

This pronouncement was written for the American College of Sports Medicine by Linda S. Pescatello, Ph.D., FACSM, (Co-Chair), Barry A. Franklin, Ph.D., FACSM, (Co-Chair), Robert Fagard, M.D., Ph.D., FACSM, William B. Farquhar, Ph.D., George A. Kelley, D.A., FACSM, and Chester A. Ray, Ph.D., FACSM

運動與高血壓

總編譯：王香生（香港中文大學 體育運動科學系）

Editor-in-Chief: Stephen H.S. WONG, Ph.D., FACSM.

(The Department of Sports Science and Physical Education, The Chinese University of Hong Kong)

翻譯：方子龍（國家體育總局運動醫學研究所 運動營養研究中心）

Translator: FANG Zi-Long, Associate Professor.

(The Research Center of Sports Nutrition, National Research Institute of Sports Medicine, Beijing, China)

概要

高血壓作為一種很常見的醫學病症，與所有原因引起的心血管疾病的死亡率增加有關。為預防、治療和控制高血壓，提倡把運動作為一個有機組成部分來改進生活方式。以耐力運動為主的訓練計畫能防止高血壓的發展並降低正常血壓和高血壓成年人的血壓。運動降低高血壓患者血壓的效應是非常明顯的，單獨一次耐力運動（急性的）或耐力運動訓練（長期的）後，血壓可降低約5-7mmHg。而且，在一次耐力運動後，血壓降低可持續22小時（例如，運動後低血壓），血壓基礎值最高的人的血壓降低得最多。

已經提出的運動降低血壓的機制包括神經體液以及血管和結構的適應。兒茶酚胺類和總外周阻力的降低、胰島素敏感性的增加以及血管擴張神經和血管收縮神經的改變都能部分解釋運動的抗高血壓效應。已有資料提示與急性和長期耐力運動相關的血壓降低與遺傳有關。但是，目前關於耐力運動後血壓降低的有關機制尚無明確的結論。

高血壓被控制且沒有心血管或腎臟併發症的人可以參加運動或體育競賽，但應該在被評估、治療和密切監控的情況下進行。開始時需要進行最大或受症狀限制的運動試驗，特別是在為超過45歲的男性和超過55歲的女性制定劇烈運動計畫時（例如， $\geq 60\%VO_2R$ ，攝氧量儲備）。對大多數患者來說，在進行正式的評價和處置的期間，適當的做法是從中等強度的運動（40-60% VO_2R ）（如步行）開始進行訓練。在對體力活動人群進行藥物治療時，比較理想的應該是 a) 降低休息時和運動中的血壓；b) 降低外周阻力；以及 c) 不對運動能力產生不利的影響。由於這些原因，血管緊張素轉化酶（ACE）抑制劑（或在ACE不耐受情況下的血管緊張素II受體阻滯劑）和鈣通道阻滯劑是目前患有高血壓的休閒健身者和運動員常選擇的藥物。

運動是初級預防、治療和控制高血壓的基礎療法。最佳的訓練頻率、強度、時間和類型需要被更好地定義，以使運動產生最佳的降低血壓的作用，特別是對兒童、女性、老人以及某些種族的人。根據目前的證據，向高血壓患者推薦下列運動處方：

頻率：每週的大多數天，最好是每天進行運動。

強度：中等強度（40 - <60%的 VO_2R ）。

時間：每天不少於30分鐘的連續的或累計的體力活動。

類型：主要是耐力活動，用阻抗訓練作為補充。

前言

20世紀70年代以來，治療和控制心血管疾病及其相關風險因數的技術和藥物治療取得了重大進展。但是，高血壓仍然是美國的一個主要的公共衛生問題，18歲及其以上的美國人有5840萬人（占28.7%）患有高血壓（收縮壓 ≥ 140 和/或舒張壓 ≥ 90 mmHg）（11, 39, 107, 137）。高血壓流行在增加，然而對此的認識和控制率卻不理想（39, 107, 137）。當血壓在

115/75mmHg以下時，心血管疾病的風險與血壓之間是正相關的，當血壓每增加20/10mmHg時，這種相關性就增加一倍。一個血壓正常的55歲的人一生有90%的風險發展為高血壓（264）。“前高血壓”（收縮壓120-139或舒張壓80-89mmHg）的血壓類別已經被引入，來強調通過對所有人的健康生活方式的干預來降低血壓和預防高血壓的公共衛生的重要性。（39）對生活方式干預的花費和副作用很小，而且對其他心血管疾病的風險因數有積極的相互作用。由於這些原因，美國高血壓預防、檢測、評價和治療聯合委員會（39，137），世界衛生組織（WHO）（283），歐洲高血壓協會（61）以及美國高血壓教育計畫建議開展諸如為預防和治療高血壓而進行有規律的體力活動的研究。表1為WHO血壓分類表，表2為高血壓治療指導方針（61，137，283）。

本立場聲明的目的是提出一個根據人體研究和原發性高血壓的專業參考文獻而整理的關於運動與高血壓知識現狀的循證綜述。目前的證據分類是由美國心臟、肺和血液研究所提出的（191）（表3）。由於有規律的體力活動對心臟的保護效應的資料非常豐富，在本立場聲明中僅集中闡述運動對血壓的好處。其他的諸如對血脂-脂蛋白、胰島素敏感性和身體成分的好處在這篇文獻中不論述。本立場聲明另外的目的是：1）討論定等級運動試驗對預測高血壓和心血管疾病發病率和死亡率的價值和局限性，2）探討急性（一次運動的即時效應）和長期（訓練計畫的長期效應）耐力和阻抗訓練對血壓的作用，3）對高血壓患者提出運動處方推薦和特殊考慮，4）描述急性和長期運動降低血壓效應可能的生理機制，5）通過循證研究總結運動與高血壓知識的現狀。

表1 18歲及以上的成年人的血壓分類*，†，‡，§，**
(61, 137, 283)

血壓類別	收縮壓 (mmHg)	舒張壓 (mmHg)
理想	<120	和 <80
正常	120-129	和 80-84
高於正常	130-139	或 85-89
一期高血壓	140-159	或 90-99
二期高血壓	160-179	或 100-109
三期高血壓	≥180	或 ≥110

* 引自美國國家心臟、肺和血液研究所出版物，《預防、檢測、評價和治療高血壓聯合委員會的第6次報告》（JNC VI），公共衛生服務，美國國家健康研究所（NIH），美國國家心臟、肺和血液研究所，NIH出版社 No. 98-4080，1997年11月（137）。

† 沒有服用抗高血壓藥和急性疾病。當收縮壓和舒張壓類別不一致時，較高的記錄決定血壓的類別。例如，一個152/82mmHg的記錄應該被分在一期高血壓，170/116mmHg應該被分在三期高血壓。除了以平均血壓水平為基礎的高血壓分類等級以外，臨床醫生應該詳細說明是否存在靶器官疾病和另外的風險因數。這個特性對風險度分類和治療很重要（見表2）。

‡ 與心血管風險有關的理想血壓是低於120/80mmHg。但是，非常低的記錄需要進行臨床意義的評價。

§ 以在最初篩查之後兩次或更多次的訪診，每次（兩次或更多次）記錄的平均值為依據。

** 這個血壓分類方案已經在《預防、檢測、評價和治療高血壓聯合委員會的第7次報告》（JNC VII）中被修改定義為：正常血壓為<120和<80mmHg，前高血壓為120-139或80-89mmHg，一期高血壓為140-159或90-99mmHg，和二期高血壓為≥160或≥100mmHg，並對那些血壓正常、前高血壓、一期高血壓和二期高血壓的人提出生活方式推薦（39）。

表2 風險度層次和處理 *，† (137)

血壓等級 (mmHg)	風險度組A (無風險因數， 無TOD/CCD) ‡	風險度組B (至少有一個風險因數且 無糖尿病，無TOD/CCD)	風險度組C (TOD/CCD和/或糖尿病， 有或沒有其他風險因數)
高於正常 (130-139/85-89)	改進生活方式	改進生活方式	藥物療法 II
一期 (140-159/90-99)	改進生活方式 (直到12個 月)	改進生活方式 (直到6個月)	藥物療法
二期和三期 (≥160/≥100)	藥物療法	藥物療法	藥物療法

例如，一個有糖尿病和血壓為142/94mmHg加上左心室肥大的患者應該被分在二期高血壓伴有靶器官疾病（左心室肥大）和有其他主要風險因數（糖尿病）。此患者應該被分類在二期、風險度組C，並被建議立即開始藥物治療。

* 引自美國國家心臟、肺和血液研究所出版物，《預防、檢測、評價和治療高血壓聯合委員會的第6次報告》（JNC VI），公共衛生服務，美國國家健康研究所（NIH），美國國家心臟、肺和血液研究所，NIH出版社 No. 98-4080，1997年11月（137）。

