



J.P. BAGUET, G. BARONE-ROCHETTE
Service de Cardiologie et Hypertension Artérielle,
CHU, GRENOBLE.

Rôle des profils tensionnels d'effort dans l'aide à la décision thérapeutique chez les hypertendus

L'hypertension artérielle est un facteur de risque indiscutable de morbi-mortalité cardiovasculaire. L'intérêt d'évaluer les variations de la pression artérielle (PA) à l'effort chez le sujet hypertendu ou susceptible de l'être mérite d'être pris en considération.

Dans ce cadre, les épreuves d'effort de type dynamique doivent être retenues. De nombreuses études ont permis de mieux définir la valeur prédictive de survenue d'HTA ainsi que la valeur pronostique des modes d'évolution de la PA à l'effort. Ainsi, la mesure de la PA systolique à l'effort semble apporter un élément supplémentaire pour prédire la morbi-mortalité cardiovasculaire.

Les applications diagnostiques de cette mesure à l'effort découlent de ces données pronostiques et on peut considérer qu'une étude de la PA à l'effort peut être recommandée chez les sujets qui sont soumis de façon régulière à des contraintes physiques importantes.

Il n'y a pas à ce jour de traitement médicamenteux spécifique de l'HTA d'effort.

L'hypertension artérielle est responsable d'une augmentation de la morbi-mortalité cardiovasculaire. La plupart des études ayant amené à cette conclusion font référence à la mesure de la pression artérielle (PA) au repos au cabinet médical. Cependant, d'autres méthodes peuvent être prises en considération telles que la mesure ambulatoire de la PA sur 24 heures, la mesure de la PA à domicile (automesure) et la mesure de la PA à l'effort.

Il existe deux types d'épreuve d'effort : l'épreuve d'effort dynamique, mettant en jeu l'ensemble des échanges gazeux de l'organisme à l'occasion d'un travail sur bicyclette ergométrique ou sur tapis roulant, et l'épreuve d'effort isométrique dont le type est l'effort de préhension prolongée. Nous ne discuterons pas ici de l'effort isométrique.

L'intérêt de l'évaluation des variations de la PA à l'effort chez le sujet hypertendu ou susceptible de l'être a fait l'objet de nombreuses études. Qu'en est-il du rôle des profils tensionnels à l'effort pour aider à la décision thérapeutique au cours de l'HTA ?

■ RÉALISATION PRATIQUE D'UNE ÉPREUVE D'EFFORT CHEZ L'HYPERTENDU

Deux types de matériel sont aujourd'hui utilisés pour la réalisation des épreuves d'effort : le tapis roulant et le cyclo-ergomètre (*fig. 1*). Les épreuves d'effort dites triangulaires, avec paliers de puissance progressivement croissants, sont les plus utilisées chez l'hypertendu. Le choix du protocole porte essentiellement sur deux points : épreuve d'effort maximale ou sous-maximale, niveau d'effort et durée des paliers.

L'épreuve d'effort est conduite jusqu'à ce que la fréquence cardiaque (FC) du patient atteigne son maximum théorique (220-âge en années) ou jusqu'à l'apparition de critères d'arrêt tensionnels ou symptomatiques. Le choix du niveau d'effort et de la durée des paliers répond à plusieurs objectifs : une durée suffisamment grande des paliers pour permettre l'adaptation du patient et laisser le

