



UNIVERSITAT DE VALÈNCIA

(1463) Facultat de Ciències de l'Activitat Física i de l'Esport

# “Comparación de los niveles de activación de los músculos estabilizadores del CORE y agonistas durante la realización del ejercicio *push up* sobre equipamientos con diferentes grados de estabilidad”.

TESIS DOCTORAL.

Departamento de Educación Física y Deporte.

Presentada por: Fernando Martín Rivera.

Dirigida por: Dr. Juan Carlos Colado Sánchez.  
Dr. Víctor Tella Muñoz.

Valencia, Noviembre de 2012.



# Indice de Contenidos.

Introducción general.

Objetivos e hipótesis.

Metodología.

Resultados y argumentación.

Conclusiones finales.



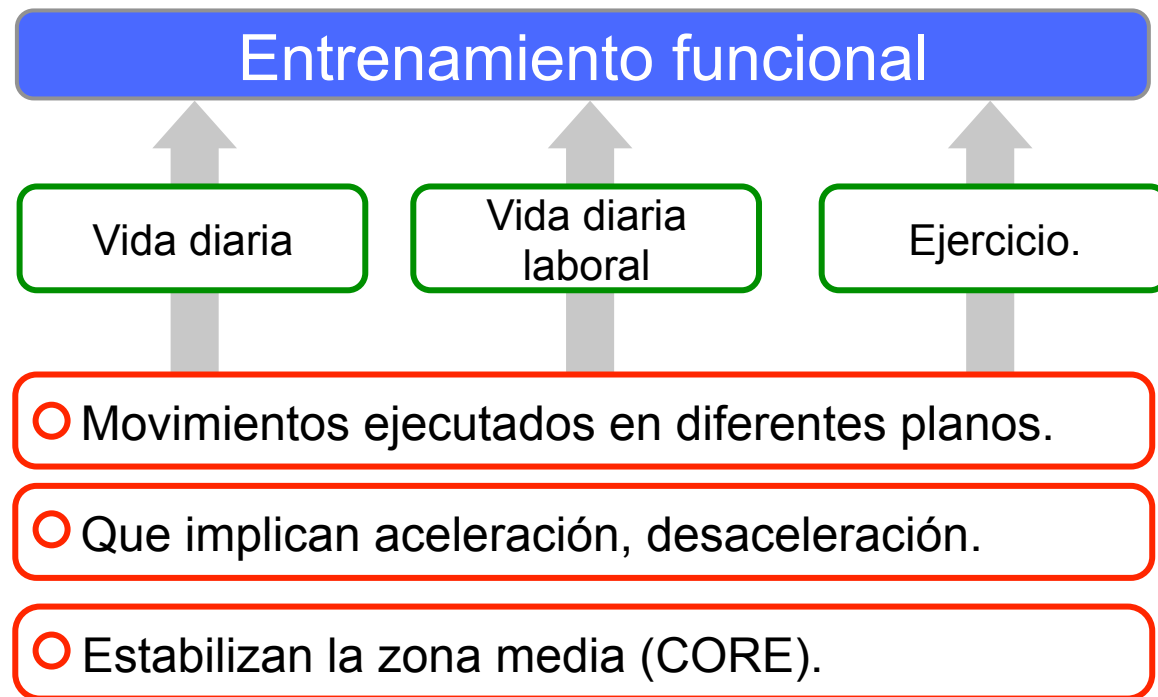
# Introducción general.





Colado, Chulvi, Heredia, 2008.

Heredia et al, 2011.



*“Término que ha cuajado en el sector del fitness de forma considerable por el tratamiento de marketing asociado al mismo”.*  
Heredia et al, 2011.



Los estudios existentes sobre el mismo han intentado explicar qué pasa con las activaciones musculares, tanto a nivel de extremidades como de CORE.



Pectoral.



Deltoides.



Tríceps.



Serrato ant.



Erector dorsal.



Oblicuo externo.



