Entraînements combinés pour les sports collectifs. Applications au Volley Ball. Existe t il un rapport idéal entre force et endurance

Charles-Yannick Guezennec

Service de Médecine du Sport

Hôpital de Perpignan

Les buts de la préparation physique dans les sports collectifs

- **Développer les qualités musculaires** mises en jeu dans les actions spécifiques du type de sport collectifs (Ex: Détente verticale)
- **Développer l'aptitude aérobie** indispensable pour être au niveau des qualités requises
- **Prévenir les blessures**

Modèle de développement des athlètes en volleyball (2013-2017)
Direction du sport et de l'activité physique du ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport du Québec. (2012)

Clayton Stanley (205 cm – saut d'attaque 357 cm)

Photo FIVB Beijing 2008
Na Zhang, Chine – 180 cm

Le volleyball est une activité qui impose

- des actions courtes et maximales
- une charge de jeu différente selon les postes
- des enchainements de déplacements de soutien et de défense.

Ces actions nécessitent :

- de la détente et de l'explosivité
- de la coordination et de la souplesse
- une endurance spécifique qu'on peut qualifier d'endurance-puissance

Ces qualités physiologiques sont améliorées par une préparation physique générale: comment l'administrer de la façon la plus efficace

Les filières énergétiques mises en jeu

- Une étude italienne (Fontani et al. 2000) rapporte un pourcentage très élevé des échanges de 5 secondes et moins impliquant la **participation du métabolisme anaérobie alactique au volleyball.**
- Les programmes de préparation physique devraient privilégier les exercices de puissance anaérobie alactique
- **La capacité aérobie élève le rendement de l'athlète** sur la durée du match et en développant sa capacité générale à soutenir un effort lui permettant de mieux récupérer et par le fait même de mieux supporter l'entrainement.

Relation avec les blessures

- **Influence des aptitudes physiques**: Gabett et al (Am J Sport Med 2005) ont montré que ce sont les joueurs les moins endurants et/ou le moins rapides qui ont le plus grand risque de blessure en rugby
- Un des facteurs d'explication est le **seuil de fatigue**, 70% des blessures selon ces auteurs interviennent dans la seconde mi-temps chez les joueurs les plus fatigués ou en fin de saison chez les joueurs qui ne récupèrent pas entre les match
- La fréquence des blessures augmente avec **la charge d'entraînement total**: spécifique+PPG
- **Ces résultats tendent à indiquer qu'il faut pouvoir augmenter vitesse et endurance par la PPG sans augmenter de façon importante la charge de travail total:**

comment?

En combinant endurance et force dans la même séance

Observation dans d'autres types d'activités

- **Football**:la prévention des blessures semble diminuée par le développement de la force et de la capacité aérobie (Cometti et al 2001, Stone et Kilding 2009)
- Préparation physique des militaires: la prévalence des blessures de la totalité des segments corporels est directement reliée avec l'aptitude aérobie (Guezennec et al 2010)
- Les deux principaux facteurs de blessures sont: **Fatigabilité élevée et exposition à des contraintes mécaniques répétées pour un même segment de membre**
- Ces données tendent à montrer que la PPG dans un but de prévention doit:
- **Développer toutes les filières énergétiques et réduire la charge mécanique sur l'appareil locomoteur**

Problème posé et limites

- **Il faut pouvoir développer les capacités aérobies sans réduire la puissance**
- Existe-t-il une interaction positive ou négative entre le développement de la force et de l'endurance?
- Peut on développer la capacité aérobie en faisant travailler alternativement force et endurance et avec quelles séquences

Méthodes applicables à la PPG Volley

- **Méthode classique**: entraînements successifs en endurance et en force (Sales et al. MSSE 1990)
- **Méthodes combinées**: dans une même séance sollicitations de la force et de l'endurance sur des segments corporels différents entraînements multivariés (Chtara et al J Strength Cond Res 2008)
- **Endurance force**: utilisation d'une séance de musculation avec une sollicitation cardio-vasculaire et métabolique soutenue (Gotshalk et al J Strength Cond Res 2004)

Un exemple de programme

EFFECTS OF TRAINING EXERCISES FOR THE DEVELOPMENT OF STRENGTH AND ENDURANCE IN SOCCER

Nunez et al. Journal of Strength and Conditioning Research 2008

TABLE 3. Training program per session.

	e1*	e2†	e3‡	e4§
Strength	6 sets, 6 repetitions maximum	6 sets, 8 repetitions maximum	6 sets, 4 $jumps_h$	4 sets, 4 $jumps_v$
Endurance	4 sets, 12'	6 sets, 8'	6 sets, 60"	6 sets, 20"

*e1 = maximum hold (strength) and a variable trajectory (endurance).
†e2 = fast loads (strength) and medium extensive intervals (endurance).
‡e3 = horizontal jumps (strength) and medium intensive intervals (endurance).
§e4 = vertical jumps (strength) and short intensive intervals (endurance).