† 被建議進行藥物療法的患者，應該將生活方式改進作為附屬的療法。

‡ TOD/CCD 表示靶器官疾病/臨床心血管疾病，包括心臟疾病（左心室肥大、心絞痛/早期心肌梗塞、早期冠脈血運重建和心力衰竭）、腦卒中或短暫性腦缺血發作、神經障礙、外周動脈疾病以及視網膜病變。

§ 對有多個風險因數的患者，臨床醫生應該考慮用藥物作為開始的療法加上生活方式的改進。主要的風險因數包括吸煙、異常脂肪血症、糖尿病、年齡大於60歲、性別（男性和絕經期女性），以及有心血管疾病家族史（女性小於65歲或男性小於55歲）。

II 對那些有心力衰竭、腎功能不全或糖尿病的患者。

表3 證據類別 (191)

證據類別	證據來源	定義
A	隨機對照實驗（無法抵抗的資料）	通過實質性研究提供的一致性的發現
B	隨機對照實驗（有限的資料）	少數隨機實驗，樣本量小，結果不一致
C	非隨機實驗，觀察性研究	來自不受控制、非隨機和/或觀察性研究的結果
D	專家小組意見一致裁定	當證據不能充分列入A-C時，專家的意見

高血壓流行病學 人口統計學

血壓隨年齡增加而升高。貫穿於成年人的一生，收縮壓持續增加，其次動脈硬化也遞增；然而舒張壓在60年內保持平穩，之後降低。因此，脈壓隨年齡的增長而逐漸增大。（142）最近的流行病學研究，將高血壓定義為收縮壓≥140和/或舒張壓≥90mmHg，或已經開始用抗高血壓藥治療。據估計在美國成年人中高血壓的流行率為 24-29%（30，107）。高血壓隨年齡的增長而增多，在年輕時，男性比女性多，但是在年老時正相反。單獨收縮壓性高血壓在50歲之前少見，其後就逐漸普遍（142，245）。

高血壓與心血管疾病發生率和死亡率

高血壓與所有原因及心血管疾病引起的死亡率、腦卒中、冠心病、心力衰竭、外周動脈疾病和腎功能不全的發病率增加有關。最近“Framingham心臟研究”的研究者（263）報告了血壓高於正常範圍的人（收縮壓130-139或舒張壓85-89mmHg）與血壓處於理想水平的人（收縮壓<120及舒張壓<80mmHg）相比，心血管問題的發生率較高。最近的一項重要發現是，越來越多的證據表明脈壓能獨立預測心血管疾病的發生率和死亡率，特別是對老年人（15，90，93）。單獨收縮壓性高血壓的老年患者表現出特別高的心血管疾病風險（246）。

早先的隨機對照實驗已證明對收縮壓和舒張壓升高的患者，抗高血壓藥物療法具有益於健康的效果（44）。最近的實驗表明單獨收縮壓性高血壓的老年患者也從治療中獲益（246）。藥物療法明顯降低心血管疾病的死亡率，收縮-舒張性高血壓患者降低了21%，單獨收縮壓性高血壓患者降低了18%。風險度的降低總計分別為，對致命的和非致命的腦卒中為42%和30%，對

冠狀動脈疾病為14%和23%。通過生活方式的改進降低血壓是否也會對相關心血管疾病產生相似的益處，目前還不清楚。

診所裏大約25%的高血壓患者通過移動監測或家庭評價，其血壓是正常的。“白大褂”性高血壓（或單純診所性高血壓）的預後比持續不變的移動性高血壓要好；但是，還不清楚“白大褂”性高血壓的風險度是否與在診所裏或通過移動監測血壓正常的高血壓的風險度相似（265）。

儘管有確實的證據表明抗高血壓藥物療法能減少高血壓併發症，但是只有大約一半的高血壓患者使用藥物治療，而這些人中只有一部分人的血壓正常，這要歸咎於現行的指導方針未得到充分貫徹落實（72，137，283）。收縮壓顯得比舒張壓更難控制。

運動血壓與高血壓和心血管疾病發病率和死亡率的預測 未來高血壓的預測

對血壓正常的人進行未來高血壓的準確預測很重要，目的是便於採取早期預防措施，有可能改變結果。安靜血壓、高血壓家族史、身體質量指數（BMI）以及體力活動和體能已經被普遍接受用於預測未來高血壓。已有報告，未來高血壓與運動中和/或運動後的劇烈的血壓反應有關。

在一項基於整體的對血壓正常的中年男子的研究中，Miyai等（181）通過對那些有不成比例的運動血壓反應的人進行了4.7年的隨訪，發現發生高血壓的風險度提高了三倍，而且是明顯的和獨立的。Manolio等（172）在一項基於18-30歲（男性和女性）的整體樣本的研究中報告了對比結果。基礎值對運動血壓反應誇張的人在未來5年後發生高血壓的可能性比正常運動血壓反應的人大1.7倍，但經多變數回歸分析後，相關性不再顯著。

Framingham後代研究（241）對血壓正常的中年受試者經過8年基礎值運動測試，誇張的舒張壓而非收縮壓的運動反應能明顯和獨立地預測男性和女性的高血壓，幾率分別為4.2和2.2。Matthews等（176）比較了151例經醫生診斷的高血壓患者和201例年齡相仿的正常血壓對照者。經多重回歸分析發現，有誇張的運動血壓反應的人隨後發展為高血壓的可能性增加3倍。一些研究在運動試驗後立即恢復的時期內不同的時間間隔測定血壓，並發現急性運動後較高的血壓可以顯著預測未來高血壓（49，241）。對兒童的研究也觀察了運動血壓的預測力（166）。

目前的研究似乎不能證明運動試驗預測未來高血壓能得到廣泛應用，因為還存在許多缺陷，包括：不同的研究，運動試驗和誇張的血壓反應的定義尚未標準化；對混雜變數的分析不一定總能得到恰當的解釋；而且在運動中進行非侵害性的血壓測定有其固有的缺陷，特別是對舒張壓。然而，由於其他理由而進行運動試驗時，血壓測定或許能提供有用的預測資訊。

證據聲明 異常或誇張的運動血壓可對正常血壓的人未來發生高血壓進行預測。證據類別C。

心血管疾病併發症的預測

關於運動血壓對心血管疾病死亡率和發生率評價意義的研究很少。對健康人，在功率自行車上進行164W的運動試驗，運動引起收縮壓從基礎值的升高能獨立並明顯地預測由心血管疾病和非心血管疾病引起的死亡率和總體的死亡率（75），在運動負荷為100W時的次最大收縮壓，而非最大收縮壓能獨立地預測心血管疾病死亡率和心肌梗塞（186，187）。另一項對男性和女性的研究發現，在遞增運動試驗至意志力疲勞期間的最大收縮壓可以預測所有原因和心血管疾病的死亡率（159）。

另一方面，運動血壓不能明顯增加高血壓患者安靜血壓的預測價值（65），但是運動系統血管阻力比安靜時血管阻力的預測精度高，這很可能是因為那些預後較差的人結構性的血管異常導致運動時動脈擴張減弱。因為心臟輸出量的遲鈍性增加，血管舒張受損並沒有表現出血壓

的異常升高。勞累性低血壓的事實突出了心臟輸出量和心臟功能的決定性作用；這種作用與心臟病患者和慢性心力衰竭患者預後較差有關，可能歸因於左心室功能障礙（68，131，199）。

總而言之，運動血壓預測的重要性依賴於總體研究。較差的預後與健康人的高血壓反應以及心血管疾病和/或心力衰竭患者的低血壓反應有關，然而高血壓患者的結果可能有所不同，這依賴於心臟功能及其相聯繫的心臟輸出量（66）。

證據聲明 有關心血管疾病併發症的運動血壓的預後價值依賴於臨床狀態和血液動力學反應，並因此而受到限制。證據類別D。

運動對血壓的益處

耐力訓練（長期）效應

運動訓練與預防高血壓 不同類型的體力活動與高血壓發病率之間的關係已經在大量的不同群體中被評估。Paffenbarger等報告（200，201），男性大學生在畢業後的幾年裏的劇烈運動對未來高血壓有防禦作用。芬蘭中年男性的基礎體力活動的總量和強度與未來高血壓的風險度呈負相關（101）。日本男性步行上班和業餘時間體力活動的持續時間明顯與高血壓發病率的降低相關（119）。有關動脈粥樣硬化危害的社區研究發現，最高閒暇活動四分位數的白人男子與最低活動四分位數的人相比，高血壓的發病率較低（205）。相反，對女性的研究沒有發現在體力活動水平與發生高血壓風險之間存在顯著和獨立的關係（83，101，205）。而且，在僅有的對黑人的研究中也沒發現體力活動與高血壓發生率有關（205）。