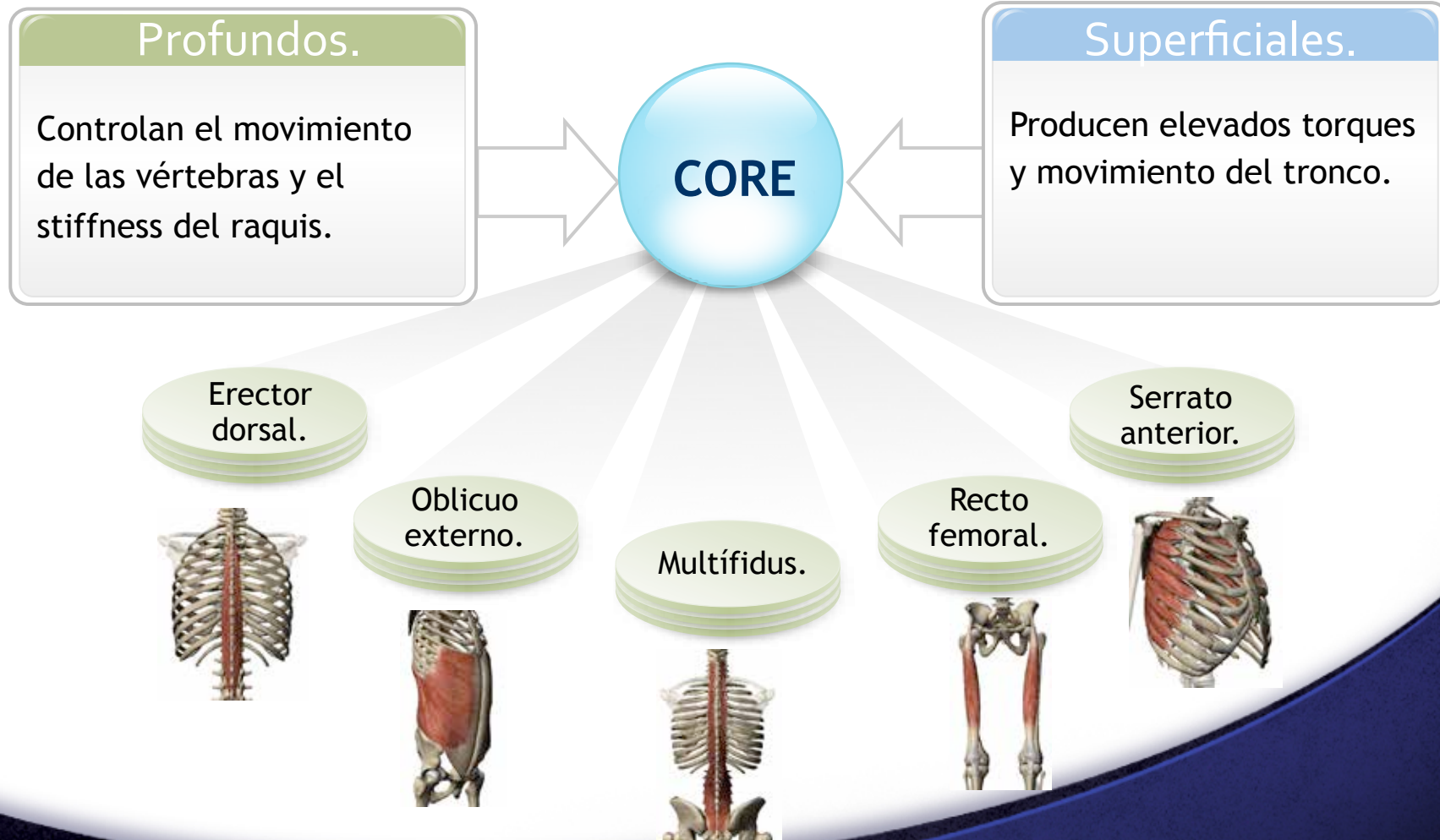
Multífidus.



Recto femoral.



**“29 pares de músculos que estabilizan y transmiten fuerzas”.** Wilson et al, 2005.





# Estabilidad espinal.

**Sistema nervioso central:**  
Información propioceptiva.  
Coordinación subsistema activo.  
Coordinación co-activación.

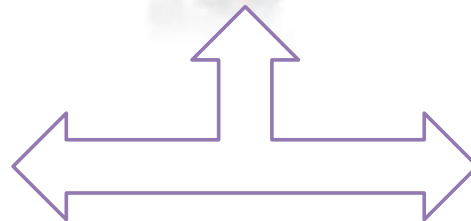


Subsistema de control motor



Subsistema estabilización pasivo

Ligamentos.  
Discos intervertebrales.  
Otras estructuras pasivas.



Subsistema estabilización activo

**Musculatura local:**  
Inserciones directas región lumbar.  
Estabilizadores segmentarios.  
Control curva fisiológica.  
Fibras predominantemente tónicas.  
Discos intervertebrales.

**Musculatura global:**  
Su acción abarca toda la columna.  
Influyen en el stiffness del sistema.

# Zona neutra.



## Definición.

Región de movimiento en la que hay mínima resistencia al movimiento articular.