TABLE 4. Mean results for squat jump, countermovement jump, and countermovement jump with arm swing tests.

	Assessment 1	Assessment 2	Assessment 3	Assessment 4
Squat jumps (cm)	37.58 ± 3.80	41.36 ± 2.88*	42.60 ± 3.58†	43.66 ± 3.97‡
Countermovement jumps (cm)	45.96 ± 3.72	47.38 ± 3.81	49.66 ± 4.16†	49.95 ± 4.82‡
Countermovement jumps with arm swing (cm)	52.74 ± 4.82	53.23 ± 4.26§	55.82 ± 5.21	56.66 ± 5.19‡

*Significant difference between first and second assessments.
†Significant difference between first and third assessments.
‡Significant difference between first and fourth assessments.
§Significant difference between second and fourth assessments.

Les questions

- Un entraînement en force peut il augmenter ou réduire le gain de performance aérobie et à l'inverse dans quelle mesure un entraînement en endurance peut il réduire le gain de force
- Un entraînement en endurance sur différents segment de membre peut il aboutir aux mêmes effets en terme de gain de capacité aérobie

Les données sur les interactions endurance force

-L'augmentation du volume d'entraînement en musculation avec une réduction du volume d'endurance se traduit par un gain de force sans réduction de la capacité aérobie. **Mikkola et al.** J Strength Cond Res. 2007

--La combinaison endurance/musculation ne permet pas d'avoir un gain de force aussi important que la musculation pratiquée seule. Mais permet d'améliore la capacité aérobie (**Chtara et al.**J Strength Cond Res 2008

Il est donc possible d'utiliser les séances combinées pour améliorer le gain de capacité aérobie avec une réduction du volume d'endurance

La combinaison endurance/force améliore le gain de capacité aérobie mais ne permet pas d'obtenir la totalité du gain de force résultant de la musculation seule.

Effets des entraînements combinés sur le développement de la capacité aérobie

De Souza et al. Molecular Adaptations to Concurrent training. Int J Sports Med 2013:

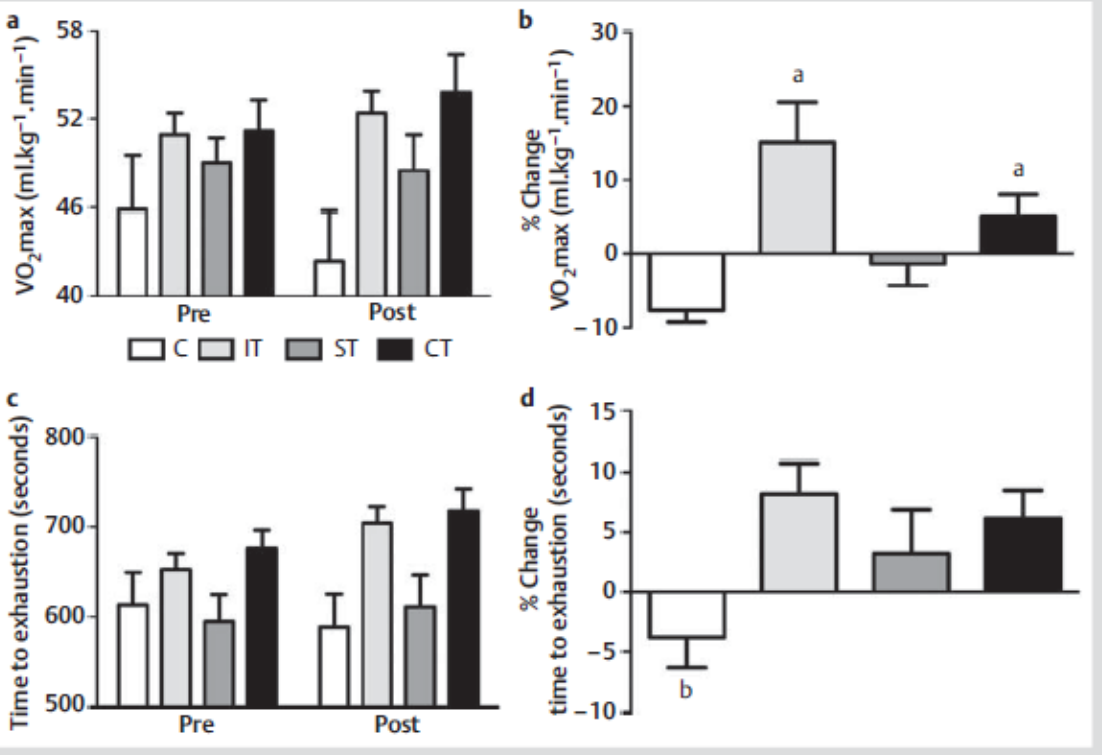


Fig. 1 Aerobic fitness for the control (C), interval training (IT), strength training (ST), and concurrent training (CT) groups. Pre- and Post-training (mean ± SE). **a** – greater than C and ST groups ($p<0.05$). **b** – lower than IT, ST and CT groups ($p<0.05$).

8 sem d'entraînement

IT 80% Vo2 max

ST12-6 Max Rep isocinétique

CT IT+ST dans même session

Les effets sur le développement de la force

Table 2 Leg press (LP) 1 RM, left (LT) and right thigh (RT) cross-sectional area for the control (C), interval training (IT), strength training (ST), and concurrent training (CT) groups pre- and post-training (mean ± SE).

		C	IT	ST	CT
LP-1RM (kg)	Pre	261.2±56.1	255.4±56.4	270.3±45.5	268.4±47.6
	Post	262.8±60.6	263.8±51.5	320.3±57.0*!	315.7±63.5*!
LT-CSA (mm^2)	Pre	8347.3±1643.1	8390.3±817.5	8332.4±893.3	8340.8±1000.0
	Post	8556.3±1579.7	8658.2±922.3	8849.5±893.3*!	8996.8±919.5*!
RT-CSA (mm^2)	Pre	8332.7±1511.6	8483.5±920.9	8215.4±898.8	8261.4±1002.0
	Post	8508.3±1467.4	8756.1±1001.6	8668.0±952.4*!	8882.7±868.4*!

*- Post-test values greater than pre-test values ($p < 0.001$)

!- Post-test values for the ST and CT groups greater than the C and IT groups ($p < 0.001$)

Les entraînements combinés sont particulièrement efficaces pour obtenir une hypertrophie musculaire

L’objectif des séances combinées est:

- Obtenir la totalité des effets: Endurance+force
- Réduire les contraintes d’un même segment de membre
- Potentialiser les effets d’une activité sur l’autre
- L’utilisation des méthodes de biologie moléculaire apporte des éléments de réponse sur le type d’alternance pour avoir le meilleur gain de force

La réponse est donnée par les avancées récentes de la biologie moléculaire qui permet d'identifier les voies de signalisation intra-musculaires aux différents types d'entraînement (Revue par Coffey et Hawley. Sports Med 2007)

On observe une spécificité des voies de signalisation mises en jeu dans le développement de la force ou de l'endurance

La voie de signalisation des effets de l'endurance sur le muscle inhibe partiellement la voie de signalisation des effets de l'entraînement en force, la réciproque ne semble pas se produire

« **Akt** » ou « **protéine kinase B** » (**PKB**) est une protéine essentielle dans la signalisation des cellules, et dans les phénomènes cellulaires conduisant à l'hypertrophie des muscles squelettiques