還有人研究量化的體能活動與高血壓發生率之間的關係。Blair等（18）報告，對年齡、性別、身體質量指數以及血壓進行控制後，低體力活動的人發生高血壓的相對風險是高體力活動的人的1.5倍。Sawada等（231）證明通過年齡、初始血壓、體脂和其他混雜變數的校正，活動最少的日本男性發生高血壓的相對風險比經常活動組高1.9倍。

證據聲明 男性白人中較高水準的體力活動和較好的基礎體能與降低高血壓發病率相關，而且經過適當的多變數分析後仍保持這些相關性。證據類別C。少量的對女性的研究和一項對黑人的研究沒有發現明顯的關係；不管怎樣，這些極少量的資料排除了關於性別和種族作用的明確結論。

高血壓治療與處置中的運動訓練 評價有氧訓練對成年人血壓的效應的縱向研究已經有很多，但是並非都遵循必需的科學方法（67）。對照組和週期是必須被包括的，因為隨著時間的過去，血壓可能降低，這歸因於平均數的回歸和對測量條件的習服。活動組或對照組的分配，或訓練與不訓練的階段安排都應該隨機確定。因此，現在的概述只考慮隨機對照研究。除了少數例外，幾乎所有的研究都報告了安靜血壓；但是，大多數研究的血壓測量不是雙盲或使用自動設備進行的。因此，移動血壓的資料是最為重要的。

安靜血壓 美國運動醫學學院（ACSM）於1993年發表“體力活動、健康與高血壓”的立場聲明以後（6），有很多關於耐力運動對安靜血壓影響的隨機對照實驗的薈萃分析文章發表（64，69-71，108，145-147，149-151，272）。大多數受試者是男性，不同研究組的平均年齡範圍為18-79歲（中位數為45歲）。鍛煉的持續時間為4-52周（中位數為16周）。鍛煉頻率範圍為每週1-7次，但是大約三分之二的訓練計畫為每週3次。除了個別的例外，每次運動持續30-60分鐘（中位數為40分鐘）。大約三分之二的研究中的運動包括步行、散步和跑步，大約一半的為騎自行車，還有一些採用其他有氧運動。不同研究組的平均運動強度為~30-90%的最大攝氧量（ VO_{2max} ）儲備（ VO_{2R} ）。所有薈萃分析結論為：對運動訓練的反應是血壓明顯降低。但是，訓練對血壓的效應在不同的單個研究中非常不同，可以反映在血壓基礎值、人口統計學的特性、訓練計畫的特性、不恰當的對照和血壓評價的局限等的差異。

最近的薈萃分析包括了29（108）、44（69，71）和54（272）項隨機對照實驗，不論受試者的血壓基礎值如何，運動介導的收縮壓/舒張壓的降低平均分別為4.7/3.1mmHg（108）、3.4/2.4mmHg（69，71）和3.8/2.8mmHg（272）。在68個研究組中有16個研究組的平均基礎血壓是在高血壓範圍（收縮壓 ≥ 140 或舒張壓 ≥ 90 mmHg）（137，283），經過對照觀察修正和研

究樣本大小加權後的加權淨血壓明顯降低，平均降低7.4/5.8mmHg（71）；在52個研究組，不管是否經過抗高血壓藥物療法，基礎血壓是正常的，其血壓降低也明顯，平均為2.6/1.8mmHg。Kelley等（149）發現成年高血壓患者的安靜收縮壓/舒張壓絕對值的降低（6/5mmHg）明顯大於血壓正常的成年人（2/1mmHg）；而且當血壓正常的人和高血壓的人遵循相同的訓練計畫後，高血壓的人血壓降低最多（70）。至於訓練計畫的特徵，在這些薈萃分析中，運動頻率、類型和訓練持續時間對血壓的反應效應很輕微或沒有效果。（71，108，146，149，272）。最後，結論是運動強度沒有影響（71，108，272）或較小的強度與較大的舒張壓降低有關（149）。

移動血壓 在隨機對照實驗中，有11項研究應用了移動血壓監測來評價運動訓練的效應（23，46，47，87，135，136，173，215，255，260，275）。有6項報告為平均24小時血壓，9項為從清晨到深夜的平均日間血壓，4項為夜間血壓。由於早先的基於對照和非對照研究的分析發現運動訓練對夜間血壓沒有影響或影響很小（70，209），最近的（未發表）隨機對照實驗分析是基於9項關於日間血壓的研究和3項沒有報告日間移動血壓的關於24小時血壓的研究。基礎收縮壓/舒張壓平均為135/86mmHg。運動介導的加權淨血壓明顯降低，平均分別為3.0/3.2mmHg。

運動血壓 有8項隨機對照實驗（47，111，173，189，215，260，275，282）是在功率自行車運動期間測量血壓，運動負荷的中位數為100 W（範圍是60-140 W）。其他2項研究是在跑台運動期間測量血壓，能量消耗的代謝當量值（梅脫值，METs）為4（22，190）。運動訓練前的收縮壓平均值為180mmHg，心率为124次/分鐘。加權的訓練介導的淨收縮壓和淨心率的降低很明顯，分別為7.0mmHg和6.0次/分鐘。

證據聲明 強有力的有氧訓練能降低血壓正常以及高血壓的人的安靜血壓。證據類別A。血壓的降低，高血壓的人比血壓正常的人更加明顯。證據類別B。有氧訓練還降低移動血壓和在固定的次最大負荷運動時測量的血壓。證據類別B。各個研究的反應差異通過運動訓練計畫的特性（即頻率、強度、時間和類型）得到不完全的解釋。證據類別B。

急性耐力效應（運動後低血壓）

Kraul及其同事（163）最早報告了運動後血壓立即降低。20年以後，Fitzgerald（76）一致性地發現，血壓在正常範圍的人在完成4-10小時的慢跑後通常會減少其升高的血壓。歸功於有關一次耐力運動後血壓立即和持續降低的證據的積累，Kenney和Seals（153）將一次運動後動脈血壓下降至低於對照水平定義為運動後低血壓（PEH）。

運動後低血壓發生在血壓正常（41，77，84，85，89，112，144，211，243）和高血壓（16，28，40，80，81，102，112，115，144，163，170，204，207，208，214，228，229，243，250，267，276）的年輕的、中年的和老年的白人男性和女性，高血壓的人的血壓降低得最多（153，209，252）。從實驗室隨便取的資料發現，運動前平均為147/94mmHg的血壓，在運動後幾小時內收縮壓和舒張壓降低，平均分別降低15和4mmHg（209）。這些急性運動介導的血壓降低在臨床上很重要，能給許多高血壓患者提供與健康相關的益處，即當血壓典型地處於最高水準時，能使日間血壓得到暫時性降低。

由於資料有限，最初的ACSM關於運動與高血壓的立場聲明僅簡要地對運動後低血壓進行了評論（6）。那時候，運動後低血壓出現在少量的關於移動血壓監測與偶然血壓測定的比較研究中，且數量較少，可是，較小的血壓降低可能有較大的臨床意義，因為移動血壓是一個更有效的心血管疾病預後指標（265）。另外，移動監測包括多重的連續的測量，能更好地反映在日常活動期間人所維持的血壓。而且，這種技術消除了很多與臨床測定有關的問題，比如終端數位的偏愛、觀察者的偏見和“白大褂”現象（232）。由於這些原因，科學家和臨床醫生迫切要求統一移動監測以用於將來研究時檢查運動後低血壓。

令人猜疑的是，許多最近的研究表明，用移動血壓監測得到的平均日間收縮壓的降低大約為5mmHg或比那些偶然評價報告的血壓降低少40%（6，106，271）；然而，在高血壓白人，移動的舒張壓與偶然的評價值的降低相似（209）。已發現運動後低血壓可以持續一直到一次運動後22小時（228）。對運動後血壓變化貢獻最大的變數是運動前的值（153，209，252）。很顯然，對那些最需要降低血壓能力的人來說，運動是最好的；但是，需要作進一步的工作來更好地描述把運動當作抗高血壓療法並從中獲得最大收益的特性。

目前缺乏設計不同組成的運動處方對運動後低血壓影響的比較研究，例如類型、持續時間和強度。有限的資料提示運動後低血壓表現不依賴於這些因素。運動後低血壓是一個低閾值事件，血壓降低在短至3分鐘的運動期間就會發生（163），且運動強度可以低至40% VO_{2max} （207）。目前還不清楚較長時間和/或較大強度的運動是否會引起運動後低血壓的程度變大或變小。運動後低血壓發生的直接性提示，歸於耐力訓練計畫的運動對降低血壓的影響，可能部分是在訓練計畫持續過程中累積的血壓降低的一種急性現象（252）。