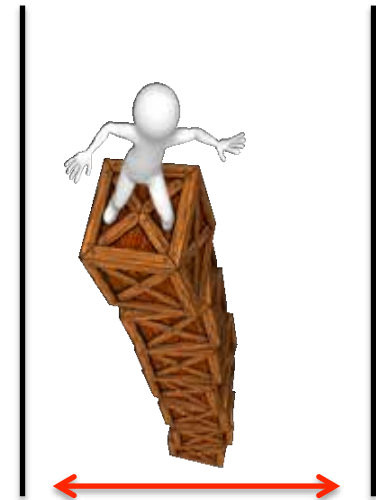
## Aplicación.

Se entiende como una postura ideal.



## Activación.

Los elementos neuromusculares están activos y la tensión es mínima.







## Estabilidad interna.

### Pasiva.

Configuración anatómica articular.

### Activa.

Estructura músculo-tendinosa.

Heredia et al, 2011.

## Estabilidad externa.

Condicionada por el entorno y las condiciones que rodean al practicante.

Base del entrenamiento inestable.



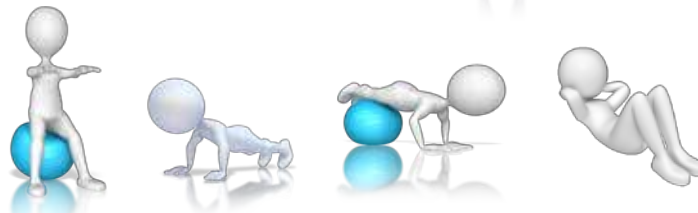


## EJEMPLOS DE EJERCICIOS.

## PROGRESIÓN.



Ejercicios de introducción (aislamiento).



Ejercicios analíticos funcionales de baja carga y resistencia a la estabilidad.



Ejercicios integrados funcionales con acoplamiento de los patrones de estabilidad en actividades funcionales y orientadas al rendimiento deportivo o a la vida diaria y laboral.

Modificado de Liebenson C. Manual de rehabilitación de la columna vertebral. 2003. Barcelona: Paidotribo  
Presentation Clipart 3D Figures. Presenter Media. Eclipse Digital Imaging Inc.



Desde hace algunos años, la presencia de material generador de inestabilidad en las sesiones de Actividad Física se está viendo incrementada de forma exponencial, y todo ello debido a la supuesta mejora que en el **CORE** produce el entrenamiento sobre estos dispositivos y a su versatilidad que en teoría los hacen aplicables a:

**Rehabilitación.**

**Actividad Física Recreativa o saludable.**

**Rendimiento Deportivo.**





# Materiales.



FIT BALL



ESTABILITY DISC



PHYSIOBALL



WOBBLEBOARD



BOSU



T BOW



FOAM ROLLER



SUSPENSION TRX

## Conceptualización



### Funcional

Diferentes planos, aceleración-desaceleración conjunta, estabilización CORE.

### Inestabilidad

Expone al cuerpo a inestabilidades externas para incrementar la activación muscular.

### Suspensión

Entrenamiento inestable en el que las extremidades, superiores y/o inferiores se encuentran suspendidas.

# Beneficios.

- 1 + Co-contracción musc.**  
Incremento estabilidad articulaciones.
- 2 + Estabilidad CORE.**  
Debido a los requerimientos de control motor.
- 3 + Propiocepción.**  
Posibles usos terapéuticos.
- 4 + Performance.**  
Incremento en las medidas de Performance física.



## Conocimiento actual.

### Rehabilitación.

Existen numerosos estudios que avalan el uso de los materiales desestabilizadores. Disminuyen riesgo lesión. Efecto preventivo. Mejora propiocepción

Hernando G, 2009.  
Hubcher M, 2010.  
Behm y Colado, 2012.

### AF recreativa.

Los estudios existentes avalan el uso de material desestabilizador por la mayor activación muscular en el CORE que producen al realizar ejercicios de esta zona del cuerpo sobre ellos.

Behm y Colado, 2012.  
Behm DG, 2002, 2005, 2010.  
Lehman et all, 2005.  
Hildenbrand y Noble, 2005.

### Rendimiento.

Los estudios al respecto no parecen encontrar beneficios claros en su uso y en ocasiones si que presentan inconvenientes a modo de reducción de los picos de fuerza e inducción a la fatiga.

Behm y Colado, 2012.  
Chulvi I, 2010.  
Anderson y Behm, 2004.



## Razones estudio.

- No existencia otros estudios.  
(excepto fitball)
- Uso indiscriminado material.
- Necesidad de racionalización.
- Clasificar el material según uso.
- Establecer metodología uso.
- Ayudar a la selección de material.