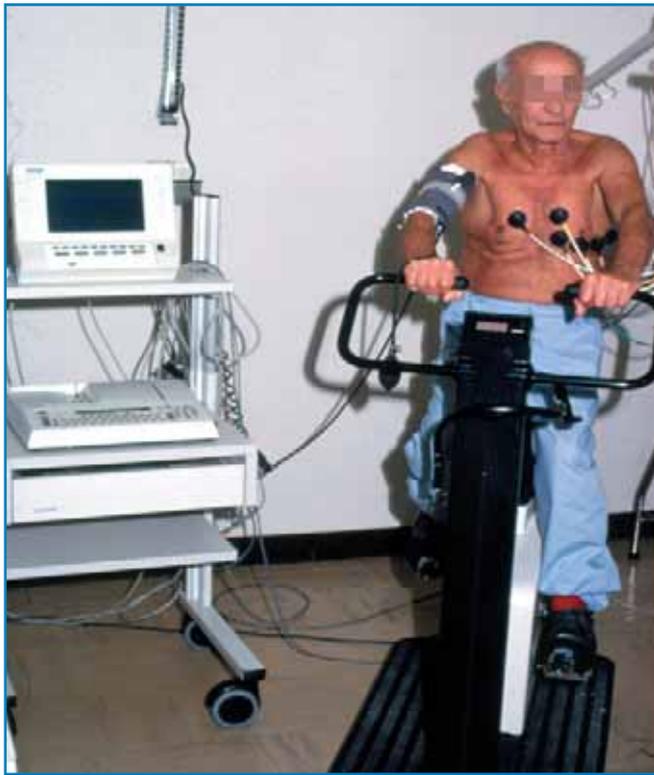


Fig. 1 : Réalisation d'une épreuve d'effort sur bicyclette ergométrique chez un patient hypertendu.

temps pour la mesure de la PA, une durée qui ne soit pas trop longue pour ne pas prolonger inutilement l'épreuve, surtout chez les sujets entraînés.

Aucun appareil de mesure automatique de la PA n'est à ce jour suffisamment fiable pour permettre une mesure tensionnelle à l'effort. La mesure manuelle reste donc aujourd'hui la méthode de référence. Elle doit répondre aux recommandations habituelles et doit être réalisée dans la dernière minute de chaque palier, à l'arrêt de l'effort, et chaque minute pendant au moins les 5 premières minutes de récupération.

Les critères d'arrêt généraux de toute épreuve d'effort sont à retenir [1, 2]. Etant donné les risques potentiels d'une élévation tensionnelle excessive au cours de l'effort, la prise en compte de critères d'arrêt tensionnels paraît importante. On peut retenir des valeurs maximales de 250/130 mmHg.

■ REPRODUCTIBILITE DES MESURES DE LA PA A L'EFFORT

Sur quelques jours, la reproductibilité des valeurs tensionnelles est meilleure à l'effort qu'au repos, et ce d'autant plus

que l'effort imposé est plus important. La reproductibilité des chiffres mesurés en période de récupération est elle aussi satisfaisante. Cette bonne reproductibilité des mesures de la PA à l'effort se retrouve aussi bien chez le normotendu que l'hypertendu [3] et se confirme à long terme [4].

■ VALEURS DE NORMALITE

On ne dispose pas à ce jour de valeurs de référence pour la PA d'effort prenant en compte des données sur la morbi-mortalité. Seules ont été établies des valeurs de normalité chez des sujets normotendus au repos selon les normes de l'OMS. Ces valeurs de normalité prennent en compte les variations de la PA en fonction des niveaux de travail et de FC [5-7].

Toutes les études montrent que la PAS augmente lors de l'exercice. Cette élévation apparaît dès le début de l'effort. Elle est d'abord constante, puis, pour un niveau d'effort suffisamment important, une stabilisation survient avec un état d'équilibre [5]. Pour un certain niveau de travail, la PAS n'augmente plus et même diminue, traduisant alors que l'effort n'est plus toléré. La chute de la PAS peut être considérée comme un des critères d'arrêt de l'effort.

Les variations de la PA diastolique (PAD) à l'effort ont fait l'objet de moins d'études que la PAS et les résultats divergent. En utilisant des mesures indirectes, il est le plus souvent retrouvé une élévation modérée de la PAD à l'effort. Dans certains cas, surtout chez les sujets jeunes très entraînés, on peut observer une absence d'augmentation, voire même une baisse de la PAD durant l'effort.

■ PREDICTION DE L'HTA A PARTIR DES DONNEES DE L'EPREUVE D'EFFORT

Du fait du coût économique de l'HTA et de l'importance potentielle de sa détection précoce, des études ont été conduites pour connaître l'intérêt de la réponse tensionnelle à l'effort comme élément prédictif de la survenue d'une HTA à plus ou moins long terme.

