUJERES ($10,7 \pm 1,2$ A $10,8 \pm 1,1 g \cdot kg^{-1}$) ($p < 0.004$), (3,6 VS. 0,7 %).
3. 12 ATLETAS (11 MUJERES) TUVIERON VALORES DE FERRITINA $< 30 \mu g \cdot l^{-1}$. DE LAS 11 MUJERES, 6 FUERON Hbm-.
4. DE UN ANÁLISIS DE REGRESIÓN MÚLTIPLE, LA VARIABLE ELEVACIÓN FUE LA MÁS INFLUYENTE SOBRE Hb_{mass}
5. EL INCREMENTO MEDIO DE Hb_{mass} FUE DE 17,6 g (2,1%), PERO LA RESPUESTA VARIÓ DE -84,3 A +91,0 g.
6. LOS VALORES PREVIOS A LA ESTANCIA DE FERRITINA Y PCR NO GARANTIZARON EL $\uparrow Hb_{mass}$

CONCLUSIÓN

SER “RESPONDER” O “NON-RESPONDER” EN TÉRMINOS DE VARIACIONES DE Hb_{mass} TRAS ESTANCIAS EN ALTITUD, NO PARECE SEGUIR UN PATRÓN DETERMINADO.



CREADO POR SANTIAGO SANZ

Fisiólogo del Ejercicio del Comité Paralímpico Español



Nummela A, Eronen T, Koponen A, Tikkanen H, and Peltonen J. Variability in hemoglobin mass response to altitude-training camps. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. (2020). Doi: 10.1111/sms.13804. Online ahead of print.

CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO A NIVEL DEL MAR Y 3,090-M DE ALTITUD EN CAMPEONES DE ATLETISMO UNIVERSITARIO



10 h Viaje



- 6 semanas previas a altitud 58 – 95 km · semana⁻¹
- 17 días en altitud 79 – 134 km · semana⁻¹

10 h Viaje



N = 6 atletas universitarios
Edad = (15,5 a 19,2 años)
Marca en 1 Milla (259 a 266 s)

Altitud	16 m	3090 m	3090 m	3090 m	3090 m	3090 m	3090 m	16 m
Localidad	Davis	Laboratorio de Crooked Creek , California						Davis
Día	1	3	5	8	11	15	17	19



Test en tapiz a velocidad constante (250 m · min⁻¹) con inclinación inicial de 0°, 3° a los 3min, ↑ 1,5° cada 3 min



Laboratorio de Crooked Creek

	Duración test	VO _{2max} (ml · kg ⁻¹ · min ⁻¹)	FC _{max} (latidos · min ⁻¹)	Lactato sanguíneo (mg · 100 mL ⁻¹)
Previo a altitud (1)	9min20s	72,0	197	107
Altitud (2)	6min49s	59,3	186	87
	Δ 1 – 2 (-27,0 %)	Δ 1 – 2 (-17,6 %)	Δ 1 – 2 (-5,6 %)	Δ 1 – 2 (-18,7 %)
Posterior a altitud (3)	11min35s	75,6	196	94
	Δ 1 – 3 (+24,1 %)	Δ 1 – 3 (5 %)		Δ 1 – 3 (-12,2 %)



Menor VO_{2max} en día 4º o 7º

Día	Cambio medio VO _{2max} (%)
2	-17,6
4	-20,5
7	-20,5
10	-15,1
14	-18,3
16	-15,6
Post	+4,2

- ✓ Descenso medio (7 %) del VO₂ usado, relacionado al O₂ requerido a una velocidad/ inclinación determinada al regresar de altitud
- ✓ Según la regla de Buskirk, la disminución de VO_{2max} a 3090 m de altitud sería del ~16 %



CREADO POR SANTIAGO SANZ



Fisiólogo del Ejercicio

contact@santiago-sanz.com

Dill DB, & Adams WC. Maximal oxygen uptake at sea level and at 3,090-m altitude in high school champion runners. *Journal of Applied Physiology*. (1971);30(6):854-859.