**GENERAL:** Comparar el grado de activación de ciertos músculos del CORE y agonistas durante el ejercicio de push up aplicado en diferentes condiciones de estabilidad.

## Objetivos e hipótesis.

### Específico 1

Comparar la activación muscular de la condición de estabilidad respecto las diferentes condiciones de inestabilidad.

### Específico 2

Comparar la activación muscular del último dispositivo lanzado al mercado (TRX) respecto las demás condiciones.

### Específico 3

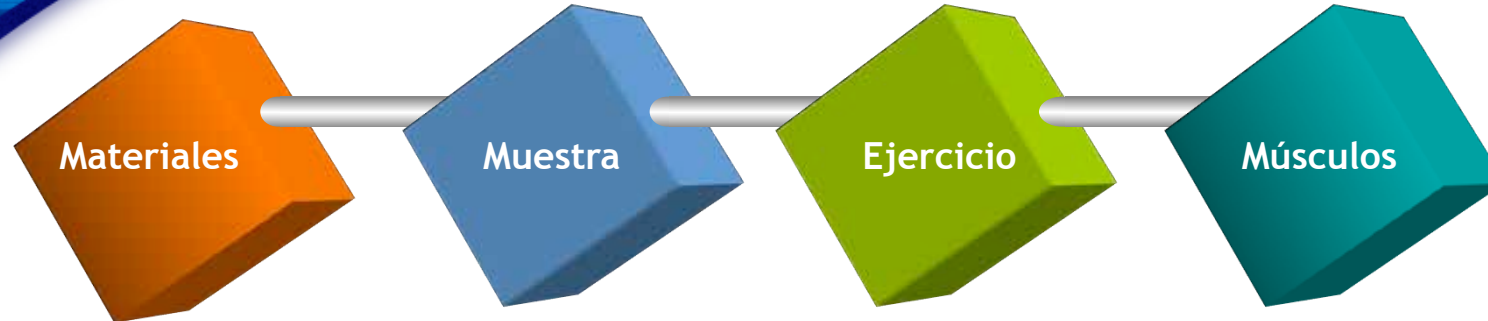
Comparar la activación muscular alcanzada entre los distintos dispositivos tradicionales generadores de inestabilidad.



# Hipótesis.

- 1.-El TRX es el material que más activación muscular producirá en los músculos estudiados, principalmente en la parte anterior del tronco, no solo comparándolo con la realización del ejercicio en condiciones estables, sino también en su comparación con el resto de materiales desestabilizadores empleados.
- 2.- La realización del ejercicio sobre las condiciones inestables generará mayor activación muscular en comparación con la condición estable.





Condición Estable (CE)  
Wobbleboard (WBR)  
Stability Disc (SD)  
FitnessDome (FD)  
TRX Suspension training (TRX)

N=30 varones  
23±1.13 años  
178.87±8.21cm  
78.01±8.33 Kg  
11.48±3,18% fat  
dist acromios  
42.22±2.81 cm

5 rep del ejercicio push up efectuado sobre cada una de las condiciones del estudio.  
  
Ritmo 2/2.  
  
Igualdad de las condiciones de realización.

Oblicuo externo.  
Recto femoral.  
Multífidos.  
Erector espinal.  
Tríceps braquial.  
Deltoides anterior.  
Pectoral.  
Serrato anterior.



# Electromiografía.

El registro de la actividad muscular se realizó mediante electromiografía de superficie.

**Behm & Colado 2012**



## **Relación fuerza-electromiografía.**

- Incrementos en la EMG equivalen a incrementos en la producción de fuerza.

**Ayotte et al. 2007.**  
**Distephano et al. 2009.**



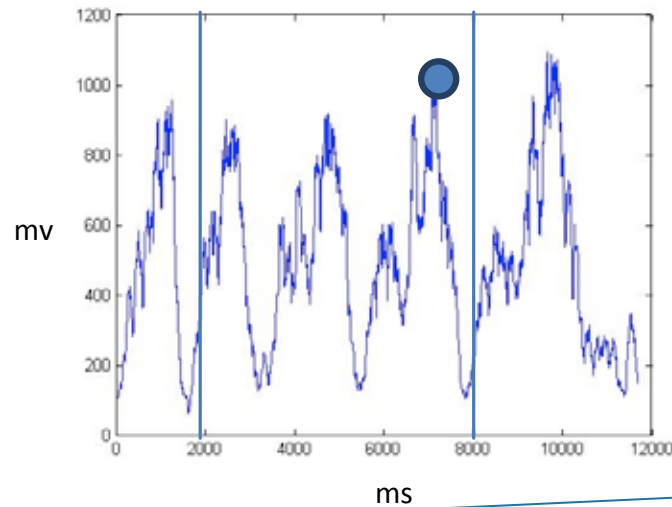
## **Relación amplitud señal-fuerza.**

- A mayor amplitud de señal, mayor ganancia de la fuerza.