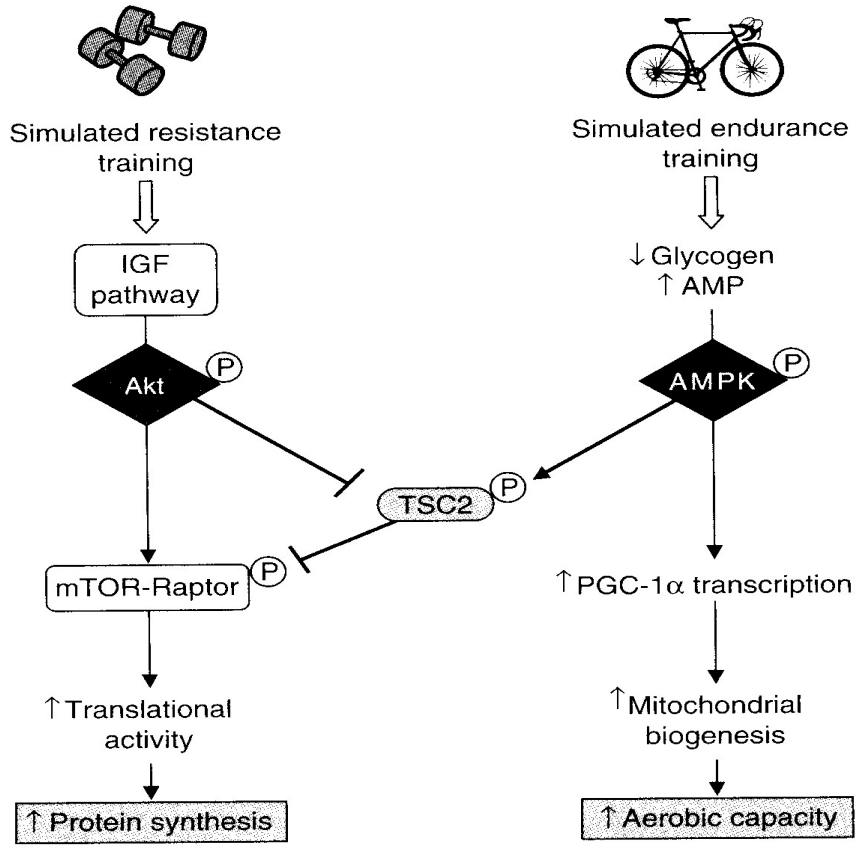
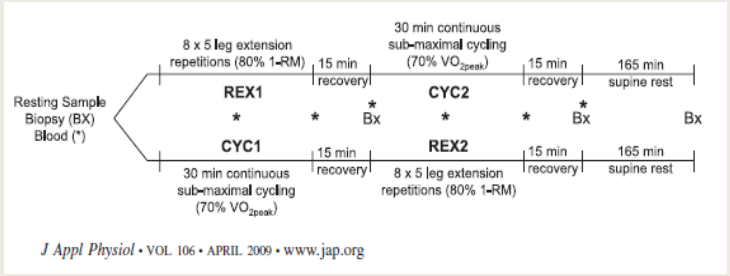


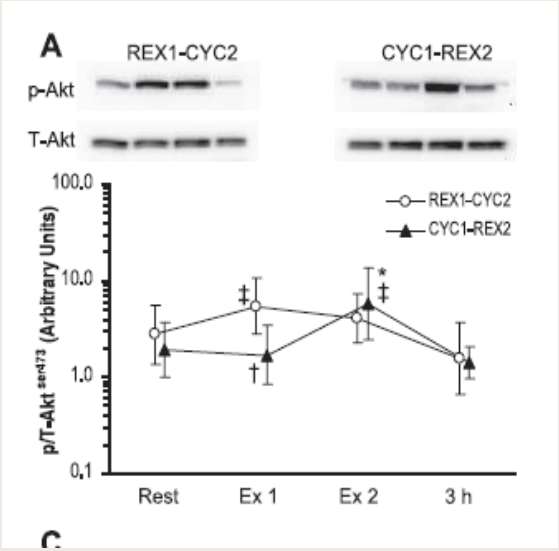
Fig. 7. Putative adaptive pathways in response to endurance- and resistance-like stimuli. Bars denote inhibition and arrows denote activation. **AMP** = adenosine monophosphate; **AMPK** = adenosine monophosphate kinase; **IGF** = insulin-like growth factor; **mTOR** = mammalian target of rapamycin; **P** = phosphorylation; **PGC-1α** = peroxisome proliferator activated receptor γ co-activator-1α; **TSC2** = tuberous sclerosis complex 2; ↑ indicates increase; ↓ indicates decrease.