Pescatello和Kulikowich（209）綜述了急性和長期（運動訓練）耐力運動的研究，包括移動血壓監測，希望從中獲得見識：為什麼運動不能使大約25%的高血壓的人血壓降低（106）。移動血壓監測運動研究透露出重要的方法學的考慮應該在未來研究運動後低血壓中加以重視。這些包括：用移動血壓而不是偶然的血壓，以一個足夠大的樣本量來檢測血壓的小的降低，特別是在正常血壓至血壓高於正常的人中檢測；基礎值週期的統一以穩定運動前血壓以及用安靜對照校正安慰效應；保持血壓測定計時的一致性以說明晝間的變化；實驗前血壓的多重評價，最理想的是用移動血壓監測，來說明在血壓狀態檢查中高血壓的不穩定的特性。

證據聲明 作為高血壓患者日間活動的主要部分，運動能明顯地降低血壓。證據類別B。關於急性運動血壓反應的調節劑，包括不同組成的運動處方、年齡、種族和性別的資料還很少；因此，目前還沒有明確的結論。

阻抗訓練

訓練效果（長期向心和離心運動） 檢查長期向心和離心阻抗訓練對成年人安靜血壓效應的隨機對照實驗結果有不一致的發現（14，23，31，45，56，58，116，143，185，256，261）。最近一項薈萃分析包括了320名男性和女性受試者（182名運動，138名對照）也檢查了長期阻抗訓練對血壓正常和高血壓成年人安靜收縮壓和舒張壓的效應（148）。一般的阻抗訓練計畫都是遵循ACSM推薦的指導方針制定的（9）。漸進性阻抗訓練的結果發現，所有血壓類型的安靜收縮壓和舒張壓都有統計學上的明顯降低，大約3mmHg。這些降低大約相當於對收縮壓和舒張壓分別降低了2%和4%。儘管這些適度的變化可能從臨床觀點看不重要，但是收縮壓平均降低很少的3mmHg已經被認為能減少5-9%的冠心病、8-14%的腦卒中以及4%的所有原因引起的死亡率（247，271）。阻抗訓練對移動高血壓的影響，由於缺乏有價值的資料，值得進一步研究，因為這可能對未來心血管疾病的發生率和死亡率更具指示意義（265）。

證據聲明 按照ACSM的指導方針進行的阻抗訓練降低血壓正常和高血壓成年人的血壓。證據類別B。

訓練效果（長期靜力運動） 迄今為止，只有2項關於靜力（等長）運動訓練對安靜收縮壓和舒張壓效應的隨機對照實驗研究，受試物件包括安靜舒張壓在80-90mmHg的成年人（227）。在1項實驗中，受試者每天進行4次、每次2分鐘的靜止握力收縮，每週3次，共進行8周，結果發現安靜收縮壓平均降低大約13mmHg而安靜舒張壓降低大約15mmHg。收縮是以30%的最大能力進行的，兩次收縮之間休息3分鐘。第2項實驗，包括以50%的最大能力進行4次持續45秒的收縮，兩次收縮之間休息1分鐘，每週5次，共進行5周。安靜收縮壓和舒張壓在統計學上明顯降低，分別為大約10mmHg和9mmHg。

有2項非隨機對照實驗研究了靜力運動對血壓正常和高血壓成年人的安靜收縮壓和舒張壓的效應（158，222）。Kiveloff和Huber（158）報告，高血壓成年人進行5-8周靜力運動（所有大肌肉群收縮6秒，每天3次，每週進行5天），結果發現安靜收縮壓降低了16-43 mmHg，安

靜舒張壓將低了2-24mmHg，降低明顯。血壓正常的人沒有明顯降低。不幸的是，無論是正常血壓組還是高血壓組，均沒有報告對照資料（158）。

最近Ray和Carrasco（222）進行的1項對照控制嚴格的研究，血壓正常的成年人以30%的最大隨意收縮進行每天4次、每次3分鐘的靜力握力運動，每週4次，共進行5周，觀察效果。安靜舒張壓有統計學上的明顯降低，大約5mmHg，而安靜收縮壓沒有統計學上的明顯降低。由於有價值的研究的匱乏，需要有另外的檢查靜力運動對成年人安靜以及移動收縮壓和舒張壓效應的隨機對照實驗。

證據聲明 有限的可以利用的證據提示靜力運動對成年人增高的血壓有降低作用。證據類別C。

阻抗訓練的急性效果 我們注意到還沒有隨機或非隨機對照實驗用於檢查阻抗訓練對成年人血壓的急性效應。然而，有3項觀察性研究已經檢查了阻抗訓練對血壓的急性效應（126，196，227）。Hill等（126）研究了11-18分鐘的阻抗訓練對運動後血壓的效應。發現一直到運動1小時，舒張壓有統計學上的明顯降低；而安靜收縮壓沒有統計學上的明顯降低。O'Connor等（196）檢查了女性30分鐘的阻抗訓練對一直到運動後2小時的移動血壓的效應。儘管安靜收縮壓沒有統計學上的明顯變化，但是在80%的強度條件下運動後1分鐘和15分鐘以及在60%的強度條件下運動後1分鐘的收縮壓明顯升高。

最近，Roltsch（227）檢查了習慣於久坐的、經過耐力訓練的以及經過阻抗訓練的男性和女性阻抗訓練後一直到24小時的移動血壓反應。對相同受試者經過48小時的不運動後還進行了移動血壓評價。在12台機器上進行兩組運動，兩組間休息60秒。各組之間的移動血壓均沒有統計學上的明顯差異。

證據聲明 有限的證據提示阻抗運動對運動後一直到24小時的血壓有很小的效應。證據類別C。

等距離運動的急性效果

證據聲明 前尚無有價值的研究來提供有關等距離運動對成年人血壓的急性效應的推薦。

特殊人群

老年人 於長期有氧運動對50歲及其以上的血壓正常和高血壓的人的安靜血壓效應的隨機對照實驗得出不一致的結果（21，45，48，74，96，103，111，154，197，213，223）。然而，1項特別關注於有氧運動對降低802名50歲及其以上（563名運動，239名對照）的血壓正常和高血壓的男性和女性的安靜收縮壓和舒張壓效應的薈萃分析發現，安靜收縮壓在統計學上明顯降低大約2mmHg（2%），而安靜舒張壓不顯著地降低大約1mmHg（1%）（151）。儘管這些收縮壓的降低可能在臨床觀點看來很小，但是對於逐漸變老的人來說是重要的（247，271）。大多數的研究是遵循ACSM對老年人體力活動的指導方針而進行的（10）。儘管很少研究檢查老年人耐力鍛煉的急性效應，但是有3項報告表明，無論運動強度如何，運動後低血壓會發生並一直到22小時（102，228，250）。

證據聲明 有規律的耐力鍛煉降低老年人的血壓；另外，沒有證據支持訓練介導的血壓改變在年輕人與老年人之間存在不同。證據類別B。有限的證據還提示老年人發生運動後低血壓。證據類別C。

兒童和青少年 關於長期運動對兒童和青少年安靜收縮壓和舒張壓的效應的隨機對照實驗也得出不一致的結果（20，25，59，62，73，91，92，100，113，139，169，262）。1項包括1266名血壓正常和高血壓的男性和女性兒童及青少年（649名運動，617名對照）的薈萃分析發現，運動訓練使安靜收縮壓降低大約1mmHg（1%），安靜舒張壓降低大約2mmHg（3%），降低均都沒有顯著意義（152）。按照受試者主要參與有氧訓練還是遞增的阻抗訓練將資料分開計算，也未發現存在差別。在少量的包括高血壓兒童和青少年的研究中，訓練對安靜收縮壓和舒張壓的結果都沒有統計學上的明顯不同，將資料按照受試者是血壓正常或高血壓來分開計算也

一樣。此外，區別正常血壓和高血壓是困難的，因為兒童和青少年隨年齡增長血壓持續升高，除此之外，在不同的年齡階段還有不同的上限。儘管已經明確了成年人高血壓的流行高於兒童和青少年，但是也許隨著兒童和青少年超重和肥胖的增多將導致未來這一年齡組的高血壓流行增加。儘管以前很難給出兒童和青少年高血壓的定義，但是增加的身體大小，特別是身高已經導致血壓升高的發生（5）。

非常明確的是，運動（包括遞增的阻抗訓練）對高血壓兒童和青少年的安靜血壓效應需要進行另外的研究。最後，很少有在兒童和青少年中應用移動血壓監測的運動研究。1項觀察性研究檢查了白人和黑人男性及女性青少年的移動血壓，並報告了體能的提高與較低的移動血壓有關，特別是對黑人青少年（117）。