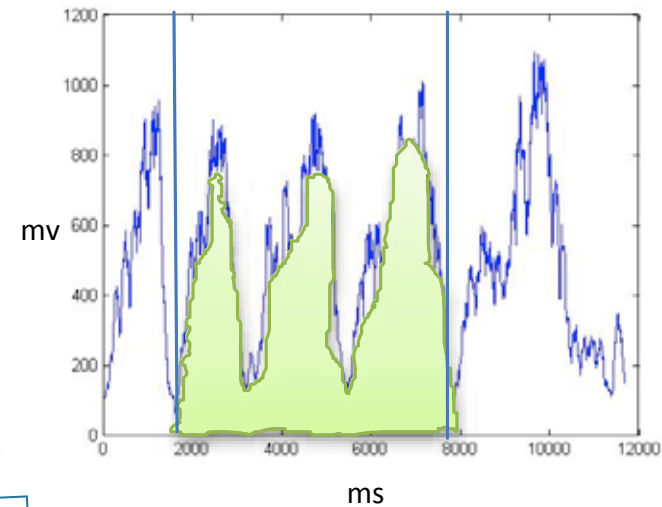


# Medición electromiografía.

RMS media



RMS máxima



Hibbs AE et al. 2011.



# Sesiones.

## 1.- Familiarización.

01. Firma consentimiento.
02. Cuestionario Par-Q.
03. Instrucciones para sesión 2.
04. Antropometría.
05. Calentamiento específico.
06. Realización ejercicios.



## 2.- Toma de datos.

01. Calentamiento específico.
02. Colocación electrodos.
03. Registro MCVI.
04. Registro EMG ejercicios.
05. Almacenaje datos.





1. Ubicación electrodos en lado dominante según indicaciones de Cram y Casman.
2. Preparación de la piel mediante rasurado y limpieza.
3. Colocación electrodos.
4. Protección electrodos con riesgo de desplazamiento.
5. Verificación funcionamiento electromiógrafo.





# Pruebas MCVI.



Konrad P, 2005







## Ejercicio.



1



2



3

- Activación músculos extremidades y tronco.
- Muy utilizado en acondicionamiento, salud y rendimiento.
- Fácilmente realizable en todas las condiciones estudiadas.

Beach et al, 2008.  
Schoffstall E, 2010.  
ACSM, 2008.  
Andrade et al, 2008.  
Freeman S, 2006.  
Youdas et al, 2010.



## Ejercicio.



- ☑ Manos separadas a distancia acromial.
- ☑ Cada mano apoyaba sobre un dispositivo independiente, excepto TRX.
- ☑ Pies situados sobre plataforma de igual altura que manos.
- ☑ Separación pies a 25 cm.
- ☑ Control alineación corporal mediante laser, inicio y fin.



## Material generador de inestabilidad.



Materiales utilizados en el estudio, 1:Wobbleboard, 2: Stability Disc, 3: Fitness Dome, 4: TRX.



# Tratamiento señales.



RAW  
EMG

Transformación  
Analog-digit  
Megawin

Acondicionamiento  
Señales  
Matlab 7.0  
Max RMS  
Media EMG  
Excel '07

Estadística  
SPSS 17  
Distribución normal\*  
Homocedasticidad\*\*  
E. Descriptiva\*\*\*  
Anova med rep\*\*\*\*  
Post-hoc Bonferroni

	CE	WBR	SD	FD	TRX
P	97.85(17.75)	91.56(14.69)	82.90(13.84)	90.74(16.52)	102.26(17.79) <sup>3</sup>
PAD	84,18(7,05)	94,43(6,02)	87,43(7,03)	89,51(7,70)	86,08(6,21)
PLTB	113,28(11,13)	113,15(11,81)	115,62(12,37)	119,77(14,71)	136,37(18,26)
SA	44.28(5.77)	135.88(17.06) <sup>1</sup>	125.48(15.65) <sup>1</sup>	125.86(14.21) <sup>1</sup>	11.24(15.28) <sup>1</sup>
OE	154.16(26.59)	144.24(20.90)	212.18(36.98) <sup>2</sup>	192.69(40.78)	331.56(40.60) <sup>1234</sup>
MF	8.01(1.64)	9.78(2.73)	8.70(1.88)	8.64(2.28)	16.76(3.37) <sup>1234</sup>
EED	79.11(26.61)	80.86(28.94)	64.09(20.86)	65.71(22.81)	58.09(11.64)
RF	23.17(2.36)	21.49(1.89)	27.96(3.16)	25.75(2.68)	38.80(3.41) <sup>1234</sup>