Dans quel ordre alterner endurance et musculation dans la même séance

- Un travail récent utilisant les méthodes de biologie moléculaire permet de formuler des hypothèses **Coffey et al J Appl Physiol 2009**
- Des ponctions de muscle ont permis d'évaluer la réponse des systèmes de signalisation sous l'effet de l'endurance associée à la musculation
- L'endurance pratiquée avant la muscuationl réduit la réponse anabolique, l'endurance pratiquée après augmente la réponse inflammatoire et la synthèse d'enzyme oxydative
- **Il serait donc intéressant de vérifier si il faut terminer les séances multivariées par l'endurance**

Les mécanismes d'action intra-musculaire des séances combinées
Coffey et al J Appl Physiol 2009

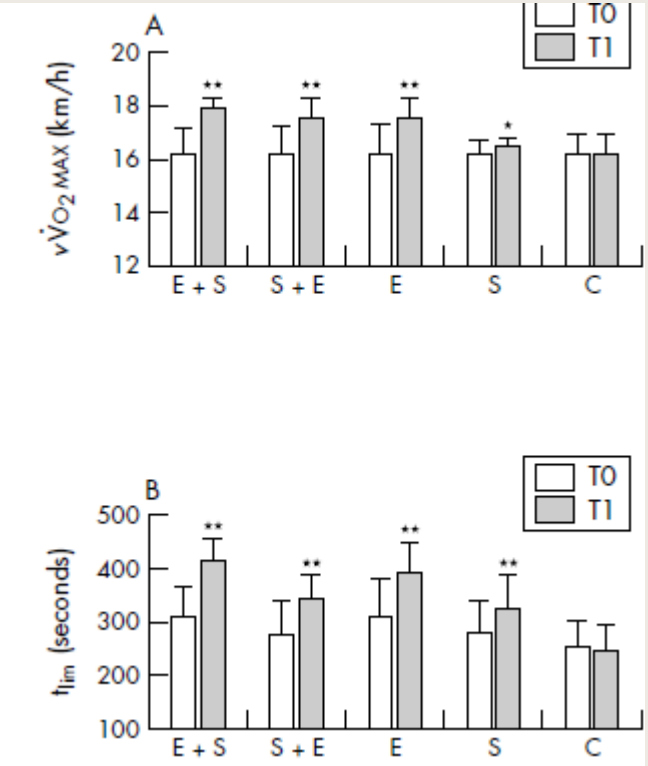




L'élévation de AKT est utilisé comme marqueur des synthèse musculaire: on observe une élévation sous effet de la musculation qui est potentialisée par la séquence Vélo-Musculation

En pratique il faudrait terminer les séances combinées par la musculation

Dans quel sens combiner endurance/force
Chtara et al. Br J Sports Med 2005



What this study adds

Endurance training followed by strength training produced greater improvements in endurance performance and aerobic capacity than the reverse order or if the training methods were performed separately.

MILITARY MEDICINE, 169, 12:994, 2004

Effects of Concurrent Resistance and Aerobic Training on Load-Bearing Performance and the Army Physical Fitness Test

Guarantor: William J. Kraemer, PhD
Contributors: William J. Kraemer, PhD*; Jason D. Vescovi, MS*; Jeff S. Volek, PhD RD*; Bradley C. Nindl, PhD†; Robert U. Newton, PhD‡; John F. Patton, PhD†; Joseph E. Dziados, MD MPH‡; Duncan N. French, PhD*; Keijo Häkkinen, PhD§

The purpose of this research was to determine the effects of high intensity endurance training (ET) and resistance training (RT) alone and in combination on various military tasks. Thirty-five male soldiers were randomly assigned to one of four training groups: total body resistance training plus endurance training (RT + ET), upper body resistance training plus endurance training (UB + ET), RT only, and ET only. Training was performed 4 days per week for 12 weeks. Testing occurred before and after the 12-week training regimen. All groups significantly improved push-up performance, whereas only the RT + ET group did not improve sit-up performance. The groups that included ET significantly decreased 2-mile run time, however, only RT + ET and UB + ET showed improved loaded 2-mile run time. Leg power increased for groups that included lower body strengthening exercises (RT and RT + ET). Army Physical Fitness Test performance, loaded running, and leg power responded positively to training, however, it appears there is a high degree of specificity when concurrent training regimens are implemented.