Les conclusions de la Framingham Heart Study, menée chez 2310 sujets normotendus jeunes suivis pendant 8 ans, sont qu'après ajustement pour différents facteurs, une augmentation exagérée de la PAD à l'effort (tapis roulant) est un élément prédictif de risque de survenue d'une HTA chez l'homme comme chez la femme [8]. De même, une élévation de la PAS

- ▶ L'HTA est un facteur de risque cardiovasculaire indiscutable.
- ▶ L'étude des profils tensionnels à l'effort peut être intéressante pour dépister certains sujets à risque de développer une HTA.
- ▶ Le niveau de PA systolique à l'effort est positivement lié à la morbi-mortalité cardiovasculaire.
- ▶ Tout patient hypertendu ne doit cependant pas bénéficier d'une épreuve d'effort.
- ▶ Il n'y a pas de traitement médicamenteux spécifique de l'HTA d'effort.

lors de la période de récupération est prédictive d'HTA chez l'homme. Miyai *et al.* ont plus récemment évalué l'intérêt de la mesure de la PA à l'effort pour mettre en évidence un risque accru de survenue d'une HTA [9]. Cette étude réalisée chez 726 sujets normotendus suivis pendant près de 5 ans montre que la mesure de la PA à l'effort (bicyclette ergométrique) apporte un élément supplémentaire de prédiction de survenue d'une HTA. Tsumura *et al.* ont montré chez 6557 sujets normotendus que la réponse tensionnelle post-exercice était associée à une augmentation du risque de survenue d'une HTA, et ce indépendamment des valeurs de PA au repos [10]. Il n'est cependant pas possible, jusqu'à preuve du contraire, de tirer des conclusions définitives à partir de ces études pour l'approche d'un individu donné à un moment donné.

■ VALEUR PRONOSTIQUE DE L'ÉPREUVE D'EFFORT

A partir des données de l'étude de Framingham et de celles d'autres études conduites ultérieurement, la signification pronostique en termes de morbi-mortalité des niveaux de PAS et de PAD de repos semble établie. Les variations de la PA à l'effort apportent-elles des éléments pronostiques supplémentaires? Telle est la question à laquelle un certain nombre d'études ont essayé de répondre.

Pour Fagard *et al.*, les niveaux de PA (mesures intra-artérielles) observés aussi bien au repos que pour des efforts sous-maximaux ou maximaux ont une signification pronostique en termes de morbi-mortalité cardiovasculaire à 10 ans chez les sujets hypertendus [11]. Filipovsky *et al.* ont suivi 4907 hommes normotendus ou hypertendus non sévères sur une période de 17 ans [12]. Ils concluent que l'importance de l'augmentation de la PAS à l'effort (bicyclette ergométrique) représente un facteur de risque de mortalité cardiovasculaire, et ce indépendamment des valeurs de PA et de FC de repos.

Le suivi d'une population norvégienne sur des périodes de 16 puis de 21 ans par l'équipe de Mundal et Kjeldsen a fait l'objet de publications successives [13-15]. Les premiers résultats présentés portent sur 2014 patients apparemment sains suivis sur une période de 16 ans. La PA d'effort est un facteur prédictif plus fort que la PA au cabinet médical pour la morbi-mortalité par infarctus du myocarde.

De plus, une élévation précoce de la PAS à l'effort ajoute une information pronostique pour la mortalité par infarctus du myocarde. Les résultats suivants portent sur une durée de suivi de 21 ans. Les valeurs de la PAS d'effort mesurées pour des niveaux de travail sous-maximaux apportent une information prédictive supplémentaire indépendante en termes de mortalité cardiovasculaire. Kurl *et al.* ont évalué l'intérêt de la mesure de la PAS à l'effort pour prédire le risque de survenue d'un accident vasculaire cérébral [16]. Dans cette étude, menée chez 1026 sujets apparemment sains suivis pendant 10 ans en moyenne, les sujets masculins ayant une augmentation de la PAS > 20 mmHg par minute de durée d'effort ont une augmentation par 2,3 du risque de survenue d'un accident cérébrovasculaire par rapport aux hommes dont l'augmentation de la PAS est inférieure à 16 mmHg par minute. Les auteurs concluent que l'élévation des valeurs de la PAS pendant l'effort et le niveau maximum de la PAS sont directement et indépendamment associés au risque de survenue d'accident vasculaire cérébral, qu'il soit ischémique ou non.

A partir de ces différentes études portant sur un nombre important de sujets et sur une période de suivi significative, on peut considérer que la mesure de la PA à l'effort, plus particulièrement celle de la PAS, est un élément supplémentaire d'approche en termes de morbi-mortalité cardiovasculaire, qu'il s'agisse de pathologies coronariennes ou cérébrovasculaires.