\*Los datos son presentados como porcentaje de la media (error típico) respecto de la máxima contracción voluntaria isométrica (n=30).  
<sup>1</sup>en comparación con CE, <sup>2</sup>en comparación con WBR, <sup>3</sup>en comparación con SD, <sup>4</sup>en comparación con FD. (p≤0.05)

\*Test de Kolmogorov-Smirnov

\*\*Test de Levene

\*\*\*Medias, desv estándar, error, dispersión

\*\*\*\* grupo muscular [8: OE, MF, EED, RF, P, PLTB, PAD, SA] x cond ejercicio, 5.

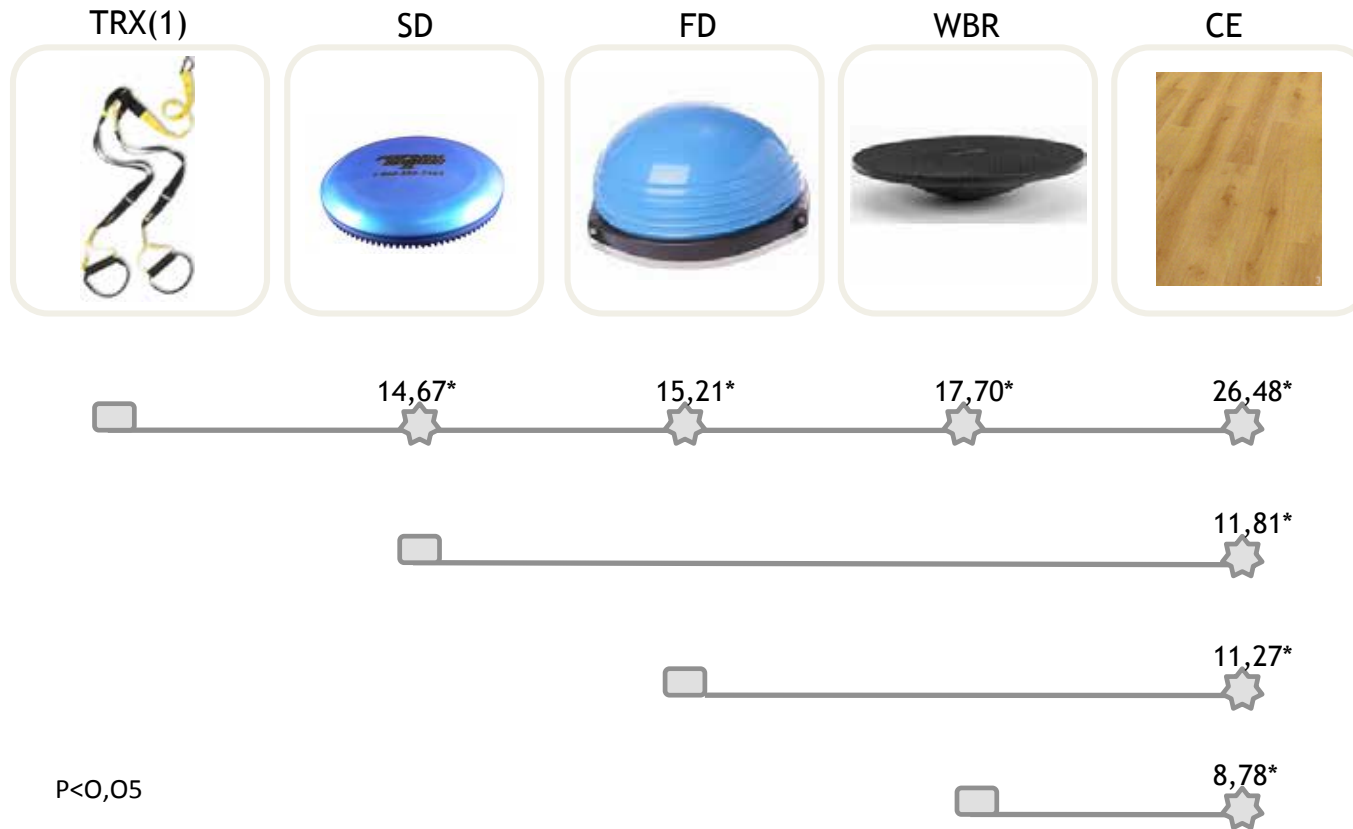


Resultados y argumentación.