Ce travail mené sur des militaires montrent que la succession d'entraînement en musculation généralisée et en endurance permet la meilleure réduction de masse grasse
Ce type d'effet doit pouvoir agir sur la prévention des blessures de l'appareil locomoteur

Ce travail souligne l'intérêt fondamental de proposer des plans mixtes combinant force/vitesse/endurance

Effet sur la détente verticale

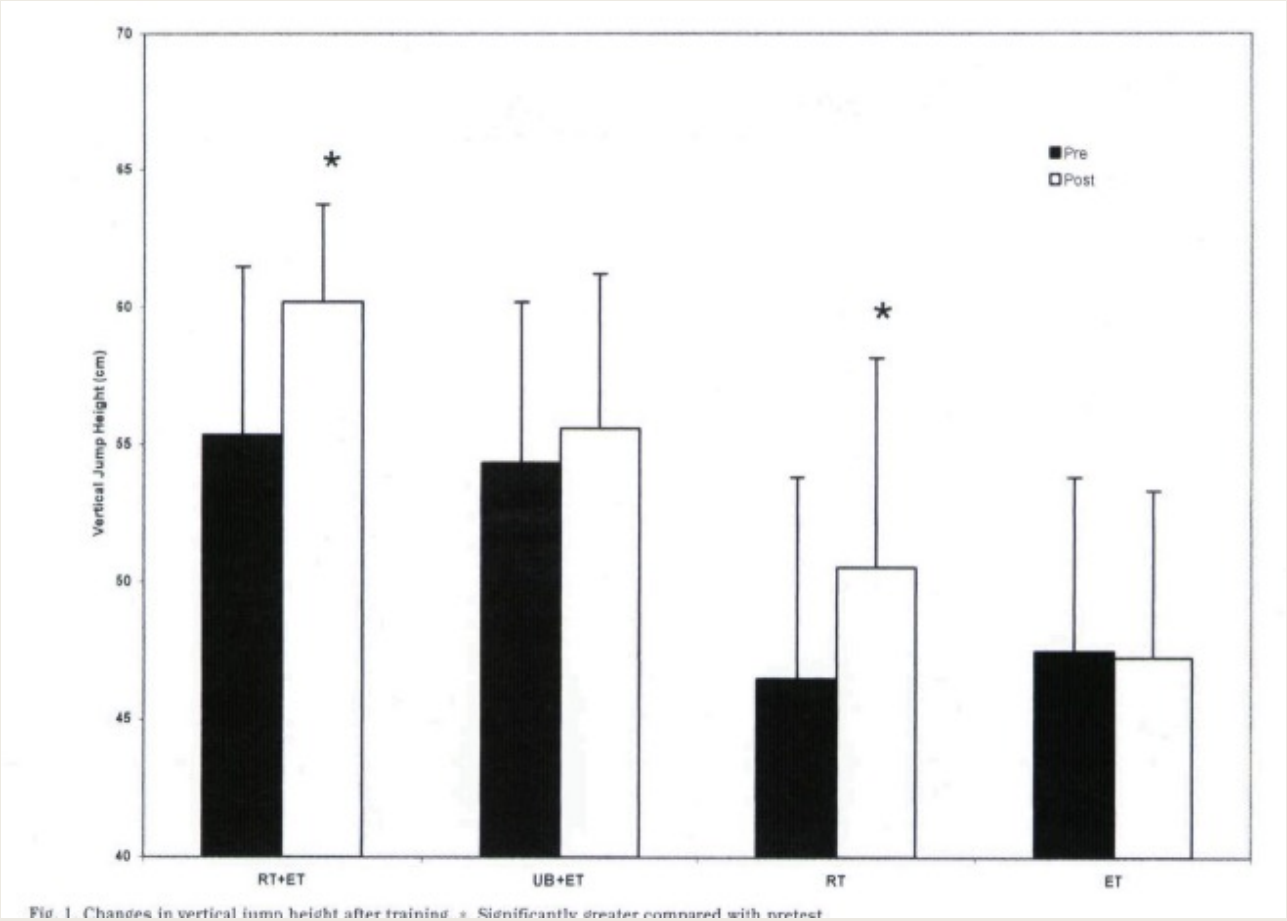


Fig. 1. Changes in vertical jump height after training. * Significantly greater compared with pretest.

En conclusions

- Les entraînements combinés sont d'intérêt pour développer les qualités physiologiques des volleyeurs

On pourrait y ajouter un troisième élément

- **Ajouter une tâche psycho-motrice** pendant les séances combinées
- Le support physiologiques repose sur l'interaction entre le niveau d'éveil cortical et l'intensité de l'effort qui suit une courbe en U inversé

Deux objectifs:

- favoriser la stabilisation des acquis
- Permettre un maintien des capacités psycho sensorielles pour des niveaux de fatigue élevé