證據聲明 今為止的證據不能支持耐力和阻抗訓練作為一種降低兒童和青少年血壓的非藥物干預手段。證據類別B。

性別 局限於隨機對照實驗的薈萃分析發現，對耐力（149，150）和阻抗（148）訓練的安靜血壓反應，血壓正常和高血壓的男性和女性之間無明顯區別。在24項檢查高血壓患者運動後低血壓的研究中，有10項包括男性和女性（28，40，81，102，112，170，214，229，266，267），有9項僅包括男性（16，81，115，120，144，207，243，250，276），還有4項僅包括女性（121，204，208，210）。這當中，Quinn（214）是直接比較了性別對運動後低血壓的影響並發現男性和女性對運動後血壓的反應相類似的僅有的研究者。儘管已知雌激素能調節血管的反應性（179），但包括男性和女性的研究都沒有在其研究計畫中對月經週期方面進行說明。用移動血壓監測來比較所有年齡的女性和男性對急性和長期耐力及阻抗訓練的血壓反應還需要進一步的工作。

證據聲明 耐力運動訓練降低血壓的效應，在男性和女性是相似的。證據類別B。有限的證據提示急性耐力運動有降低血壓的效應，在白人男性和女性是相似的。證據類別C。

種族 與美國的其他種族相比較，美國黑人在較早的年齡發生高血壓是非常普遍的，而且與較高的心血管疾病發病率和死亡率相關（11）。儘管這些統計令人擔憂，但是檢查急性（120，121，210）和長期（2，57，162，198，272）耐力訓練對有高血壓的美國黑人的血壓影響的研究很少。最近的1項檢查有氧運動訓練對血壓正常和高血壓的成年人安靜血壓效應的隨機對照實驗薈萃分析報告，與白人和亞洲裔受試者相比，黑人受試者的安靜收縮壓降低較多；然而與白人和黑人相比，亞洲裔的舒張壓降低較多（272）。但是這些結果僅僅是以對亞洲裔的6項研究（124，125，197，230，258，270）和對黑人的4項研究（2，26，57，162）為基礎的。Headley等（121）和Pescatello等（210）直接比較了從血壓高於正常到一期高血壓的黑人和白人女性的急性運動血壓反應，併發現在黑人女性中運動後低血壓的人較少。因為這些初步的觀察涉及廣泛的公共衛生和醫學處置問題，迫切需要進一步的工作來澄清對耐力運動的血壓反應是否存在種族差異、有多少差異以及為什麼，特別是在黑人和非西班牙血統的白人之間。由於研究的匱乏，還需要對急性和長期漸進性阻抗訓練血壓反應的種族差異進行研究。

證據聲明 目前還不存在令人信服的證據支持血壓對長期（證據類別B）和急性（證據類別C）運動的反應存在種族差異的觀點。

運動推薦

評價 對高血壓患者的常規評價包括徹底的個人史和家族史、體格檢查、次級原因的篩查、主要風險因數的評價、靶器官的病變以及心血管疾病的併發症（137，283）。根據血壓水平和風險因數的存在、靶器官的病變和臨床的心血管疾病，將患者分為風險組A、B或C（表2）（137）。訓練前的篩查評價的範圍主要依賴於預期運動的強度（129）以及患者的症狀、體征、全面的心血管疾病風險度和臨床的心血管疾病。

對即將參加劇烈的或非常劇烈的運動（強度 $\geq 60\%V_{O_2R}$ ）的高血壓患者，需要在醫學監督下，用心電圖監護進行最大或受症狀限制的運動試驗。英國地區心臟研究（238）發現，高血壓的男性，當患者更加有活力，一直到適度的劇烈活動時，能使主要心血管疾病的長期風險度

降低，但是劇烈的活動又增加風險，特別是其他風險因數（J-型曲線）。最大或受症狀限制的運動試驗還顯示患者與心血管疾病關聯的症狀，例如勞力性呼吸困難、胸部不適或心悸。對處於風險類別 A或B（表2）並且血壓 $<180/110$ mmHg（表1；一期或二期）的沒有症狀的男性或女性，從事輕度到適度體力活動（強度 $<60\%V_{O_2R}$ ），通常不需要進行超出常規評價的進一步試驗。處於風險類別C且沒有心血管疾病，或是三期高血壓（血壓 $\geq 180/110$ mmHg）的患者，在從事中等強度運動（ $40\text{--}60\%V_{O_2R}$ ）前能從運動試驗中獲益，但是輕度或極輕度活動（ $<40\%V_{O_2R}$ ）就沒有必要了。

病例中記錄有心血管疾病如缺血性心臟病、心力衰竭或腦卒中的患者，必須進行運動試驗而且劇烈的運動訓練（ $\geq 60\%V_{O_2R}$ ）最好在專業的康復中心在醫學監督下進行，那裏可以根據臨床狀況，提供持續醫學監控的健身房或家庭運動計畫。在幾種疾病共存的情況下，例如糖尿病、缺血性心臟病和心力衰竭，在開始運動訓練之前應當進行充分的監控。在過渡時期，當正式的評價和處置正在進行時，對大多數患者來說從中等強度（ $40\text{--}60\%V_{O_2R}$ ）的運動訓練（例如步行）開始是合理的。最後，應該按照“對全體美國人的體力活動計畫的援助和推薦”聲明綱要提供有規律的隨訪（78）。

安全 儘管相當可觀的流行病學證據提示長期運動可以幫助預防心血管疾病及其後遺症的發展，但在醫學文獻及出版物中已經報告了與運動有關的心血管問題，提示劇烈的體力活動實際上能促使某些人發生急性心肌梗塞或心臟停搏（33, 248）。因此，對醫生和其他衛生保健專業人員的挑戰就是提供規範的指導方針，將風險減少到最小而將利益擴大到最大限度。

病理生理學的證據提示，運動通過提高心肌的 V_{O_2} 及同時縮短舒張期和冠脈灌注的時間，可以誘發在心臟內膜下水平的短暫缺氧，在冠脈迴圈讓步的情況下，極有可能導致心律失常（128）。大強度體力活動能觸發急性心肌梗塞的觀點，特別是對那些有潛在的或已知的心臟疾病而習慣於不運動的人，也已經被一些研究證實（97, 180, 280）。這是通過心率和收縮壓的突然增加，誘導有病變的冠狀動脈段發生痙攣，或心外膜冠狀動脈的扭曲引起脆弱的動脈粥樣硬化斑和血栓阻塞冠狀血管而發生的（225, 251）。

可以影響強體力活動風險的因素是年齡、冠狀動脈疾病的存在以及直接與血液動力學反應和心肌 V_{O_2} 有關的運動強度（79）。一些研究者已經指出，測量的心肌 V_{O_2} 與它的兩個主要決定因素之間高度相關：心率（ $r=0.88$ ），心率與收縮壓的乘積（ $r=0.92$ ）（157, 194）。因此，收縮壓對運動的過度反應可能促成心肌局部缺血的發生，包括急性心肌梗塞（128）。同樣，高血壓誘導腦血管意外的可能性也不能被低估。

耐力運動的“正常”血液動力學反應是收縮壓的逐漸升高，特徵性地升高8–12mmHg/梅脫（192）。對健康男性和女性進行比較，在最大跑台運動試驗時，男性的收縮壓通常上升較多（ ~ 20 mmHg），其收縮壓範圍可以低至160到超過220mmHg（127），然而舒張壓通常輕微降低或保持不變。相反，進行靜力性-動力性運動而非單純動力性運動，增加的心內膜灌注、其次是升高的舒張壓，可能促成降低局部缺血的反應（17, 50）。通常用於終止運動試驗的標準包括收縮壓和/或舒張壓值分別 >250 mmHg和115mmHg（95）。應該強調的是，儘管臨床醫生已經武斷地建立了這些數值，但沒有資料支援這個終止點。此外，事實上沒有受試者超出這些水平而導致發生與高血壓相關的心血管併發症的報告。對於耐力運動訓練，保持平穩的較低的血壓值（例如， $<220/105$ mmHg）看起來很謹慎。

運動推薦 降低血壓所需要的理想的訓練頻率、強度、時間和類型（FITT）還不清楚。美國疾病控制與預防中心和ACSM（202）詳細地為社會提出的推薦（每一個美國成年人應該在每週的大多數天，最好是每天進行累積30分鐘或更長時間的中等強度的體力活動）通常適用於有發生高血壓風險或那些患有高血壓的人。同樣，1996年發佈的外科醫生綜合報告“體力活動與健康”（257）的推薦也同樣適用。最近ACSM的立場聲明“對為發展和保持健康成年人的心肺和肌肉健康以及柔韌性而推薦的運動數量和質量”（9）所提出的特別推薦通常也適用，而且大多數部分適合於高血壓的人。本立場聲明在明確地論述運動FITT推薦時，借鑒了很多最近的有關這一主題的完全綜述（6, 71, 106, 149, 209, 252, 268, 272）。