■ ÉPREUVE D'EFFORT ET ATTEINTE DES ORGANES CIBLES

Gosse *et al.* ont montré chez des patients hypertendus que la PAS mesurée à la fin d'une épreuve d'effort maximale (bicyclette ergométrique) était mieux corrélée à la masse ventriculaire gauche mesurée par échographie que ne l'était la PA au cabinet médical ou en ambulatoire de jour [17]. Plus récemment, utilisant l'IRM pour déterminer la masse ventriculaire gauche, Sung *et al.* ont montré que la PAS maximale à l'effort (tapis roulant) était, parmi tous les paramètres tensionnels de repos et d'effort, le plus étroitement lié à cette masse [18].

Jae *et al.* ont démontré dans une large cohorte d'hommes sains qu'une réponse excessive de la PAS à l'effort (tapis roulant) était associée de façon étroite et indépendante à la présence d'un athérome carotidien [19].

■ INTERET DIAGNOSTIQUE DE L'EPREUVE D'EFFORT

Nous avons vu que la mesure de la PA à l'effort pouvait avoir un intérêt prédictif de l'HTA clinique et des lésions des organes cibles, et pronostique sur la morbi-mortalité cardiovasculaire. Ces données ont-elles une application en pratique médicale courante ? En d'autres termes, peut-on, par la mesure de la PA à l'effort :

- mieux différencier ou individualiser les sujets hypertendus ou susceptibles de l'être des sujets qui resteront normotendus ?
- utiliser l'épreuve d'effort pour mieux prédire le retentissement de l'HTA sur les organes cibles et la morbi-mortalité cardiovasculaire ?

Une telle différenciation suppose, comme pour les mesures de PA de repos au cabinet médical, à domicile, ou en activité, l'existence de valeurs de normalité, ou mieux, de référence. La mesure de la PA à l'effort a un intérêt diagnostique indiscutable lors des épreuves d'effort de type électrocardiographique ou des tests d'aptitude à l'effort. L'étude du profil tensionnel d'effort, tant pour les valeurs de la PAS que pour celles de la PAD, pourrait également être réalisée pour différencier les sujets hypertendus et mieux apprécier leur réactivité cardiovasculaire à l'effort, surtout si ces sujets sont soumis au quotidien à des contraintes physiques importantes, qu'il s'agisse d'activités de travail ou de loisir.

La **figure 2** illustre un exemple d'évolution de la PAS à l'effort en fonction de la FC chez un sujet normal. La **figure 3** montre l'exemple d'évolution de la PAS en fonction de la FC chez un sujet hyperkinétique. La **figure 4** présente deux sujets qui ont des valeurs de repos anormales. Le sujet IIA conserve des valeurs de PA d'effort anormales alors que le sujet IIB a des valeurs qui se normalisent à l'effort. Si le sujet IIA est soumis de façon régulière à des contraintes physiques importantes, on peut considérer que la PA doit être normalisée et qu'un nouveau contrôle après traitement est justifié. Le sujet IIB doit, quant à lui, être suivi régulièrement.

A notre connaissance, la seule étude qui ait analysé l'effet d'un traitement médicamenteux sur la PA à l'effort est celle de Paterna *et al.* [20]. Dans cette étude, 40 hypertendus légers à modérés ont bénéficié d'une épreuve d'effort avant et après

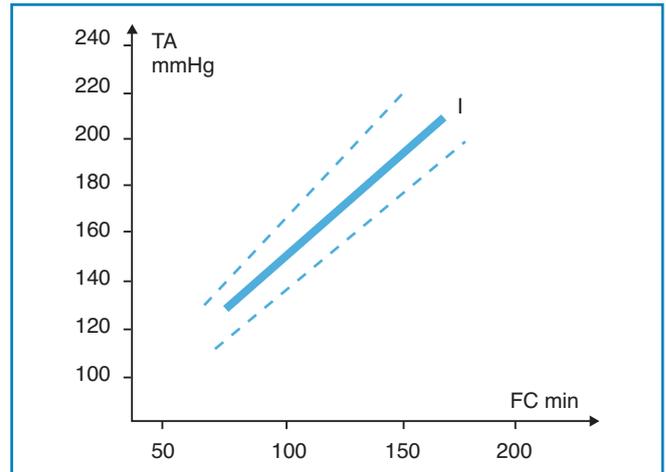


Fig. 2 : Evolution de la pression artérielle systolique (TA) à l'effort en fonction de la fréquence cardiaque (FC) chez un sujet normal.