# RMS media global.



P<0,05

Representación gráfica diferencia de medias del global de los músculos estudiados. \*  $p \leq 0.05$



## RMS media por pares.

Comparaciones RMS media entre equipamientos.\*

	CE	WBR	SD	FD	TRX
P	73.39(13.31)	68.67(11.02)	62.18(10.39)	68.06(12.39)	76.70(13.35) <sup>3</sup>
PAD	64.15(5.37)	71.96(4.59)	66.62(5.36)	68.21(5.87)	65.60(4.74)
PLTB	83.83(8.24)	83.74(8.75)	85.56(9.15)	88.63(10.89)	100.92(13.52)
SA	35.43(4.62)	108.71(13.65) <sup>1</sup>	100.39(12.53) <sup>1</sup>	100.69(11.38) <sup>1</sup>	89.00(12.23) <sup>1</sup>
OE	115.62(19.94)	108.18(15.68)	159.14(27.74)	144.52(30.59)	248.67(30.45) <sup>1234</sup>
MF	6.41(1.31)	7.82(2.19)	6.96(1.50)	6.91(1.82)	13.41(2.70) <sup>1234</sup>
EED	59.33(19.96)	60.65(21.71)	48.07(15.65)	49.28(17.11)	43.57(8.73)
RF	18.01(1.84)	16.70(1.47)	21.73(2.45)	20.01(2.08)	30.15(2.65) <sup>1234</sup>

\*Los datos son presentados como porcentaje de la media (error típico) respecto de la máxima contracción voluntaria isométrica (n=30).

<sup>1</sup>en comparación con CE, <sup>2</sup>en comparación con WBR, <sup>3</sup>en comparación con SD, <sup>4</sup>en comparación con FD. (p≤0.05)

# Argumentación.

- No hay análisis globales publicados.
- Coincidencia a nivel de CORE.
- Uso diferente de los materiales.
- Inexistencia estudios sobre suspensión.

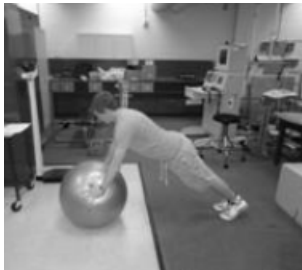
Extremidades superiores.

CORE.



## Extremidades superiores.

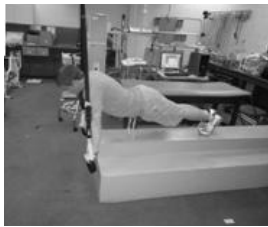
### → 01. Lehman et al, 2006



- Push up suelo versus fitball.
- Tríceps, recto abdominal, oblicuo externo, pectoral mayor, gran dorsal.
- Mayores activaciones en swiss ball en oblicuo externo, recto abdominal y tríceps.
- No diferencias en pectoral entre suelo y fitball.

- Aparece coincidencia en la musculatura del CORE con nuestro estudio.
- No coincide en el tríceps braquial, ni en el pectoral que en el nuestro presenta mayor activación al realizarlo sobre TRX que sobre stability disc.

→02. Dyreck A, 2011.



## Extremidades superiores.

- Push up TRX versus fitball
- Tríceps braquial, pectoral, oblicuo externo, gran dorsal, deltoides anterior, recto abdominal.
- Mayor activación pectoral sobre fitball versus TRX.
- Mayor activación tríceps braquial TRX sobre resto condiciones.
- Mayor activación en deltoides anterior en y fitball sobre TRX.

- No coincide en el tríceps braquial.
- No coincide en la diferencia de activación del deltoides anterior.
- En el pectoral en el nuestro presenta mayor activación al realizarlo sobre TRX que sobre stability disc y en el de Dyreck a favor fitball vs TRX.

→ 03. Oliveira et al, 2008



## Extremidades superiores.

- Press up isométrico sobre diferentes condiciones, banca, pared, standard, estables e inestables mediante medicin ball.
- Deltoides anterior, pectoral mayor, tríceps braquial, bíceps braquial, serrato anterior, trapecio alto.
- Mayores activaciones musculares en deltoides anterior y tríceps braquial al realizar los ejercicios en inestabilidad.
- No hay diferencias de activación en serrato anterior.

- No coincide en la diferencia de activación del deltoides, ni en el serrato anterior, ni en el tríceps.
- Diferencias determinadas por la mecánica y apoyos.