頻率（在每週的大多數天，最好是每天） 每週進行3-5次訓練的頻率對降低血壓是有效的（71, 177）。儘管有限的證據提示每週7次比3次更有效（135, 193），但其他資料提示每週運動的頻率與血壓的降低之間沒有相關（132）。然而，因為一次的運動能引起血壓的急性降低並持續很多小時（例如，運動後低血壓），增加或促成運動訓練導致的血壓降低，（118, 252），應該考慮每天或幾乎每天都運動。

強度（中等強度的體力活動） Fagard（71）完成了一項對血壓正常和高血壓受試者的隨機對照干預實驗的薈萃分析並發現，強度在40-70%VO₂R之間的耐力運動訓練引起血壓的降低，有相似的數值（收縮壓3.4/舒張壓 2.4mmHg）。Hagberg等（106）在人體研究綜述中推斷，對高血壓的人來說，訓練強度小於70%VO₂max與較大的強度相比，安靜血壓降低得較多。早期應用高血壓動物模型得到的資料與這個結論一致（254）。然而，有關輕微的（20-30%VO₂R）和非常劇烈的（≥85%VO₂R）運動對血壓調節效果的資料很少（71）。總結一下，中等強度的運動訓練有急性（85, 86, 102, 207, 209）和長期（4, 24, 103, 173, 184, 235, 272）降低血壓的效果。因此，對高血壓患者的推薦是：有規律地參加中等強度的耐力運動，使強度保持在40-60%的VO₂R，以獲得最大的收益並使由於更加劇烈的運動可能產生的副作用減少到最小。相應的強度範圍在Borg自感用力度分級（RPE）6-20量表中大約處於12-13（195）。依賴RPE量表來監控運動強度對一些人來說可能是重要的，因為運動的血液動力學反應可能由於各種各樣的抗高血壓藥物（如，β阻斷劑）而發生改變。儘管劇烈的訓練計畫對經過挑選的高血壓患者可能是合適的，但是較大強度的運動計畫，心血管併發症和矯形外科損傷的風險較高而且不容易堅持（88）。

時間（持續時間：每天30分鐘或更多時間連續的或間歇的運動） 迄今為止，隨機對照實驗常採用持續性運動而非間歇性運動，每次運動的持續時間在30-60分鐘（71）。在這個範圍內，未發現運動時間的不同對耐力運動訓練降低安靜血壓的作用有影響。每次時間較短的間歇性活動也引起血壓降低（118, 188, 252）。此外，貫穿于全天的多次體力活動能得到其他對健康的好處（19, 188）。最近的1項研究（132）提示，以前不活動的成年高血壓患者每週進行50%VO₂max的有氧運動30-60分鐘對降低血壓有效果。每週進行61-90分鐘的有氧運動，收縮壓的降低會更多，但是進一步增加每週的運動時間不會引起額外的血壓降低。這些結果應該被謹慎對待，因為這是1項非隨機實驗而且沒有提供運動頻率的資訊。儘管如此，還是推薦每天進行30-60分鐘的持續性的或間歇性的運動（最少是10分鐘的間歇性運動，在一天內累計達到30-60分鐘）。

類型（以有氧運動為主，用阻抗運動作補充） 大多數干預實驗（69, 71, 108, 145-147, 149, 150, 272）採用步行、散步、跑步或騎自行車的運動方式來進行耐力運動。但是，任何使用大肌肉群，能保持連續，而且是有節奏的和在性質上屬於有氧的活動都可以作為基本形式推薦給高血壓患者。個人的偏好是將長久堅持擴大到最大程度的一個重要因素。阻抗訓練也是豐富訓練計畫的一個重要部分。儘管有限的資料提示阻抗訓練對安靜血壓有好處，但是，其急性和長期血壓降低的數量比報告的耐力運動要少（148）。目前的推薦是將阻抗訓練作為主要以有氧運動為基礎的訓練計畫的附屬。讀者可以參考最近的美國心臟協會關於阻抗訓練的聲明，它詳細論述了對那些患有和沒有心血管疾病以及其他複合病態情況下的人的特殊考慮（212）。其他超出本聲明範圍的特別推薦可以從其他地方找到（9, 88, 98）。

特殊考慮

● 抗高血壓藥物，如β阻斷劑和利尿劑能損害在熱和/或潮濕環境下運動的體溫調節能力以及引起低血糖（88, 206）。因此，應該對使用這些藥物的人進行關於熱病體征/症狀、適當水合的作用、適當的便於蒸發降溫的衣著、白天理想的運動時間、在熱或潮濕增加的期間減少運動量（時間和強度）的重要性以及預防低血糖的方法等方面的教育。另外，β阻斷劑能在實質上改變最大和最大運動能力，特別是對那些沒有心肌缺血的人，而且無選擇性動因。

- 由於抗高血壓藥物，如 α 阻斷劑、鈣通道阻斷劑和血管擴張劑能引起突然停止活動後的低血壓發作，通常推薦延長使身體冷卻的時間（88，98）。
- 很多高血壓患者是超重（BMI 25-29.9kg/m²）或肥胖（BMI \geq 30kg/m²）（133，191，257）的。因此，推薦的訓練計畫要強調每天的能量消耗多於300kcal，並與減少能量攝入結合起來。採用中等強度，延長運動時間，例如步行，能很好地完成這個計畫。有規律的運動與減輕體重相結合應該對降低安靜血壓有效（133，191，257）。很多超出本立場聲明的針對超重和肥胖者代謝綜合征特點的指導方針可以在其他地方找到（3，8，191）。
- 已經證明運動訓練提高老年人的VO₂max（103，104，161，234）並降低血壓，這與年輕人相類似（10）。對老年人開始實施訓練計畫另外的運動推薦，可以從有關這一主題的ACSM的立場聲明中找到（10）。
- 對患者進行有規律的運動控制和處置血壓重要性的教育能提高運動的堅持性。如果這些資訊來自于私人醫生，他們就特別容易接受。軼事般的證據提示的有關運動有立即降低血壓作用（如，運動後低血壓）的知識也可以提高運動的堅持性（210）。
- 血壓很高或尚未被控制的人只有在經醫生評價和開始藥物治療後才能增加運動訓練。
- 對經過選擇的患者，特別是具有較高的共同發病（例如，冠狀動脈疾病或慢性心力衰竭）風險的患者，其他的預警和改進可能是必需的。例如，高血壓伴有冠狀動脈疾病的患者，上面引用的指導方針仍然適用，但是，訓練強度應該設在低於發生局部缺血的心電圖或心絞痛閾值之下（ \geq 10次/分鐘）才安全。另外約定俗成的資訊超出了本立場聲明的範圍。讀者可以參考其他的有關對冠狀動脈疾病進行特殊考慮的權威文獻（7，79，278）。

證據聲明 對高血壓患者，推薦的訓練計畫主要以有氧為基礎（證據類別A）並附屬阻抗訓練（證據類別B）。關於頻率、強度、和時間的推薦（證據類別C）以及對高血壓患者的特殊考慮（證據類別D）的證據有限。儘管如此，還是可以看出運動的抗高血壓效應發生在相對較低的持續時間和強度。

機 制

耐力運動後血壓降低的可能機制

長期運動 因為平均動脈壓（MAP）是由心輸出量和總外周阻力（TPR）決定的，耐力運動後動脈血壓的降低一定是通過降低這些變數的其中一個或全部而介導的。長期運動後發生的安靜心輸出量的降低不具代表性；因此看來，總外周阻力的降低是主要的機制，通過這一機制使運動訓練後的安靜血壓降低。

根據泊肅葉定律，總外周阻力直接與血液粘度和血管的長度成比例，而與半徑的4次方成反比例。因為訓練對前者的改變不明顯，所以，總外周阻力的降低主要與血管直徑的變化有關。如前所述，血管直徑的微小變化對血管阻力產生顯著影響。訓練後血管阻力的降低是通過神經體液和結構的適應介導的，或通過改變對血管刺激的血管反應性介導的，或者是二者都有。通過降低交感神經的影響或增加局部血管擴張神經的影響（如，一氧化氮）而使外周血管的血管收縮狀態減輕是神經和局部變化降低外周阻力和降低血壓的實例。血管腔直徑的增大和膨脹性的增加是訓練允許降低外周阻力的結構性適應。最後，遺傳因素可能促成耐力運動訓練後的血壓適應。