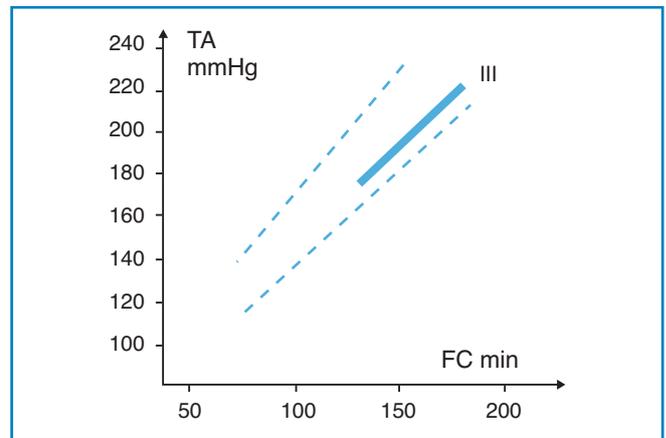


Fig. 3 : Evolution de la pression artérielle systolique (TA) à l'effort en fonction de la fréquence cardiaque (FC) chez un sujet hyperkinétique.

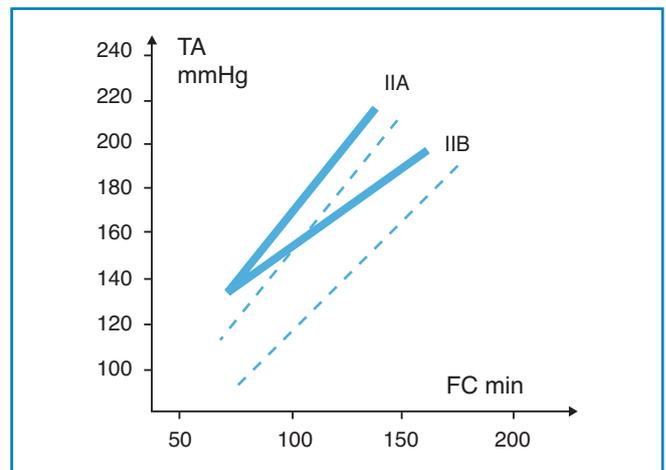


Fig. 4 : Exemple de deux sujets qui présentent des chiffres tensionnels de repos élevés. Le sujet IIA conserve des valeurs de pression artérielle systolique (TA) anormales à l'effort alors que le sujet IIB a des valeurs qui se normalisent à l'effort.

avoir reçu 50 mg de losartan. Alors que la PAS de repos était diminuée sous traitement à 3 et 6 mois, aucune baisse significative n'était observée pour la PAD de repos non plus que pour les PA à l'effort.

■ CONCLUSION

S'il est irréaliste de réaliser une épreuve d'effort à tous les patients hypertendus, cet examen a sa place chez certains sujets comme ceux ayant plusieurs facteurs de risque cardiovasculaire, ceux ayant une variabilité tensionnelle importante ou encore ceux soumis à des contraintes physiques importantes et régulières.

Les patients normotendus ayant des profils tensionnels pathologiques à l'effort, surtout pour la PAS, devraient être suivis de façon plus attentive du fait d'un risque accru d'HTA de repos permanente. Il n'existe pas à ce jour de traitement médicamenteux spécifique de l'HTA d'effort. ■