## Extremidades superiores.

### → 04. Bair C et al, 2009.



- Push up ejecutado en suelo, sobre bosu y con pies por encima cadera apoyados en banco.
- Bíceps braquial, tríceps braquial, recto abdominal, oblicuo externo, pectoral mayor, gran dorsal, deltoide posterior.
- Mayor activación del pectoral en ejecución con pies sobre banco.

- En nuestro estudio, el pectoral se activa más durante la realización sobre el TRX en comparación con el stability disc, posiblemente influyan mucho la posición de las manos en relación a la altura de los pies y el tipo de inestabilidad.

## CORE.

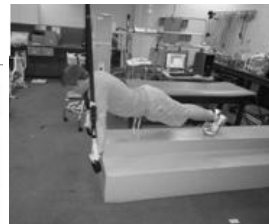
### → 01. Beach et al. 2008



- Push up estables versus suspendidos.
  - Recto abdominal, oblicuo externo, oblicuo interno, gran dorsal, erector espinal dorsal, erector espinal lumbar, multifidus.
  - Mayores activaciones musculares en oblicuo externo, erector espinal lumbar, recto abdominal, oblicuo interno al realizar el push up suspendido.
  - Similar activación en el erector espinal dorsal.
- Coincide con nuestro estudio a nivel de oblicuo externo y erector espinal lumbar y multifidus que también presenta mayor activación durante el push up suspendido. Igualmente no hay mayor activación muscular en el erector espinal dorsal en ninguna de las condiciones.

## CORE.

### → 02. Dyreck A, 2011



- Push up TRX versus fitball.
- Tríceps braquial, pectoral, oblicuo externo, gran dorsal, deltoides anterior, recto abdominal.
- Mayor activación muscular oblicuo externo, recto abdominal al realizar el ejercicio en TRX.

- Coincide con nuestro estudio a nivel de oblicuo externo que también presenta mayor activación durante el push up suspendido.



### → 03. Otros estudios.



## CORE.

- En nuestro estudio no aparecen diferencias entre las distintas condiciones de inestabilidad, excepto TRX, y la condición estable.
  - En nuestro estudio aparecen diferencias entre dos dispositivos de inestabilidad.
  - En nuestro estudio aparecen mayores activaciones musculares al realizar el ejercicio sobre TRX en comparación con el resto.
- 
- TRX aparte, las diferencias aparecidas durante el uso de los distintos materiales generadores de inestabilidad pueden darse por:
    - Experiencia y condición física de los ejecutantes.
    - Mecánica de realización del ejercicio.



Conclusiones finales.








## Hipótesis 1.

*Se cumple la hipótesis relativa a la mayor activación muscular cuando se realiza el ejercicio sobre el TRX en comparación con el resto de materiales generadores de inestabilidad y la condición estable.*

## Hipótesis 2.

*No se cumple la segunda parte relativa a la mayor activación muscular cuando se realiza el ejercicio sobre el resto de materiales generadores de inestabilidad en comparación con la condición estable.*



Recomendaciones para la práctica con dispositivos generadores de inestabilidad.

○ Activación.

No se garantiza una mayor activación muscular en el CORE ni en agonistas, excepto TRX.

○ Suspensión.

Dadas las activaciones provocadas por el TRX, hay que tener cuidado con la tensión lumbar generada.

● Criterios de uso.

Recomendamos la utilización de estos materiales en combinación, y nunca de forma exclusiva, con el entrenamiento en condiciones estables.

● Progresiones.

Antes de progresar a trabajos en inestabilidad, hay que acondicionar la musculatura estabilizadora del CORE, no se recomienda su uso a personas con dolor de espalda crónico.



### Perspectivas del Estudio

- 1.- Sería conveniente realizar más estudios sobre el TRX en todas sus variantes de dificultad y con diferentes tipos de sujetos: Entrenados, Practicantes Recreacionales y aquellos que tengan necesidades de rehabilitación.
- 2.- Habría que realizar cuestionarios de Percepción del Esfuerzo, Preferencias, y dolor para elaborar una guía de uso de los materiales generadores de inestabilidad.



UNIVERSITAT DE VALÈNCIA

(1546) Facultat de Ciències de l'Activitat Física i de l'Esport

# “Comparación de los niveles de activación de los músculos estabilizadores del CORE y agonistas durante la realización del ejercicio *push up* sobre equipamientos con diferentes grados de estabilidad”.

TESIS DOCTORAL.

Departamento de Educación Física y Deporte.

Presentada por: Fernando Martín Rivera.

Dirigida por: Dr. Juan Carlos Colado Sánchez.  
Dr. Víctor Tella Muñoz.

Valencia, Noviembre de 2012.