神經體液適應

交感神經系統 交感神經活動性（SNA）的提高是在原發性高血壓的一個有質量保障的觀察結果（1）。交感神經活動性及後續的去甲腎上腺素（NE）的釋放介導血管收縮並增加血管阻力。中樞交感神經流出物或迴圈中去甲腎上腺素的減少削弱了血管收縮並導致血壓降低。當前，通過微神經學對人的傳出交感神經活動性直接記錄不能令人信服地證明在血壓正常的受試者運動訓練後安靜時中樞交感神經活動性降低（220-222）。但是，尚缺乏高血壓受試者的類似資料。與血壓正常者相比，一部分（82，99，174，175）而非全部（183，269）的高血壓受

試者的肌肉交感神經活動性升高。因此，訓練有可能降低高血壓受試者的交感神經活動性。此外，研究表明運動訓練能加強對交感神經活動性的壓力感受器控制（29，240，242），因而提出了一個降低交感神經活動性的可能機制。但是，微神經學研究僅局限於對骨骼肌或皮膚的神經活動，而對其他血管床（例如，腎臟和內臟的血管床），交感神經活動性的降低也可能發生。

雖然只是有限的證據支持訓練後傳出交感神經活動性降低，但是有報告訓練後血漿去甲腎上腺素減少（134，178，193，258）。Meredith等（178）發現耐力訓練後血漿去甲腎上腺素的降低與溢出的減少而非清除率的增加有關，提示交感神經活動性降低。最近，Brown等（27）報告，在有輕微高血壓的老年受試者，訓練引起的血壓降低與去甲腎上腺素釋放速度減弱有關。突觸部位較少的去甲腎上腺素將是一個促使運動後血管阻力降低的機制。有趣的是，Meredith等（178）報告總血漿去甲腎上腺素溢出的減少主要是由於腎臟去甲腎上腺素溢出的減少（70%）。然而，相關的腎血管阻力的降低不能完全解釋運動訓練降低血壓的效應。這些研究者提示其他與腎臟交感神經外流物抑制有關的效應可能對運動後血壓降低很重要（例如，減少腎素釋放）。

高胰島素血症和胰島素抵抗與高血壓和交感神經系統的啟動有關（12，13，140）。因為運動訓練提高胰島素敏感性（122），這可能是一個重要的介導降低交感神經外流物和血壓的機制。最近一項對高血壓受試者的研究證明，運動訓練後在安靜血壓和血漿去甲腎上腺素的降低與胰島素敏感性的增加之間存在非常密切的關係（160）。訓練引起的肌肉適應似乎對減輕胰島素介導的交感神經活動性很重要。

最後，提高的交感神經活動性與動脈管壁厚度的增加有關（54）。因此，訓練引起的交感神經活動性降低可能對防止與高血壓相關的血管重塑的發生有益。

腎素-血管緊張素系統 由於血管緊張素II是一個強有力的血管收縮劑和血容量調節劑，訓練使腎素和血管緊張素II減少很可能對降低血壓起作用。已有報告，血壓正常的受試者訓練後安靜的腎素和血管緊張素II水平降低（94，134）。然而，運動訓練對高血壓受試者並沒有始終如一地降低血漿腎素（103，193，258）和血管緊張素II（63，123）的水平。因此，目前的證據提示腎素-血管緊張素系統對訓練後血壓降低沒有明顯的貢獻。

血管反應性 管的適應性可能促成訓練後血壓的降低。運動後，血管對通過去甲腎上腺素刺激的 α -腎上腺素能受體的反應性減弱（38，52，244，273）。長期運動減輕自發性高血壓大鼠的 α -腎上腺素能的血管收縮（37）。已經證明內皮素-1（一種有效的血管收縮劑）能引起高血壓患者較大的血管反應（34，233，249）。訓練還能降低人的內皮素-1水平（171）。動物研究已經報告了訓練後血管對內皮素-1的敏感性降低（138，168）。因此，運動訓練改變了血管對兩個有效的血管收縮劑，去甲腎上腺素和內皮素-1的反應性。

高血壓損害內皮的功能。與內皮功能障礙相關，血管緊張度升高而且血管擴張功能減弱。內皮依賴的血管舒張非常依賴於一氧化氮的產生。已經表明，在健康受試者，運動訓練增加一氧化氮的產生並改善血管擴張功能（155，156）。Higashi等（124，125）報告，在原發性高血壓患者進行12周的步行運動之後，表現出安靜血壓降低，對灌注乙酰膽鹼造成的反應性充血和增加的前臂血流反應增強。但是，不依賴內皮的血管收縮沒有變化。這些發現與採用血壓正常（51，53）和自發性高血壓（284）大鼠所作的動物研究一致。這些發現都顯示依賴內皮介導的血管舒張增強是對高血壓患者降低外周阻力的重要的訓練適應。

結構適應性 大量的證據提示作為對運動訓練的反應，肌肉內的血管結構發生變化（167）。這些包括血管重塑（例如，已經存在的動脈和靜脈的長度、橫截面積和/或直徑的增加）和血管生成（例如，新的血管生長）。目前，關於訓練對小動脈和細動脈的大小或數量的效應的有價值的資料很少。耐力訓練的大鼠棘斜方肌的小動脈密度較大（165）。然而，更加令人信服的證據是後腿的前毛細血管阻力的降低，在訓練的血壓正常（236，237）和自發性高血壓大鼠（60）是不同的。因此，訓練引起的血管結構改變（例如，增加的肌肉前毛細血管的

數量)，增加了阻力血管腔的總橫截面積，提示了一個減少外周阻力和降低安靜血壓的可能機制。

橫截面的資料表明，經過耐力訓練的受試者比沒有訓練的對照組的導管動脈的動脈腔直徑要大（130，239，274）。最近的1項縱向訓練研究證實了這些發現（55）；而且，內膜-中膜厚度以及內膜-中膜厚度/管腔口徑的比值降低。與此相類似，對橫截面和長度的研究都證明，血壓正常的受試者訓練後動脈順應性增加（182，259）。但是，單純收縮壓性高血壓的受試者短期的有氧訓練沒有表現出大動脈順應性的增加（74）。總之，訓練引起的血管重塑可能促成運動的抗高血壓效應，但是，還需要另外的肯定的研究。

遺傳的影響 運動訓練的抗高血壓效應可能還與遺傳因素有關。無論是安靜還是運動時，都發現了遺傳對血壓適應性的影響。大多數資料來源於“遺傳家庭研究”（281）的結果。Rice等（224）提示遺傳因素能解釋大約17%的運動後安靜收縮壓的降低。很多可能促成這種反應的基因已被鑒定。Rankinen及其同事（218）在“遺傳家庭研究”中，對471名血壓正常的男性和女性進行檢查，瞭解NOS3-Glu/Asp變異體（對一氧化氮合酶的基因反應）與安靜及實施耐力運動訓練計畫後的次最大運動的血壓變化之間的關係。儘管在NOS3-Glu/Asp單核苷酸多態性和安靜血壓之間沒有聯繫，但是擁有NOS3-Asp 等位基因的個體在次最大運動時血壓降低比NOS3-Glu 等位基因純合子的個體要少。這些研究者還證明，在血管緊張素原、血管緊張素轉化酶、TGF- β 基因多態性以及運動訓練與安靜和運動血壓之間存在聯繫（216，217，226）。由於這些研究是對血壓正常的受試者進行的，對高血壓患者的不同反應還需要研究。於是，Hagberg等（105）報告了擁有不同apoE 等位基因的高血壓受試者運動引起的安靜血壓的變化不同。

總結一下，儘管已經發現了運動訓練血壓適應的遺傳成分，但其全面的貢獻率看起來不大。這些聯繫較弱的原因可能歸因於正常和病態的血壓調節的複雜性、在多基因位點和環境因素之間的尚未被認識的遺傳的交互作用、或各種原因都有（279）。未來的研究應該更加關注於這個剛剛興起的研究領域。

急性運動 運動後低血壓的確切機制還不清楚，而且很可能是多因素的。除了一個例外（例如，對老年高血壓受試者）（102），其他研究提示急性血壓降低是與外周阻力（而非心輸出量）降低有關。為解釋運動後外周阻力的降低，已經提出了兩種突出的機制：交感神經抑制及血管反應性改變。運動後交感神經外流物減少已經在動物和人體研究中報告（80，109，164）。急性運動如何使交感神經外流物減少還不清楚。動脈和心肺的壓力感受器似乎對運動後低血壓很重要（35，42）。Chandler和DiCarlo（35）報告了動脈竇切除能防止自發性高血壓大鼠發生運動後低血壓。急性運動後，運動後低血壓與動脈壓力感受器控制點對較低的血壓的重新設定有關（109）。最近的中樞神經系統研究表明嘴側腹外側髓質的 γ -氨基丁酸_A（GABA_A）信號增強可能促成運動後低血壓期間交感神經外流物減少（141）。另外，孤束核的P物質受體和中樞加壓素V1受體也被認為與運動後低血壓有關（36，43）。儘管以前相信內源性阿片樣物質系統的啟動明顯地促成交感神經外流物減少和運動後低血壓（253），最近更多對人體的研究已經開始對這種機制的重要性提出疑問（114）。