Bibliographie

1. GOSSE P, FRANÇOIS B, GALINIER F, MALLION JM, POGGI L, VAISSE B. Epreuves d'effort chez l'hypertendu. Recommandations du Groupe de la mesure de la pression artérielle, Société française d'HTA. *Arch Mal Cœur*, 1991; 84: 1251-4.
2. FLETCHER GF, BALADY GJ, AMSTERDAM EA *et al.* Exercise standards for testing and training. A statement for Healthcare Professionals from the American Heart Association. *Circulation*, 2001; 104: 1694-740.
3. MALLION JM, DEBRU JL, DOYON B, MORIN B, PERDRIX A, CAU G. Devenir dans le temps du profil tensionnel d'effort des sujets qui présentent une hypertension artérielle limite. *Arch Mal Cœur*, 1979; n° spécial: 39-45.
4. DELORAINE A, SICHE JP, DE GAUDEMARIS R, PETIOT M, MALLION JM. Etude de l'évolution dans le temps du profil tensionnel d'effort. *Arch Mal Cœur*, 1989; 82: 1053-6.
5. MALLION JM, DOYON B, BUSQUET G, DEBRU JL, DE GAUDEMARIS R, DIMITRIU R. Tension artérielle à l'effort. Valeur de normalité. *In*: Rulli V, Mes-sin R, Denolin H (ed.). Normal values in adults ergometry according to age, sex and training. Rome, 1980: pp. 27-40.
6. HECK H, ROST R, HOLLMANN W. Normal values for blood pressure in bicycle ergometry. *In*: Löllgen H, Mellerowicz (ed.). Progress in ergometry: quality control and test criteria. Berlin, 1984: pp. 201-11.
7. DOUARD H, VUILLEMIN C, BORDIER P, TOURTOULOU V, GOSSE P, BROUSTET JP. Profils tensionnels normaux à l'effort selon l'âge, le sexe et les protocoles. *Arch Mal Cœur*, 1994; 87: 311-8.
8. SINGH JP, LARSON MG, MANOLIO TA. Blood pressure response during treadmill testing as a risk factor for new-onset hypertension. The Framingham heart study. *Circulation*, 1999; 99: 1831-6.
9. MIYAI N, ARITA M, MIYASHITA K, MORIOKA I, SHIRAIISHI T, NISHIO I. Blood pressure response to heart rate during exercise test and risk of future hypertension. *Hypertension*, 2002; 36: 761-6.
10. TSUMURA K, HAYASHI T, HAMADA C, ENDO G, FUJII S, OKADA K. Blood pressure response after two-step exercise as a powerful predictor of hypertension: the Osaka Health Survey. *J Hypertens*, 2002; 20: 1507-12.
11. FAGARD R, STAESSEN J, THUIS L, AMERY A. Prognostic significance of exercise versus resting blood pressure in hypertensive men. *Hypertension*, 1991; 17: 574-8.
12. FILIPOVSKY J, DUCIMETIERE P, SAFAR ME. Prognostic significance of exercise blood pressure and heart rate in middle-aged men. *Hypertension*, 1992; 20: 333-9.
13. MUNDAL R, KJELDSEN, SANDVIK L, ERIKSEN G, THAULOW E, ERIKSEN J. Exercise blood pressure predicts cardiovascular mortality in middle-aged men. *Hypertension*, 1994; 24: 56-62.
14. MUNDAL R, KJELDSEN SE, SANDVIK L, ERIKSEN G, THAULOW E, ERIKSEN J. Exercise blood pressure predicts mortality from myocardial infarction. *Hypertension*, 1996; 27: 324-9.
15. KJELDSEN SE, MUNDAL R, SANDVIK L, ERIKSEN G, THAULOW E, ERIKSEN J. Supine and exercise systolic blood pressure predict cardiovascular death in middle-aged men. *J Hypertens*, 2001; 19: 1343-8.
16. KURL S, LAUKKANEN JA, RAURAMAA R, LAKKA TA, SIVENIUS J, SALONEN JT. Systolic blood pressure response to exercise stress test and risk of stroke. *Stroke*, 2001; 32: 2036-41.
17. GOSSE P, CAMPELLO G, AOUIZERATE E, ROUDAUT R, DALLOCCHIO M. Hypertrophie ventriculaire gauche de l'hypertendu: relation avec la pression artérielle. *Arch Mal Cœur*, 1986; 6: 796-800.
18. SUNG J, OUYANG P, SILBER HA, BACHER AC, TURNER KL, DEREGIS JR, HEES PS, SHAPIRO EP, STEWART KJ. *J Hum Hypertens*, 2003; 17: 333-8.
19. JAE SY, FERNHALL B, HEFFERNAN KS, KANG M, LEE MK, CHOI YH, HONG KP, AHN ES, PARK WH. Exaggerated blood pressure response to exercise is associated with carotid atherosclerosis in apparently healthy men. *J Hypertens*, 2006 24: 881-7.
20. PATERNA S, PARRINELLO G, AMATO P, BOLOGNA P, FORNACIARI E, FOLLONE G, DI PASQUALE P, DI MARCO A, TARANTINO AM, DUCATO G, ACCARDO PALUMBO V, COLOMBA D, SCIORTINO A, BASCONE F, LICATA G. Can losartan improve cardiac performance during the treadmill exercise test in hypertensive subjects? *Drugs Exp Clin Res*, 2002; 28: 155-9.