運動後低血壓的血管反應的變化，與對血管阻力的交感神經外流物轉換的降低以及通過肌肉收縮和肌肉血流引起的局部血管擴張物質的釋放（例如，一氧化氮釋放）有關。急性運動後，血管對 α -腎上腺素能的刺激反應遲鈍（109，203）。這個獨特的反應促進血管舒張以及外周阻力降低。局部一氧化氮釋放、前列腺素、腺苷和ATP在運動時增加並促進急性運動後外周血管擴張（110）。Rao等（219）報告了雄性自發性高血壓大鼠運動後 α ₁-腎上腺素能反應性的降低可能歸因於一氧化氮。這個研究提供了一個多種交互作用的實例，即發生在血管轉化系統之間的血管阻力降低。儘管運動後低血壓的機制還難以捉摸，但是多種因素可能對反應的調節發生相互作用（110）。

反映出運動急性效應（如，運動後低血壓）的綜合或後遺作用的運動訓練對血壓的降低效應的限度還不清楚。對運動後低血壓與運動訓練引起的長期抗高血壓適應之間的聯繫的研究還有待開展。

證據聲明 神經和血管的變化是促成急性和長期耐力運動引起血壓降低的原因。證據類別C。已有資料提示急性和長期運動的血壓降低可能與遺傳有關。證據類別D。由於多種機制和多個系統促成急性和長期耐力運動導致血壓降低，目前，耐力運動對降低血壓的作用機制還沒有確定的結論。

表4 ACSM “運動與高血壓” 立場聲明的證據陳述

主題區域	證據陳述	證據類別*
運動血壓與高血壓和心血管疾病發生率和死亡率的預測	● 異常或誇張的運動血壓有助於對血壓正常的人未來高血壓的預測。	C
	● 運動血壓對心血管疾病併發症的預後價值依賴於臨床狀態和血液動力學反應的基礎，因此是有限的。	D
運動對血壓的益處	● 在白人男性，較高水準的體力活動和較好的基礎體能與高血壓發病率的減少有關；但是，少量的資料排除了有關性別和種族作用的明確結論。	C
	● 動力性有氧訓練降低血壓正常的人和高血壓患者的安靜血壓。	A
	● 有氧訓練降低血壓在高血壓患者表現更加顯著。	B
	● 有氧訓練降低在固定次最大運動負荷情況下測量的移動血壓。	B
	● 各個研究中血壓反應的差異可以用訓練計畫特性的不同（每週運動的頻率、強度、時間和運動類型）得到不完全的解釋。	B
	● 動力性運動明顯降低高血壓患者在日間大部分時間裏的血壓。	B
	● 遵循ACSM指導方針進行阻抗訓練降低正常血壓及高血壓的成年人的血壓。	B
	● 有限的證據提示靜力性運動能降低成年人升高的血壓。	C
	● 有限的證據提示阻抗運動對運動後一直到24小時的血壓影響很小。	C
	● 目前尚無有價值的關於靜力性運動對成年人血壓的急性反應提出推薦的研究。	無
	● 有規律的耐力運動降低老年人而非年輕人的血壓。	B
	● 有限的證據提示老年人發生運動後低血壓。	C
	● 迄今為止的證據不支持在兒童和青少年將耐力和阻抗訓練作為一種非藥物干預手段來降低血壓。	B
運動推薦	● 耐力運動訓練降低血壓的作用在男性和女性是相似的。	B
	● 有限的證據支持急性耐力運動降低血壓的作用在白人男性和女性是相似的。	C
	● 目前還沒有令人信服的證據支持對長期運動的血壓反應存在種族差異。	B
	● 目前還沒有令人信服的證據支持對急性運動的血壓反應存在種族差異。	C
	● 對高血壓患者，推薦主要以有氧為基礎的訓練計畫。	A
機制	● 阻抗訓練應該作為有氧訓練為主的計畫的附屬。	B
	● 關於頻率、強度、時間和類型推薦的證據有限。	C
	● 對高血壓患者特殊考慮的證據有限。	D
	● 神經和血管的變化促使急性和長期耐力運動導致的血壓降低。	C
	● 剛剛浮出的資料提示急性和長期運動的血壓降低可能與遺傳有關。	D

* 證據類別定義見表3。

概要和結語

高血壓作為一種很常見的醫學病症，與所有原因引起的心血管疾病死亡率的增加有關係，而且是在休閒運動和運動員中非常普遍的心血管疾病。因為這一主題的重要性，ACSM提出了一個以證據為基礎的關於運動與高血壓知識現狀的綜述。在表4中將本立場聲明中證據聲明列舉並加以分類。

儘管有確實的有關抗高血壓藥物療法降低心血管疾病併發症的證據，但高血壓的成功治療率還很低。為治療和預防高血壓，提倡把運動作為一個有機組成部分來改進生活方式。此推薦來源於對較高水準的體力活動和體能與降低高血壓發生風險率有關的縱向研究。主要包括耐力活動、阻抗訓練、或二者都有的訓練計畫不僅能初級預防高血壓而且降低血壓。運動降低血壓

的效應對從事耐力運動的高血壓患者非常顯著，在單獨一次運動（急性）或運動訓練（長期）後，血壓降低大約5-7mmHg。此外，血壓降低一直持續到一次耐力運動後22小時（例如，運動後低血壓），血壓基礎值最高的人，血壓降低最多。對普通人來說，收縮壓和舒張壓降低很少的2mmHg就能分別使腦卒中的風險降低14%和17%，冠狀動脈疾病的風險降低9%和6%。如果高血壓患者習慣於運動，那麼他們就能得到很多公共衛生的收益。

已經提出很多運動對血壓的有益效應機制，包括神經體液、血管和結構的適應。兒茶酚胺類、總外周阻力、體重和脂肪儲存的減少，除此之外，胰島素敏感性的增加以及血管擴張神經和血管收縮神經的改變都可能部分解釋運動的抗高血壓效應。已有資料提示與急性和長期耐力運動相關的血壓降低可能與遺傳有關。但是，目前關於耐力運動後血壓降低的有關機制還沒有明確的結論。

那些高血壓被控制而且沒有心血管或腎臟併發症的人可以參加運動或體育競賽，但是應該在被評估、治療和密切監控的情況下進行。對參加者建立血壓終止水平受到局限，因為血壓是連續不斷的。開始時需要進行最大或受症狀限制的運動試驗，特別是對超過45歲的男性和超過55歲的女性制定劇烈運動計畫時（例如， $\geq 60\% \text{VO}_2\text{R}$ ）。在進行正式的評價和處置的時候，對大多數患者來說，適當的做法是從中等強度的運動訓練（40-60 % VO_2R ）開始，如步行。在對體力活動人群進行藥物治療時，比較理想的應該是 a) 降低休息時和運動中的血壓；b) 降低總外周阻力；以及c) 不對運動能力產生不利的影響。由於這些原因，血管緊張素轉化酶（ACE）抑制劑（或在ACE不耐受情況下的血管緊張素II受體阻滯劑）和鈣通道阻滯劑是目前患有高血壓的休閒健身者和運動員常選擇的藥物，除了ACE抑制劑與血管緊張素II受體阻滯劑聯合使用以外，其他的不需要得到批准就能使用。如果需要第三個藥，可以推薦小劑量的噻嗪類利尿劑，有可能的話與留鉀製劑聯合使用。沒有證據表明抗高血壓劑會損害靜力性運動的能力。

運動是初級預防、治療和控制高血壓的基礎療法。最佳的訓練頻率、強度、時間和類型需要被更精確地定義，以使運動產生最佳的降低血壓作用，特別是對兒童、女性、老年人以及某些種族的人。根據目前的證據，向高血壓患者推薦下列運動處方：

頻率：每週的大多數天，最好是每天進行運動

強度：中等強度（40 - <60%的 VO_2R ）

時間：每天不少於30分鐘的連續的或累計的體力活動

類型：主要是耐力活動，用阻抗訓練作為補充。

致 謝

本文是由大量成員；發表委員會； Carl Foster, Ph.D, FACSM； James Hagberg, Ph.D, FACSM； Gary Jennings, Ph.D； Mark Williams, Ph.D, FACSM； Jack Wilmore, Ph.D, FACSM及Edward Zambraski, Ph.D, FACSM；為美國運動醫學學院所作的綜述。

本立場聲明替代1993年 ACSM關於“體力活動、健康與高血壓”的立場聲明，Med. Sci. Sports Exerc. 25 (10) : i-x, 1993.

參考文獻（略）